

UNIVERZITET U BEOGRADU
FAKULTET ORGANIZACIONIH NAUKA

Milena J. Popović

UNAPREĐENJE ANALIZE OBAVIJANJA
PODATAKA METODAMA MULTIATRIBUTIVNOG
ODLUČIVANJA

doktorska disertacija

Beograd, 2019

**UNIVERSITY OF BELGRADE
FACULTY OF ORGANIZATIONAL SCIENCES**

Milena J. Popović

**IMPROVEMENT DATA ENVELOPMENT
ANALYSIS USING MULTIATTRIBUTE DECISION
MAKING METHODS**

doctoral dissertation

Belgrade, 2019

Mentor:

Prof. dr Milan Martić, redovni profesor,
Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka

Članovi komisije:

Prof. dr Marija Kuzmanović, vanredni profesor,
Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka

Prof. dr Gordana Savić, vanredni profesor,
Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka

Prof. dr Milija Suknović, redovni profesor,
Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka

Prof. dr Marko Backović, redovni profesor,
Univerzitet u Beogradu, Ekonomski fakultet

Datum odbrane:

UNAPREĐENJE ANALIZE OBAVIJANJA PODATAKA METODAMA MULTIATRIBUTIVNOG ODLUČIVANJA

Rezime: Analiza obavljanja podataka (*Data Envelopment Analysis* - DEA) je neparametarska tehnika bazirana na linearnom programiranju za merenje efikasnosti jedinica o kojima se odlučuje - DMUs (*Decision Making Units*) sa raznorodnim ulazima/izlazima. S obzirom na veliki broj ulaza i izlaza koji se koriste u DEA, suštinski problem u primenama proizilazi iz činjenice da često nije jasno koje ulaze, a koje izlaze izabrati za upotrebu prilikom ocenjivanja efikasnosti. Pored toga svaka DMU može da zahteva da se vrednosti virtuelnih ulaza i izlaza računaju na način na koji joj najviše odgovara, pa može doći do različitih rezultata ocene efikasnosti. Iz tih razloga, problem adekvatnog izbora ulaza i izlaza postaje važno pitanje za unapređenje diskriminacione moći DEA metode.

Imajući u vidu uočene probleme za izbor i sažimanje relevantnih kriterijuma razvijeni su hibridni modeli za povezivanje DEA sa metodama multiatributivnog odlučivanja. Jasno je da uticaj ovih integracija na rezultujuće efikasnosti nije isti. U cilju određivanja težina (važnosti) kriterijuma koji će biti uključenu u DEA mogu se koristiti Analitički hijerarhijski proces (AHP) i Conjoint analiza čime se delimično prevazilaze nedostaci u primeni DEA metode. Conjoint analiza je istraživačka tehnika, a koja se koristi za merenje preferencije ispitanika ka određenim atributima proizvoda/usluge. Conjoint se bazira na jednostavnoj premisi da ispitanici vrše evaluaciju alternativa, pri čemu su te alternative sastavljene od kombinacije atributa čije parcijalne korisnosti istraživači ispituju. AHP metoda predstavlja metod za rešavanje kompleksnih problema multiatributivnog odlučivanja i sistemski način za rangiranje više alternativa i/ili za izbor najbolje iz skupa raspoloživih.

U doktorskoj disertaciji predložen je nov metodološki okvir za merenje efikasnosti baziran na integraciji DEA metode sa AHP i Conjoint analizom. Primena AHP metode pruža mogućnost hijerarhijske dekompozicije problema u procesu odlučivanja i omogućava potpuno rangiranje DMU, dok su Conjoint analizom definisane važnosti ključnih kriterijuma, sa jedne strane, a sa druge, omogućen je izbor adekvatnih ulaza i izlaza. Krajnji rezultat integracije DEA metode sa prethodno navedenim metodama omogućio je otklanjanje dosadašnjih slabosti prilikom merenje efikasnosti DMU i povećanje diskriminacione moći DEA metode i to na bolji način nego što je predloženo u dosadašnjim istraživanjima koja su uglavnom DEA metodu koristili pojedinačno.

Upotrebna vrednost i validnost originalnog metodološkog okvira je pokazana njegovim testiranjem na realnom primeru merenja efikasnosti nastavnika na Fakultetu organizacionih nauka u Beogradu. Značaj metodološkog okvira naročito se ogleda u njegovoj adaptivnosti i fleksibilnosti pri čemu omogućava jednostavnu interpretaciju dobijenih rezultata efikasnosti nastavnika, uključuje (objedinjuje) sve kriterijumi koji opisuju nastavni i naučno istraživački rad nastavnika i daje jasan uvid u to koja je ocena loša i koji je kriterijum uzrok tome. U budućnosti ovaj metodološki okvir može pokazati mogućnost šire primene kako na nivou ostalih fakulteta i Univerziteta, tako i na nivou drugih oblasti koje podrazumevaju merenje zadovoljstva korisnika uslugama gde bi predstavljao opštu paradigmu naučne metodologije za merenje efikasnosti prema svim relevantnim parametrima.

Ključne reči: Analiza obavljanja podataka, Conjoint analiza, Analitički hijerarhijski proces, efikasnost nastavnika, visoko obrazovanje.

Naučna oblast:

Tehničke nauke

Uža naučna oblast:

Operaciona istraživanja

UDK broj:

DATA ENVELOPMENT ANALYSIS IMPROVEMENT BY USING MULTIATTRIBUTE DECISION MAKING METHODS

Abstract: Data envelopment analysis (DEA) is a non-parametric technique based on linear programming used for measuring the efficiency of Decision Making Units - DMUs with multiple inputs and outputs. Due to a large number of inputs and outputs used in the DEA, the essential problem in applications arises from the fact that it is often not clear which inputs and outputs to choose in the process of efficiency assessment. Furthermore, each DMU may require that the virtual input and virtual output be calculated in the best suitable way for DMU, therefore different efficiency assessment results can be obtained. Consequently, the problem of an adequate choice of inputs and outputs becomes an important issue for improving the discriminatory power of DEA.

Bearing in mind the identified problems of selection and compression of relevant criteria, hybrid models for integrating DEA with multiattribute decision making methods have been developed. It is clear that the impact of these integration processes on the resulting efficiencies is not the same. In order to determine the weights (importance) of the criteria to be included in the DEA, the Analytical Hierarchy Process (AHP) and the Conjoint analysis can be used to partially overcome deficiencies in the application of the DEA. Conjoint analysis is an experimental approach used for measuring individual's preferences regarding the attributes of a product/ a service. Conjoint is based on a simple premise that individuals evaluate alternatives, with these alternatives being composed of a combination of attributes whose part-worth utilities are estimated by researchers. The AHP is an effective tool for solving complex multiattribute decision making problems and systemic mode for ranking multiple alternatives and/or for selecting the best from a set of available ones.

In the PhD, a new methodological framework for efficiency measuring, based on the integration of the DEA method with AHP and Conjoint analysis is proposed. The application of the AHP method provides the possibility of hierarchical decomposition of problems in the decision-making process and allows full ranking of the DMU, while the Conjoint analysis defines the relative importance of each attribute, on one hand, and on the other, the selection of adequate inputs and outputs is enabled. The final result of the DEA method integration with the aforementioned methods enabled elimination of the existing deficiencies when measuring the efficiency of the DMU and increased the discriminatory power of the DEA method, and in a better way than it had been suggested in previous studies which had been mainly using by the DEA method individually.

The applied value and validity of the original methodological framework was demonstrated by its testing on a real-life example of measuring teacher' efficiency at the University of Belgrade, Faculty of Organizational Sciences. The importance of the methodological framework is especially reflected in its adaptability and flexibility, which allow a simple interpretation of the obtained results of teachers' efficiency, include (combine) all the criteria describing the teaching and scientific research work of the teachers, and give a clear insight into what is evaluated as negative and what is its cause. In the future, this methodological framework could be applied in a wider sense, in other faculties and at the university level, as well in other fields of research, which require measuring individual's preferences with services where it would represent a general paradigm of a scientific methodology for efficiency measuring, according to all relevant parameters.

Keywords: Data envelopment analysis, Conjoint analysis, Analytical Hierarchy Process, teachers' efficiency, higher education.

Scientific field:

Tehnickal Sciences

Specific Scientific Area:

Operational research

UDK Number:

Sadržaj:

1.	UVOD	1
1.1.	Predmet, problem i cilj istraživanja.....	1
1.2.	Hipoteze doktorske disertacije.....	4
1.3.	Naučne metode istraživanja.....	4
1.4.	Struktura doktorske disertacije.....	5
2.	ANALIZA OBAVIJANJA PODATAKA – DEA	6
2.1.	Poreklo, pojami razvoj DEA metode.....	6
2.2.	DEA modeli	7
2.2.1.	DEA model sa konstantnim prinosom na obim	8
2.2.2.	DEA model sa varijabilnim prinosom na obim	11
2.2.3.	Orijentacija DEA modela.....	13
2.3.	Implementacija analize obavljanja podataka	16
2.3.1.	Strukturiranje podataka i definisanje operativnog modela.....	17
2.3.2.	Izbor i rešavanje DEA modela.....	21
2.3.3.	Evaluacija, analiza i tumačenje rezultata.....	22
2.4.	Prednosti i nedostaci DEA metode	23
2.5.	Softverski alati za podršku DEA metode.....	25
2.6.	Pregled primene DEA metode	26
3.	METODE MULTIATRIBUTIVNOG ODLUČIVANJA: CONJOINT ANALIZA I AHP METODA	35
3.1.	Metoda za merenje preferencija: Conjoint analiza	37
3.1.1.	Poreklo i razvoj	37
3.1.2.	Pojam i definicija	37
3.1.3.	Metodologija izvođenja.....	39
3.1.4.	Konzistentnost odgovora ispitanika	53

3.1.5.	Prednosti i nedostaci Conjoint analize	53
3.1.6.	Softveri za Conjoint analizu	54
3.1.7.	Pregled primene Conjoint analize	55
3.2.	Analički hijerarhijski proces – AHP	57
3.2.1.	Metodološke osnove AHP metode.....	57
3.2.2.	Metodologija izvođenja AHP metode.....	58
3.2.3.	Matematičke osnove AHP metode.....	59
3.2.4.	Konzistentnost donosioca odluke	61
3.2.5.	Prednosti i nedostaci AHP metode.....	62
3.2.6.	Softverski alati za podršku AHP metode	63
3.2.7.	Pregledni radovi primene AHP metode i njene integracije sa drugim metodama.	64
3.3.	Komparacija Conjoint analize i AHP metode	66
3.3.1.	Konceptualno poređenje Conjoint analize i AHP metode.....	66
3.3.2.	Pregled istraživanja baziranih na poređenju AHP metode i Conjoint analize	68
4.	KOMBINOVANJE DEA SA METODAMA MULTIATRIBUTIVNOG ODLUČIVANJA	72
4.1.	Pregled zajedničke primene i kombinovanja DEA i AHP metode	72
4.1.1.	Rangiranje efikasnih/neefikasnih jedinica odlučivanja u DEA modelima korišćenjem AHP-a u dvofaznom pristupu	72
4.1.2.	Rešavanje problema u interpretaciji nedostajućih podataka korišćenjem AHP metode	74
4.1.3.	Ograničavanje vrednosti težinskih koeficijenata u DEA korišćenjem AHP metode	75
4.1.4.	Prevođenje kvalitativnih podataka u kvantitativne korišćenjem AHP metode.....	77
4.1.5.	Formiranje hijerarhijske strukture ulaza i izlaza u DEA	83
4.2.	Pregled zajedničke primene i kombinovanja DEA metode i Conjoint analize	84
5.	METODOLOŠKI OKVIR UNAPREĐENJA DEA METODE (CONJOINT-DEA)	86
6.	PRIMENA PREDLOŽENOG METODOLOŠKOG OKVIRA U OCENI EFIKASNOSTI NASTAVNOG I NAUČNO ISTRAŽIVAČKOG RADA NASTAVNIKA	89

6.1.	Ocena efikasnosti rada nastavnika.....	90
6.1.1.	Osnovni modeli ocene nastavnika.....	90
6.1.2.	Kriterijumi evaluacije nastavnika.....	93
6.1.3.	Model međuzavisnosti između nastavnih i naučno istraživačkih varijabli.....	95
6.2.	Ocena efikasnosti nastavnog i naučno istraživačkog rada nastavnika	98
6.2.1.	Ocena subjektivne efikasnosti nastavnika.....	100
6.2.2.	Ocena objektivne efikasnosti nastavnika	112
6.2.3.	Agregirana ocena efikasnosti nastavnika	117
7.	ZAKLJUČAK	119
	LITERATURA.....	123
	PRILOG 1. ANKETA O VREDNOVANJU PEDAGOŠKOG RADA NASTAVNIKA ..	139
	PRILOG 2. UPITNIK U ISTRAŽIVANJU PREFERENCIJA PREMA RAZLIČITIM ASPEKTIMA PEDAGOŠKOG RADA NASTAVNIKA	140

Lista slika, tabela i grafikona:

Tabela 2.1 Orijentacija DEA modela (Savić, 2012).....	14
Tabela 3.1 Osnovne konceptualne razlike između višeatributivnog i višeciljnog odlučivanja (Čupić i koautori, 2003)	36
Tabela 3.2 Pregled primene Conjoint analize za merenje značajnosti kompetencija nastavnog i naučno istraživačkog rada nastavnika	56
Tabela 4.1 Pregled primena prevođenja kvalitativnih u kvantitativne podatke za DEA korišćenjem AHP metode	80
Tabela 6.1 Atributi, njihovi nivoi, i vrednosti parcijalnih korisnosti nivoa atributa	101
Tabela 6.2 Osnovni podaci o nastavnicima	103
Tabela 6.3 Deskriptivna statistika kriterijuma.....	104
Tabela 6.4 Ocene nastavnika na osnovu WSM – Conjoint i EWSM – Original metoda	105
Tabela 6.5 Efikasnost svih DMU, njihov rang i vrednosti težinskih koeficijenata po svakom parametru	106
Tabela 6.6 Rezultati deskriptivne statistike - $n = 27$	107
Tabela 6.7 Rangovi nastavnika i DEA težine.....	108
Tabela 6.8 Analiza rezultata ocene efikasnosti nastavnika	108
Tabela 6.9 Rezultati evaluacije efikasnosti nastavnika	110
Tabela 6.10 Spearman-ov koeficijent ranga korelacije za sve predložene scenarije....	110
Tabela 6.11 DEA rezultati simuliranih podataka	111
Tabela 6.12 Vrednosti ulaza i izlaza, ocena efikasnosti nastavnog rada nastavnika....	113
Tabela 6.13 Deskriptivna statistika parametara naučno istraživačkog rada.....	115
Tabela 6.14 Vrednosti ulaza i izlaza i ocene efikasnosti naučno-istraživačkog rada nastavnika	116
Tabela 6.15 Zbirna ocena efikasnosti nastavnika i konačan rang	117
Slika 2.1 Klasifikacija DEA modela prema prinosu obima i orijentaciji.....	13
Slika 3.1 Veza između atributa, nivoa atributa i profila.....	39
Slika 3.2 Metodologija izvođenja Conjoint analize	40
Slika 3.3 Metode za merenje potrošačkih preferencija	42
Slika 3.4 Primeri Conjoint zadatka u zavisnosti od korišćene Conjoint metodologije ..	50

Slika 4.1 Poređenje matrice procene tradicionalne AHP i DEAHP metode (Ramanathan, 2006).....	78
Slika 5.1 Metodološki okvir unapređenja DEA metode.....	88
Slika 6.1 Model međuzavisnosti nastavnih i naučno-istraživačkih varijabli (Marsh, 1984).....	96
Slika 6.2 Zbirna ocena efikasnosti nastavnika	99
Grafik 2.1 Distribucija DEA radova po godini (Emrouznejad & Yang, 2018).....	27
Grafik 3.1 Funkcija preferencija (kontinualna) kod Modela idealnog vektora	45
Grafik 3.2 Funkcija preferencija kod Modela idealne tačke	46
Grafik 3.3 Funkcija preferenciji (diskretna) kod Modela parcijalnih korisnosti.....	47
Grafik 6.1 Značajnosti atributa na agregatnom nivou	102

1. Uvod

U uvodnom delu doktorske disertacije data je formulacija problema, predmet i cilj istraživanja, kao i hipoteze, nakon čega je ukratko naveden metod istraživanja. Na kraju ovog dela, dat je sažet opis ostalih poglavlja disertacije.

1.1. Predmet, problem i cilj istraživanja

Predmet istraživanja disertacije je razvoj metodološkog okvira unapređenja Analize obavijanja podataka (*Data Envelopment Analysis* - DEA) korišćenjem Conjoint analize ili Analitičkog hijerarhijskog procesa (AHP). U tom kontekstu potrebno je odrediti koja od multiatributivnih metoda se može koristiti u određenoj fazi implementacije DEA.

DEA je neparametarska tehnika, na bazi linearnog programiranja, za merenje efikasnosti kompleksnih entiteta - DMUs (*Decision Making Units*). Rezultati DEA pokazuju koliko su jedinice koje se ocenjuju neefikasne u odnosu na efikasne, kao i koliko je potrebno smanjiti određeni ulaz i/ili povećati određeni izlaz da bi neefikasne jedinice postale efikasne. Osnovna prednost DEA metode u odnosu na druge metode za merenje efikasnosti leži u tome da je ona neparametarska metoda i da vrednosti ulaza i izlaza ne treba da budu biti *a priori* zadate.

Rezultati se baziraju na vrednosti ulaza i izlaza uključenim u analizu, pa je njihov izbor jedana od najvažnijih faza u implementaciji DEA metode. S obzirom da postoji veliki broj ulaznih i izlaznih parametara koji mogu da se koriste, često nije jasno koje ulaze, a koje izlaze izaberati za ocenu relativne efikasnosti. Kao posledica, različite selekcija parametara može doći i do različitih rezultata ocene efikasnosti nekog entiteta. Pored toga, ako je u analizu uključen veliki broj ulaza i izlaza, može se desiti da dođe do problema u razlikovanju zaista efikasne jedinice u odnosu na neefikasne, pošto će veliki procenat jedinica u posmatranom skupu biti procenjen kao efikasan. To je osnovni razlog što se adekvatna selekcija ulaza i izlaza smatra veoma važnom fazom u primeni DEA metode i ključna je za unapređenje njene diskriminacione moći.

Pri primeni DEA metode, često se ulazni i izlazni parametri tretiraju kao „dati“ i odmah se prelazi na neposrednu ocenu efikasnosti. Selekcije i smanjenje broja ulaznih i izlaznih parametara se može vršiti i primenom statističkih metode, kao su regresiona ili korelaciona analiza. Važno je napomenuti da izbor DEA modela kao i izbor ulaznih i izlaznih parametara zavisi od konkretno postavljenog cilja analize.

Imajući u vidu neke uočene probleme pri implementaciji, posebno vezane za izbor relevantnih kriterijuma koji će omogućiti dobijanje realnih mera efikasnosti, razvijeni su hibridni modeli za povezivanje DEA sa drugim metodama. Ocena efikasnosti pomoću DEA metode se vrši na osnovu više kriterijuma što je uslovilo njeno povezivanja sa metodama višeatributivne i višekriterijumske analize (odlučivanja). To znači da bi ove metode odredile realne težine (važnosti) kriterijuma u DEA, sa jedne strane, a sa druge, sužavanjem dopustive oblasti rešenja uvođenjem ograničenja za težinske koeficijente omogućila bi se bolja diskriminacija posmatranih DMU s obzirom na nivo efikasnosti i samim tim bi se olakšalo njihovo rangiranje. U ovoj disertaciji je naglasak stavljen na Conjoint analizu i AHP (*Analytic Hierarchy Process*) metodu, odnosno na njihove mogućnosti povezivanja sa DEA metodom.

AHP metoda je kreirana za procenu više alternativa u odnosu na više kriterijuma, uzimajući u obzir njihovu hijerarhijsku strukturu. Na najvišem nivou procenjuju se kriterijumi, a na nižim nivoima se procenjuju alternative na osnovu kriterijuma. Donosilac odluke daje svoju subjektivnu ocenu važnosti kriterijuma odvojeno za svaki nivo i podnivo. Na osnovu tih procena se formiraju matrice poređenja parova, koje su zasnovane isključivo na subjektivnim procenama. AHP je tehnika koja može da se upotrebi za rangiranje više alternativa i/ili za izbor najbolje iz skupa raspoloživih. Rangiranje/selekcija se vrši u odnosu na ukupan cilj koji se opisan preko više kriterijuma.

Conjoint analiza je metoda koja omogućava ispitivanje preferencije ispitanika na osnovu njihovih sklonosti ka određenim atributima. Polazi se od pretpostavke da ispitanik ocenjuje ukupnu korisnost (značajnost) koncepta na osnovu kombinacije pojedinačnih parcijalnih korisnosti nivoa njegovih atributa. Parcijalne korisnosti su izražene kvantitativno i pokazuju poželjnost određenih karakteristika. Vrednosti parcijalnih korisnosti se dobijaju što anketira grupa ispitanika koji treba da izvrše evaluaciju alternativnih koncepta. Svaki koncept je sastavljen kao kombinacije atributa čije parcijalne korisnosti se ispituju.

Iako su Conjoint analiza i AHP metoda prvobitno razvijene s različitim ciljevima, ipak se mogu koristiti nezavisno jedna od druge, u sličnim ili pak istim istraživanjima (Tscheulin, 1991; Mulye, 1998; Helm et al., 2004; Scholl et al., 2005; Helm et al., 2008; Ijzerman et al., 2008; Kallas et al., 2011; Ijzerman et al., 2012; Danner et al., 2017). Obe metode mogu se primeniti za merenje preferencija ispitanika i određivanje relativne značajnosti atributa (kriterijuma), ali imajući u vidu kvalitet željenih rezultata, mora se na osnovu konkretnog

problema i aspekata istraživanja (poznavanje metoda, složenost, naručeni efekti, nivo konzistentnosti) izabrati odgovarajuća.

Sa obzirom na to da su i DEA i AHP popularni i veoma korišćeni alati, u relevantnoj literaturi se može naći veliki broj radova koji se bavi njihovom primenom i povezivanjem. Kako autori navode, ova sinteza daje bolje rezultate u poređenju sa pojedinačnom primenom svake od njih. U nekim radovima AHP metoda je korišćena u slučajevima kada je bilo potrebno: potpuno rangiranje (Sinuany-Stern et al., 2000; Martić & Popović, 2001; Feng et.al., 2004; Zhang et al., 2006; Tseng & Lee, 2009; Rouyendegh & Erkan, 2010); rešavanje problema u interpretaciji nedostajućih podataka (Saen et al., 2005); ograničavanje vrednosti težinskih koeficijenata (Zhu, 1996; Seifert & Zhu, 1998; Premachandra, 2001; Takamura & Tone, 2003; Entani et al. 2004; Sun, 2004; Meng et al., 2008; Lozano & Villa, 2009; Lee et al., 2012; Kong & Fu, 2012); smanjenje broja ulaza i izlaza (Cai & Wu, 2001; Korhonen et al., 2001; Meng et al., 2007); prevođenje kvalitativnih u kvantitativne podatke (Shang & Sueyoshi, 1995; Yoo, 2003; Yang & Kuo, 2003; Ertay et al., 2006; Ramanathan, 2006; Peaw & Mustafa, 2006; Korpela et al., 2007; Ferreira Filho et al, 2007; Sevkli et al., 2007; Azadeh et al., 2008; Jyoti et al., 2008; Wang et al., 2008; Sueyoshi et al., 2009; Mohajeri & Amin, 2010; Rezaie at al., 2010; Azadeh et.al., 2011; Lin et al., 2011; Raut, 2011; Saleeshya & Babu, 2012; Ar & Kurtaran, 2013; Thanassoulis et al., 2017), a potom je primenjivana DEA za izbor efikasnih jedinica.

Jedini rad koji je do sada objavljen, a koji koristi ideju kombinovanja DEA metode i Conjoint analize objavili su Salhie i Haris (Salhie & Al-Harris, 2014). Oni su predložili kombinovanje ovih metoda u slučaju izbora novog proizvoda na tržištu.

Osnovna ideja doktorske teze je razvoj metodološkog okvira za unapređenje DEA metodama multiatributivnog odlučivanja: Conjoint analizom i AHP metodom.

Ciljevi doktorske teze su višestruki. Cilj je, najpre, da se istraži postojeća literatura vezana za DEA metodu, Conjoint analizu i AHP, da se ukaže na mogućnosti primene, prednosti i nedostatke istih. Biće urađen i pregled kombinovanja DEA sa Conjoint analizom i AHP metodom, kao i komparativna analiza ove dve multiatributivne metode. Sve zajedno bi trebalo da rezultira identifikovanju i razvoju novog metodološkog okvira za unapređenje DEA, što je i primarni cilj doktorske teze. Novi metodološki okvir biće testiran za određivanje efikasnosti nastavnog i naučno istraživačkog rada nastavnika na fakultetu.

1.2. Hipoteze doktorske disertacije

Na osnovu analize dostupne literature i postavljenog predmeta i cilja istraživanja mogu se postaviti opšta i posebne hipoteze disertacije, koje će u radu biti potvrđene ili opovrgnute.

Opšta hipoteza:

- Primenom metoda multiatributivnog odlučivanja moguće je unaprediti DEA.

Posebne hipoteze:

- Koncepti AHP metode se mogu uspešno integrisati u DEA metodu.
- Korišćenjem Conjoint analize mogu se dobiti podaci o preferencijama koji se mogu kvalitetno upotrebiti u DEA metodi.
- Zajedničkim korišćenjem DEA i AHP prevazilaze se nedostaci pojedinačne i nezavisna primena DEA metode.
- Zajedničkim korišćenjem DEA i Conjoint analize prevazilaze se nedostaci pojedinačne i nezavisne primene DEA metode.
- AHP metoda se može uspešno koristiti za potpuno rangiranje DMU.
- Conjoint analiza metoda se može uspešno koristiti za definisanje težina kriterijuma u DEA.
- Conjoint analiza se može koristiti za izbor ulaza i izlaza.
- Rezultati metodologije bazirane na združenoj primeni DEA i Conjoint analizi mogu se uspešno koristiti za određivanje efikasnosti nastavnika na Univerzitetu.
- Rezultati metodologije bazirane na združenoj primeni DEA i AHP mogu se uspešno koristiti za određivanje efikasnosti nastavnog i naučno istraživačkog rada nastavnika na Univerzitetu.

1.3. Naučne metode istraživanja

Kako bi se na uspešan način realizovala ideja istraživanja i potvrdile ili opovrgle navedene hipoteze, u disertaciji će biti korišćen osnovni metod istraživanja baziran na postojećim teorijskim rezultatima i eksperimentalnom radu. Sakupljanje i analiza dostupne literature kao i njena sistematizacija, sve sa ciljem da se pokaže opravdanost i korisnost novog metodološkog okvira merenja efikasnosti zasnovanog na DEA metodi.

Rad će biti koncipiran na primeni opštih metoda istraživanja: analiza-sinteza, indukcija-dedukcija i konkretizacija-generalizacija, deskripcija i kompilacija. Pored opštih metoda istraživanja koristiće se i posebne metode koje proizilaze iz specifičnosti predmeta i cilja istraživanja, kao što su Analiza obavljanja podataka – DEA metoda i multiatributivne metode: Conjoint analiza i Analitički hijerarhijski proces – AHP.

Mogućnost primene predložene metodologije biće prikazana na realnom primeru, uz upotrebu savremenih softvera.

1.4. Struktura doktorske disertacije

Disertacija je strukturirana u sedam poglavlja. Posle uvodnog dela sledi drugo poglavlje u kome je detaljno opisana DEA - tehnika matematičkog programiranja koja se primenjuje za ocenu efikasnosti, u različitim oblastima poslovanja. Široka primena je usloвила razvoj velikog broja modela. Teorijska osnova DEA i modeli će biti detaljno prikazani u ovom poglavlju. Biće izložena i procedura implementacije DEA koju treba pravilno primeniti da bi se dobili validni rezultati.

U trećem poglavlju su opisani pojam, razvoj, metodologija izvođenja, prednosti i nedostaci, kao i softverski alati za podršku Conjoint analize i AHP metode. U okviru ovog poglavlja dato je i konceptualno poređenje Conjoint analize i AHP metode i pregled istraživanja baziranih na njihovom poređenju. U četvrtom poglavlju su prikazani modeli i dosadašnja primena kombinovanja DEA metode sa AHP metodom i Conjoint analizom.

U petom poglavlju opisan je originalni metodološki okvir unapređenja DEA korišćenjem Conjoint analize i AHP metode. Šesto poglavlje se sastoji iz empirijskih studija kojima je predloženi metodološki okvir testiran u praksi nakon čega se ukazuje na njegove prednosti i nedostatke. U sedmom poglavlju izvršena je sinteza rezultata istraživanja i data su zaključna razmatranja gde su prikazani doprinosi disertacije, potvrđena ispravnost postavljenih hipoteza i dalji mogući pravci istraživanja u ovoj oblasti.

Spisak korišćene literature je na kraju rada.

2. Analiza obavljanja podataka – DEA

Jedna od najvažnijih performansi poslovanja organizacionih jedinica i pojedinaca jeste njihova efikasnost. U klasičnim ekonomskim teorijama efikasnost se predstavlja ostvarivanje što većih izlaza uz što manje ulaze, a meri se kao odnos izlaza i ulaza:

$$Efikasnost = \frac{izlaz}{ulaz}$$

Međutim kod merenja efikasnosti u realnim sistemima, često se dešava da se posmatraju jedinice koje koriste više raznorodnih ulaza za proizvodnju više raznorodnih izlaza. Ukoliko ih je sve neophodno uključiti u analizu, ne može se doneti zaključak o nivou uspešnosti na osnovu parcijalnih pokazatelja. Farelova mera tehničke efikasnosti (Farrell, 1957) dozvoljava uključivanje ili više ulaza ili više izlaza u analizu. Međutim, istovremeno uključivanje više ulaza odnosno više izlaza nije bilo moguće do razvoja Analize obavljanja podataka (DEA - *Data Envelopment Analysis*) kao metodologije za procenu efikasnosti.

2.1. Razvoj DEA metode

Razvoj DEA metode se razvija od 1978. godine kada su Čarns, Kuper i Rouds definisali osnovni DEA model (Charnes et.al., 1978). U početku je bila namenjena za merenje efikasnosti neprofitnih organizacija (škole, bolnice,...). Međutim, kasnije upotreba ove metode se proširila za merenje efikasnosti jedinica odlučivanja - DMU (*Decision Making Unit*) u svim oblastima koje za proizvodnju više raznorodnih izlaza koriste više raznorodnih ulaza. Dobijena mera efikasnosti je relativna, pošto se meri efikasnost svake jedinice u odnosu na sve ostale u posmatranom skupu. Prema tome može se reći da vrednost indeksa efikasnosti zavisi od broja jedinica, kao i od broja i strukture ulaza i izlaza koji su uključeni u analizu.

Osnovni DEA modeli su kreirani sa pretpostavkom da težinski koeficijenti predstavljaju važnost svakog ulaza i izlaza koje jedinica odlučivanja bira slobodno, tako da se njena efikasnost maksimizira. Pre početka analize, jedinice u posmatranom skupu treba da izaberu ulaze i izlaze koje će uključiti u analizu i odrede donju granicu vrednosti za težinske koeficijente. Definisanje analitička forme proizvodne funkcije nije neophodno.

Ova funkcija se formira kao obvojnica u toku analize. Za svaku DMU se ispituje da li je moguće postojeći izlaz dostići sa manjim ulazom (obaviti odozdo) upoređujući njihove vrednosti sa vrednostima za ostale jedinice u posmatranom skupu. U suprotnom slučaju, za

svaku DMU ispituje da je moguće sa datim ulazom proizvoditi veću količinu izlaz (obaviti odozgo) uzimajući u obzir vrednosti izlaza preostalih jedinica. Prema tome, granica efikasnosti predstavlja empirijski dobijen maksimum izlaza koji svaka DMU može dostići korišćenjem posojećih ulaza i ponaša se kao obvojnica (*envelope*) za neefikasne jedinice. Odatle potiče i naziv metode - Analiza obavljanja podataka. Ako se jedinica ne nalazi na obvojnici tj. granici efikasnosti, smatra se da je ona relativno neefikasna, u suprotnom je efikasna.

Čarns i koautori (Charnes et al., 1994) su pokazali da se jedna DMU može okarakterisati kao efikasna samo ako nisu ispunjena sledeća 2 uslova (Savić, 2012):

1. Moguće je povećati joj bilo koji izlaz bez povećanja bilo kog od ulaza i bez smanjenja bilo kog drugog izlaza;
2. Moguće je smanjiti joj bilo koji ulaz bez smanjenja bilo kog od izlaza i bez povećanja bilo kog drugog ulaza.

Ističu sledeće osobine DEA metode:

- određuje se pojedinačna mera relativne efikasnosti za svaku DMU;
- analiza uključuje više ulaza i izlaza;
- moguće je uključiti egzogene i kategorijske promenljive, kao i vrednosne ocene za parametre;
- dobijene mere efikasnosti su Pareto optimalne;
- ne zahtevaju se *a priori* cene i težine za parametre;
- potpuno jednaki kriterijumi se primenjuju pri ocenjivanju za svaku DMU;
- ne zahteva se funkcionalna forma proizvodnog odnosa ulaz-izlaz.

2.2. DEA modeli

Ocena relativne efikasnosti pomoću DEA metode se može vršiti sa više aspekata, a u zavisnosti od izabranih modela. Čarns, Kuper i Rouds (Charnes et al., 1978) su razvili DEA modele, koji su tokom godina modifikovani i proširivani. U ovom poglavlju prikazani su osnovni DEA modeli i osnovna proširenja.

Pretpostavka je da se ocenjuje efikasnost n jedinica odlučivanja. Podaci o svim važnim ulazima i izlazima su raspoloživi. Pri izboru DMU treba voditi računa o sledećim pretpostavkama (Cooper et al., 2000): (1) vrednosti ulaza i izlaza su raspoložive za svaku

DMU i imaju pozitivne vrednosti; (2) interesi analitičara su uključeni u analizu; (3) merne jedinice parametara ne moraju biti jednorodne; (4) indeks efikasnosti treba da odražava princip da se teži smanjenju ulaza i povećanju izlaza.

2.2.1. DEA model sa konstantnim prinosom na obim

Čarns, Kuper i Rouds (Charnes, et al., 1978) su predložili osnovnu DEA model sa pretpostvakom konstantnog prinosa na obim (**CCR DEA racio model**) kojim se se za svaku DMU_k ($k = 1, 2, \dots, n$) rešava zadatak M 2.1:

MODEL (M 2.1)

$$(Max) h_k = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rk}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ik}} \quad k = 1, 2, \dots, n \quad (2.1)$$

p.o.

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (2.2)$$

$$u_r \geq 0, \quad r = 1, 2, \dots, s \quad (2.3)$$

$$v_i \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (2.4)$$

gde su:

x_{ij} - posmatrani iznos ulaza i -te vrste za j -tu DMU ($x_{ij} > 0$); y_{rj} - posmatrani iznos izlaza r -te vrste za j -tu DMU ($y_{rj} > 0$); h_k - relativna efikasnost DMU_k ; u_r - težinski koeficijent za r -ti izlaz; v_i - težinski koeficijent za i -ti ulaz (Martić & Popović, 2001).

CCR DEA model minimizira relativnu efikasnosti (h_k) dodeljujući vrednosti nepoznatim u_r i v_i . Pretpostavlja se konstantni prinos na obim (*constant return to scale* – CRS), gde povećanje ulaza rezultuje proporcionalnom povećanju izlaza (Guan & Chen, 2012). Ako je relativna efikasnost jednaka 1, DMU_k je relativno efikasna. Za relativno neefikasnu DMU_k , indeks efikasnosti h_k je manji od 1, i pokazuje za koliko procentualno DMU_k treba da smanji svoje ulaze da bi postala efikasna (Savić, 2012).

Vrednosti težina su bazirane i izračunate na osnovu skale na kojoj su date mere vrednosti ulaza i izlaza. Zbog toga međusobno poređenje težinskih koeficijenata nije preporučljivo. Njihove vrednosti treba da zadovolje uslov da je za svaku DMU odnos težinske sume izlaza i težinske sume ulaza manji ili jednak od 1 (Savić, 2012). Težinski koeficijenti mogu imati samo nenegativne vrednosti (2.3 i 2.4), a kasnije su ova ograničenja modifikovana time što im se za donju granicu postavlja mala pozitivna vrednost (ε).

S obzirom da je model M 2.1 nelinearan, on se može svesti na ekvivalentan linearni (M 2.2) pomoću Čarns-Kuperovih transformacija (Cooper et al., 2000).

MODEL (M 2.2)

$$(Max) h_k = \sum_{r=1}^s u_r y_{rk} \quad (2.6)$$

p.o.

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{ik} = 1 \quad (2.7)$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (2.8)$$

$$u_r \geq \varepsilon, \quad r = 1, 2, \dots, s \quad (2.9)$$

$$v_i \geq \varepsilon, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (2.10)$$

U modelu M 2.2 za DMU_k maksimizira se virtuelni izlaz (važnost izlaza u dobijenom indeksu efikasnosti), dok je virtuelni ulaz je jednak 1 (Savić, 2012). Dimenzije modela M 2.2 su jednake proizvodu broja promenljivih i ($m+s$), a broja ograničenja ($n+m+s+1$). U praksi se pokazalo da je neophodno na broj broj DMU bude značajno veći od ukupnog broja ulaza i izlaza. Zbog toga se najčešće rešava dualni CCR DEA model (M 2.3):

MODEL (M 2.3)

$$(Min) Z_k - \varepsilon \left(\sum_{r=1}^s s_r^+ + \sum_{i=1}^m s_i^- \right) \quad (2.10)$$

p.o.

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j \cdot y_{rj} - s_r^+ = y_{rk}, \quad r = 1, 2, \dots, s \quad (2.11)$$

$$Z_k \cdot x_{ik} - \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} - s_i^- = 0, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (2.12)$$

$$\lambda_j, s_r^+, s_i^- \geq 0; \quad j = 1, 2, \dots, n, \quad r = 1, 2, \dots, s, \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad Z_k \text{ -neograničeno} \quad (2.13)$$

gde su:

Z_k - faktor intenziteta (pokazuje na koji nivo da DMU_k proporcionalno smanji sve izlaze da bi postala efikasna);

s_i^- i s_r^+ - dopunske promenljive (koliko je moguće da DMU_k pojedinačno samnji i -ti ulaz i poveća r -ti izlaz da bi postala efikasna);

λ_j - dualne težina (važnost dodeljena DMU_j);

ε - mali pozitivni broj.

Faktor inteziteta Z_k ima vrednost 1, ako samo λ_k ima pozitivnu vrednost (od svih λ_j ($j=1, 2, \dots, n$)). To znači da je DMU_k angažovala minimum ulaza i da je granična tačka (ove jedinice se nazivaju referentne ili uzorne). U suprotnom, DMU_k je neefikasna i faktor inteziteta pokazuje da treba proporcionalno za $(1-Z_k)*100$ procenata da smanji sve ulaze sa postojećim nivoom izlaza da bi postala efikasna.

Na osnovu ograničenja koja su zadata relacijom (2.12) vidi se da se smanjivanje ulaznih faktora k -te DMU može postići: (1) smanjivanjem vrednosti Z_k i (2) povećavanjem vrednosti dopunske promenljive za taj ulaz.

U modelu M 2.3 ima ukupno $(n + s + m + 1)$ promenljivih i $(s+m)$ ograničenja. Jasno se vidi da se povećanjem broja DMU u dualnom modelu ne menja broj ograničenja, već se povećava broj promenljivih, što je potpuno suprotno u odnosu na primalni model M 2.2. U zadatku M 2.3, potrebno je rešiti n zadataka linearnog programiranja (za svaku DMU_j ($j=1, \dots, n$)) po jedan.

DMU_k je potpuno efikasna (*full efficiency*), ako i samo ako, su za optimalno rešenje ($\lambda^*, s^{+*}, s^{-*}, Z_k^*$) problema M 2.3 ispunjeni uslovi:

$$Z_k^* = 1 \quad (2.13)$$

$$s^{+*} = s^{-*} = 0 \quad (2.14)$$

Prvi od dva uslova se odnosi na „radijalnu“ meru efikasnosti koja se često naziva i „tehničkom“ efikasnošću. Ako je $Z_k^* = 1$, a neka dopunska promenljiva ima pozitivnu vrednost, DMU_k je granična tačka, ali nije efikasna, pa se za nju kaže i da je “slabo efikasna” (*weak efficiency*). Pokazano je da je neka neefikasna jedinica potpuno obavijena samo ako u optimalnom rešenju dualnog DEA modela postoji $(m+s-1)$ pozitivna dualna težina λ_j , koje govore o važnosti efikasnih jedinica pri formiranju uzorne hipotetičke jedinice (Martić, 1999).

Optimalno rešenje dualnog DEA modela $(\lambda^*, s^{+*}, s^{-*}, Z_k^*)$ problema M 2.3 može se koristiti za određivanje ciljane vrednosti za DMU:

$$X_k'' = Z_k^* X_k - s^{-*}, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (2.15)$$

$$Y_k'' = Y_k + s^{+*}, \quad r = 1, 2, \dots, s \quad (2.16)$$

gde su

X'' - m -dimenzioni vektor ulaza i Y'' s -dimenzioni vektor izlaza.

X_k'' i Y_k'' predstavljaju vektore ciljanih vrednosti ulaza i izlaza za DMU_k sa kojima bi ona bila efikasna. Razlika $\Delta X_k = X_k - X_k''$ odnosno $\Delta Y_k = Y_k'' - Y_k$ je procenjeni iznos neefikasnosti r -tog izlaza odnosno i -tog ulaza respektivno. Pa se na taj način za neefikasnu DMU_k direktno izračunava koliko bi trebalo da promeni ulaze i/ili izlaze pa da postane efikasna.

2.2.2. DEA model sa varijabilnim prinosom na obim

BCC DEA model (*VRS-variable returns to scale*) predstavlja prvo proširenje CCR DEA modela (Banker et al., 1984). Ovaj model sadrži dodatnu promenljivu u^* kojom se koriguje prinos na obim. Ova promenljiva definiše položaj pomoćne hiperravni koja leži na ili iznad svake DMU u posmatranom skupu.

Primalni BCC DEA model ima sledeći oblik (Banker et al., 1984):

MODEL (M 2.4)

$$(Max) h_k = \sum_{r=1}^s u_r y_{rk} + u_* \quad (2.17)$$

p.o.

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{ik} = 1 \quad (2.18)$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} + u_* \leq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (2.19)$$

$$u_r \geq \varepsilon, \quad r = 1, 2, \dots, s \quad (2.20)$$

$$v_i \geq \varepsilon, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (2.21)$$

Matematički model M 2.4 proverava da li je k -ta DMU postigla željeni nivo izlaza sa minimalnim ulazima i od svih hiperravni koje prekrivaju sve DMU bira se ona kod do koje je rastojanje najmanje.

Osnovnu ideju na kojoj počiva BCC DEA model jednostavnije se prikazuje na primeru dualnog DEA modela, koji je isti kao dualni CCR DEA model M 2.3 sa uključenim dodatnim ograničenjem za konveksnost $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$. Na taj način je omogućen varijabilni prinos na obim i obezbeđeno da se referentni skup formira kao konveksna kombinacija efikasnih DMU (samo one koje u optimalnom rešenju imaju nenegativnu vrednost za λ). Primenom ovih modela formira se granica efikasnosti (*efficiency frontier*) u obliku konveksnog omotača.

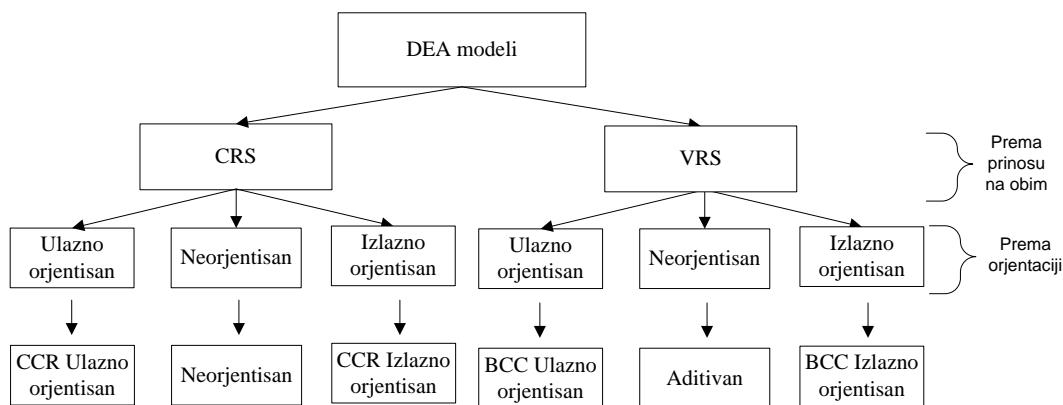
Osnovne razlike između CCR i BCC DEA modela su (Popović, 2006):

- CCR DEA model zahteva konstantni prinos na obim, a BCC DEA dopušta promenljivi prinos na obim;
- CCR DEA model meri ukupnu tehničku efikasnost, a BCC DEA model čistu tehničku efikasnost, stoga je CCR DEA indeks efikasnosti uvek manji ili jednak od BCC indeksa efikasnosti;
- Kod CCR DEA modela, dovoljno je rešiti jedan ili ulazno ili izlazno orijentisani model jer su rešenja međusobno povezana. Kod BCC DEA modela to ne važi.

2.2.3. Orijentacija DEA modela

Prethodno opisani modeli se najčešće nazivaju **ulazno orijentisani** (cilj je minimizacija ulaza potrebnih za proizvodnju izlaza). Nasuprot njima, u **izlazno orijentisanim** cilj je maksimizacija izlaza pri zadanom nivou ulaza. Pored ove dve orijentacije, u literaturi (Thanassoulis & Emrouznejad, 1995; Joro, 1998; Cooper et al., 2000) se često pominju i **neorijentisani (kombinovani) modeli**, kod kojih se razmatra mogućnost za simultano smanjenje ulaza i povećanje izlaza da bi posmatrana jedinica postala efikasna.

Osnovna klasifikacija DEA modela je prema prinosu obima: konstantan (*CRS*) ili varijabilan (*VRS*) i prema orijentaciji: neorijentisani modeli, ulazno orijentisani i izlazno orijentisani (Charnes et al., 1994). Klasifikacija je predstavljena na Slici 2.1.



Slika 2.1 Klasifikacija DEA modela prema prinosu obima i orijentaciji

U Tabeli 2.1. dati su u matričnoj formi primalni (težinski problem) i dualni (problem obavijanja) osnovni linearni DEA CCR i BCC modeli za ulaznu i izlaznu orijentaciju i neorijentisani modeli.

Tabela 2.1 Orijentacija DEA modela (Savić, 2012)

Ulazno orijentisani	
Težinski problem	Problem obavljanja
$(\max) h = u^T Y_k + u_*$ <small>μ, v</small> p.o. $v^T X_k = 1$ $u_* e^T + u^T Y - v^T X \leq 0$ $\mu^T \geq \varepsilon, v^T \geq \varepsilon$	$(\min) Z - \varepsilon(e^T s^+ + e^T s^-)$ <small>θ, λ</small> p.o. $Y\lambda - s^+ = Y_k$ $ZX_k - X\lambda - s^- = 0$ $Z \text{ neograničeno, } \lambda, s^+, s^-, \varepsilon \geq 0$
Izlazno orijentisani	
$(\min) q = v^T X_k + u_*$ <small>μ, v</small> p.o. $\mu^T Y_k = 1$ $u_* e^T - u^T Y + v^T X \geq 0$ $u^T \geq \varepsilon, v^T \geq \varepsilon$	$(\max) \theta + \varepsilon(e^T s^+ + e^T s^-)$ <small>θ, λ</small> p.o. $X\lambda + s^- = X_k$ $-Y\lambda + \theta Y_k + s^+ = 0$ $\theta \text{ neograničeno, } \lambda, s^+, s^-, \varepsilon \geq 0$
Neorijentisani	
$(\min) q = v^T X_k - u^T Y_k + u_*$ <small>μ, v</small> p.o. $v^T X_k + u^T Y_k = 1$ $u_* e^T - u^T Y + v^T X \geq 0$ $u^T \geq \varepsilon, v^T \geq \varepsilon$	$(\max) \theta + \varepsilon(e^T s^+ + e^T s^-)$ <small>θ, λ</small> p.o. $X\lambda + \theta X_k + s^- = X_k$ $-Y\lambda + \theta Y_k + s^+ = -Y_k$ $\theta \text{ neograničeno, } \lambda, s^+, s^-, \varepsilon \geq 0$
Za sve težinske probleme važi:	Za sve probleme obavljanja važi:
$u_* \begin{cases} = 0 \text{ u CCR,} \\ \text{neograničeno u BCC}_1, \\ \leq 0 \text{ u BCC}_2, \\ \geq 0 \text{ u BCC}_3 \end{cases}$	CCR: nema dodatnog ograničenja BCC ₁ : dodaje se $e^T \lambda = 1$ BCC ₂ : dodaje se $e^T \lambda \leq 1$ BCC ₃ : dodaje se $e^T \lambda \geq 1$

U težinskom izlazno orijentisanom DEA modelu, minimizira se virtuelni ulaz za k -tu DMU dok je vrednost virtuelnog izlaza jednaka 1. Određuje se nenegativna vrednost težinskih koeficijenta ulaza i izlaza. Za relativno efikasnu jedinicu vrednost funkcije cilja je 1, to je ujedno i njena najmanja moguća vrednost.. Relativno neefikasne jedinice u ovom modelu imaju vrednost funkcije cilja veću od 1 koja pokazuje za koliko je potrebno da proporcionalno povećaju izlaze da bi postale efikasne. One DMU za koje su virtuelni ulaz i izlaz jednaki čine uzorne (referentne) jedinice. Indeks efikasnosti za izlazno orijentisani DEA model dobija se kao recipročna vrednost funkcije cilja ulazno orijentisanog DEA modela, u slučaju pretpostavke konstantnog prinosa na obim.

Može se reći da osnovnu ideju DEA najbolje pokazuje dualni model ("problem obavijanja"). Ako je za datu jedinicu moguće konstruisati hipotetičku kompozitnu jedinicu izvan postojećih jedinica onda je ona neefikasna, u suprotnom je efikasna.

Vrednosti za promenljive λ_j se određuju tako da ne postoji ulaza za neku hipotetičku kompozitnu jedinicu $\left(\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij}, i = 1, 2, \dots, m \right)$ koji je veći od stvarnog ulaza DMU_k , a da svaki od izlaza kompozitne jedinice $\left(\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj}, r = 1, 2, \dots, s \right)$ ne bude veći od odgovarajućeg stvarnog ulaza, za izlazno orijentisane modele .

Kod težinskog (primalnog) neorjentisanog DEA modela minimizira se razlika virtuelnih ulaza i izlaza pri ograničenjima da za svaku $DMU_j, j=1, \dots, n$, virtuelni ulaz mora biti manji od virtuelnog ulaza i da njihov zbir mora biti jednak 1. Vrednosti virtuelnih ulaza i izlaza se kreću između 0 i 1, a minimalna vrednost njihove razlike će se ostvariti ukoliko su jednaki. Ako je vrednost funkcije cilja veća od 0, ona pokazuje za koliko bi DMU_k (%) trebalo istovremeno da smanji ulaze i poveća izlaze da bi postala efikasna. Kod neorjentisanih modela dualne težine imaju isto značenje kao kod ulazno ili izlazno orijentisanih a referentne DMU se određuju na već opisani način.

Da bi DMU_k bila efikasna moraju biti ispunjeni uslovi:

$$\theta = 0 \tag{2.22}$$

$$\lambda_k = 1, \lambda_j = 0, j \neq k \tag{2.23}$$

$$e^T s^+ = 0, e^T s^- = 0 \tag{2.24}$$

Iz uslova (2.22-2.24) prozilazi da su ograničenja dualnih modela ispunjena i imaju oblike $1^* X_k = X_k, 1^* Y_k = Y_k$. Uzorna jedinica, za neku neefikasnu DMU, ima koordinate $((1-\theta)X_k, (1+\theta)Y_k)$, ako sve dualne promenljive imaju vrednost 0. Na ovaj način se izračunavaju ciljane vrednosti ulaza i izlaza posamtrane DMU.

2.3. Implementacija analize obavijanja podataka

Implementacija DEA metode može se podeliti u četiri osnovne faze: (1) izbor jedinica o kojima se odlučuje; (2) izbor ulaza i izlaza; (3) rešavanje DEA modela i (4) analiza i tumačenje rešenja (Martić, 1999). Kroz primenu DEA u upravljanju velikim projektima, Emrouznejad i Vit (Emrouznejad & Witte, 2010) su definisali takozvani Kuperov unificirani proces za neparamatarske projekte (*COOPER framework*) kojim se proširuje osnovni postupak primene DEA na sledećih 6 faza:

- (1) Definisanje koncepata i ciljeva,
- (2) Strukturiranje podataka,
- (3) Izbor modela,
- (4) Upoređivanje performansi,
- (5) Evaluacija i
- (6) Rezultati i primena.

Ove faze Kuperovog okvira su međusobno povezane i utiču jedna na drugu. Prve dve faze pretpostavljaju dobru pripremu za ocenu efikasnosti, a odnose se na definisanje ciljeva analize i razumevanje načina na koji se donose odluke. U zavisnosti od definisanih ciljeva i raspoloživih podataka, definišu se operativni model, koji podrazumeva definisanje ulaza i izlaza, i DEA model za procenu efikasnosti. Konačno, u poslednje dve faze potrebno je sumirati rezultate primene DEA i napraviti dokumentaciju projekta koja je prihvatljiva i razumljiva za sve zainteresovane strane. U svakoj fazi potrebno je poštovati osnovna pravila i principe, i rešavati probleme koji se mogu pojaviti u toku primene DEA. U sledećim poglavljima biće definisani osnovni principi realizacije pojedinih faza u oceni efikasnosti kao i načini rešavanja problema koji se mogu pojaviti.

2.3.1. Struktuiranje podataka i definisanje operativnog modela

Pošto su definisani koncept i ciljevi analize potrebno je na osnovu posmatranog procesa i skupa raspoloživih podataka odrediti jedinice o kojima se odlučuje (DMU) i modele transformacije ulaza u izlaze. Specifikacija operativnog modela je ključna faza pri implementaciji DEA modela i podrazumeva definisanje relevantnih ulaza i izlaza. Pri njihovom identifikovanju mora se rukovoditi pravilima (osobinama) pozitivnosti i izotonosti, mora se voditi računa o dimenzijama problema, kontroli težinskih faktora i homogenosti DMU.

2.3.1.1. Osobina pozitivnosti

Jedan od neophodnih uslova pri formulaciji DEA modela je da vrednosti parametara budu nenegativne. U literaturi (Savić, 2012) se navode dve moguće alternative prevazilaženja problema sa negativnim vrednostima:

- korišćenje translatorno invarijantnih modela koji omogućavaju pomeranje koordinatnog sistema a da to ne utiče na promenu vrednosti indeksa efikasnosti;
- dodavanjem dovoljno velike konstante pri čemu vrednost ulaza ili izlaza postaje pozitivna. Ista vrednost se dodaje svim parametrima svih jedinica.

Postoji i mogućnost da se za neku DMU negativne vrednosti izlaza zamene sa malim pozitivnim vrednostima, jer one neće imati veliki uticaj na efikasnost.

2.3.1.2. Osobina izotonosti

Ova matematička osobina podrazumeva da povećanje nekog ulaza rezultuje isto povećanje izlaza bez smanjenja bilo kog drugog ulaza, odnosno funkcionalnu zavisnost izlaza i ulaza (Bowlin, 1998). S obzirom da se pri formulaciji DEA modela zahteva izotonost, za njeno dokazivanje moguće je koristiti korelacionu analizu. Ukoliko je vrednost koeficijenta korelacije pozitivna osobina izotonosti nije narušena. U suprotnom osobina izotonosti je narušena pa se koriste recipročne ili komplementarne vrednosti ulaza/izlaza.

2.3.1.3. Dimenzije problema

Kako bi se obezbedio dovoljan stepen slobode koji garantuje značajnost analize broj DMU u analizi mora biti značajno veći od zbira ulaza i izlaza. Opšte pravilo analize je da je potrebno bar tri DMU za svaki ulaz i izlaz ($m + s < n/3$). Kuper (Cooper et al., 2000) navodi

još neka od pravila: $m*s < n$ ili $m+s < n/2$. U slučajevima kada su ova pravila narušena većina DMU biće ocenjene kao efikasne.

U literaturi se može naći i veliki broj primera koji u zavisnosti od konkretnog problema istraživanja rešavaju ovaj problem dimenzija. Golani i Rol u svom radu (Golany & Roll, 1989) navode da je jedan od načina povećanja broja DMU uključenih u analizu podela ulaznih vrednosti.

S druge strane istraživači su videli mogućnost smanjenja broja parametara korišćenjem multivarijacione statističke analize (Jerkins & Anderson, 2003). U slučaju da koeficijent korelacije između dve varijable ima vrednost 1 iz posmatranog skupa moguće je eliminisati jednu. U realnim sistemima perfektno korelisani parametri gotovo da ne postoje.

Još jedan pristup na osnovu koga je izbegnuto računanje koeficijenata korelacije između svakog para ulaza i izlaza, bazira se na računanju rezidualnih parcijalnih kovarijansi nad normalizovanim podacima. Eliminisanje varijable imaju vrednost varijanse 0, a varijansa svake varijable i , $i = p+1, \dots, n$ je približno jednaka 1.

Morita i Haba (Morita & Haba, 2005) optimalni broj kriterijuma dobijaju primenom statističkih analiza tako što vrše izbor kriterijuma baziran na informacijama dobijenim sprovođenjem eksperimenta sa dvodimenzionim ortogonalnim dizajnom. Nekoliko godina kasnije (Morita & Avkiran, 2009) proširuju svoju analizu korišćenjem trivoiniskog ortogonalnog dizajna za eksperiment kojim se pronalazi odgovarajuća kombinacija parametara.

Još jedan DEA pristup predlaže izbor kriterijuma zasnovan na maksimizaciji korelacije između DEA indeksa efikasnosti i eksternog indeksa performansi (Edirisinghe & Zhang, 2007). Na osnovu dvofaznog heurističkog algoritma koji kombinuje slučajno izabrani skup kriterijuma sa lokalnim pretraživanjem pronalazi se odgovarajući skup ulaznih i izlaznih parametara. Pored prethodno navedenih pristupa, za određivanje broja DMU i ulaza i izlaza korišćeni su testovi osetljivosti i simulacija za određivanje dimenzija modela (Hughes, 2004).

Posebnu grupu pristupa čine takozvani algoritmi „korak po korak“ i to: algoritam „korak po korak - unapred“ i algoritam „korak po korak - unazad“ (Jerkins & Anderson, 2003; Wagner & Shimshak, 2007).

2.3.1.4. Kontrola težinskih faktora.

Vrednosti težinskih faktori u_r i v_i se dobijaju se rešavanjem DEA modela, tako što svaka DMU_k ima za cilj (uz potpunu fleksibilnost) da se u odnosu na druge jedinice prikaže u najboljem svetlu. U slučajevima kada je potrebno uključiti i mišljenje analitičara o važnosti parametra uključenog u analizu koriste se modeli ograničavanja težina. U literaturi postoje brojna proširenja DEA modela u kojima su uključena mišljenja analitičara, ali se ona mogu svrstati u sledeća tri osnovna pristupa:

1. Direktno ograničavanje težina,
2. Podešavanje posmatranih ulazno-izlaznih nivoa (Cooper et.al., 2000), i
3. Ograničenje virtuelnih ulaza i izlaza (Martić, 1999; Thanassoulis, 2001; Sarrico & Dyson, 2004).

Direktno ograničavanje težina.

Ignorisanje uticaja nekog ulaza ili izlaza pri pri računanju indeksa efikasnosti u težinskom DEA modelu se može sprečiti ako se uvede donja granica za težinske koeficijente jednaka maloj vrednosti ε . Drugi način je takozvano direktno ograničavanje težina koje podrazumeva uvođenje restriktivnijih ograničenja za težinske koeficijente. Do sada korišćeno direktno ograničavanje težina može se svrstati u sledeće 3 kategorije (Martić, 1999):

1. Potpuno ograničavanje težina;
2. Regioni sigurnosti I tip;
3. Regioni sigurnosti II tip;

Potpuno ograničavanje težina pri oceni efikasnosti obezbeđuje da ni jedan parametar uključen u analizu ne bude potpuno ignorisan dodelom težinskog koeficijenta jednakog 0, ali i da ne bude precenjen dodelom velike vrednosti težinskom koeficijentu. U tom slučaju u težinske DEA model se uvode ograničenja sledećeg oblika:

$$\alpha_i \leq v_i \leq \beta_i, \quad i=1, \dots, m \quad (2.25)$$

$$\gamma_r \leq u_r \leq \delta_r, \quad r=1, \dots, s \quad (2.26)$$

Vrednosti granica težinskih koeficijenata α_i , β_i , γ_r i δ_r su potpuno nezavisne i zadaje ih analitičar, što predstavlja osnovni problem u primeni ovakvih ograničavanja težina. Ishodi analize mogu biti: DEA model nema dopustivo rešenje, rezultati ne mere relativnu efikasnost posmatrane DMU ili dovode do različitih indeksa efikasnosti u zavisnosti da li je korišćen

ulazno ili izlazno orijentisan CCR DEA model (Podinovski & Athanassopoulos, 1998; Podinovski, 1999). U cilju prevazilaženje pomenutih problema, mogu se koristiti sledeća 2 postupka:

- dvofazni postupak: prva faza podrazumeva rešavanje DEA modela bez ikakvih ograničenja za težinske koeficijente, dok se u drugoj fazi njihove granice određuju kao procenat odstupanja od ekstremnih vrednosti težinskih koeficijenata ili se izračuna njihova srednja vrednost u odnosu na koju se definišu odstupanja i na taj način određuju granice.
- Određivanje granica za težinske koeficijente na osnovu prosečnog ulaznog nivoa po jedinici izlaza metodom najmanjih kvadrata.

Regioni sigurnosti - I tip (*type I Assurance Regions - AR*) - Ova kategorija ograničavanja težinskih koeficijenata se zasniva na formiranju relativog poretka između više ulaza ili izlaza. Najčešće se koristi za implementaciju marginalnih stopa substitucije. Ako se na primer analiziraju odnosi ulaza 1 i ulaza 2, uvodi se ograničavanje gornjih i donjih granica ($L_{1,2}$; $U_{1,2}$) za odnos težina na sledeći način (Thompson, 1986):

$$L_{1,2} \leq \frac{v_2}{v_1} \leq U_{1,2} \quad (2.27)$$

Termin region sigurnosti proizilazi iz ovog ograničenja koje formira region težina kao neku posebnu oblast predstavlja podoblast odnosno odsečak konveksnog poliedra dimenzija čije vrednosti pripadaju podskupu realnih pozitivnih brojeva $R^{(m+s)} > 0$. Region sigurnosti će u linearnom DEA modelu imati oblik nejednakosti:

$$L_{1,2}v_1 \leq v_2 \leq U_{1,2}v_1 \quad (2.27')$$

Opštije, sve promenljive mogu se ograničiti na sledeće načine:

$$v_1 l_{1,i} \leq v_i \leq v_1 u_{1,i} \quad (i=2, \dots, m) \quad (2.28)$$

$$u_1 L_{1,r} \leq u_r \leq u_1 U_{1,r} \quad (r=2, \dots, s) \quad (2.29)$$

Pri ograničavanju težina mora se voditi računa da su njihove vrednosti osetljive na jedinice mere ulaznih i izlaznih faktora. U praktičnim primenama su za njihovo definisanje uglavnom korišćena mišljenja eksperata. Kada je za ograničavanje vrednosti težina primenjena relacija (2.27) DEA model će uvek imati dopustivo rešenje i postojaće bar jedna efikasna DMU. Bez obzira na orijentaciju modela kada se koristi ova kategorija ograničavanja težina dobija se isti indeks efikasnosti.

Regioni sigurnosti - II tip (*type II Assurance Regions*) uspostavlja vezu između vrednosti težina pojedinih ulaza i težina pojedinih izlaza. Proširenje CCR DEA modela dobija se dodavanjem sledećeg ograničenja:

$$\gamma_i v_i \geq u_r \quad (2.28)$$

I kod ovog tipa regiona sigurnosti se bez obzira na orijentaciju modela dobija se isti indeks efikasnosti, međutim u zavisnosti od zadate vrednosti za parametar γ_ℓ moguće je da DEA model nema dopustivo rešenje

2.3.1.5. Homogenost DMU

Veoma je bitno da sve jedinice koje ulaze u DEA analizu pripadaju relativno homogenom nenegativnom skupu odnosno da koriste iste ulaze za proizvodnju istih izlaza.

2.3.2. Izbor i rešavanje DEA modela

Na osnovu postavljenih ciljeva za analizu efikasnosti i definisanog operativnog model može izabrati odgovarajući DEA model ili niz modela koje je potrebno rešiti da bi se dobili relevantni rezultati. Na osnovu prethodne analize raspoloživih podataka i uslova poslovanja, uzimajući u obzir ciljeve analize potrebno je izabrati jedan ili više odgovarajućih DEA modela, čiji se rezultati porede. Pri njihovom izboru neophodno je voditi računa o sledećim faktorima:

1. prinos na obim -*konstantni* ako se očekuje proporcionalna promena ulaza i izlaza, u suprotnom *varijabilni*;
2. orijentacija DEA modela - *ulazna* ako cilj analize podrazumeva smanjenje ulaza, u *izlazna* ako je jednostavnije povećati izlaze i *neorijentisani* ako se istovremeno mogu smanjiti ulazi i povećati izlazi;
3. tip mere - *radijalna* ili *neradijalna mera* bazirana na dopunskim varijablama;
4. dopunska ograničenja – *ograničenja za težine* ako je potrebno suziti dopustivi skup zbog prevelike homogenosti podataka;
5. tip varijabli - *nediskrecione*, *ordinalne* ili *kategorijske* varijable;
6. panel podaci - postojanje panel podataka iz više vremenskih uzastopnih perioda omogućava praćenje promena efikasnosti i produktivnosti.

U poglavlju 2.2. su prikazani modeli koji se najčešće koriste pri rešavanju problema.

2.3.3. Evaluacija, analiza i tumačenje rezultata

Kao rezultat primene DEA dobija se mera relativne efikasnosti za svaku DMU. Međutim, DEA daje i informacije od značaja za upravljanje kako neefikasnim tako i efikasnim jedinicama (kako da budu još efikasnije). Izveštaji koji se mogu dobiti na osnovu optimalnih rešenja DEA modela su (Savić, 2012):

Raspodela virtuelnih ulaza i izlaza. Ukoliko virtuelni ulazi i izlazi imaju veće vrednosti onda oni označavaju da te ulaze i izlaze posmatrana DMU želi istaći pri poređenju sa drugim. Za k -tu DMU (Model M 2.2) vrednost r -tog virtuelnog izlaza jednak je $u_r^* y_{rk}$ (u_r^* - optimalna vrednost za u_r). Suma virtuelnih ulaza DMU $_k$ jednaka je 1 (ako je model ulazno orijentisan) ili njenom indeksu efikasnosti (za izlazno orijentisan model). Analogno se računa i virtuelni izlaz. Udeo virtuelnih ulaza (izlaza) pojedinih DMU u ukupnom virtuelnom ulazu (izlazu) veoma je značajno analizirati za relativno efikasne jedinice.

S obzirom da DEA pri izboru težinskih koeficijenata dopušta veliku fleksibilnost svakoj DMU, ako je DMU neefikasna, procena je sigurno ispravna. U slučaju ocena efikasnosti za efikasne jedinice ove procene nisu potpuno stabilne. Kao efikasna može biti procenjena ona jedinica koja ima veliku vrednost samo jednog izlaza i malu vrednost samo jednog ulaza. Ili pak ukoliko su im dodeljene veće težine parametrima koji su sekundarne važnosti. U tom slučaju, ako je udeo jednog ulaza (izlaza) u virtuelnom ulazu (izlazu) veliki posmatranu DMU je potrebno dodatno analizirati. Najpre je potrebno proveriti da li su u modelu dobro unete vrednosti parametara i da li se efikasnost menja ako se poveća vrednost parametra ε .

Još jedan od načina za razlikovanje relativno efikasnih jedinica je ograničavanje vrednosti težinskih koeficijenata. Na osnovu ocena efikasnosti bi se utvrdilo koja DMU je unutar nametnutih ograničenja težina efikasna.

Matrica unakrsne efikasnosti. Matrica unakrsne efikasnosti je matrica dimenzije $n \times n$ (n - broj DMU) u kojoj vrednost na polju (i, j) predstavlja relativnu efikasnost j -te jedinice sa optimalnim vrednostima težinskih koeficijenata za i -tu ciljnu jedinicu. Na glavnoj dijagonali su vrednosti indeksa efikasnosti DMU $_k$ (Savić, 2012). Za svaku kolonu (DMU) može se izračunati prosečna efikasnost procenjena od strane preostalih jedinica. Posmatrane jedinice se mogu rangirati na osnovu srednjih vrednosti. Ona relativno efikasna sa najvećom vrednosti prosečne efikasnosti je primer za druge jedinice. Ova jedinica je uvek dobro procenjena i sa

različitim kombinacijama vrednosti težinskih koeficijenata. Nasuprot njima neefikasne jedinice ne mogu biti primer dobre operativne prakse i ocena njihove efikasnosti nije stabilna.

Referentne jedinice. Referentne ili uzorne jedinice predstavljaju skup efikasnih jedinica koje su primenom DEA metode identifikovane kao odgovarajuće za svaku neefikasnu jedinicu. Referentnu grupu neefikasne jedinice čine one jedinice koje su sa njenim optimalnim težinama efikasne.

Ciljni ulazi i izlazi za neefikasne jedinice. U slučaju kada je potrebno da relativno neefikasne jedinice poboljšaju vrednosti relativne efikasnosti, za njih se mogu odrediti ciljane vrednosti koje sadrže skup ulazno/izlaznih nivoa. Ove vrednosti se mogu odrediti za ulazno orijentisan skup ciljeva pomoću relacija (2.15) i (2.16) problema M 2.3. Vrednosti za izlazno orijentisani skup se dobijaju na osnovu optimalnog rešenja dualnog modela:

$$X''_k = X_k - s^{-*} \quad (2.31)$$

$$Y'_k = \theta_k^* Y_k + s^{+*} \quad (2.32)$$

Praćenje promena efikasnosti tokom vremena. Primenom DEA modela za procenu efikasnosti DMU često je potrebno odrediti efikasnost kroz nekoliko vremenskih perioda. U tu svrhu razvijena je *Window* DEA analiza. Pored ove analize koja uključuje dinamičku komponentu, koriste se i Malmkvistovi indeksi.

Preraspodela resursa između jedinica. Na osnovu rezultata dobijenih primenom DEA može se napraviti program preraspodele resursa između jedinica koje se procenjuju. Cilj programa je premestiti određene resurse u one jedinice u kojima će biti efikasnije iskorišćene.

2.4. Prednosti i nedostaci DEA metode

DEA može biti veoma moćan alat kada se koristi mudro, pa su stoga i njene prednosti brojne (Cooper et al., 2006; Reverte & Guzman, 2010; Savić, 2012; Kotsemir, 2013):

- Ne zahteva informacije o cenama,
- Pruža fleksibilnost svakoj DMU pri izboru težinskih koeficijenata,
- Nema pretpostavke o potpunoj efikasnosti svih entiteta,
- Nema pretpostavki o ponašanju kao što je maksimiziranje (minimiziranje) ekonomskih veličina,

- Daje mogućnost korišćenja različitih jedinica mere,
- Dozvoljava dekompoziciju indeksa ukupne produktivnosti faktora na tehnološku promenu i promenu tehničke efikasnosti,
- Pretpostavlja da postoji veza između ulaza i izlaza, ali se oblik te veze ne mora znati eksplicitno,
- Veoma je fleksibilna, tj. omogućava importovanje podataka iz različitih izvora,
- Pruža korisniku veliki izbor mogućih analiza i pruža više informacija na osnovu samo nekoliko pretpostavki.

Glavni nedostatak ove metode je potreba za podacima o mnogim entitetima, dok tradicionalni indeksni pristup funkcioniše i u slučaju upoređivanja samo dva entiteta. Stoga, analitičar prilikom izbora da li da koristi DEA ili ne, mora imati u vidu sva njena ograničenja (Cooper et al., 2006; Kotsemir, 2013):

- Greške koje nastaju prilikom merenja mogu uticati na oblik i poziciju granice,
- Isključivanjem nekog od važnih ulaza ili izlaza mogu se dobiti pristrasni rezultati,
- Upotreba može biti računski veoma složena,
- Dobra je u proceni relativne efikasnosti, ali sporo proteže do apsolutne efikasnosti,
- Dobijena vrednost indeksa efikasnosti je relativna obzirom na najuspešnije entitete u uzorku. U slučaju dodavanja entiteta u uzorak može se, ali ne mora smanjiti vrednost efikasnosti, ali se nikako ne može povećati.
- Dodavanje novog ulaza ili izlaza u DEA model, ne može se rezultovati smanjenjem iznosa tehničke efikasnosti,
- U slučajevima malog uzorka naspram broja ulaza i izlaza, većina entiteta biće granici efikasnosti,
- Iako su ulazi i izlazi u praksi često vrlo povezani važi pretpostavka da su entiteti i pojedinačni ulazi i izlazi nezavisni,
- Klasična DEA ne vodi računa o optimizaciji kroz više vremenskih perioda, niti o rizicima donošenja odluka.

S obzirom na veliki broj ulaza i izlaza koji se koriste u DEA, često nije jasno koje ulaze, a koje izlaze izaberati za upotrebu prilikom računanja efikasnosti. Stoga, kao

posledica, različite selekcija parametara može doći i do različitih rezultata ocene efikasnosti nekog entiteta. Iako je izvodljivo razmotriti sve ulaze i izlaze za procenu efikasnosti, to može dovesti do jedinice koja je previše efikasna, i teškoća u razlikovanju zaista efikasna jedinice u odnosu na neefikasne. Upravo iz tog razloga, problem adekvatnog izbora ulaza i izlaza postaje izuzetno važno pitanje za unapređenje diskriminacione moći DEA metode.

2.5. Softverski alati za podršku DEA metode

Potreba razvoja posebnih programskih paketa u cilju efikasnog korišćenje DEA metode javila se sa njenim prvim primenama. Prvi programski paket *DEA3* razvijen je na Univerzitetu Teksas 1982. godine. Međutim, prvi potpuno specijalizovani softver *IDEAS* razvijen je 1989. godine na Univerzitetu Masačusets. Kasnije je razvijen *DEAP* softver (Coelli, 1996) na Univerzitetu Nju England u Australiji.

Među najpoznatijim komercijalnim DEA softverima su:

- *Frontier analyst*,
- *Warwick Windows DEA*,
- *Performance Improvement Management (PIM DEAsoft-V3)* i
- *DEA Solver Pro*.

Frontier analyst (<http://www.banxia.com/>) i *Warwick Windows DEA* (<http://www.deazone.com/>), razvijen na univerzitetu Vorik u Velikoj Britaniji 1992. godine kao deo *DOS* programa (Thanassoulis & Emrouznejad, 1995), su veoma poznati softveri po primeni velikog broja istraživača i radova objavljenih iz oblasti DEA. Od autora *Warwick DEA* softvera, 2004. godine razvijen je i potpuno novi i najobuhvatniji DEA softver – *Performance Improvement Management (PIM DEAsoft-V3)*. Verzija *PIM DEAsoft-V3* omogućava praćenje promena efikasnosti i rešavanje uglavnom svih praktičnih problema (Emrouznejad & Thanassoulis, 2004). *DEA Solver Pro* (Cooper et al., 2006) razvijen je u Nju Džersiju (<http://www.saitech-inc.com/>), a koristi Microsoft Excel za analizu.

U laboratoriji za operaciona istraživanja na Fakultetu organizacionih nauka u Beogradu je razvijen softver *I-DEA*, kao add-in za Microsoft Excel (Stanojević et al., 1997). Ovaj softver pripada grupi nekomercijalnih, kao i *DEA Excel Solver*, *DEAP*, *Efficiency Measurement System - EMS* i *Pioneer* koji se distribuiraju bez naknade (neki uz korišćenje ograničenja).

EMS softver je razvijen u Dortmundu, Nemačkoj, 2000. godine (Holger, 2000) i predstavlja specijalizovani softver realizovan u *Windows* okruženju koji omogućava merenje, odnosno procenu efikasnosti, primenom DEA metode. Kao jako jednostavan za korišćenje, služi, pre svega menadžerima, za donošenje odluka o tome koje ulaze odnosno izlaze treba izmeniti i kako (uz pomoć težinskih koeficijenata koji se njima množe, a dobijaju se primenom ovog softvera). Faze primene DEA su potpuno ispraćene kroz menije koji su korisnički orjentisani.

Korak 1: Upravljanje podacima. *EMS* prihvata podatke u formatu tabela ili u tekstualnom formatu. *MS Excel* je izuzetno pogodan za prikazivanje parametara matematičkih modela. On poseduje moćan i spretno integrisan solver i moderan programski jezik koji mu daje fleksibilnost za rešavanje i najnestandardnijih programskih zahteva te je idealan alat za rešavanje matematičkih modela. Softver nije ograničen po pitanju broja ulaznih i izlaznih parametara kao ni broj jedinica odlučivanja.

Korak 2: Izbor modela. U okviru *EMS* softvera postoji mogućnost izbora: granice efikasnosti (konveksna ili nekonveksna), orijentacije modela (ulazna ili izlazna) i ekonomije obima (CCR DEA ili BCC DEA model), mogućnost ograničavanja težina i određivanja superefikasnosti. Pored toga *EMS* dopušta rešavanje neorijentisanih, aditivnih i neradijalnih modela.

Korak 3: Rešavanje modela. Modeli se rešavaju trenutno i vrlo brzo.

Korak 4: Generisanje izveštaja. *EMS* softver daje jedan izveštaj koji sadrži sve potrebne podatke (naziv DMU, indeks efikasnosti, vrednosti virtuelnih ulaza i izlaza, uzorne jedinice, vrednosti težinskih koeficijenata za svaku DMU), međutim sam izveštaj može biti glomazan i nepregledan.

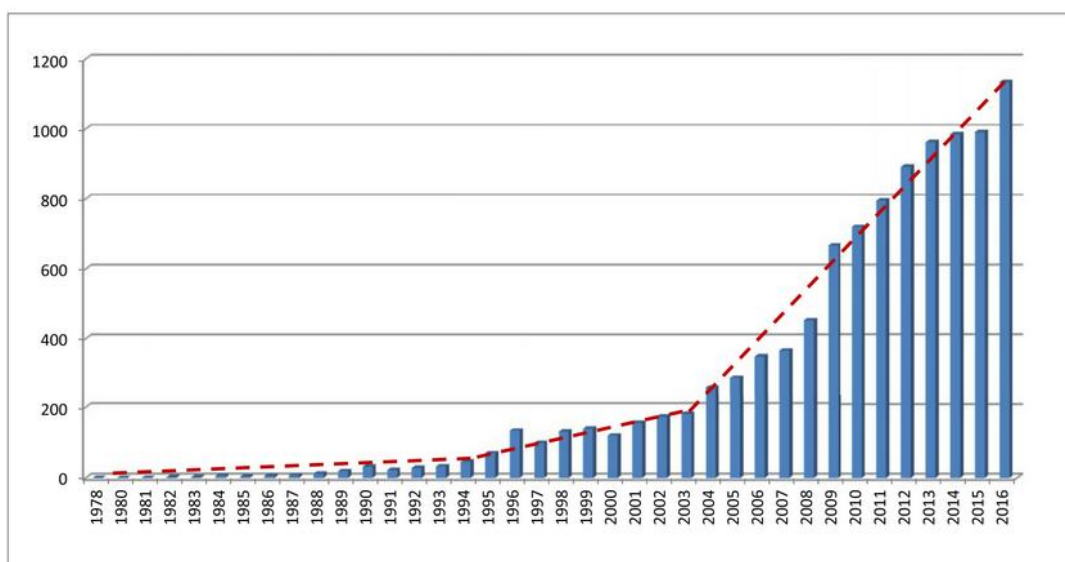
U literaturi (Barr, 2002; Popović, 2006) se može naći detaljniji pregled nekomercijalnih i komercijalnih softvera.

2.6. Pregled primene DEA metode

Poslednjih godina zabeležen je eksponencijalni rast broja radova vezanih kako za teorijske doprinose tako i za praktičnu primenu DEA metode. U ovom relativno kratkom vremenskom periodu DEA je postala moćan kvantitativni analitički alat za merenje i vrednovanje performansi i u javnom i u privatnom sektoru. Razloge naglog rasta primene DEA metoda je moguće objasniti interdisciplinarnom prirodom ove metodologije (primene

DEA nailazimo u mnogim oblastima kao što je na primer obrazovanje (javne škole i univerziteti), bankarstvo, zdravstvo, vojne snage (regrutovanje, avioni i druga vojno-tehnička sredstva), sport, istraživanje tržišta, poljoprivreda, maloprodaja, transport, izbor kandidata, ocene performansi gradova, regiona pa čak i celih država, itd.), kao i činjenicom da je ona otvorila mogućnosti primene u kada drugi pristupi ne pružaju zadovoljavajuće rezultate zbog kompleksne ili nepoznate prirode veza između višestrukih ulaza i izlaza.

Čarns i koautori (Charnes et al., 1994) su 1994. godine objavili Bibliografiju DEA metode sa pregledom 472. rada objavljena u periodu od 1978.-1992. godine. Početkom 2002. godine izlazi bibliografija DEA (Tavares, 2002) sa pregledom 3203. rada objavljena u periodu 1978.-2001. godine. 2008. godine objavljen je rad (Emrouznejad et al., 2008) u kojem je dat veliki, ako ne i skoro potpuni, spisak 4015. DEA istraživanja pokrivajući teorijske doprinose i praktičnu primenu do kraja 2007. godine. Istraživanje i sveobuhvatna analiza prve četiri decenije istorije razvoja DEA metode objavljena je 2018. godine od strane autora Emrouznejada i Janga (Emrouznejad & Yang, 2018). Njihov rad je imao za cilj da prikaže širok spisak radova vezanih za DEA u periodu od 1978. do kraja 2016. Ovaj pregledni rad daje analizu primene DEA metode po: najpopularnijim oblastima primene, časopisima u kojima su radovi objavljeni, ključnim rečima, vremenskoj distribuciji. Na grafiku 2.1, prikazana je distribucija DEA radova objavljenih u periodu od 1978. do kraja 2016. godine (Emrouznejad & Yang, 2018).



Grafik 2.1. Distribucija broja objavljenih DEA radova po godini (Emrouznejad & Yang, 2018)

Emrouznejad i Jang su obradili 10.300 naučnih radova objavljenih u vrhunskim međunarodnim časopisima. Identifikovano je 11.975 različitih autora, a prosečan broj autora po radu je približno 2,6. Tokom 2015. i 2016. godine najveći broj objavljenih radova u kojima se koristi metodologija DEA primenjen je u: poljoprivredi, bankarstvu, lancima snabdevanja, transportu, i javnoj politici. Navedeno dovoljno govori da je područje DEA metode, a naročito njene primene, od značajnog interesa u svetu. Kako je već spomenuto, metodologija se odlikuje značajnim prednostima u odnosu na parametarske metode i predstavlja pravo oruđe za povećanje efikasnosti upotrebe svih resursa obrazovanja. U ovom poglavlju Tabelom 2.2. je predstavljen pregled primene DEA metode u oceni efikasnosti nastave i naučno istraživačkog rada univerzitetskih nastavnika.

Tabela 2.2 Pregled primene DEA u oceni efikasnosti nastave i naučno istraživačkog rada univerzitetskih nastavnika

Autori i godina	DEA model	Područje analize	Ulazi (U)	Izlazi (I)
Baesley, 1995	CCR izlazno orijentisan model	Nastava + naučno istraživački rad (analiza se vrši odvojeno)	<i>U1</i> : Naknada troškova zaposlenih <i>U2</i> : Troškovi objekta i opreme <i>U3</i> : Troškovi naučno istraživačke delatnosti	<i>I1</i> : Broj studenata osnovnih studija <i>I2</i> : Broj časova nastave postdiplomaca <i>I3</i> : Broj naučnih radova postdiplomaca <i>I4</i> : Objavljeni radovi i broj citata <i>I5</i> : Da li je katedra izvanredna, iznad proseka , prosečna, ispod proseka u naučno istraživačkom radu
Colbert et al.,2000	BCC izlazno orijentisan model	Nastava	<i>U1</i> : Kvalitet nastave i odnos profesor - student <i>U2</i> : Prosečne <i>GMAT</i> ocene studenata na programu <i>U3</i> : Prosečan broj godina radnog iskustva studenta na programu <i>U4</i> : Prosečne <i>GMAT</i> ocene <i>U5</i> : Broj mogućih opcija	Tri grupe izlaza: 1) Mere zadovoljstva studenata: <i>I1</i> : % studenata, <i>I2</i> : ocena zadovoljstva nastavom, <i>I3</i> : ocena zadovoljstva nastavnim planom, <i>I4</i> : ocena zadovoljstva sajtom 2) Mere zadovoljstvo zaposlenih: <i>I1</i> : prosečnu početna zarada, <i>I2</i> : ocena zadovoljstva sa radnim okruženjem (kolektivom) 3)Sveobuhvatna mera zadovoljstva: Svi izlazi iz prethodne dve grupe
Avrikan, 2001	BCC izlazno orijentisan model	Model 1: Nastava + naučno istraživački rad Model 2: Nastava Model 3: Plaćena nastava	<i>U1</i> : Zaposleni sa diplomom fakulteta <i>U2</i> : Ostali zaposleni	Model 1: <i>I1</i> : Studenti osnovnih studija <i>I2</i> : Studenti master studija Model 2: <i>I1</i> : Stopa zadržavanja studenata (%) <i>I2</i> : Stopa napretka studenata (%) <i>I3</i> : Diplomirani studenti Model 3: <i>I1</i> : Troškovi upisa studenata iz inostranstva <i>I2</i> : Troškovi upisa domaćih studenata

Abbot & Doucolagos, 2003	BCC ulazno orijentisan model	Nastava + naučno istraživački rad	<i>U1</i> : Broj zaposlenih sa diplomom fakulteta <i>U2</i> : Ostali zaposleni <i>U3</i> : Drugi troškovi	<i>I1</i> : Ukupan broj svih studenata <i>I2</i> : Broj prvih prijava redovnih studenata i master studenata <i>I3</i> : Broj nagrađenih studenata master studija <i>I4</i> : Broj nagrađenih diplomaca
Flegg et al., 2004	Malmkvistovi indeksi	Nastava + naučno istraživački rad	<i>U1</i> : Broj zaposlenih <i>U2</i> : Broj studenata na osnovnim studijama <i>U3</i> : Broj studenata na postdiplomskim studijama <i>U4</i> : Ukupni troškovi katedre	<i>I1</i> : Prihod od naučno istraživačkog rada <i>I2</i> : Broj nagrađenih studenata na osnovnim studijama <i>I3</i> : Broj nagrađenih studenta na postdiplomskim studijama
Joumady & Ris, 2005	BCC izlazno orijentisan model	Nastava	<i>U1</i> : Informacije o studentima (kvalifikacije, ocene) <i>U2</i> : Ljudski i fizički kapital (karakteristike i sadržaj nastavnog procesa, oprema, materijal za učenje, praktična nastava)	<i>I1</i> : Nivo stečene stručne spreme <i>I2</i> : Nivo opšte stručne spreme
Agasisti & Dal Bianco, 2006	CCR i BCC ulazno orijentisan modeli	Nastava + naučno istraživački rad	<i>U1</i> : Prosečan broj nastavnika u periodu 2001-2003 <i>U2</i> : Ukupan broj studenata u školskoj 2002/2003 godini <i>U3</i> : Javni fondovi u 2003. godini <i>U4</i> : Broj redovnih studenata u školskoj 2002/2003 godini	<i>I1</i> : Broj diplomiranih studanta u 2003. godini <i>I2</i> : Državni istraživački periodi <i>I3</i> : Subvencije <i>I4</i> : Broj studentskih kredita u školskoj 2002/2003 godini
Glass et al., 2006	BCC ulazno orijentisan model BCC izlazno orijentisan model	Nastava + naučno istraživački rad	<i>U1</i> : Broj zaposlenih sa diplomom fakulteta <i>U2</i> : Ostali zaposleni <i>U3</i> : Stipendije za istraživanje <i>U4</i> : Troškovi	<i>I1</i> : Istraživanje <i>I2</i> : Broj studenata

Johnes, 2006a	BCC izlazno orijentisan model	Nastava	<i>U1</i> : Bodovi na osnovu uspeha studenata iz srednje škole <i>U2</i> : Veštine i lične karakteristike	<i>I1</i> : Diplomirani studenti
Johnes, 2006b	BCC izlazno orijentisan model	Nastava + naučno istraživački rad	<i>U1</i> : Broj studenata prve godine <i>U2</i> : Broj master studenata <i>U3</i> : Broj zaposlenih sa diplomom <i>U4</i> : Način plaćanja <i>U5</i> : Troškovi biblioteke i informacionog servisa <i>U6</i> : Administrativni troškovi	<i>I1</i> : Broj izdatih diploma <i>I2</i> : Broj master studenata <i>I3</i> : Stipendije za istraživački rad
Kao & Hungb, 2008	BCC izlazno orijentisan model	Nastava + naučno istraživački rad	<i>U1</i> : Zaposleni <i>U2</i> : Operativni troškovi <i>U3</i> : Prostor <i>U4</i> : Ukupni troškovi	<i>I1</i> : Ukupni broj sati nastave (opterećenost) <i>I2</i> : Objavljeni radovi <i>I3</i> : Strane stipendije <i>I4</i> : Diplomirani studenti
Garcia Aracil et al., 2009	CCR i BCC izlazno orijentisan modeli Malmkvistovi indeksi	Nastava + naučno istraživački rad	<i>U1</i> : Ukupni troškovi <i>U2</i> : Broj zaposlenih sa diplomom fakulteta <i>U2</i> : Ostali zaposleni	<i>I1</i> : Diplomirani studenti <i>I2</i> : Broj objavljenih radova <i>I3</i> : Ukupan broj primenjenih istraživanja
Agasisti & Dal Bianco, 2009	CCR i BCC izlazno orijentisan modeli Malmkvistovi indeksi	Nastava	<i>U1</i> : Broj studenata na Univerzitetu <i>U2</i> : Ukupan broj studenta sa prosečnom ocenom iznad 9 u srednjoj Školi <i>U3</i> : Ukupno redovnih studenata <i>U4</i> : Ukupan broj studenata <i>U5</i> : Broj zaposlenih sa diplomom fakulteta <i>U6</i> : Struktura (broj raspoloživih mesta u učionicama i biblioteci)	<i>I1</i> : Ukupan broj diplomaca na univerzitetu <i>I2</i> : Ukupan broj diplomaca koji su završili za 4/5 godina po Univerzitetu

Agasisti & Johnes, 2009	CCR i BCC modeli	Nastava + naučno istraživački rad	<i>U1</i> : Ukupan broj studenata <i>U2</i> : Ukupna vrednost finansiskih resursa/prihodi <i>U3</i> : Broj studenata koji su doktorirali <i>U4</i> : Broj zaposlenih sa diplomom fakulteta	<i>I1</i> : Broj diplomaca (master i redovnih studija) <i>I2</i> : Ukupna vrednost novčanih sredstava u vidu pomoći i spoljnih ugovora za istraživanja
European Comission (2009)	DEA Regresiona analiza Analiza stohastičkih granica	Nastava + naučno istraživački rad	<i>U1</i> : Broj zaposlenih sa diplomom fakulteta <i>U2</i> : Studenti u institucijama visokog obrazovanja <i>U3</i> : Ukupni troškovi institucija visokog obrazovanja u % <i>U4</i> : Ukupni troškovi institucija visokog obrazovanja u standardima kupovne moći po glavi stanovnika <i>U5</i> : Ukupni javni izdaci za visoko obrazovanje (javni i privatni) <i>U6</i> : Ukupna javna potrošnja visoko obrazovnih institucija	<i>I1</i> : Diplomci u institucijama visokog obrazovanja <i>I2</i> : Klasifikacija svetskih univerziteta prema rezultatima istraživanja u vezi sa zapošljavanjem diplomaca <i>I3</i> : Klasifikacija svetskih univerziteta prema rezultatima istraživanja koje su izveli akademici iz celog sveta <i>I4</i> : Ukupan broj objavljenih radova <i>I5</i> : Broj citata
Tyagi et al., 2009	CCR i BCC izlazno orjentisani modeli	Nastava + naučno istraživački rad	<i>U1</i> : Zaposleni sa diplomom fakulteta <i>U2</i> : Ostali zaposleni <i>U3</i> : Operativni troškovi katedre	<i>I1</i> : Ukupan broj upisanih studenata <i>I2</i> : „Napredak“ (ukupan broj nagrada na svim nivoima studija) <i>I3</i> : Indeks istraživanja (broj časopisa, konferencija, projekata po katedri)
Kempkes & Pohl, 2010	Malmkvistovi indeksi	Nastava + naučno istraživački rad	<i>U1</i> : Broj tehničkog osoblja <i>U2</i> : Broj istraživača <i>U3</i> : Finansijska sredstva <i>U4</i> : Ukupni troškovi	<i>I1</i> : Ukupan broj diplomaca <i>I2</i> : Broj stipendija za istraživanje i razvoj

Montoneri et al., 2011	CCR i BBC izlazno orijentisan modeli	Nastava	U1: Priprema sadržaja za predavanje U2: Veština predavanja	I1: Ocenjivanje I2: Studentske performanse učenja
Chang et al., 2012	CCR izlazno orijentisan model	Nastava + naučno istraživački rad	U1: Broj nastavnika sa stalnim radnim odnosom (profesori, stručn saradnici, asistenti i predavači) U2: Operativni troškovi U3: Korisni prostor za katedru U4: Broj knjiga katedre	Prvi korak: performanse naučno-istraživačkog rada I1: Broj sertifikata koje imaju nastavnici I2: Broj objavljenih radova I3: Finansiranje projekata Drugi korak: performanse nastave: I1: Broj sertifikata koje imaju nastavnici I2: Uspesi studenata na takmičenjima I3: Zadovoljstvo poslodavca sa sposobnostima diplomaca
Montoneri et al., 2012	CCR izlazno orijentisan model	Nastava	U1: Raznovrsnost sadržaja nastave U2: Raznovrsnost pri pristupu širokim nastavnim sadržajima	I1: Ocena predavanja I2: Sposobnost učenja od strane studenata
Abd Aziz et al., 2013	CCR ulazno orijentisan model	Nastava + naučno istraživački rad	U1: Zaposleni sa diplomom fakulteta U2: Ostali zaposleni U3: Godišnji operativni trošak	I1: Broj diplomiranih studenata po godini I2: Stipendije dobijene po godini za istraživački rad I3: Broj objavljenih radova
Flégl & Vlatavská, 2013	Malmkvistovi indeksi	Nastava + naučno istraživački rad	U1: Prava prosečna zarada U2: Zaposleni sa diplomom fakulteta U3: Prosečan broj studenata: osnovnih i master studija	I1: Prosečan broj diplomaca sa osnovnih i master studija I2: Ocena za istraživanje, razvoj i inovacije
Avilés et al., 2015	BCC izlazno orijentisan model	Nastava	U1: Procena akademskog rada U2: Finansijsko procenjivanje, rejting U3: Procenat studenata koji su diplomirali u vrhu 25% svojih grupa	I1: Studenti sa praksom I2: Upućivanje na posao

Fuentes et al., 2016	CCR model	Nastava	Diskretni inputi: <i>I1:</i> Stepen zadovoljstva studenata sa nastavnim kadrom u pogledu kvaliteta objašnjenja, komunikacijske sposobnosti i nivoa znanja koji je dokazan <i>I2:</i> Kvalitet nastavnih materijala <i>I3:</i> Raznovrsnost nastavnih materijala Kontekstualni inputi: <i>I4:</i> Socio-ekonomski i kulturni nivo porodica učenika i obrazovanje učenika pre fakulteta	<i>I1:</i> Stepen zadovoljstva studenata sa nastavom (mišljenje učenika o opštem planiranju i budućoj vrednosti kursa na profesionalnom nivou) <i>I2:</i> Akademski rezultati studenata (kvalifikacije koje su stekli studenti na kraju kursa).
Guccio et al., 2016	CCR i BBC izlazno orijentisan modeli	Nastava + naučno istraživački rad	<i>U1:</i> Ukupan broj studenata <i>U2:</i> Ukupan broj zaposlenih sa diplomom fakulteta <i>U3:</i> Struktura (broj raspoloživih mesta u učionicama, biblioteci i laboratorijama)	<i>I1:</i> Broj diplomiranih studenata <i>I2:</i> Broj objavljenih radova

3. Metode multiatributivnog odlučivanja: Conjoint analiza i AHP metoda

Proces rešavanja problema podrazumeva identifikovanje i uklanjanje razlike između aktuelnog stanja sistema i poželjnog stanja. Osnovni koraci u rešavanju problema su (Anderson et.al., 2012):

- Identifikacija i definisanje problema;
- Određivanje alternativa;
- Definisanje kriterijuma;
- Evaluacija alternativa;
- Izbor alternative;
- Implementacija;
- Evaluacija rezultata.

Prvih pet koraka označava pojam odlučivanja. Donošenje odluke podrazumeva izbor alternativa iz skupa raspoloživih, kojom se rešava dati problem. U samom problemu odlučivanja mogu se izdvojiti sledeći elementi: ciljevi, kriterijumi, težine tih kriterijuma i alternative. U uslovima nepostojanja neizvesnosti, analitičar ima ulogu da sve podatke nepohodne za donošenje odluke i da definiše alternative. Konačna odluka koja će alternativa biti izabrana zavisi od metode koja će se primenjuje. Sa druge strane, u uslovima neizvesnosti, pri svakom odlučivanju mora se uzeti u obzir postojanje neizvesnosti čak iako je problem naizgled jednostavan. U tom slučaju, analitičar ima ulogu da pretpostavi moguća stanja u kojima se proces može odnosno da predvidi budući događaj. Predviđanja bi trebalo da budu tačna u većini slučajeva nezavisna od trenutka u kom se događaju. Predviđanja se vrše na osnovu prikupljenih podataka (raspoloživost resursa, uslovi proizvodnje, motivacija zaposlenih i dr.),

Osnovne metode koje se koriste u odlučivanju se mogu klasifikovati na:

1. Jednokriterijumske i
2. Višekriterijumske metode optimizacije

Višekriterijumsko odlučivanje može se podeliti na:

1. Višeatributivno i

2. Višeciljno odlučivanje.

Osnovna razlika između ovih klasa je što se kod višeatributivnog što se iz skupa definisanih alternativa bira najbolja u odnosu na zadate atributima, dok se kod višeciljnog definiše konačan skup ciljeva na osnovu kojih se projektuje alternativa koja će ispuniti definisane ciljeve. U Tabeli 3.1. su date osnovne razlike između višeatributivnog i višeciljnog odlučivanja.

Tabela 3.1 Osnovne konceptualne razlike između višeatributivnog i višeciljnog odlučivanja (Čupić i koautori, 2003)

Karakteristike	Višeatributivno odlučivanje	Višeciljno odlučivanje
Kriterijumi definisani	Atributima	Ciljevima
Cilj	Impicitan	Eksplicitan
Atribut	Eksplicitan	Impicitan
Ograničenja	Neaktivna	Aktivna
Alternative	Diskretne	Kontinuirane
Interakcija sa DO	Izrazita	Nije izrazita

Prvenstveno zbog svoje srodnosti, (što je detaljnije istaknuto u poglavlju 3.3), ali i zbog široke primenljivosti poslednjih godina, u ovom radu, su izabrane dve tehnike multiatributivnog vrednovanja: AHP metoda i Conjoint analiza. Osnovni koncepti, ciljevi, metodologija izvođenja, softverski alati za podršku i pregled primena izabranih metoda biće opisani u okviru tačaka 3.1. i 3.2 ovog poglavlja.

3.1. Metoda za merenje preferencija: Conjoint analiza

3.1.1. Poreklo i razvoj

Conjoint analiza (analiza združenih merenja) je već godinama unazad od izuzetnog značaja i istraživačkih mogućnosti za rešavanje kako teorijskih, tako i praktičnih problema. Autori prvih radova vezanih za ovu oblast su psiholog Luce i statističar Tuki (Luce & Tukey, 1964), koji su istraživali aksiome ponašanja koje je moguće dekomponovati iz sveobuhvatnih sudova. Konceptualnu osnovu njihovih istraživanja činila je teorija ponašanja potrošača razvijena od strane Lankastera (Lancaster, 1966) po kojoj pojedinci vrednuju proizvode i usluge kombinovanjem vrednosti dobijenih od njihovih karakteristika.

Ubrzo nakon ovog rada, objavljeni su i teoretski radovi, bazirani na istraživanju relevantne literature (Krantz, 1964; Tversky, 1967), razvijeni su matematički algoritmi (Kruskal, 1965; Carroll, 1969; Young, 1969) i prikazane su mogućnosti različite primene metodologije (Green & Srinivasan, 1978). Sveobuhvatan opis metodologije i matematičkih algoritama, dao je profesor marketinga Paul Grin sa koautorima, sa ciljem da razume odluke potrošača o kupovini, proceni njihove sklonosti i preferencije prema proizvodu, kao i da predvidi njihovo ponašanje pri kupovini (Green & Rao, 1971; Green & Wind, 1973, 1975; Rao, 1977). Oni su teoriju o združenim merenjima adaptirali tako da može da se primeni na rešavanje marketinških problema i problema vezanih za razvoj proizvoda, pri čemu su pažljivo razmatrali ishode praktičnih merenja i time otvorili prolaz i pružili mogućnost za dalja istraživanja i primene.

3.1.2. Pojam i definicija

Conjoint analizu kao izveden izraz prvi put su upotrebili Grin i Srinivasan 1978. godine (Green & Srinivasan, 1978), a nakon toga, ovaj metodološki alat je intenzivno razvijan (Batsell & Lodish, 1981; Louviere & Woodworth, 1983). Originalna definicija Conjoint analize (Green & Srinivasan, 1978) je implicitna i uključuje svaki pristup ili tehniku koja omogućava procenu kvantitativne mere preferencija u potrošačkim odlukama (korisnosti atributa), pri čemu je ova procena bazirana na ispitanikovim odgovorima vezanim za korisnost kombinacije više atributa.

Danas se u literaturi može naći veliki broj definicija Conjoint analize. Neke su nastale istovremeno, ali ujedno i nezavisno jedne u odnosu na druge, dok se kasnije sve više upotpunjavaju i usavršavaju. Conjoint analizu Her (Hair et al., 1995) definiše kao: „*Conjoint*

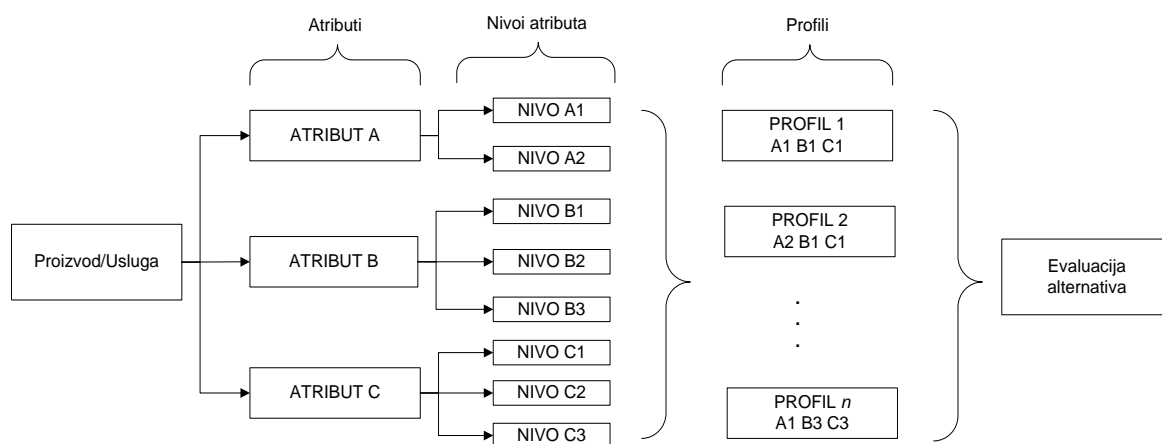
analiza je multivarijaciona tehnika koja se koristi za razumevanje načina na koji potrošači razvijaju preferencije za proizvode ili usluge. Bazira se na jednostavnoj premisi da potrošači ocenjuju vrednost proizvoda, usluge, koncepta ili ideje kombinovanjem pojedinačnih vrednosti koje obezbeđuje svaki od atributa kojim je opisan proizvod, usluga, koncept, odnosno ideja“. Iste godine, Sadmen i Bler (Sudman & Blair, 1998) ukazuju na to da Conjoint analiza nije obična analiza podataka, kao što su faktorska ili klaster analiza. Conjoint analiza je „neka vrsta "misaonog eksperimenta" dizajnirana tako da pokaže kako različiti elementi proizvoda/usluge (kao što su, cena, brend,...) utiču na preferencije potrošača prema proizvodu/usluzi“.

Čarčil i Ajkobuči (Churchill & Iacobucci, 2002) daju definiciju Conjoint analize kao „...merenje preferencija, koje se odnosi na sposobnost ispitanika da ocene scenario“. Ovi scenariji predstavljaju neku vrstu unapred određene kombinacije atributa i ispitanici daju svoje preferencije prema njima. Osnovni cilj je da se odredi najviše preferirani atribut, ali i nivo u okviru svakog od atributa.

Međutim jedna od najopštijih definicija je sledeća (Kuzmanović, 2006):

„Conjoint analiza je istraživačka tehnika bazirana na multivarijacionoj analizi, a koja se koristi za utvrđivanje optimalnih karakteristika proizvoda ili usluge, za merenje individualnih preferencija, razumevanje i predviđanje ponašanja potrošača u novim situacijama. To je dekompozitna metoda koja podrazumeva da se proizvod/usluga može „razložiti“ na svoje atributivne komponente i koja implicira izučavanje zbirnih efekata većeg broja atributa proizvoda/usluge na njegove preferencije“.

Pridev „conjoint“ potiče od glagola „to conjoin“ što znači posmatrati zajedno (*joined together*). Stoga je jasno, da je ključna karakteristika Conjoint analize da ispitanik ocenjuje proizvod/uslugu na osnovu skupa njegovih karakteristika (atributa) (Slika 3.1).



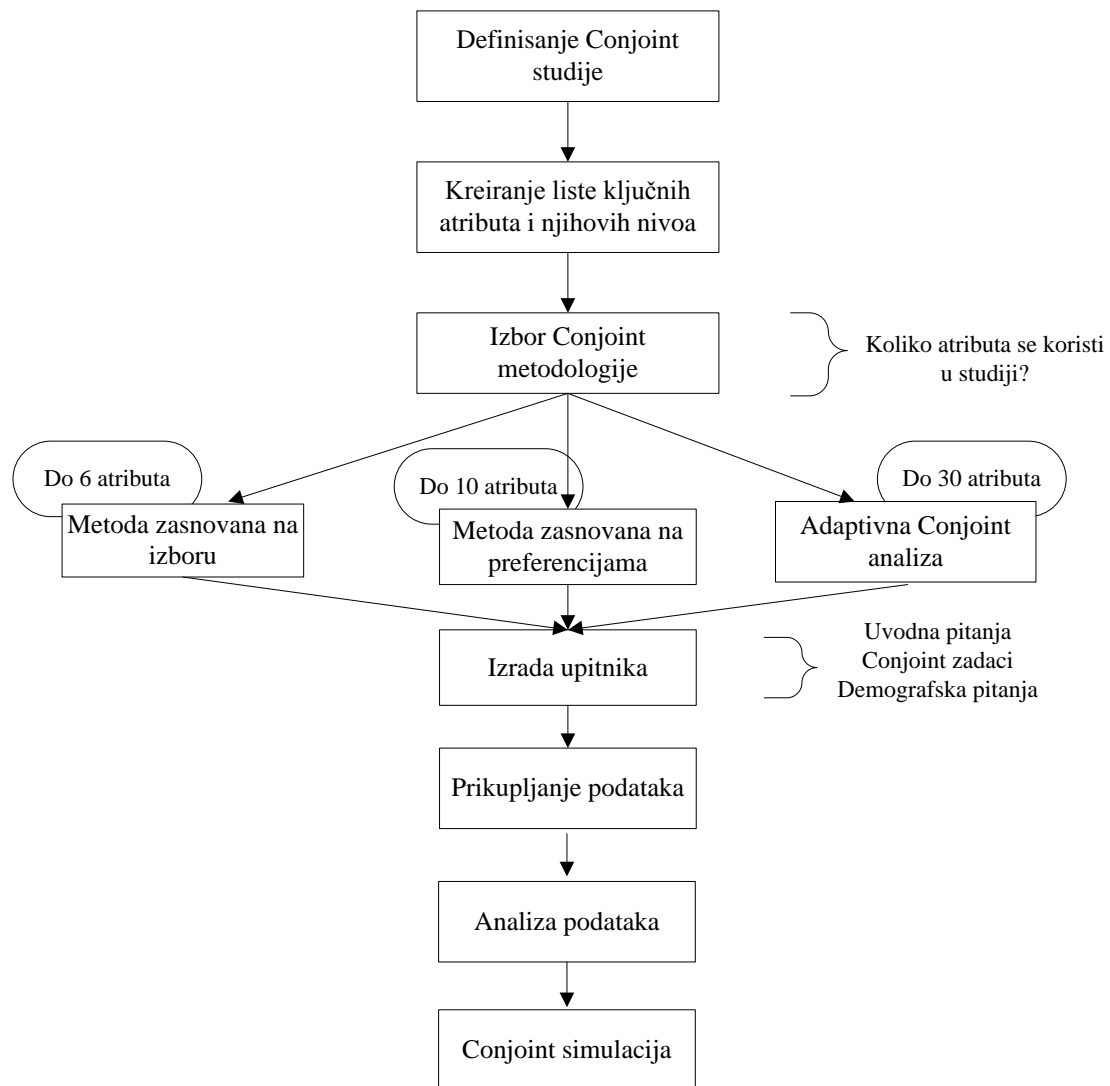
Slika 3.1 Veza između atributa, nivoa atributa i profila

Ispitanik evaluira ukupnu korisnost ili značajnost (*utility*) profila na osnovu kombinacije pojedinačnih parcijalnih korisnosti (*part-worth*) nivoa atributa profila. Parcijalne korisnosti su izražene kvantitativno i pokazuju poželjnost određenih karakteristika (Slika 3.1).

3.1.3. Metodologija izvođenja

Conjoint analiza obuhvata sledeće korake (Slika 3.2):

1. Definisanje Conjoint studije;
2. Kreiranje liste ključnih atributa i njihovih nivoa;
3. Izbor Conjoint metodologije;
4. Izrada upitnika;
5. Prikupljanje podataka;
6. Analiza prikupljenih podataka;
7. Simulacija tržišta.



Slika 3.2 Metodologija izvođenja Conjoint analize

Svaka od faza biće detaljnije objašnjena u narednim poglavljima.

3.1.3.1. Definisanje atributa i njihovih nivoa

Nakon definisanja Conjoint studije, sledi kreiranje liste ključnih atributa i njihovih nivoa kojima se proizvod/usluga mogu opisati. Njihovo definisanje, može biti težak proces. Pre svega, u Conjoint analizi atributi moraju biti precizno definsani i jasni za tumačenje ispitanicima (Vriens, 1995). Stoga se, atributi najčešće generišu kroz interne brainstorming sesije i fokus grupe (Harrison et al., 1998) ili pomoću dubinskih intervjuua. U Conjoint analizi se mogu koristiti atributi koji pripadaju nekoj od sledećih kategorija: nominalni, ordinalni ili kvantitativni atributi.

Drugi korak je definisanje nivoa atributa. Nivoi moraju biti međusobno nezavisni, realni, fokusirani i izbalansirani (Orme, 2002). Konkretno, istraživač mora da utvrdi broj nivoa

atributa, da kontroliše varijacije nivoa, kao i to da li je moguće kombinovati nivoe jednog sa nivoima drugog atributa.

U cilju određivanja potrošačkih preferencija za profil, potrebno je da ispitanici izvrše evaluaciju alternativa ovih profila. Svaka od alternativa se opisuje pomoću kombinacije nivoa atributa i ove kombinacije se nazivaju *profili*, *koncepti* ili *scenarija* (Slika 3.1). Profili mogu biti predstavljeni na dva načina, i to pomoću:

- Celog profila (*Full profile*). Ovo je pristup u kome se proizvod/usluga opisuje pomoću svih njegovih atributa koji se razmatraju u studiji. Proizvod ili usluga će na ovaj način biti opisani mnogo realnije i dobijeni rezultati biće značajniji. Problem koji se javlja kod upotrebe celog profila je veliki broj atributa koje ispitanik prilikom evaluacije istovremeno razmatra.
- Parcijalnog profila (*Partial profile*). Ovo je pristup u kome se proizvod opisuje pomoću podskupa atributa - u svakoj alternativni različit podskup.

Jedna od podela bazira se na načinu definisanja alternativa i po ovom kriterijumu metode se dele na one u kojima se posmatra:

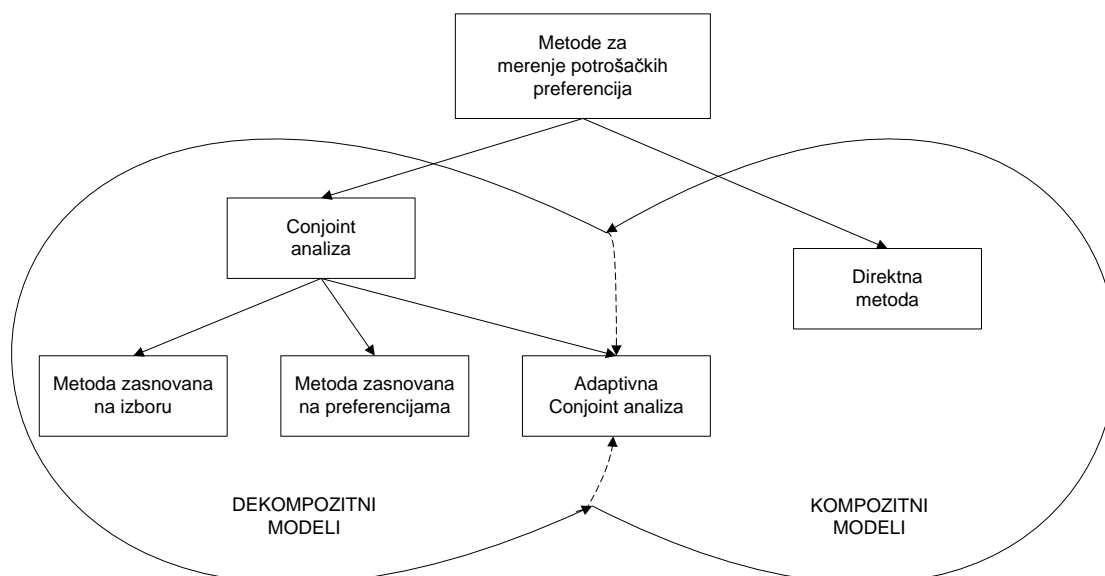
- više profila istovremeno ili
- svaki profil pojedinačno.

U slučaju kada se posmatra jedan profil, vrši se njegovo ocenjivanje ili rangiranje, a ukoliko se posmatra više profila istovremeno, moguće je vršiti njihovo poređenje ili izbor najpoželjnijeg, bilo da su u pitanju celi ili parcijalni profili. U zavisnosti od izabrane skale na kojoj se vrši evaluacija alternativa, odnosno profila, metode mogu biti:

- metričke,
- nemetričke ili mešovite.

3.1.3.2. Izbor Conjoint metodologije

Conjoint metodologija može se izabrati u zavisnosti od: broja atributa kojima je opisan proizvod/usluga, tipa problema koji se rešava i način na koji će upitnik biti predstavljen ispitanicima. Na osnovu ovih kriterijuma bira se model preferencija, odnosno metoda za merenje potrošačkih preferencija (Slika 3.3).



Slika 3.3 Metode za merenje potrošačkih preferencija

Modeli preferencija u Conjoint analizi

Osnovna podela Conjoint metoda bazirana je na vrsti modela koje koristi za računanje preferencija ispitanika. Ovi modeli mogu biti:

1. Kompozitni modeli

Direktna (*Self-explicated*) metoda, koristi kompozitni model za računanje preferencija, gde ispitanici prvo dodeljuju relativnu značajnost nivoima svakog atributa, najčešće korišćenjem Likertove skale (Srinivasan & Park, 1997), a potom i težine svakom atributu. Stoga, vrednost profila predstavlja težinsku kombinaciju vrednosti preferencija nivoa atributa i važnosti atributa (Wilkie & Pessemier, 1973; Leigh et al., 1984):

$$U_j = \sum_{i=1}^k w_i u_{ij} \quad j = 1, \dots, J$$

gde je:

w_i - težina koju ispitanici direktno dodeljuju svakom atributu i (ili značajnost razlike najpoželjnijeg i najnepoželjnijeg nivoa ukoliko se koristi indirektan način),

u_{ij} - direktna ocena relativne značajnosti nivoa datog atributa zastupljenog u j -tom profilu.

Prednost ove metode je što može imati veliki broj atributa i njihovih nivoa u upitniku. Iako je u literaturi često nazivaju direktnom Conjoint metodom (*self-explicated Conjoint*) ona ustvari nije prava Conjoint metoda, ali u kombinaciji sa nekim od dekompozitnih modela čini

hibridnu Conjoint metodu. Kada god to projekat omogućava, korisnici favorizuju ovaj u odnosu na modele diskretnog izbora.

Drugi kompozitni modeli, za razliku od direktne metode, koriste i model očekivane vrednosti i linearni kompezacioni model (Agarwal & Green, 1991), a jedna od često korišćenih kompozitnih tehnika je takozvani Fišbejnov model (Fishbein, 1975).

2. Dekompozitni modeli

Kod dekompozitnih modela, istraživač se fokusira na dekompoziciju ukupne ocene na elemente, odnosno na značajnost atributa i poželjnost njihovih nivoa (Green & Krieger, 1994; Huber et al., 1993). Značajnosti atributa i korisnosti nivoa dobijaju se na indirektan način, pa su rezultati dobijeni ovim modelima realniji nego kod kompozitnih modela (Sattler & Hensel-Bolner, 2003).

Conjoint analiza je metoda primarno bazirana na dekompozitnim modelima i u osnovi postoje dva tipa Conjoint metoda:

- Metoda zasnovana na izboru (*Choice-Based-Conjoint*), koja od ispitanika očekuje da iz skupa alternativa izabere jednu.
- Metoda zasnovana na preferencijama (*Preference-Based-Conjoint or Ratings-based Conjoint*), koja od ispitanika zahteva da rangira ili oceni svaku alternativu, odnosno profil.

Metoda zasnovana na izboru (*Choice-Based-Conjoint*)

Luvrier i Vudvort su 1983. godine objavili članak koji se smatra teoretskom osnovom metode zasnovane na izboru (Louviere & Woodworth, 1983). Oni su predložili spajanje Conjoint analize sa ekonometrijskim modelima diskretnog izbora, pa se zbog toga i smatra, da ova metoda vodi poreklo iz ekonometrije. Pristup metode zasnovane na izboru baziran je na sledećim principima:

- Ispitanici biraju najpoželjniju iz skupa (više od dva) alternativa, s'tim što im je dozvoljeno da ne izaberu nijednu od ponuđenih;
- Procena parametara se vrši na osnovu agregatnih rezultata, ne na osnovu individualnih preferencija, koristeći metodu maksimalne verodostojnosti;
- Skup profila koje ispitanici evaluiraju je generisan korišćenjem efikasnog plana ekperimenta.

Svoju popularnost ova metoda je stekla ranih 90ih godina prošlog veka, a danas predstavlja jednu od najviše korišćenih tehnika (<http://www.sawtoothsoftware.com/>), pre svega jer je pristupačna ispitaniku. Prednost pristupa zasnovanog na izboru leži u činjenici da je određivanje potrošačkih preferencija na osnovu izbora jednog iz skupa profila mnogo realnije, dok je nedostatak to što koristi mali broj atributa (obično u intervalu od pet do sedam), tako da se dešava da profil ne može dobro da se opiše.

Pristup baziran na izboru koristi funkciju slučajne korisnosti (*random utility function - RUT*) i metodu maksimalne verodostojnosti (*multinomial logit model - MNL*) (McFadden, 1973). MNL predstavlja verovatnoću da će ispitanik i izabrati jedan od m profila (C_a), iz skupa ponuđenih profila (C):

$$p_i(c_a | C) = \frac{\exp(U_i(c_a))}{\sum_{j=1}^m \exp(U_i(c_j))}$$

Funkcija slučajne korisnosti predstavlja integrisanu teoriju ponašanja donosioca odluke i ponašanje prilikom izbora. Sastoji se od determinističke komponente V_{ia} i stohastičke e_{ia} , odnosno:

$$U_i(c_a) = V_{ia} + e_{ia}$$

Slučajna (stohastička) komponenta (e_{ia}) uključuje sve neidentifikovane faktore a koji utiču na izbor ispitanika i .

Metoda zasnovana na izboru koristi nelinearni model i podatke na agregatnom nivou, dok Conjoint analiza celog profila koristi linearni model i podatke na individualnom nivou (Kuhfeld, 2001).

Metoda zasnovana na preferencijama (*Preference-based Conjoint or Ratings-based Conjoint*)

Metoda zasnovana na preferencijama potiče iz marketinga i prvenstveno je fokusirana na određivanje preferencija potrošača (Louviere, 1988). U literaturi ovu metodu nazvaju i Tradicionalna Conjoint analiza (*Traditional Conjoint analysis*). Ispitanicima se daju upitnici kod kojih ponuđeni profili sadrže sve attribute proizvoda/usluge, stoga što je skup kombinacija atributa izbalansiran. Zbog toga, broj atributa koji se koristi u analizi je relativno

mali, kako bi ispitanici mogli da realno sagledaju i ocene dati profil. Ispitanici zatim dodeljuju rangove preferencija ponuđenim profilima.

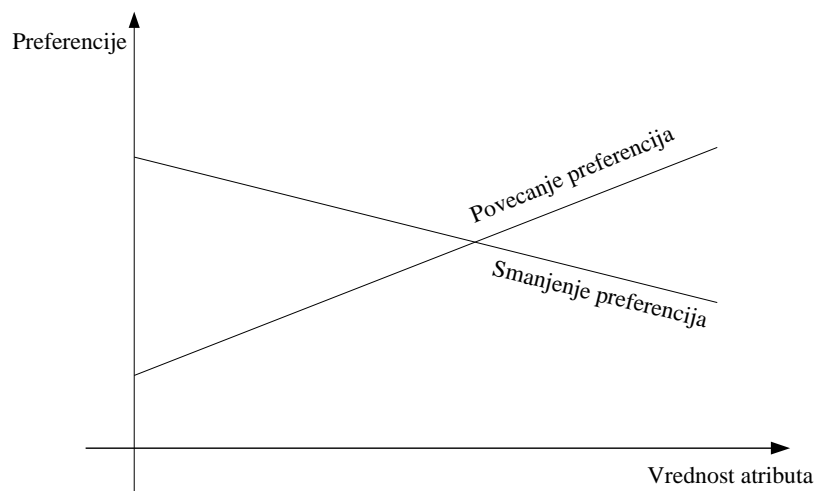
Tradicionalna Conjoint analiza za modeliranje potrošačkih preferencija koristi determinističku funkciju korisnosti koja može da sadrži slučajnu komponentu, ali je zato model kojim se predviđaju izbori ne sadrži. Pretpostavlja se da funkcija korisnosti zavisi od ispitanikove ocene, što se može predstaviti pomoću funkcije transformacije ϕ (Kuzmanović, 2011):

$$U_{ij} = \phi[V_{ij}(X_{ij})]$$

koja može uzeti jedan od sledećih oblika (Green & Srinivasan, 1990):

1. Model idealnog vektora (linearni model),
2. Model idealne tačke i
3. Model parcijalnih korisnosti (diskretni model).

Model idealnog vektora. Pretpostavimo da je u studiji definisano n atributa i m profila. Kod modela idealnog vektora pretpostavlja se da preferencije prema profilu rastu sa povećanjem vrednosti atributa kojima je profil opisan, i obrnuto, sa smanjenjem vrednosti atributa, smanjuju se preferencije (Grafik 3.1).



Grafik 3.1 Funkcija preferencija (kontinualna) kod Modela idealnog vektora

Model idealnog vektora može se izraziti linearnom funkcijom:

$$u_j = \sum_{i=1}^n \beta_i y_{ji} ,$$

gde je:

u_j - ukupna korisnost, odnosno preferencije ispitanika za j -ti profil,

β_i - značajnost koju je ispitanik dodelio i -tom atributu,

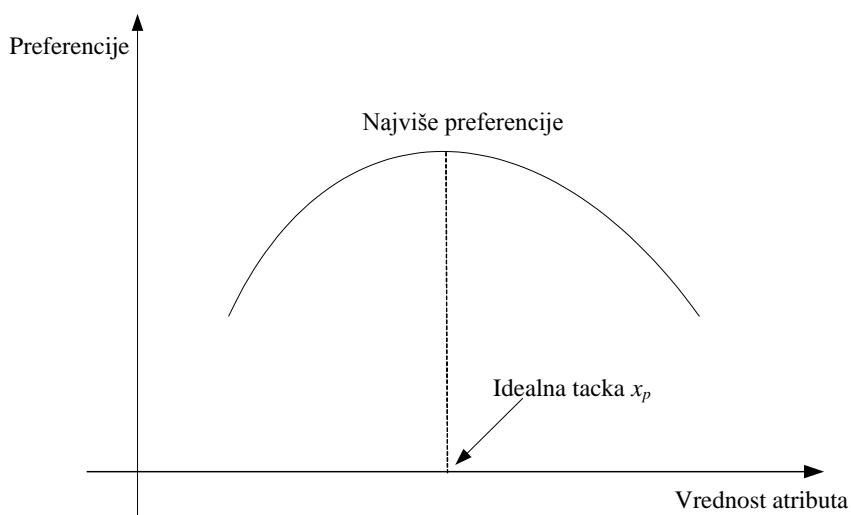
y_{ji} - parcijalna korisnost odgovarajuće vrednosti i -tog atributa zastupljenog u j -tom profilu.

Ovaj model daje dobre rezultate kada su parcijalne korisnosti i -tog atributa (y_{ji}) kontinualne promenljive. Primer takvih atributa su udaljenost, vreme putovanja i slično.

Model idealne tačke je funkcija koja definiše optimum ili idealnu vrednost atributa (Grafik 3.2). Kod ovog modela ispitanik bira svoju idealnu tačku koja označava najpoželjniji profil. Preferencije prema profilu ispitanik definiše na osnovu rastojanja od idealne vrednosti. Težinsko rastojanje od idealne tačke definiše se funkcijom:

$$d_j = \sqrt{\sum_{i=1}^n \beta_i (y_{ji} - x_i)^2}$$

gde x_i predstavlja idealnu vrednost odgovarajućeg nivoa i -tog atributa, a β_i su težine koje označavaju značaj koji atribut i ima za ispitanika. Ukupna korisnost profila j (u_j) obrnuto je proporcionalna kvadratu težinskog rastojanja, d_j^2 . Na osnovu ovoga može se zaključiti da kod modela idealne tačke smanjenjem vrednosti d_j^2 povećava se ukupna korisnost profila j , i time se ovaj profil približava idealnoj vrednosti.



Grafik 3.2 Funkcija preferencija kod Modela idealne tačke

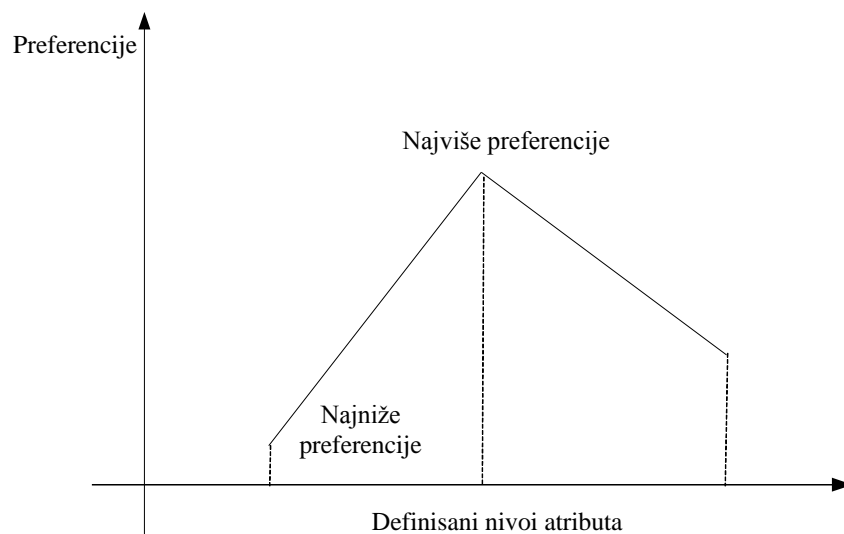
Model idealne tačke je odgovarajući model za većinu kvalitativnih atributa, kao što su ukus, miris i sl.

Model parcijalnih korisnosti. Ovo je najjednostavniji model za procenu korisnosti i u praksi se najčešće koristi. Preferencije dobijene ovim modelom, poznate kao parcijalne korisnosti, definišu se kao numeričke vrednosti koje odražavaju koliko su poželjne različite karakteristike proizvoda odnosno usluge i one su subjektivne i jedinstvene za svakog pojedinca.

Funkcija parcijalnih korisnosti je deo po deo linearna kriva. Ova kriva se formira pomoću skupa pravih linija koje povezuju tačke procenjenih korisnosti nivoa atributa (Grafik 3.3). Model parcijalnih korisnosti definiše se pomoću sledeće funkcije:

$$u_j = \sum_{i=1}^n f_i(y_{ji})$$

gde u_j predstavlja preferencije j -tog profila, f_j je parcijalna funkcija za odgovarajući nivo i -tog atributa zastupljenog u j -tom profilu (y_{ji}).



Grafik 3.3 Funkcija preferenciji (diskretna) kod Modela parcijalnih korisnosti

Osnovna prednost modela parcijalnih korisnosti je njegova fleksibilnost. Druga prednost je ta što je model najmanje restriktivan. Model idealnog vektora i model idealne tačke predstavljaju specijalne slučajeve modela parcijalnih korisnosti.

Svaki model preferencija zahteva procenu različitog broja parametara. Model parcijalnih korisnosti zahteva da svaki nivo atributa bude predstavljen pomoću $q_i - 1$

promenljivih, gde q_i predstavlja broj nivoa i -tog atributa. Prilikom korišćenja ovog modela potrebno je proceniti $N - n + 1$ parametara, gde N predstavlja ukupan broj nivoa, a n ukupan broj atributa u studiji. Vektorski model zahteva da se parametar koji se procenjuje za svaku promenljivu tretira kao vektor. Za razliku od modela parcijalnih korisnosti, kod modela idealnog vektora vrednosti atributa se ne predstavljaju pomoću $q_i - 1$ promenljivih, već pomoću jedne linearne promenljive, tako da je potrebno proceniti samo n parametara. Kod modela idealne tačke potrebno je proceniti $2n$ parametara. Naime, procenjuje se n težina i n idealnih tačaka.

Prethodno opisane funkcije korisnosti za metodu baziranu na preferencijama su linearne funkcije koje se mogu analizirati pomoću metode najmanjih kvadrata koja implicira jake pretpostavke u vezi kardinalnosti skala ocenjivanja.

3. Hibridni modeli.

Hibridne Conjoint metode nastale su ranih '80-tih godina prošlog veka i za računanje parcijalnih korisnosti nivoa atributa koriste kombinaciju direktne metode i neke od Conjoint metoda, obično metode ocenjivanja profila. Direktni kompozitni modeli se koriste za dobijanje inicijalnog skupa parcijalnih korisnosti, dok se u drugoj fazi vrši evaluacija manjeg broja celih profila. Stoga se može reći da su hibridni modeli kombinacija kompozitnih i dekompozitnih (Slika 3.3). Tipičan predstavnik hibridnih metoda je Adaptivna Conjoint analiza (*Adaptive Conjoint Analysis - ACA*).

Adaptivna Conjoint analiza

Adaptivna Conjoint analiza je razvijena 1987. godine, a razvio ju je Rič Džonson (Johnson, 1987), *Sawtooth Software*, kao način da se prevaziđu problemi nastali korišćenjem velikog broja atributa. Ova metoda pruža mogućnost upotrebe velikog broja atributa (do 30) i njihovih nivoa (čak i 7 po svakom atributu).

Za razliku od tradicionalne Conjoint analize, Adaptivna Conjoint analiza prikazuje samo podskup atributa u istoj alternativni, odnosno koristi parcijalni profil. Zbog toga se prefinjenost ove metode ogleda u skupu pitanja odnosno kompromisa koji se prikazuju ispitaniku, gde generisanje sledećeg pitanja zavisi od prethodnog odgovora ispitanika (Johnson & Desvousges, 1995).

Adaptivna Conjoint analiza je jedna od najpopularnijih tehnika u istraživanjima jer ne postoji klasični upitnik, već koristi kompjuterizovani, adaptivni intervju. Adaptivnost metode se ogleda u tome što se pitanja prilagođavaju ispitaniku, fokusirajući se na njemu najvažnije

atribute i najrelevantnije nivoe atributa, na osnovu njegovih prethodnih odgovora (Green & Krieger, 1994; Johnson, 1991; Louviere, 1988). Zbog toga ova metoda zahteva i informatički podržan intervju s ispitanicima, pa se ovakvo ispitivanje ne može sprovesti telefonom ili na papiru.

Prednost upotrebe kompjutera u proceduri prikupljanja podataka ogleda se u brzini i efikasnosti kao i u mogućnosti korišćenja multimedijalnih sadržaja. Naime, ispitanik mnogo lakše vrši evaluaciju profila ukoliko su oni potkrepljeni fotografijom ili zvukom.

Adaptivna Conjoint Analiza pojednostavljuje proces intervjuisanja, tako da se od ispitanika može dobiti mnogo informacija, pri čemu je njegovo angažovanje minimalno. Stoga se interesovanje i želja ispitanika da učestvuje dalje u istraživanju povećava. Zbog svih ovih prednosti, ova metoda našla je primenu u mnogim kompanijama koje su je koristile u razvoju novog proizvoda i u marketinške svrhe (Huber et al., 1993; Choi & DeSarbo, 1994; Allenby & Arora, 1995; Toubia et al., 2003).

Adaptivna Conjoint analiza, ali i većina drugih metoda zasnovanih na hibridnim modelima, najpre koristi Direktnu (*Self-explicated*) metodu, gde se od ispitanika zahteva sledeće (Green, 1984):

- Eliminacija bilo kog nivoa atributa, koji smatraju nepoželjnim, odnosno neprihvatljivim;
- Ocena poželjnosti nivoa atributa (obično se izražava na skali od 0-10);
- Ocena značajnosti atributa (uzimajući skalu od 0-100, upotrebom skaliranja konstantne sume).

Potom, ispitanik bira poželjniji profil od dva ponuđena profila (daje ocenu na skali od 1 do 10) opisanih sa nekoliko atributa, a formiraju veliki broj takvih izbora (Wittink & Bergestuen, 2001). Na osnovu tih preferencija se računaju parcijalne korisnosti nivoa atributa. Izbor svakog para profila zavisi od „privremenih“ parcijalnih korisnosti izračunatih na osnovu prethodnog para poređenja, dok se parcijalne korisnosti računaju na individualnom nivou (Van der Lans & Heiser, 1992).

3.1.3.3. Izrada upitnika

Upitnik u Conjoint analizi najčešće sadrži:

- Uvodna pitanja;
- Conjoint zadatke;

- Demografska pitanja.

Uvodna pitanja služe da ispitanika pripreme za intervju, gde se na jednostavnim primerima objašnjava na koji način ispitanik treba da reaguje, odnosno kada je potrebno ocenjivanje, kada rangiranje, ili izbor, i na koji način se to izvodi (Kuzmanović, 2011). Conjoint zadaci se definišu zavisno od Conjoint metodologije koja je izabrana. Na Slici 3.4. dat je hipotetički primer kako bi izgledao jedan Conjoint zadatak za svaku od prethodno opisanih metodologija (u slučaju donošenja odluke o izboru televizora).

Tradicionalna Conjoint analiza:

Na skali od 1 do 7, gde 1 znači sigurno ne bih kupio/la, a 7 sigurno bih kupio/la oceni dati profil televizora						
Brend:		Sony				
Veličina:		52"				
Tip:		LCD				
1	2	3	4	5	6	7

Metoda zasnovana na izboru:

Koji od ponuđenih televizora biste izabrali?				
Brend:	Sony	Sony	Samsung	Nijedan
Veličina:	46"	52"	46"	
Tip:	Plazma	LCD	LCD	
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Adaptivna Conjoint analiza:

Koji od ponuđenih televizora više preferirate?						
Profil A		Brend		Profil B		
Sony		Veličina		Samsung		
52"		Tip		46"		
Plazma				LCD		
Veoma preferiram A			Veoma preferiram B			
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Slika 3.4 Primeri Conjoint zadatka u zavisnosti od korišćene Conjoint metodologije

Demografskim pitanjima u okviru Conjoint istraživanja se posvećuje velika pažnja kako bi se kasnije našli pravi načini delovanja na uzorak. Na osnovu demografskih podataka mogu se utvrditi posledice privrednog i ekonomskog razvoja, problematika tražnje i potrošnje kao i drugi ekonomski fenomeni.

3.1.3.4. Prikupljanje Conjoint podataka

Pre prikupljanja podataka na osnovu raspoloživog budžeta istraživanja treba definisati veličinu uzorka. Ovo je kompleksna odluka, a iskustvo je pokazalo sledeće (Orme, 2006):

- Veličina uzorka u Conjoint analizi obično se kreće između 150 i 1200 ispitanika.
- Ukoliko je za cilj istraživanja postavljena segmentacija tržišta, odnosno poređenje grupa ispitanika i detektovanje značajnih različitosti između njih, preporučuje se da minimalna veličina uzorka po grupi iznosi 200 ispitanika.
- Za robusna kvantitativna istraživanja, gde se ne poredе grupe ispitanika, preporučuje se da uzorak bude najmanje 300 ispitanika.
- Za istraživački rad i razvijanje hipoteza o tržištu, dovoljno je i 30 do 60 ispitanika.

Izbor procedure za prikupljanje podataka je važan korak zbog uticaja koji može imati na validnost i mogućnost korišćenja ovih podataka pri statističkoj obradi. Koja će procedura biti izabrana, prvenstveno zavisi od načina koji je izabran za prezentovanje pitanja ispitanicima.

Prikupljanje podataka sa terena se može obaviti na neki od sledećih načina:

- tradicionalnim metodama, tj. putem direktnog intervjua, telefona ili pošte.
- pomoću kompjutera

Evaluacija alternativa. Tokom evaluacije ispitanika od njih se zahteva da proizvode/usluge rangiraju, ocene ili izaberu najbolji. Potom, analitičar uz pomoć nekog od pravila kompozicije procenjuje parcijalne korisnosti za nivoe atributa. U tu svrhu se najčešće koristi linearni aditivni model:

$$U_{ij} = \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^{L_k} \beta_{ikl} x_{jkl} + \varepsilon_{ij} \quad i=1, \dots, I \quad j=1, \dots, J$$

gde su:

- U_{ij} ukupna korisnost proizvoda j za i -tog ispitanika (i -ti segment),
- β_{ikl} parcijalne korisnosti dobijene za određeni nivo l ($l = 1, \dots, L_k$) atributa k ($k = 1, \dots, K$) zastupljenog u datom profilu j ,
- x_{ijk} ima vrednost 1 ukoliko je nivo l atributa k zastupljen u profilu j , u suprotnom ima vrednost 0.

Dobijene vrednosti parcijalnih korisnosti se dalje mogu upotrebiti za dobijanje (Green & Srinivasan, 1990; Hair et.al., 1995):

- Relativne značajnosti svakog atributa odnosno mere uticaja atributa na ispitanikov izbor;
- Ukupne korisnosti proizvoda/usluge;
- Funkcije korisnosti ispitanika;
- Definisane modele kojima se može simulirati izbornu ponašanje potrošača.

Funkcije korisnosti su jedinstvene za svakog potrošača i pomoću njih se utvrđuje osetljivost percipirane vrednosti atributa na promenu njegovih vrednosti.

Relativna značajnost atributa računa se tako što se raspon vrednosti korisnosti za svaki od atributa podeli sumom raspona korisnosti svih atributa, za svakog ispitanika (Kuzmanović et al.,2013):

$$FI_{ik} = \frac{\max\{\beta_{ik1}, \beta_{ik2}, \dots, \beta_{ikL_k}\} - \min\{\beta_{ik1}, \beta_{ik2}, \dots, \beta_{ikL_k}\}}{\sum_{k=1}^K (\max\{\beta_{ik1}, \beta_{ik2}, \dots, \beta_{ikL_k}\} - \min\{\beta_{ik1}, \beta_{ik2}, \dots, \beta_{ikL_k}\})}, \quad i = 1, \dots, I, k = 1, \dots, K$$

Dobijene rezultate je moguće uprosečiti čime bi se uzele u obzir preferencije svih ispitanika:

$$FI_k = \frac{\sum_{i=1}^I FI_{ik}}{I}, \quad k = 1, \dots, K$$

3.1.3.5. Conjoint simulacija tržišta

Razlozi za primenu simulacije tržišta su brojni (Kuzmanović, 2011):

- Pruža se mogućnost otkrivanja skrivenih efekata koji mogu imati uticaj na preferencije ispitanika prema proizvodu/usluzi;
- Simulacioni modeli prevode nejasne parcijalne korisnosti u udele preferenci ili tržišne udele;
- Omogućava „what-if“ analizu.

U Conjoint simulaciji tržišta mogu se koristiti različiti modeli. Neki od njih su:

- Model maksimalne korisnosti (*First Choice - FC*),
- Model prosečne korisnosti (*BTL model - Bradley-Terry-Luce*),

- Logit model ili model udela preferenci,
- "Slučajan prvi izbor" (*Randomized First Choice*),
- Model verovatnoće kupovine (*Purchase Likelihood*).

Ne može se sa sigurnošću reći koji od ovih modela je najbolji. Izbor modela zavisi od konkretne situacije i na njega utiče izbor modela za računanje parcijalnih korisnosti, ali i svrha u koju se koristi.

3.1.4. Konzistentnost odgovora ispitanika

Conjoint zadaci mogu biti sadržajno i tematski veoma zahtevni, pa čak i najpažljiviji ispitanici mogu dati nekonzistentne odgovore. Stoga, istraživač mora pažljivo da proveri njihovu validnost i da odbaci sve one upitnike koji je ne zadovoljavaju.

Validnost rezultata ispitanika može se meriti kroz pristup:

Interne konzistentnosti preferencija koja se meri na tri načina: Prvi, da bi se obezbedila korelacija između posmatranih i očekivanih preferencija, koriste se dva statistička pokazatelja: Pearson-ov (*Pearson's R*) i Kendall-ov koeficijent (*Kendall's tau*). Drugi, kako bi se proverila validnost kontrolnih (*holdout*) profila koristi se Kendall-ov koeficijent. Kontrolni profili se ocenjuju od strane ispitanika, ali se ne koriste za računanje korisnosti. Treći način, koristi se test monotonosti koji ukazuje na to šta bi kod nekog profila ispitanici trebali da preferiraju više, a šta manje.

Konzistentnosti sa teorijskim predviđanjima, koja se izražava na osnovu znaka procenjenih parametara.

3.1.5. Prednosti i nedostaci Conjoint analize

Neke od prednosti Conjoint analize su:

- sve bitne karakteristike problema mogu biti precizno i jasno opisane,
- omogućava korišćenje i kvalitativnih i kvantitativnih atributa,
- postojanje kvalitetnih programskih alata koji je podržavaju,
- merenje preferencija je moguće i na individualnom nivou,
- otkriva skrivene preferencije ispitanika,
- daje najprecizniju prognozu (Oppewal & Vriens, 2000),
- kombinuje se sa drugim pristupima.

Dok je najveći nedostatak Tradicionalne Conjoint analize, taj što conjoint studija može biti veoma kompleksna, sa velikim brojem profila koji sadrže isto tako veliki broj atributa i njihovih nivoa. Kao što je već pomenuto, ovaj nedostatak je prevaziđen pojavom Adaptivne conjoint analize.

Conjoint analiza je bazirana na preferencijama ispitanika, pa se može reći i da je subjektivna. Samim tim ispitanik mora, kako bi dao svoju ocenu, biti dobro upoznat sa značenjem atributa, odnosno nivoa atributa.

3.1.6. Softveri za Conjoint analizu

Sve veća popularnost Conjoint analize i mogućnosti primene u različitim oblastima delatnosti stvorili su potrebu za razvojem softverskih paketa za njenu implementaciju. Danas na tržištu postoje brojni softverski paketi koji podržavaju sve faze Conjoint analize. To su obično komercijalni paketi koji prate ceo proces analize, od kreiranja upitnika, preko analize podataka do simulacije tržišta i generisanja izveštaja.

Najpoznatije komercijalne softvere nudi softverska kuća *Sawtooth Software* i to:

- *ACA (Adaptive Conjoint Analysis)* - softverski paket za Adaptivnu Conjoint analizu,
- *CBC (Choice-Based Conjoint)* - softverski paket za Conjoint analizu baziranu na izboru,
- *CVA (Conjoint Value Analysis)* - softverski paket za tradicionalnu Conjoint analizu.

Za pojedine faze Conjoint analize mogu se koristiti i neki višenamenski komercijalni softveri. Tako se, na primer, efikasni planovi eksperimenta mogu generisati primenom sledećih softvera:

- SPSS: Orthogonal design
- Conjoint Designer (Bretton-Clark)
- SAS: QC OPTEX i FACTEX
- ACA-designs

Za procenu parametara, a u zavisnosti od vrste procedure, postoji niz višenamenskih softverskih paketa:

- SPSS: REGRESSION, CONJOINT, LOGIT, PROBIT

- SAS/STAT: PROC REG, ORTHOREG, PROCTRANS REG, PROBIT
- STATISTICA: MULTIPLE REGRESSION
- SYSTAT: MULTIPLE REGRESSION
- MS EXCELL

Neki od prethodno navedenih paketa, kao što su SPSS i SAS/STAT, u sebi sadrže i module za segmentiranje (klasterovanje) ispitanika, ali i za simulaciju tržišta. Za simulaciju tržišta razvijen je veliki broj specijalizovanih softvera:

- ACA Marketing simulator
- Conjoint Analyzer, Simgraf (Bretton-Clark)
- POSSE™
- GFK Optimizer
- IdeaMap®

3.1.7. Pregled primene Conjoint analize

Danas, primena Conjoint metode, kao i unapređenja same metodologije broji na hiljade naučno-istraživačkih radova. Najveći broj primena Conjoint analize je i dalje u baznoj oblasti marketinga i istraživanja tržišta, razvoju proizvoda/usluge, definisanju cenovne strategije, segmentaciji tržišta na bazi potrošačkih preferencija, promociji i distribuciji (Cattin & Wittink, 1982), ali je do sada ne mali doprinos Conjoint analiza dala i u drugim oblastima. Ova ekspanzija upotrebe Conjoint analize, rezultirala je studijom koju su sprovedi Grin i koautori (Green et al., 2001), a koja je pokazala delimičnu listu doprinosa u Conjoint analizi u periodu od 1974. do 2000. godine.

Conjoint analiza je dala veliki doprinos i na polju visokog obrazovanja. U Tabeli 3.1. dat je pregled radova (sa izdvojenim atributima i nivoima) koji su imali za cilj određivanje preferencija studenata prema nastavnicima.

Tabela 3.2 Pregled primene Conjoint analize za merenje značajnosti kompetencija nastavnog i naučno istraživačkog rada nastavnika

RB	Autori i godina	Atributi	I nivo	II nivo	III nivo	IV nivo
1	Pietrzak et al., (2008)	Stil predavanja	Interesantno	Monotono		
		Kompetentnost	Izuzetna	Loša		
		Organizovanost	Odlična	Loša		
		Opterećenost studenata (domaći zadaci)	Puno domaćih zadataka	Optimalno		
2	Kuzmanović et al., (2013a, 2013b)	Jasna i razumljiva prezentacija	Da	Ne		
		Metodičan i sistematičan pristup	Da	Ne		
		Tempo predavanja	Optimalan	Prebrzo	Prespor	
		Pripremljenost za čas	Dobra	Loša		
		Tačnost dolaska na čas	Na vreme	Kasni		
		Podsticanje na učestvovanje u nastavi	Da	Ne		
		Informisanje studenata o njihovom radu	Da	Ne		
		Vođenje računa o komentarima	Da	Ne		
		Dostupnost nastavnika (konsultacije ili e-mail)	Uvek dostupan	Uglavnom dostupan	Uglavnom nije dostupan	
3	Bacon et al., (2016)	Ocena studentske ankete	Srednja	Visoka		
		Novi nastavni sadržaji	Nema	Novi za studente	Novi u svetu	
		Broj nastavnih predmeta	Dva	Četiri		
		Nivo studija	Osnovne studije	Pola na osnovnim, pola na postdiplomskim studijama	Postdiplomske	
		Veličina grupe	15 studenata	40 studenata		
		Vremenski interval nastave	Časovi od 8h ujutru	Časovi od 10 do 16h	Časovi posle 18h	Časovi posle 20h
		Broj grupa	Više	Jedna		
		Naučno istraživački rad	Nema radova	Koautor na jednom radu		
Odgovornost prema fakultetu	Nema	Ima				

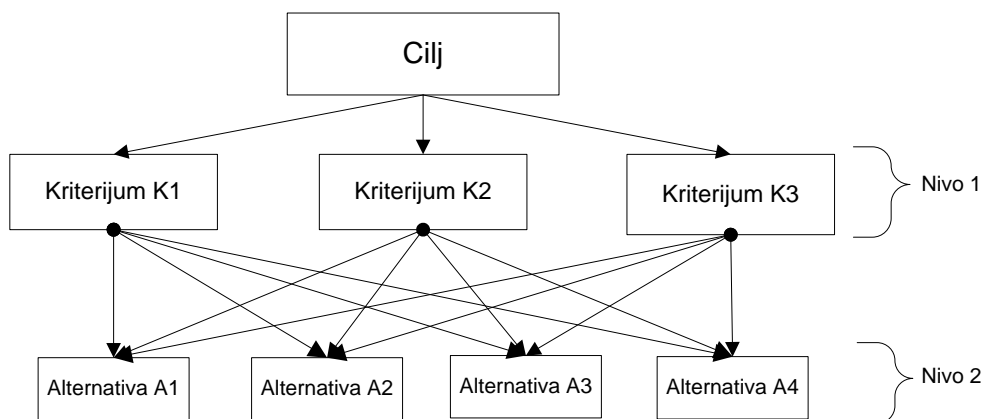
3.2. Analitički hijerarhijski proces – AHP

Metoda Analitički hijerarhijski proces (AHP - *Analytic hierarchy Process*) predstavlja najpoznatiju i poslednjih godina jednu od najviše korišćenih metoda višekriterijumskog odlučivanja, kada se izbor alternativa ili njihovo rangiranje zasniva na više atributa različite važnosti. AHP omogućava fleksibilnost donošenja odluka i pomaže ekspertima da postave prioritete i donesu kvalitetnu odluku (Saaty, 1991). Stoga se može reći da je osnovni cilj ove metode rangiranje više alternativa kao i izbor najbolje iz skupa raspoloživih, u situacijama odlučivanja gde učestvuje veliki broj eksperata, veliki broj kriterijuma odlučivanja u višestukim vremenskim periodima. Rangiranje/selekcija se vrši u odnosu na postavljeni cilj.

3.2.1. Metodološke osnove AHP metode

AHP metodu razvio je Tomas Sati početkom '70ih godina prošlog veka (Saaty 1977; 1980), kao važan alat u analizi odlučivanja, i u cilju rešavanja kompleksnih problema. AHP razmatra attribute i kombinuje ih kroz dekompoziciju složenih problema u model koji ima oblik hijerarhije. Svaki nivo hijerarhije sastoji se od elemenata koji su pod uticajem nivoa iznad i koji se mogu međusobno porediti.

U opštem slučaju hijerarhijski strukturiran model odlučivanja se sastoji od cilja, kriterijuma i alternative. Kao ilustracija, na Slici 3.5. data je hijerarhija koju čine cilj, tri kriterijuma i četiri alternative. Cilj je na vrhu hijerarhije, kriterijumi se porede jedni sa drugima u odnosu na postavljeni cilj, dok se na poslednjem nivou vrši poređenje alternativa.



Slika 3.5 Hijerarhijski model – AHP

3.2.2. Metodologija izvođenja AHP metode

U osnovi AHP metodu čine četiri osnovne faze (Saaty, 1980):

1. Struktuiranje problema.

To uključuje razlaganje problema odlučivanja na potprobleme na osnovu njihovih zajedničkih karakteristika i formiranje hijerarhijskog modela sa različitim nivoima (Slika 3.5).

2. Upoređivanje elemenata na svakom nivou hijerarhijske strukture.

Donosilac odluke upoređuje elemente u parovima na istom nivou hijerarhijske strukture, na osnovu subjektivnog stava, iskustva, znanja, intuicije. Ukupan broj poređenja je $n \times (n-1)/2$, odnosno proporcionalan kvadratu broja elemenata koji se porede. Isti postupak se primenjuje kroz celu hijerarhiju prema dole, sve dok se na posljednjem k -tom nivou ne izvrše poređenja svih alternativa u odnosu na nadređene podkriterijume na $(k-1)$ -tom nivou. Preferencije ispitanika se izražavaju pomoću Satijeve skale relativne važnosti (Saaty, 1977; 1980) (Tabela 3.2).

Dobijene težine elemenata u ovoj fazi se nazivaju „lokalnim“ težinama, a rezultati poređenja se koriste za formiranje matrica poređenja parova.

Tabela 3.2 Satijeva skala relativne važnosti (Saaty, 1977; 1980)

Intenzitet važnosti	Definicija	Objašnjenje
1	Jednako važno	Dve aktivnosti jednako doprinose cilju.
3	Umereno važnije	Daje se umerena prednost jednoj aktivnosti.
5	Strogo važnije	Stogo se favorizuje jedna aktivnost.
7	Veoma stroga, dokazana važnost	Jedna aktivnost izrazito se favorizuje u odnosu na drugu.
9	Ekstremna važnost	Jedna aktivnost u odnosu na drugu se favorizuje sa najvećom uverljivošću.
2, 4, 6, 8	Međuvrednosti	
1.1 – 1.9	Decimalne vrednosti	Pri poređenju potrebne su decimalne vrednosti za preciznije izražavanje razlika.

AHP se zasniva na sledećim aksiomima (Harker & Vargas, 1987):

- *Aksiom recipročnosti.* Ukoliko je element A n puta značajniji od elementa B, onda je element B $1/n$ puta značajniji od elementa A.
- *Aksiom homogenosti.* Poređenje ima smisla ako su elementi uporedivi.
- *Aksiom zavisnosti.* Dozvoljava se poređenje među grupom elemenata jednog nivoa u odnosu na element višeg nivoa.
- *Aksiom očekivanja.* Bilo koja promena u strukturi hijerarhije zahteva ponovno računanje prioriteta.

3. Izračunavanje težinskih koeficijenata i prioriteta.

Matematičkim modelom se vrši agregacija težina sa različitih nivoa i dobija se konačan rezultat prioriteta alternativa u odnosu na postavljeni cilj.

4. Analiza osetljivosti.

AHP omogućava donosiocima odluka i interaktivnu analizu osetljivosti na osnovu koje mogu sagledati kako promene ulaznih podataka utiču na izlazne rezultate.

3.2.3. Matematičke osnove AHP metode

Upoređivanje elemenata strukture i izračunavanje težinskih koeficijenata i prioriteta, u AHP metodi, radi se na sledeći način:

Neka je n broj kriterijuma čije težine w_i treba odrediti na osnovu procene vrednosti njihovih razmera $a_{ij} = \frac{w_i}{w_j}$. Od razmera relativnih važnosti a_{ij} formira se matrica relativnih važnosti A :

$$A = \begin{bmatrix} \frac{w_1}{w_1} & \frac{w_1}{w_2} & \dots & \frac{w_1}{w_n} \\ \frac{w_2}{w_1} & \frac{w_2}{w_2} & \dots & \frac{w_2}{w_n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{w_n}{w_1} & \frac{w_n}{w_2} & \dots & \frac{w_n}{w_n} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

Matrica A za slučaj konzistentnih procena za koje važi $a_{ij} = a_{ik} a_{kj}$ zadovoljava jednačinu $Aw=nw$, gde je w vektor (jednokolonska matrica) prioriteta:

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

Vektor lokalnih težina w dobija se kao sopstveni vektor koji odgovara maksimalnoj sopstvenoj vrednosti λ_{max} (koja je različita od 0) matrice A , odnosno kao rešenje jednačine:

$$Aw = \lambda_{max}w$$

Matrica A je pozitivna, recipročna matrica $a_{ij} = 1/a_{ji}$ ranga $r(A)=1$, zbog čega je samo jedna njena sopstvena vrednost različita od 0 odnosno jednaka je n .

S obzirom da su suma sopstvenih vrednosti matrice i suma vrednosti na dijagonali jednake, maksimalna sopstvena vrednost je n :

$$\lambda_{max} = n$$

U slučaju da matrica A sadrži nekonzistentne procene, vektor težina w može se dobiti rešavanjem jednačine:

$$(A - \lambda_{max}I)w = 0 \text{ uz uslov } \sum w_i = 1$$

ili

$$Aw = nw \Rightarrow \sum_j a_{ij}w_j = nw_i$$

odakle je:

$$w_i = \frac{1}{n} \sum_j a_{ij}w_j \text{ za } i=1,2,\dots,n$$

Zbog

$$\sum_i a_{ij} = \frac{w_1 + w_2 + \dots + w_n}{w_j}$$

važi:

$$w_j = \frac{1}{\sum_i a_{ij}}$$

Prema tome težina pojedine alternative w_i je:

$$w_i = \frac{1}{n} \sum_j \frac{a_{ij}}{\sum_i a_{ij}}$$

Sinteza prioriteta vrši se na način da se lokalni prioriteti alternativa ponderišu s težinama svih čvorova kojima pripadaju od najnižih nivoa hijerarhijske strukture prema vrhu, a potom se ti globalni prioriteti za najviši nivo saberu i konstruiše se ukupni prioritet za posmatranu alternativu.

3.2.4. Konzistentnost donosioca odluke

AHP je popularna i široko primenjivana metoda jer ima sposobnost da identifikuje i analizira nekonzistentnost ispitanika u procesu upoređivanja elemenata hijerarhije. Ispitanik je retko konzistentan, a najčešći uzroci su:

- nedostatak koncentracije, – umor, bezvoljnost i nezainteresovanosti procenitelja,
- neadekvatna struktura modela,
- administrativna greška – unos pogrešne vrednosti težinskog faktora,
- nedostatak informacija – lični propusti ili namerno izbegavanje troškova za prikupljanje podataka.

Međutim, AHP metoda u svakom trenutku postupka upoređivanja elemenata u parovima omogućuje praćenje konzistentnosti procena pomoću indeksa konzistencije (*CI*):

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

gde je λ_{max} maksimalna sopstvena vrednost matrice poređenja. Nekonzistentnost je manja što je λ_{max} bliže broju n .

Na osnovu indeksa konzistentnosti i slučajnog indeksa računa se stepen konzistentnosti (*CR*):

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

Indeks konzistencije (*RI*) primenjuje se samo ako je $n \geq 3$ za matrice reda n slučajno generisanih poređenja u parovima (Tabela 3.3).

Tabela 3.3 Vrednosti RI slučajnih indeksa (Satty, 1980)

<i>N</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>RI</i>	0	0	0.52	0.89	1.11	1.25	1.35	1.40	1.45	1.49

Ako je stepen konzistentnosti (*CR*) manji od 0.10 (tolerantni limit), rezultat je dovoljno tačan i nema potrebe za korekcijama u poređenjima i ponavljanju proračuna. U suprotnom rezultate bi trebalo ponovo analizirati, ustanoviti razloge nekonzistentnosti i ukloniti ih delimičnim ponavljanjem poređenja u parovima. Ukoliko ovo ponavljanje procedure kroz nekoliko koraka ne dovede do smanjenja stepena konzistentnosti, neophodno je odbaciti sve rezultate i ponoviti ceo postupak od početka.

3.2.5. Prednosti i nedostaci AHP metode

Razlozi popularnosti AHP metoda su brojni, a od značajnijih prednosti izdvojene su (Saaty, 1977; 1991; 1996; Alphonse, 1997; Karlsson, 1998; Triantaphyllou, 2000; Ho, 2006):

- dekomponuje problem odlučivanja na elemente između kojih je uspostavljena hijerarhija pa se i uspešno simulira donošenje odluka od definisanja elemenata hijerarhije, do upoređivanja istih u parovima i dobijanja rezultata,
- omogućava merenje konzistentnosti procena donosilaca odluke,
- u procesu odlučivanja integriše kvalitativne i kvantitativne faktore,
- tokom celog postupka omogućeno je praćenje nekonzistentnosti u procenama, izračunavanjem indeksa i razmere konzistencije,
- manja osetljivost na greške u procenjivanju zbog redundantnosti upoređivanja u parovima,
- veća brzina i niži troškovi procesa donošenja odluka u odnosu na sastanke,
- dobijeni rezultati sadrže: rang alternativa, vrednosti težinskih koeficijenata kriterijuma u odnosu na cilj i podkriterijuma u odnosu na kriterijume,
- pruža mogućnost “*what-if*” analize,

- postojanje visoko kvalitetnih softvera koji podržavaju AHP metodu,
- kombinuje se sa drugim pristupima

Iako je AHP široko rasprostranjena metoda osnovni nedostatak je što koristi Saatijevu skalu od 1 do 9 (Saaty, 1977), a koja se pokazala da nije pogodna za odlučivanje u uslovima neizvesnosti. Još neki od nedostataka su:

- većinom je potreban veliki broj komparacija u parovima,
- često je vrlo teško postići prihvatljive razmere konzistencije.

3.2.6. Softverski alati za podršku AHP metode

Najčešće korišćen programski alat u AHP metodi je *Expert Choice* (<http://www.expertchoice.com/>). Ovaj alat ima brojne prednosti kao što su: jednostavnost modeliranja, mogućnost korigovanja procena od strane korisnika mogućnosti sprovođenja analize osetljivosti i dr. Alat *Super Decisions* (<http://www.superdecisions.com/>) takođe podržava primenu AHP metode u akademske svrhe i besplatan je, dok je alat *Decision Lens* (<http://www.decisionlens.com/>) razvijen u komercijalne svrhe. Osnovna karakteristika *Decision Lens* alata je jednostavnost interfejsa i primene. U Tabeli 3.4. prikazano je poređenje ovih alata.

Tabela 3.4 Poređenje alata za podršku AHP metode

	Expert Choice	Super Decision	Decision Lens
Interfejs prilagođen komercijalnim korisnicima	Da	Ne	Da
Jednostavnost izgradnje modela	Da	Ne	Da
Integracija podataka	Microsoft Excel Microsoft Project Oracle Databases	Microsoft Excel	Microsoft Excel Microsoft Project Oracle Databases
Analiza osetljivosti	Dynamic Gradient Performance Head to head 2D	Gradient	Dynamic
Alokacija resursa	Ne	Ne	Da
Generisanje izveštaja	Da	Da	Da
Grupno odlučivanje	Da	Ne	Da

3.2.7. Pregledni radovi primene AHP metode i njene integracije sa drugim metodama

S obzirom na aktuelnost AHP metode, i njeno široko polje primene, mnogi istraživači su se bavili pregledom radova objavljenih u uglednim međunarodnim naučnim časopisima gde je AHP primenjivana u rešavanju različitih problema. Pregled radova je obrađen prema tematici i oblasti primene (Zahedi, 1986; Shim, 1989; Golden et.al., 1989; Vargas, 1990; Saaty & Forman, 1992; Forman & Gass, 2001; Kumar & Vaidya, 2006; Omkarprasad & Sushil, 2006; Ho, 2008; Liberatore & Nydick, 2008; Sipahi & Timor, 2010; Subramanian & Ramanathan, 2012).

Sama tehnika je godinama evoluirala i korišćena je u i kombinaciji sa drugim metodama. Ho (Ho, 2008) je 2008e godine objavio pregledni rad u kome su analizirani radovi gde je AHP integrisana sa drugim metodama (matematičkim programiranjem, QFD-om (*Quality Function Deployment*), meta-heuristikama, SWOT analizom i DEA metodom), u periodu od 1997 do 2006. godine. Potom je 2018e godine objavljen nastavak ovog rada, odnosno pregled literature o integrisanim AHP pristupima i aplikacijama u periodu od 2007 do 2016. godine (Ho & Ma, 2018). Na osnovu 88 članaka koje su autori pronašli, oni vrše analizu: koja vrsta integrisanog pristupa AHP-a najviše privlači pažnju istraživača; koje područje primene je najatraktivnije; za rešavanje kojih problema se najčešće koristi i u kojim časopisima se najčešće ovakvi radovi objavljuju.

Metoda AHP više od 40 godina ima široki spektar primene kako u akademskim, tako i u komercijalnim svrhama. S obzirom da većina autora, koji se bave primenom AHP metode, pripada akademskoj zajednici, veliki naponi su uloženi u doprinos primene ove metode u određivanju važnosti kriterijuma u celokupnoj obrazovnoj strukturi. U zavisnosti sa kog aspekta se posmatra problem odlučivanja i koji su kriterijumi korišćeni u analizi, u nastavku rada dat je **pregled primena AHP-a u sistemu visokog obrazovanja**.

Čen i koautori (Chen et al., 2015) uzimajući u obzir da je evaluacija performansi nastave osnovno sredstvo za poboljšanje kvaliteta upravljanja visokoškolskim ustanovama, u svom radu koriste AHP da bi procenili rezultate nastave. Autori smatraju da primena ove metode može učiniti rezultate evaluacije preciznijim i objektivnijim,

očekujući da će isti poslužiti predstavnicima fakulteta u unapređenju nivoa kvaliteta obrazovanja.

Li (Lee, 2010) je u svom radu razvio model za vrednovanje intelektualnog kapitala, kako bi se olakšalo razumevanje njegovog doprinosa univerzitetskim performansama. AHP se primenjuje kako bi se formulisali indikatori za merenje važnosti intelektualnog kapitala, pri čemu je fazi pristup integrisan sa AHP metodom kako bi se smanjila nejasnoća o stepenu važnosti donosilaca odluka o oceni. U radu je prikazan i primer predloženog modela na Univerzitetu na Tajvanu.

Sinidou i koautori (Tsinidou et al., 2010) koriste AHP za identifikovanje determinanti kvaliteta obrazovne usluge koje pružaju visokoškolske institucije u Grčkoj. Njihovo istraživanje se zasniva na upitniku grčke Agencije za osiguranje kvaliteta za visoko obrazovanje, pa su relativne težine faktora koji doprinose kvalitetu obrazovnih usluga vezane samo za pitanja iz upitnika. Ispitanici u ovoj studiji su studenti.

AHP može omogućiti objektivnan način upoređivanja profesora na fakultetima u cilju donošenja odluka o njihovom nagrađivanju. To su u svom radu pokazali Badri i Abdula (Badri & Abdulla, 2004). Kao prednost predloženog modela oni navode: mogućnost šta-ako analize, odnosno koji kriterijum nastavnik može poboljšati i jednostavnost upotrebe same metode. Ilustrativni primer primene modela dat je na primeru Univerziteta u Ujedinjenim Arapskim Emiratima.

U sledećem poglavlju dat je pregled konceptualnog poređenja Conjoint anlike i AHP metode kao i pregled radova koji se bave njihovom zajedničkom primenom.

3.3. Komparacija Conjoint analize i AHP metode

3.3.1. Konceptualno poređenje Conjoint analize i AHP metode

I Conjoint analiza i AHP metoda mogu se primeniti za merenje preferencija ispitanika i određivanje relativne značajnosti atributa (kriterijuma), ali imajući u vidu kvalitet željenih rezultata, mora se na osnovu konkretnog problema i uslova istraživanja izabrati više pogodna. Osnovne teoretske razlike između Tradicionalne Conjoint analize i AHP metode date su u Tabeli 3.5.

Tabela 3.5 Konceptualno poređenje AHP metode i Tradicionalne Conjoint analize (Mulye, 1998; Helm et al., 2004; Scholl et al., 2005; Kallas et al., 2011)

	Tradicionalna Conjoint analiza	AHP
Osnovna pretpostavka	Preferencijalna nezavisnost atributa	Preferencijalna nezavisnost atributa
Model preferencija	Dekompozitni	Kompozitni
Korišćena skala	Intervalna skala	Skala odnosa (<i>Ratio</i>)
Evaluacija alternativa	Linearni aditivni model	Ponderisani aditivni model
Broj atributa	Do 10 atributa sa 2-4 nivoa	Koliko god je potrebno atributa sa 7-8 nivoa
Prikupljanje podataka	Tržišni segment baziran na individualnim potrošačima/korisnicima	Individualno donošenje odluka
Način ocenjivanja	Rangiranje, ocenjivanje ili upoređivanje	Upoređivanju elemenata u parovima
Osnovni cilj primene	Merenje preferencija potrošača/korisnika proizvoda	Pomoć pri donošenju odluke
Opseg primene	Problemi planiranja (<i>design</i>)	Problemi selekcije i/ili problemi planiranja
Rezultati (izlazi)	Relativne značajnosti atributa i parcijalne korisnosti nivoa atributa	Relativne težine kriterijuma

Iako su obe metode razvijene s različitim potrebama (ciljevima), ipak se mogu koristiti nezavisno jedna od druge, u analizi sa sličnim ili pak istim predmetom istraživanja. Osnovna pretpostavka na kojoj se zasnivaju obe metode je preferencijalna nezavisnost nivoa atributa, tj. jedan nivo atributa (npr. marka) nema uticaja na karakteristike drugog nivoa atributa (npr. na boju). Conjoint analiza može da „radi“ i u

nekim slučajevima međusobnog uticaja atributa, ali je potrebna bar osnovna preferencijalna nezavisnost.

Conjoint analiza je bazirana na dekompozitnom pristupu merenja preferencija kojim se zahteva od ispitanika da rangiraju/ocene/uporede alternative. Zato je broj alternativa, kao i broj atributa i njihovih nivoa koje ispitanici moraju razmotriti ograničen. AHP metoda koristi kompozitni pristup, pa je postupak evaluacije baziran na upoređivanju elemenata u parovima, što znači da omogućava rad sa više alternativa i većim brojem atributa i njihovih nivoa. Razlike u skalama koje se koriste za ocenu kriterijuma prouzrokuju razlike u koracima evaluacije. I AHP metoda i Conjoint analiza su bazirane na uporednoj analizi, ali su u Conjoint analizi mogući i drugi koraci evaluacije.

Obe metode su primenljive za istraživanja pomoću metode „papir-olovka“, međutim u slučaju primene AHP metode preporučuje se korišćenje komercijalnih softvera (npr: www.expertchoice.com) koji već tokom samog procesa evaluacije određuju nivo konzistentnosti odgovora i zahtevaju da se, u slučaju previsoke nekonzistentnosti, ponovo daju odgovori na ista pitanja. Broj ispitanika nije ograničen, a jedina razlika je što su ciljna grupa kod AHP metode ispitanici koji predstavljaju individualne donosiocce odluka (najčešće su to eksperti za datu oblast istraživanja), a kod Conjoint analize to je proizvoljno izabran tržišni segment.

Postoji i nekoliko faktora kao što su: motivacija ispitanika, obim informacija koje upitnik sadrži, jasnost upitnika, poznavanje metode, a koji mogu uticati na rezultate empirijskih istraživanja primenom AHP metode i Conjoint analize. Ovi faktori određuju praktičnu primenljivost metoda, pa na primer upitnici koji su teški za odgovaranje mogu da smanje validnost rezultata (Hartmann & Sattler, 2004). Isto tako, vreme koje je potrebno da se upitnik završi utiče na dobijene rezultate. Duži upitnici mogu da zamore ispitanike, izazovu distorziju u odgovorima ili pak izazovu odstupanja u studiji. Vreme je, takođe, faktor koji utiče na ukupne troškove, jer povećavanjem potrebnog vremena rastu i ukupni troškovi sprovođenja istraživanja. Postavlja se pitanje koliko su faktori kao što su: poznavanje metoda od strane ispitanika, složenost studije (broj atributa i nivoa) i problem istraživanja uticali na rezultat poređenja ovih metoda.

3.3.2. Pregled istraživanja baziranih na poređenju AHP metode i Conjoint analize

Istraživanja bazirana na poređenju Conjoint analize i AHP metode dolaze do kontradiktornih zaključaka vezanih za uslove primene ovih metoda. Stoga je radi njihovog poređenja (tokom postupka primene) potrebno kontrolisati sve faktore koji mogu favorizovati jednu u odnosu na drugu. U daljem radu biće dat uporedni pregled osnovnih koncepata osam studija koje su imale za cilj poređenje rezultata Conjoint analize i AHP metode (Tabela 3.6.).

Tabela 3.6 Pregled osnovnih koncepata istraživanja poređenja Conjoint analize i AHP-a

	Problem odlučivanja	Broj atributa i nivoa atributa	Ispitanici	AHP metod	Conjoint metod	Kompleksnost problema odlučivanja
Tscheulin (1991)	Putovanje brodom	5 atributa (4 sa 3 i 1 sa 4 nivoa)	Ne poznaju metode	Tradicionalni	Rangiraju se sve alternative	Relativno kompleksan
Mulye (1998) prva studija	Patike za trčanje	4 atributa (2 sa 3 i 2 sa 4 nivoa)	Poznaju metode (studenti)	Referentna, B-G modifikovana	Rangiraju se/ocenuju sve alternative	Relativno jednostavan
Mulye (1998) druga studija	Iznajmljivanje smeštaja	8 atributa (po 3 nivoa)	Poznaju metode (studenti)	Tradicionalni	Rangiraju se sve alternative	Relativno kompleksan
Helm et al. (2004)	Univerziteti	6 atributa (5 sa 3 i 1 sa 2 nivoa)	Poznaju metode (studenti)	Tradicionalni	Poređenje parova alternativa	Relativno kompleksan
Helm et al. (2008)	“Planinka” bicikl	4 atributa (po 3 nivoa)	Dve grupe (jedna poznaje, druga ne)	Tradicionalni	Poređenje parova alternativa	Relativno jednostavan
Ijzerman et al. (2008)	Tretman kod pacijenata sa neurološkim poremećajima	7 atributa (2-4 nivoa)	Ne poznaju metode	Tradicionalni	Rangiraju se/ocenuju sve alternative	Relativno kompleksan
Kallas et al. (2011)	Zečije meso u jelovnicima restorana	4 atributa (po 3 nivoa)	Ne poznaju metode	Tradicionalni	Poređenje parova alternativa	Relativno jednostavan
Ijzerman et al. (2012)	Tretman za rehabilitaciju moždanog udara	8 atributa (2-4 nivoa)	Ne poznaju metode	Tradicionalni	Poređenje parova alternativa	Relativno kompleksan
Danner et al. (2017)	Zdravstvena zaštita	5 atributa (1 sa 4, 2 sa 3 i 2 sa 2 nivoa)	Ne poznaju metode	Tradicionalni	Poređenje parova alternativa	Relativno kompleksan

Daner i koautori (Danner et al., 2017) tvrde da je polje zajedničke primene AHP metode i Conjoint analize najšire u oblasti sistema zdravstvene zaštite. Međutim, na osnovu uporednog pregleda osnovnih koncepata do sada sprovedenih istraživanja, datog u Tabeli 3.6., može se primetiti da je spektar problema odlučivanja širok. U skladu sa problemom istraživanja, sprovedene studije razlikuju se po kompleksnosti problema odlučivanja. Autori koriste od četiri do osam atributa sa po dva, tri, četiri ili pak pet nivoa kako bi opisali svoj problem istraživanja. Uzimajući u obzir ograničenja primene Conjoint analize na osnovu broja atributa, određeni problemi odlučivanja mogu se okarakterisati kao relativno kompleksni.

Iako studija koju su sproveli Kalas i koautori (Kallas et al., 2011) nije imala primarni cilj da utvrdi koja je metoda bolja, a koja lošija, dobijeni rezultati su im omogućili da sagledaju prednosti i nedostatke svake od metoda. AHP metoda se u ovoj studiji pokazala kao lakša, dok Conjoint analiza omogućava ukrštanje dobijenih preferencija sa socio demografskim varijablama.

Važan preduslov za kvalitet dobijenih empirijskih rezultata, koji su autori naveli u svojim radovima, je poznavanje metoda (postupka) istraživanja od strane ispitanika. Tabela 3.7. daje pregled efekata poređenja Conjoint analize i AHP-a prouzrokovanih poznavanjem metoda istraživanja i kompleksnošću upitnika koji su pronađeni u predhodnim studijama (Tabela 3.6).

Tabela 3.7 Uticaj poznavanja metoda i kompleksnosti upitnika na rezultate istraživanja (Helm et al., 2008; Ijzerman et al. 2012)

		Kompleksnost upitnika	
		VISOKA	NISKA
Poznavanje metoda istraživanja	DA	AHP je bolja (druga studija -Mulye, 1998; Helm et.al., 2004)	Slični rezultati (prva studija -Mulye, 1998) Conjoint analiza je malo bolja (Helm et.al., 2008)
	NE	Conjoint analiza je bolja (Tscheulin, 1991; Ijzerman et al. 2012)	Conjoint analiza je primetno bolja (Helm et.al., 2008)

Kao što se iz Tabele 3.7. može videti, studije su pokazale da se dolazi do različitih rezultata ukoliko ispitanici poznaju metode i razumeju postupak rada: Conjoint analiza se pokazala bolja kod ispitanika koji nisu poznavali metodologiju istraživanja, dok se za AHP treba odlučiti u slučaju kada ispitanici razumeju njene korake. Čeulin (Tscheulin, 1991) predlaže objašnjavanje nekih od relevantnih metodoloških aspekata AHP-a i Conjoint analize pre samog intervjua. Ovo se može odraditi kao “predistraživanje” kroz nekoliko manjih i jednostavnijih uobičajenih problema odlučivanja.

Imajući u vidu nivo konzistentnosti koja je dostignuta primenom Conjoint analize i AHP metode u svim studijama su niži nivoi manje preferirani. Ako se posmatra osetljivost i nivo konzistentnosti, dobijeni rezultati se ne slažu. Mada je Helm (Helm et al., 2004) u prvoj studiji ustanovio da je AHP manje osetljiva od Conjoint analize, u drugoj studiji (Helm et al., 2008) dolazi do suprotnog zaključka. Pokazalo se da je Conjoint analiza manje osetljiva na promene i da zahteva manji minimalni nivo konzistentnosti nego AHP, otuda je veći broj nedovoljno doslednih ispitanika u studiji. Objašnjenje ove razlike nije očigledno, ali opet je možda rezultat promena u složenosti problema odlučivanja, jer nekonzistentnost kod evaluacije u Conjoint analizi ima mnogo direktniji uticaj na konačni rezultat nego lokalna nekonzistentnost u AHP-u, koja se odnosi samo na jedan atribut.

Razmatrajući ostale faktore koji utiču na rezultat poređenja može se reći da Conjoint analiza dovodi do boljih rezultata kada se primenjuje posle AHP-a (Mulye, 1998). Helm (Helm et al., 2004) nasuprot Mulya dolazi do suprotnih rezultata što je, verovatno, posledica složenosti problema, u prvoj studiji, međutim i u drugoj studiji zasnovanoj na donekle jednostavnijim problemima, mogu se zapaziti neznatno bolji efekti kada se nakon AHP primeni Conjoint analize (Helm et al., 2008).

Donoseći zaključak na osnovu predhodnih istraživanja, aspekti koji mogu imati uticaj na kvalitet rezultata metoda za merenje preferencija AHP-a i Conjoint analize su:

- poznavanje metoda,
- složenost (broj atributa i nivoa),
- naručeni efekti,
- nivo konzistentnosti.

Može se reći da je Conjoint analiza bolji izbor kod relativno jednostavnih problema odlučivanja. U slučaju kompleksnih problema odlučivanja i/ili kod ispitanika sa predznanjem metoda istraživanja, čini se da je AHP pogodnija metoda. Imajući u vidu praktičnu primenljivost, AHP metoda ima potencijalnu prednost, jer traži manje vremena kako bi se završila anketa i dostigao viši nivo zadovoljstva ispitanika (Helm et.al., 2008; Ijzerman et al., 2012). Obe metode iziskuju određeni nivo konzistentnosti u odgovorima ispitanika s tim što se Conjoint analiza pokazala kao otpornija kod jednostavnih, a AHP kod složenijih problema. U svakom slučaju, bilo kakvo „predistraživanje” pre nego što se krene u ocenjivanje moglo bi dati pozitivne efekte.

Ova otkrića bi mogla imati uticaj na buduću praksu merenja preferencija, s obzirom da više od 65% svih Conjoint istraživanja uključuju više od šest atributa. Stoga je istraživačima neophodna nova metoda koja podržava rad sa više atributa. Mnoge od novorazvijenih varijanti Conjoint analize propale su u praksi zato što nije bilo komercijalnih softvera koji bi ih podržali. Danas, trenutno raspoloživi softveri Adaptivne Conjoint Analize su zasada najdominantniji komercijalni softveri koji mogu nadomestiti ove nedostatke Tradicionalne Conjoint analize. Isto tako, sa profesionalnim softverima zasnovanim na AHP-u, u praksi se javljaju se naprednije mogućnosti za merenje preferencija. Još jedna od prednosti Conjoint analize u odnosu na AHP je što nudi mogućnost segmentacije na osnovu dobijenih rezultata, kao i predviđanje tržišnog udela, što autori prethodnih radova nisu uzeli u obzir.

4. Kombinovanje DEA sa metodama multiatributivnog odlučivanja

Imajući u vidu neke uočene teškoće pri implementaciji DEA metode, posebno vezane za izbor relevantnih kriterijuma koji će omogućiti dobijanje realnih mera efikasnosti, razvijeni su hibridni modeli za povezivanje DEA sa drugim metodama. Ocena efikasnosti pomoću DEA metode se vrši na osnovu više kriterijuma što je donekle uslovalo njeno povezivanje sa metodama višeatributivnog odlučivanja. Metode višeatributivnog odlučivanja se mogu koristiti za: određivanje težina (važnosti) kriterijuma koji će biti uključenu u DEA, sužavanje dopustive oblasti rešenja uvođenjem ograničenja za težinske koeficijente i dr. čime su nedostaci pojedinačne i nezavisne primene DEA metode prevaziđeni. U ovom poglavlju je dat pregled literature dosadašnjih načina povezivanja DEA metode sa multiatributivnim metodama: AHP metodom i Conjoint analizom, kao i primena predloženih metodologija u rešavanju različitih problema.

4.1. Pregled zajedničke primene i kombinovanja DEA i AHP metode

Poslednjih godina uloženi su značajni naponi u istraživanju mogućnosti načina povezivanja DEA sa AHP metodom. Kako autori navode, ova sinteza daje bolje rezultate u poređenju sa pojedinačnom primenom svake od njih. Pakar (Pakkar, 2014; 2015) je u svojim radovima napravio klasifikaciju integracije DEA sa AHP metodom u nekoliko kategorija. Dalje u radu dat je proširen pregled literature (u odnosu na: Pakkar, 2014; 2015), grupisan prema načinu kombinovanja ovih metoda i detaljnije objašnjen prema oblastima primene.

4.1.1. Rangiranje efikasnih/neefikasnih jedinica odlučivanja u DEA modelima korišćenjem AHP-a u dvofaznom pristupu

Sa ciljem smanjivanja subjektivnosti AHP metode i potpunog rangiranja jedinica, koje nije moguće primenom DEA metode, kreiran je **dvofazni AHP/DEA pristup** za rangiranje DMU (Sinuany-Stern et al., 2000).

U prvoj fazi ovog pristupa DMU se porede po parovima (dve po dve jedinice međusobno). Potom se formira matrica poređenja čiji je krajnji rezultat potpuni poredak.

Za bilo koji par DMU A i DMU B rešava se DEA model AA (maksimizira se efikasnost DMU A u poređenju sa DMU B) (M 4.1).

MODEL (M 4.1)

$$E_{AA} = (\text{Max}) h_k = \sum_{r=1}^s u_r y_{rA} \quad (4.1)$$

p.o.

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{iA} = 1 \quad (4.2)$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rA} \leq 1 \quad (4.3)$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rB} - \sum_{i=1}^m v_i x_{iB} \leq 0 \quad (4.4)$$

$$u_r \geq \varepsilon, \quad r = 1, 2, \dots, s \quad (4.5)$$

$$v_i \geq \varepsilon, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (4.6)$$

Analogno problemu AA formuliše se problem BB u kome se maksimizira efikasnost DMU B u poređenju sa DMU A. Rešenje problema imaće samo tri promenljive (Krčevinac i koautori, 2004): težina za ulaz, za izlaz i izravnavajuća promenljiva. Sinuani-Stern (Sinuany-Stern et al., 2000) je dao i tvrđenje da ako za problem AA postoji neki par ulaza i izlaza (i', r') takav da je $(y_{r'A}/x_{i'A}) > (y_{r'B}/x_{i'B})$ tada je $E_{AA}=1$.

U slučaju da se pri unakrsnoj proceni DMU B korišćenjem optimalnih težina dobijenih pri oceni DMU A pojavi višestruko rešenje autori (Sinuany-Stern et al., 2000) predlažu rešavanje DEA modela u kome će se maksimizirati unakrsna efikasnost DMU B tako da DMU A zadrži optimalnu efikasnost E_{AA} . Ovaj problem (BA) podrazumeva da se rešava DEA model M 4.1 gde ograničenje (4.4) ima oblik (4.4') a čime se dobija optimalna unakrsna efikasnost E_{BA} :

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rB} - E_{AA} \sum_{i=1}^m v_i x_{iB} \leq 0 \quad (4.4')$$

Na osnovu rešenja E_{AA} , E_{BB} , E_{BA} , E_{AB} od 4 DEA modela se za svaki par jedinica j i k izračunavaju vrednosti a_{jk} (procena važnosti DMU_j u odnosu na DMU_k):

$$a_{jk} = \frac{E_{jj} + E_{jk}}{E_{kk} + E_{kj}}, a_{jj} = 1, j, k = 1, \dots, n \quad (4.8)$$

Dobijene vrednosti za a_{jk} zamenjuju subjektivne ocene donosioca odluke u AHP i koriste za konstrukciju matrice poređenja parova. Ako je $a_{jk} < 1$, onda je DMU_j procenjena kao lošija od DMU_k . Očigledno je da važi $a_{kj} = 1/a_{jk}$, isto kao kod AHP metode.

U drugoj fazi se na osnovu matrice poređenja parova sprovodi AHP sa jednim nivoom hijerarhije kako bi se izračunala maksimalna sopstvena vrednost i odgovarajući vektor sopstvenih vrednosti. Vrednosti w_j odražavaju relativnu važnost dodeljenu DMU_j , razlikuju se za svaku DMU_j i njihov opadajući redosled omogućava potpuno rangiranje.

Martić i Popović (Martić & Popović, 2001) u svom radu predlažu AHP/DEA metod za rangiranje filijala Investbanke a.d. Beograd. Primećeno je da je obim računanja veliki (3720 modela) pa kako bi se smanjio rangirane su samo efikasne filijale. Ovaj pristup pokazao se efikasan i u formulisanju i rešavanju problema: ocene efikasnosti aktivnosti istraživanja i razvoja na univerzitetima u Kini (Feng et al., 2004), izboru 3PL logističkih provajdera (Zhang et al., 2006), merenju organizacionih performansi pod uticajem ljudskih resursa u kompanijama na Tajvanu i u Kini (Tseng & Lee, 2009) i rangiranju hotela (Rouyendegh & Erkan, 2010).

4.1.2. Rešavanje problema u interpretaciji nedostajućih podataka korišćenjem AHP metode

Sen i koautori (Saen et al., 2005) su dali svoj doprinos integracije DEA i AHP metodom za ocenu relativne efikasnosti blago nehomogenih jedinica odlučivanja. Pretpostavka je da homogene jedinice odlučivanja upotrebljavaju zajedničke ulaze da bi proizvele zajedničke izlaze. Međutim, ova pretpostavka u realnim sistemima često nije zadovoljena. Na primer, nemaju sve ekspoziture banaka uslugu bankomata. Ako se jednostavno dodeli nulta vrednost ekspoziturama koje nemaju uslugu bankomata, rezultujuće efikasnosti bi bile nefer i nerealne. Stoga autori predlažu algoritam gde se one jedinice odlučivanja, kojima nedostaje jedan ili više izlaza i/ili ulaza, smatraju za

jedinice kojima nedostaje neka vrednost. Ove nedostajuće vrednosti dobijaju se tako što je srednja vrednost tog izlaza i/ili ulaza pomnožena sa odgovarajućim faktorima dobijenim iz AHP-a. Konačno, relativna efikasnost jedinica odlučivanja se izračunava DEA metodom. Predloženi algoritam primenjen je za merenje efikasnosti Iranske organizacije za nauku i tehnologiju, čime je potvrđena njena upotrebna vrednost u praksi.

4.1.3. Ograničavanje vrednosti težinskih koeficijenata u DEA korišćenjem AHP metode

S obzirom na fleksibilnost DEA metode za određivanje težina ulaza i izlaza, DMU može dodeliti vrlo niske vrednosti nekim od svojih nepovoljnih ulaza i izlaza i pokazati se kao efikasna. Ograničavanje vrednosti težinskih koeficijenata predstavlja uobičajni pristup za izdvajanje relativno efikasnih jedinica kao i za eliminisanje onih jedinica koje se oslanjaju na neodgovarajuće težinske strukture. Korišćenjem AHP metode moguće je kontrolisati fleksibilnost izbora vrednosti težinskih koeficijenata na sledeće načine: (1) relativno ograničavanje vrednosti težinskih koeficijenata; (2) apsolutno ograničavanje vrednosti težinskih koeficijenata; (3) ograničavanje vrednosti težina virtuelnih ulaza i izlaza; (4) određivanje vrednosti promene ulaza (izlaza) za svaku DMU.

Relativno ograničavanje vrednosti težinskih koeficijenata za ulaze i izlaze (AHP-AR-DEA). Prvu studiju u kojoj je korišćena AHP metoda da bi se utvrdile vrednosti kriterijuma ili region sigurnosti DEA modela sproveo je Cu (Zhu, 1996). Autor je imao za cilj procenu performansi tekstilne korporacije Nanjing, a istraživanje je ujedno pokazalo da se DEA može kombinovati sa AHP metodom. Dve godine kasnije Seifert i Cu (Seifert & Zhu, 1998) su ispitivali suficit i deficit u proizvodnji kineske industrije za period od 1953. - 1990. godine. Aditivni DEA model je modifikovan u težinski model sa konstantnim prinosom na obim kod koga su težine dobijene primenom Delfi i AHP pristupa zasnovanih na mišljenju eksperata. Odabrani su različiti setovi višestrukih ulaza i višestrukih izlaza čime je izmeren sveobuhvatni učinak, industrijski razvoj i efikasnost kineske industrije.

Takamura i Tone (Takamura & Tone, 2003) su sproveli studiju procene lokacija za izmeštanje državnih agencija Japana iz Tokija, sa naglaskom na metodološke aspekte. Oni tvrde da su rezultati koji su dobijeni primenom DEA modela sa regionima

sigurnosti imali posebne vrednosti i za kandidate i za procenitelje. San (Sun, 2004) je iskoristio prednosti ovog pristupa za procenu performansi prodavnica u tajvanskoj vojsci (*joint maintenance shops - JMS*) tokom dva šestomesečna perioda 2000. godine. S obzirom da su autori pokazali da je ovo vredan alat koji daje korisne rezultate, vojska je prihvatila DEA kao metod za merenje performansi. Meng i koautori (Meng et al., 2008) su pokazali mogućnost primene ovog pristupa za procenu performansi instituta za istraživanje kineske akademije nauka. Za sve izabrane podkriterijume, relativne težine su dobijene korišćenjem AHP metode.

Li i koautori (Lee et al., 2012) se u svom radu bave merenjem performansi kompanija za proizvodnju solarnih ćelija. S obzirom da su troškovi proizvodnje solarnih ćelija i dalje veoma visoki, a efikasnost konverzije energije niska, kompanije moraju da nastave ulaganje u istraživanje i razvoj, postignu ekonomiju obima i razmotre mogućnost vertikalne integracije, kako bi ojačale svoju konkurentnost i stekle maksimalnu korist na tržištu. AHP u ovoj studiji ima za cilj da dobije mišljenja eksperata o važnosti faktora, a DEA se koristi da odredi koje su kompanije efikasne. Autori smatraju da će rezultati studije pomoći kompanijama da definišu svoje jake i slabe strane i pronađu smernice za buduća poboljšanja u poslovanju

Kong i Fu (Kong & Fu, 2012) su kreirali studentski model ocenjivanja poslovnih školi na Tajvanu. Osnovni pokazatelji performansi su: početna zarada diplomaca i njihove sposobnosti i veštine. Na osnovu rezultata AHP istraživanja. u kojoj su menadžeri ljudskih resursa ocenjivali diplomce, formiran je region sigurnosti za DEA. Empirijski rezultati pokazuju da javne škole u proseku nadmašuju privatne škole.

Apsolutno ograničavanje vrednosti težinskih koeficijenata ulaza/izlaza korišćenjem AHP metode. Ovim pristupom direktno se nameću gornje i (ili) donje vrednosti težinskih koeficijenata ulaznih ili izlaznih podataka, što je iskoristio Entani sa koautorima (Entani et al. 2004) u svom radu. Oni su pošli od pretpostavke da donosilac odluke ima tendenciju da daje nerelevantne ocene zbog intuitivne procene u uporednom ocenjivanju, pa matrica procene u AHP može uključivati i neke nekonzistentne elemente. Stoga, predlažu primenu intervalnih ocena u AHP čime je moguće preciznije i lakše odrediti odnos kriterijuma. Vrednosti intervala važnosti dobijene su intervalnom regresionom analizom. Za merenje efikasnosti korišćena je DEA.

Ograničavanje vrednosti težina virtuelnih ulaza i izlaza. Premačandra (Premachandra, 2001) u svom radu predlaže metodologiju zasnovanu na AHP metodi, gde se donosiocu odluke nameće ograničavanje vrednosti virtuelnih ulaza i izlaza, čime kontroliše fleksibilnost DEA. Praktična primenljivost predložene metodologije je potvrđena kroz realan primer dat u radu.

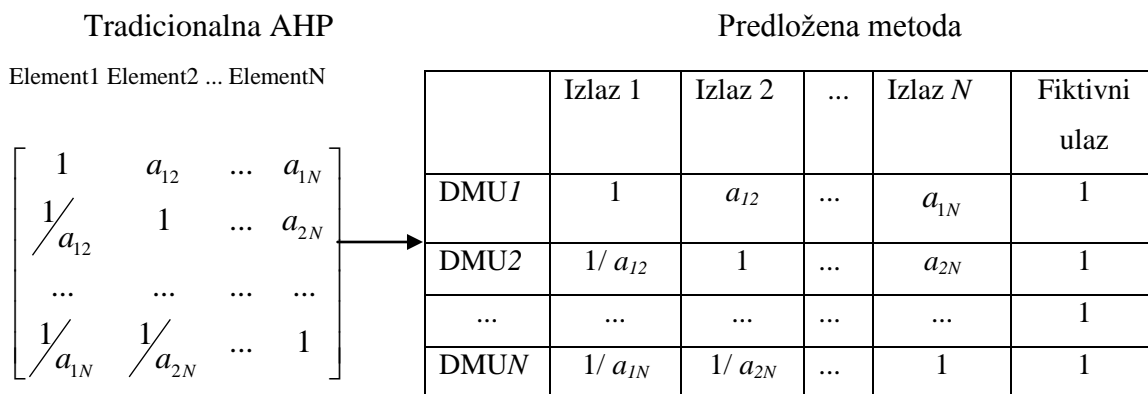
Određivanje vrednosti promene ulaza (izlaza) za svaku DMU. Lozano i Vila (Lozano & Villa, 2009) su kreirali hijerarhijski model u kome jedna grana pokazuje poboljšanja, a druga grana pogoršanja za svaki cilj kao atribut na drugom nivou hijerarhije. Od donosioca odluke se zahteva da identifikuje podskupove ulaza i izlaza za koje želi poboljšanja odnosno pogoršanja. Relativna važnost promena ulaza (izlaza) računa se korišćenjem AHP metode. Autori napominju da donosilac odluke može ažurirati svoje želje za poboljšanjem, pogoršanjem ili održavanjem trenutnih inputa i izlaznih nivoa sve dok se ne izračuna zadovoljavajuća operativna tačka. U radu je detaljno prikazan i postupak primene predloženog pristupa za merenje performansi lučkih logističkih sistema.

4.1.4. Prevođenje kvalitativnih podataka u kvantitativne korišćenjem AHP metode

Najčešće primenjivan pravac integracije DEA i AHP metode odnosi se na prevođenje kvalitativnih u kvantitativne podatke primenom AHP metode, a potom se koristi DEA za izbor efikasnih jedinica. Preteče ovog pravca integracije su Šang i Sejoši (Shang & Sueyoshi, 1995) koji su 1995. godine predložili jedinstveni metodološki okvir korišćenja AHP i DEA za određivanje fleksibilnog proizvodnog sistema. Kod ovog okvira AHP ima zadatak da ispituje nenovčane kriterijume povezane sa dugoročnim ciljevima i generiše ih u ulazne (kvantitativne) vrednosti za DEA model. Nakon ovog, objavljen je rad autora Janga i Kua (Yang & Kuo, 2003) koji su rešili višeobjektni problem rasporeda (*layout*) pogona u fabrici, gde su vrednosti kvalitativnih performansi ocenjene pomoću AHP metode.

Vođen ovim pristupom, Ramanatan (Ramanathan, 2006) u svom radu predlaže da se DEA koncepti mogu koristiti u poslednja dva koraka primene AHP na problem odlučivanja, dobijanje težinskih faktora iz matrice procene i agregaciju lokanih težinskih faktora u konačne težinske faktore.

Svaki red u matrici procene se posmatra kao DMU i svaka kolona u matrici procene se posmatra kao izlaz, tako da će matrica procene biti veličine $n \times n$, odnosno imaće n DMU i n izlaza. Elementi matrice posmatraju se kao izlazi jer imaju karakteristike izlaza, odnosno, element višeg ranga je bolji od onog nižeg ranga. Pošto se DEA proračuni ne mogu napraviti samo na osnovu izlaza već je potreban bar jedan ulaz, koristi se fiktivni ulaz za sve alternative čija je vrednost 1. Poređenje između matrice procene tradicionalne AHP i predložene metode je prikazano na Slici 4.1. Kada se na konzistentnu matricu procene za koju su poznati lokalni težinski faktori primeni DEA dobijaju se tačni težinski faktori.



Slika 4.1 Poređenje matrice procene tradicionalne AHP i DEAHP metode (Ramanathan, 2006)

Obično, kada se lokalni težinski faktori agregiraju u konačne težinske faktore, koriste se i merenja važnosti kriterijuma (u ovom slučaju lokalnih težinskih faktora). Na primer, pravilo agregacije je ponderisana agregacija koja uključuje lokalne težinske faktore težinskih faktora. Ipak, za korišćenje DEA nam obično ne trebaju lokalni težinski faktori za agregaciju. Stoga, agregacija uz pomoć DEA bi trebalo da se razmatrati u dva slučaja: (a) bez uzimanja u obzir lokalne pondere kriterijuma za agregaciju (b) sa uzimanjem u obzir lokalnih pondera kriterijuma.

Slučaj (a): Kada se DEA koristi za agregaciju, automatski se generišu mere važnosti kriterijuma kao vrednosti množioca korišćenjem linearnog programiranja. U ovom slučaju, jednostavan DEA model podataka se može koristiti da bi se dobili konačni ponderi alternativa. Stoga, lokalni ponderi nisu potrebni u DEA. Slučaj (b): Ako je to potrebno, mere važnosti kriterijuma se mogu uvesti u DEA uz pomoć metode

intervala poverenja. Ovo se radi tako što se dodaju dodatna ograničenja koja određuju veze između množioca u originalnom DEA modelu.

Primene ovih pristupa integracije DEA i AHP metoda omogućavaju uključivanje i kvantitativnih i kvalitativnih kriterijuma u proces odlučivanja. U Tabeli 4.1. dat je pregled svih istraživanja, koje je autor pronašao, a u kojima je pokazano da AHP metoda, može poboljšati upotrebljivost same DEA metode, time što će uključiti i kvalitativne kriterijume u analizu efikasnosti.

Tabela 4.1 Pregled primena prevođenja kvalitativnih u kvantitativne podatke za DEA korišćenjem AHP metode

RB	Autor(i) i godina	Oblast primene
1	Shang & Sueyoshi, 1995	Izbor fleksibilnog proizvodnog sistema.
2	Yang & Kuo, 2003	Višeobjektni problem rasporeda (<i>layout</i>) pogona u fabrici
3	Yoo, 2003	Ocena efikasnosti TQM aktivnosti u Korejskim firmama
4	Ramanathan, 2006	Izbor dobavljača
5	Ertay et al., 2006	Planiranje dizajna postrojenja u proizvodnim sistemima
6	Peaw & Mustafa, 2006	Poređenje smartfonova
7	Ferreira Filho et al, 2007	Za procenu firmi koje se bave izradom tehničkih specifikacija za rezervne delove u vazduhoplovnoj industriji u Brazilu
8	Korpela et.al, 2007	Izbor operatora skladišta
9	Sevcli et al., 2007	Izbor dobavljača bele tehnike
10	Azadeh et al., 2008	Optimizacija sistema železničkog saobraćaja
11	Jyoti et al., 2008	Merenje efikasnosti istraživačko-razvojnih organizacija u Indiji
12	Wang et al., 2008	Procena rizika za izgradnju mosta
13	Sueyoshi et al., 2009	Okvir podrške odlučivanja za internu reviziju u <i>rent a car</i> kompanijama
14	Mohajeri & Amin, 2010	Izbor lokacije železničke stanice
15	Rezaie at al., 2010	Ocena fleksibilnosti proizvodnih sistema
16	Azadeh et.al., 2011	Optimizacija produktivnosti kadrova u bankama
17	Lin et al., 2011	Ocena ekonomskog učinaka lokalnih samouprava u Kini
18	Raut, 2011	Procena indikatora ekoloških performansi
19	Saleeshya & Babu, 2012	Merenje agilnosti proizvodnih sistema
20	Ar & Kurtaran, 2013	Merenje efikasnosti banaka u Turskoj
21	Thanassoulis et al., 2017	Ocena efikasnosti nastavnika

Za rešavanje problema rasporeda (*layout design*) Ertaj i koautori (Ertay et al., 2006) su koristili kompjuterski alat za planiranje dispozicija - *VisFactory*, kako bi se omogućio proces alternativnog projektovanja dispozicije i prikupljanja kvantitativnih podataka. AHP metod je primenjen da bi se dobili kvantitativni podaci vezani za kvalitet i fleksibilnost, a DEA metodologija je korišćena da bi se rešio problem projektovanja dispozicije tako što su u isto vreme uzimaju u obzir i kvantitativni i kvalitativni podaci. Kao rezultat primene DEA, devet alternativnih šablona određeni su kao relativno efikasni. Da bi se povećala diskriminatorna moć ovih devet alternativa, primenjen je koncept minimalne efikasnosti koji štiti od problema na koji se često nailazi – nerealne mere alokacije.

Korpela i koautori (Korpela et.al., 2007) su predložili pristup koji ima za cilj da pomogne u procesu odlučivanju o tome koji će od alternativnih skladišnih operatera biti uključeni u distributivnu mrežu kompanije. Uključujući AHP u proces projektovanja, preferencije pojedinačnih klijenata se mogu analizirati i ređati po prioritetu, a alternativna skladišta se mogu analizirati na način koji stavlja klijenta u centar pažnje. AHP omogućava da se odrede prioritetne preferencije za svako alternativno skladište, prema svakom kriterijumu. AHP se koristi prvenstveno za analizu uslužnih mogućnosti alternativnih skladišta, a zatim se koristi DEA metod kojim se uvodi faktor troškova i određuju najisplativija alternativna skladišta, kako prema troškovima, tako i prema načinu pružanja usluga. DEA podrazumeva izvršavanje n linearnih optimizacija, što znači da se analize vrše odvojeno za svako skladište. Predloženi pristup daje sistematski i fleksibilan okvir za odabir skladišne mreže koja maksimizuje isplativost i efikasnost pružanja usluge. Predloženi pristup je snažno orijentisan na klijenta jer mu pruža mogućnost da analitički predstavi svoje želje i očekivanja prema alternativnim skladištima. Tradicionalno, izboru mreže skladišta pristupa se sa tačke gledišta kompanije snabdevača dok se predloženi pristup koncentriše na klijenta i čini osnovu za organizovanje praćenja performansi odabranog skladišta.

Sevкли i koautori (Sevкли et al., 2007) koriste DEAHP model za izbor dobavljača poznatog preduzeća u industriji bele tehnike BEKO u Turskoj. U ovom pristupu, DEA metod dobija vrednosti težina iz matrice procene i agregira ih kako bi se dobile ukupne težine. Za svaki red i kolonu matrice poređenja pretpostavlja se da je DMU i izlaz,

respektivno. Merenje efikasnosti računa se pomoću DEA metode, a dobijeni rezultati su vrednosti težina jedinica odlučivanja.

Azadeh i koautori (Azadeh et.al., 2008) u svom radu koriste AHP metodu da bi odredili težine bilo kog kvalitativnog kriterijuma (ulaza ili izlaza), a koji je verifikovan i potvrđen kompjuterskom simulacijom. Nakon toga koriste DEA metodu da bi utvrdili najbolje alternative i mehanizme za optimizaciju trenutnog sistema železničkog saobraćaja.

Juoti i koautori (Jyoti et al., 2008) prvi put primenjuju integrisani pristup DEA i AHP za procenu efikasnosti istraživačko-razvojnih organizacija u Indiji. Relativna efikasnost ovih organizacija dobija se ne samo na osnovu povećanja obima istraživačko-razvojnih poslova, već i na osnovu kvaliteta usluga, pa pruža donosiocima odluka sveobuhvatniji prikaz rezultata u identifikaciji kako referentnih tako i neefikasnih istraživačko-razvojnih organizacija.

Sejoši i koautori (Sueyoshi et al., 2009) su kombinovali rezultate dobijene iz AHP-a i DEA-a kako bi rešili problem procene i odabira firme za iznajmljivanje automobila. Ovim pristupom, AHP se koristila za obradu kvalitativnih informacija dobijenih na osnovu iskustva rukovodilaca firmi, čime su dobijeni tzv. subjektivni rezultati. DEA metodom je merena efikasnost na osnovu kvantitativnih podataka dobijenih iz finansijskih izveštaja, čime su dobijeni tzv. objektivni rezultati. Konačno, subjektivni i objektivni rezultati su iskombinovani da bi se odredila efikasnost svake firme.

Azadeh i koautori (Azadeh et.al., 2011) u svom radu rešavaju problem optimizacije produktivnosti kadrova zaposlenih u velikoj privatnoj banci. U predloženom algoritmu menadžeri ocenjuju efektivnost osoblja, koja je u većini slučajeva izražena u kvalitativnoj formi, pa se stoga podaci konvertuju u kvantitativne korišćenjem AHP-a. Potom se rangiranje i efikasnost organizacije procenjuje i optimizuje pomoću DEA.

Iako je trenutno Kina poznata kao najveće tržište u svetu, postoji potencijal za još veći rast. Stoga su, Lin i koautori (Lin et al., 2011) sprovedi studiju imala je za cilj bolje razumevanje ekonomskog učinaka lokalnih samouprava u Kini. Rezultati ovog rada pokazuju da su ekonomske performanse lokalnih vlasti pokazuju veliku divergenciju između različitih modela DEA analize (sa ili bez ulaznih vrednosti). Za DEA model koji

ne posmatra ulazne vrednosti, istočni region ima najviši rang, dok su zapadni i centralni regioni najniže rangirani. Ukoliko se uzmu u obzir relevantne vrednosti ulaza, onda se rangiranje značajno menja, a istočni region je najniže rangiran.

Rut (Raut, 2011) je uočio mogućnost primene ovog hibridnog pristupa integracije za procenu indikatora ekoloških performansi. Ovaj autor u prvom koraku definiše indikatore za procenu ekoloških performansi dobavljača. Potom eksperti ocenjuju različite alternative (dobavljače) prema svakom kriterijumu. U trećem koraku, DEA analizom se ocenjuje najefikasniji dobavljač. U radu je data i empirijska studija u industriji guma kako bi se pokazalo kako odabrati najefikasnijeg dobavljača u skladu sa zahtevima propisa o zaštiti životne sredine.

Merenje efikasnosti nastavnika ima za cilj poboljšanje kvaliteta visokog obrazovanja. Proces evaluacije performansi visokog obrazovanja uključuje i objektivne i subjektivne kriterijume. Canasoulisu i koautorima (Thanassoulis et al., 2017) AHP omogućava razmatranje svakog kriterijuma nastave, dok pomoću DEA vrše merenje efikasnosti nastavnika. Predložena metoda ilustrovana je korišćenjem podataka iz visokoškolske ustanove u Grčkoj.

4.1.5. Formiranje hijerarhijske strukture ulaza i izlaza u DEA

Poznato je da se analizi efikasnosti može javiti previše kriterijuma (ulaza ili izlaza), pa je pred donosiocima odluka dilema adekvatnog izbora istih što je važno za unapređenje diskriminacione moći DEA. Jedan od načina suočavanja sa ovim problemom je se kriterijumi postave u hijerarhijsku strukturu (kao u AHP). Na ovaj način DEA može uspešno koristiti veliki broj ulaza i izlaza u analizi, što su Cai i Vu (Cai & Wu, 2001) iskoristili za procena finansijskog položaja kompanije u okviru privredne grane.

Korhonen i koautori (Korhonen et al., 2001) ističu da se u literaturi često ne pravi razlika između kriterijuma i indikatora. Tako na primer, oni kriterijum „kvalitet naučno istraživačkog rada“, posmatraju kroz tri indikatora: broj radova objavljenih u međunarodnim časopisima, broj naučnih knjiga i poglavlja u naučnim knjigama koje izdaju međunarodno poznati izdavači, i broj citata koje autor ima za objavljene radove. Kroz ovakvu strukturu i njenu analizu autori u svom radu dolaze do efikasnog alociranja sredstva univerziteta za svoje istraživačke jedinice.

I Meng i koautori (Meng et al., 2007) formiraju hijerarhijsku strukturu ulaznih i izlaznih podataka, na osnovu kojih dolaze do ocene efikasnosti 15 instituta za istraživanje i razvoj u kineskoj akademiji nauka.

4.2. Pregled zajedničke primene i kombinovanja DEA metode i Conjoint analize

Jedini rad koji je do sada objavljen, a koji za ideju ima kombinovanje DEA metode i Conjoint analize objavili su Salhie i Haris (Salhieh & Al-Harris, 2014). Ovi autori predlažu novu metodologiju koja ima za cilj razvoj i plasiranje novog proizvoda na tržište. U tekstu koji sledi, iznet je osnovni koncept ovog rada.

Razvoj novog proizvoda ima za cilj da ostvari neke koristi ili da zadovolji određenu potrebu zainteresovanih strana. Korist može biti i materijalna i nematerijalna, a stepen uspeha novog proizvoda može se meriti kroz njegovo prihvatanje od strane potrošača. Može se reći da uspešan proizvod ima visoku vrednost sa stanovišta kupca. Međutim dobar proizvod sa tačke gledišta kupca nije istovremeno dobar i sa stanovišta kompanije koja ga proizvodi. Zbog ove kontradiktornosti, Salhie i Haris (Salhieh & Al-Harris, 2014) su došli na ideju kombinovanja DEA metode i Conjoint analize.

Predložena metodologija se sastoji iz četiri faze (Salhieh & Al-Harris, 2014):

Prva faza obuhvata aktivnosti koje su potrebne da se donese odluka o mogućnostima razvoja novog proizvoda na tržištu, njegovom obliku, formi, specifikaciji i funkciji. U okviru ove faze, razvojni tim definiše nekoliko različitih koncepata novog proizvoda, na osnovu kojih se izdvajaju osnovne karakteristike novog proizvoda (atributi i njihovi nivoi), a koje se koriste u kasnijim fazama.

Druga faza se odnosi na procenu opterećenja, odnosno na količinu napora kompanije za razvoj novog proizvoda. To podrazumeva procenu svih aktivnosti i resursa potrebnih za projektovanje, proizvodnju i plasiranje na tržište novog proizvoda. U ovoj fazi vrši se analiza troškova proizvodnje novog proizvoda i troškova marketinga.

Treća faza uključuje Conjoint analizu kojom se ocenjuju preferencije kupaca prema novom proizvodu. U okviru ove faze definisane su sledeće pod faze: (a) Opis novih proizvoda različitim kombinacijama nivoa atributa, (b) Rangiranje proizvoda od

strane ispitanika od najviše ka najmanje poželjnom, (c) Izračunavanje značajnosti atributa, parcijalnih korisnosti nivoa atributa, kao i korisnosti svakog novog proizvoda.

Četvrta faza je ocenjivanje efikasnosti novih proizvoda (DMU) korišćenjem DEA metode. Za precizno definisane DMU performanse se mere na osnovu zadatih parametara: ulazi su troškovi proizvodnje i troškovi marketinga svakog od proizvoda, a izlazi percipirane vrednosti novih proizvoda izračunate Conjoint analizom. Potom se prelazi na računanje standardnih rezultata efikasnosti novih proizvoda. U ovom radu je korišćena SBM metoda (*Slack Based Method*), kod koje vrednost funkcije cilja ne zavisi od mernih jedinica ulaza i izlaza i daje meru efikasnosti baziranu na dopunskim promenljivim (Tone, 2001). Efikasnost se izražava u skalarnoj formi i ostaje ista bez obzira na merene jedinice nekog parametra.

Efikasnosti predloženih proizvoda izračunata je korišćenje *DEA Solver Software*. I konačno, izračunata se super efikasnost efikasnih proizvoda, SBM metodom (*Super efficiency SBM*).

Predložena metodologija predstavlja balans između želja i potreba potrošača i mogućnosti kompanije da ih zadovolji. Metodologija je testirana kroz ilustrativan primer, gde su autori došli do upotrebljivih zaključaka i zadovoljavajućih rešenja postavljenog problema.

5. Metodološki okvir unapređenja DEA metode (Conjoint-DEA)

U ovom poglavlju disertacije predstavljen je originalni metodološki okvir unapređenja DEA metode, korišćenjem multiatributivnih metoda Conjoint analize i AHP metode. Radni naziv okvira je Conjoint-DEA. Najpre je metodološki okvir detaljno objašnjen kroz faze, a potom je, u narednom poglavlju, testiran na primeru ocene efikasnosti nastavnika na fakultetu, čime je potvrđena njegova validnost i upotrebna vrednost u praksi.

Metodološki okvir koji se predlaže u disertaciji definisan je u skladu sa AHP hijerarhijskim konceptom. Cilj predstavlja zbirnu (agregiranu) ocenu efikasnosti posmatranog profila/entiteta. U skladu sa ciljom kriterijumi su: ocena subjektivne i objektivne efikasnosti. Svaki od kriterijuma se izračunava kroz međusobno nezavisne faze prikazane na Slici 5.1.

Prva faza metodološkog okvira predstavlja unapređenje procesa implementacije DEA metode opisanog u poglavlju 2.3, uključivanjem Conjoint analize. Nakon definisanja ciljeva i određivanja stejkholdera, sledi sprovođenje Conjoint analize (poglavlje 3.1).

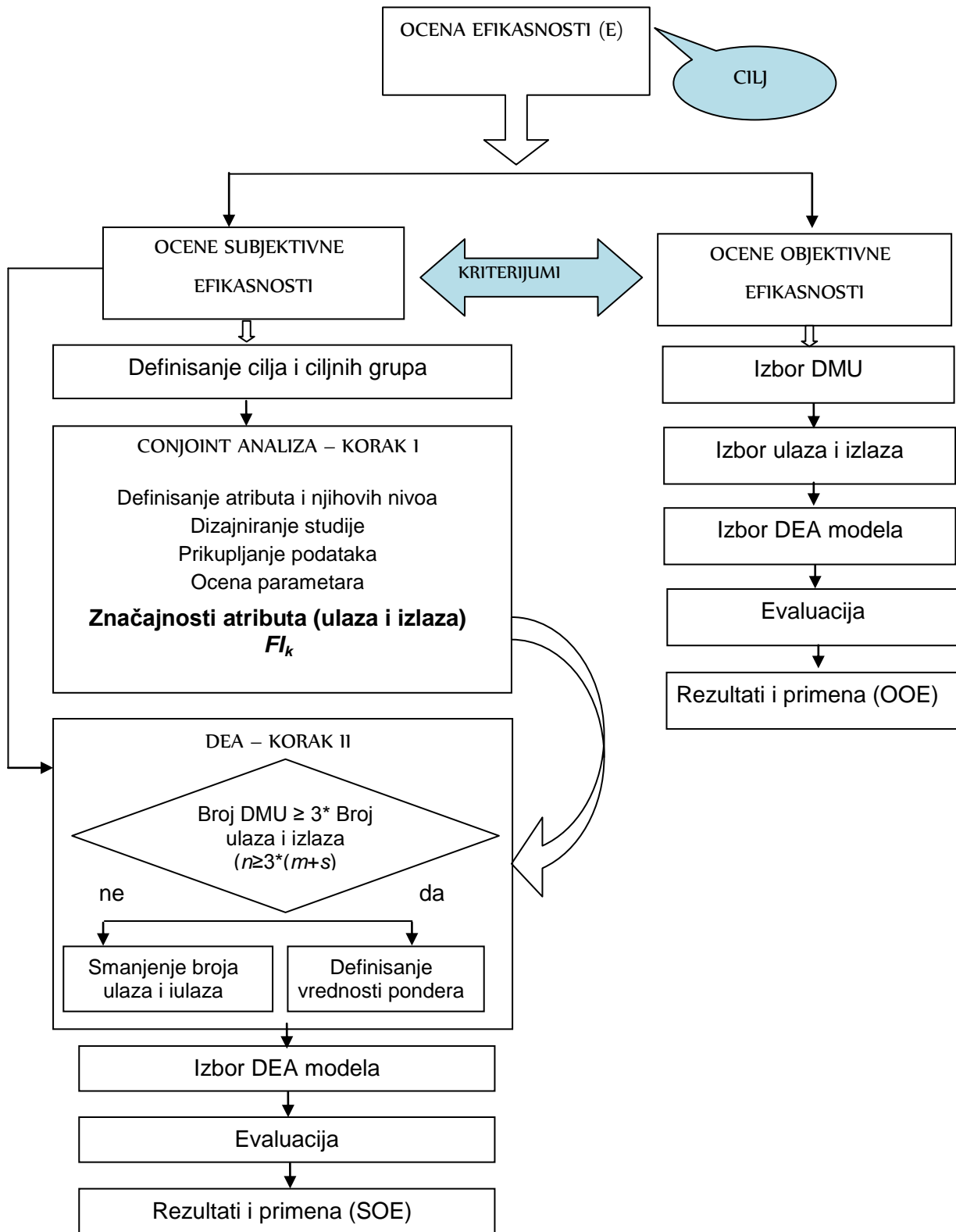
- U koraku 1., primenom Conjoint metode određuju se korisnosti svakog od izabranih atributa, na osnovu kojih se računaju njihove značajnosti FI_k , $k = 1, \dots, K$. Skup izabranih atributa se tretira skup potencijalnih ulaza i izlaza i zajedno sa dobijenim značajnostima predstavljaju polaznu tačku za sledeći korak u okviru ove faze metodološkog okvira.
- U koraku 2., u zavisnosti od ukupnog broja potencijalnih ulaza i izlaza, postoje dva moguća pravca (slučaja) DEA analize. U prvom slučaju, analitičar smanjuje broj ulaza i izlaza, tako što ih rangira po značajnosti na osnovu dobijenih preferencija ispitanika (značajnosti attribute) iz prvog koraka. U drugom slučaju, kada broj ulaza i izlaza nije prevelik ili kada je potrebno da svi budu uključeni u analizu, preferencije ispitanika se koriste kao vrednosti granica za težinske koeficijenate (jednačina 2.27.), s ciljem unapređenja diskriminacije između efikasnih i neefikasnih jedinica

odlučivanja. Korišćenjem DEA modela, opisanih u poglavlju 2.2.1, ocenjuje se efikasnosti svake DMU u posmatranom skupu.

Druga faza metodološkog okvira obuhvata ocenu efikasnosti profila/entiteta primenom DEA modela. Za razliku od ocene subjektivne efikasnosti koja se bazira na podacima o mišljenju procenjivača, za ocenu objektivne efikasnosti koriste se eksplicitni podaci o ponašanju sistema.

Zbirna ocena efikasnosti (E) se računa agregacijom rezultata efikasnosti profila/entiteta dobijenih u svakoj od faza predloženog metodološkog okvira. Kao metode agregacije mogu da se koriste metode višekriterijumske optimizacije (Triantaphyllou, 2000) kao što je suma otežanih vrednosti kriterijuma. Kao metoda za određivanje odgovarajućih težinskih koeficijenata kriterijuma koristi se AHP metoda. Vrednosti indeksa efikasnosti svake DMU, množe se sa težinskim koeficijentima dobijenim AHP metodom koji definišu važnosti svake od ocena efikasnosti u zbirnoj oceni.

Predloženi metodološki okvir se može implementirati pri komparativnoj analizi efikanosti svih jedinica za koje su značajne subjektivne ocene korisnika njihovih usluga ili proizvoda sa jedne strane i objektivne ocene o performansama dobijenim iz podataka o njihovom poslovanju sa druge strane.



Slika 5.1 Metodološki okvir unapređenja DEA metode

6. Primena predloženog metodološkog okvira u oceni efikasnosti nastavnog i naučno istraživačkog rada nastavnika

U ovom poglavlju doktorske disertacije prikazani su rezultati empirijskih studija pomoću kojih je testiran originalni metodološki okvir na primeru ocene efikasnosti nastavnika na fakultetu. Shodno tome, cilj ovih empirijskih studija je višestruk. Prvo, možemo dobiti značajnosti kriterijuma, koji opisuju rad nastavnika, od strane studenata. Dobijene značajnosti kriterijuma se dalje mogu koristiti za: određivanje prosečne ocene nastavnika, smanjivanje broja parametara i definisanje težinskih koeficijenata u DEA, kako bi se konačno, odredila efikasnost nastavnika od strane studenata, odnosno ocen subjektivne efikasnosti. Što se tiče ocene objektivne efikasnosti nastavnika ona podrazumeva i ocenu efikasnosti nastave i naučno istraživačkog rada. Konačno, zbirna ocena efikasnosti se dobija na osnovu sve tri dobijene ocene objedinjene vrednostima težinskih koeficijenata koji su rezultat primene AHP metode.

Motivacija za ovo istraživanje je nađena u aktuelnoj metodologiji ocene efikasnosti nastavnika/saradnika na Univerzitetu u Beogradu. Vrednovanje rada profesora od strane studenata je, između ostalog, jedna od obaveza bolonjske reforme iz 2003. godine, čija je primena u Srbiji započeta u školskoj 2006/2007. godini. Uobičajeno je da se na svim fakultetima, pa in a Fakultetu organizacionih nauka anketa sprovodi među studentima dva puta godišnje. Od studenata se traži da ocene nastavne sposobnosti svih nastavnika na Likertovoj skali (1 – 5) na osnovu kriterijuma unapred određenih od strane Univerziteta (Tabela 6.1.). Konačna ocena za svakog od nastavnika računa se korišćenjem kao prosečna ocena svih kriterijuma (*EWSM-Equal Weighted Sum Method*), gde svi ponderi imaju podjednaku važnost. Međutim, postavljaju se dva pitanja: a) da li su svi unapred postavljeni kriterijumi podjednako važni i b) da li sama metoda ocene efikasnosti ima uticaja na konačnu ocenu? S druge strane opterećenost nastavnika predstavlja odnos između potreba fakulteta koji realizuje nastavu i obima i kvaliteta naučno istraživačkog rada.

Veliki broj empirijskih studija je pokušao da odgovori na ova pitanja. U narednom podpoglavlju biće dat pregled osnovnih modela ocene nastavnika, kriterijuma evaluacije nastavnika i model međuzavisnosti nastavnog i naučno-istraživačkog rada nastavnika.

6.1. Ocena efikasnosti rada nastavnika

Sektor za visoko obrazovanje i razvoj, suočen sa pritiskom konkurencije, nosi veliku odgovornost za kontinuirano povećanje efikasnosti svojih aktivnosti. S obzirom na značaj kvaliteta obrazovanja u visokoškolskim ustanovama neophodna je kontrola u pružanju usluga visokog obrazovanja i naučno istraživačkom radu (Zafiroopoulos & Vrana, 2008). U skladu sa standardima za ocenu kvaliteta rada, jedan od instrumenata mere uključuje i zadovoljstvo studenata (Letcher & Neves, 2010). Važan faktor zadovoljstva studenata, kao korisnika usluge visokog obrazovanja, kvalitetom nastavnoobrazovnog procesa je u vezi sa stručnim i praktičnim znanjem nastavnog osoblja (Venesaar et al., 2011). Stoga je, na mnogim visokoškolskim ustanovama, studentima ponuđena neka vrsta obrazca za ocenu nastavnog procesa i kompetencija nastavnika tokom svakog kursa (Dommeyer et al., 2002; Zabaleta, 2007; Onwuegbuzie et al., 2009). Obrasci za vrednovanje rada nastavnika služe predstavnicima univerziteta i fakulteta u cilju: poboljšanja kvaliteta rada u skladu sa zahtevima vremena sistema obrazovanja nastavnika; razvoja nastavnih planova, programa, ciljeva i metoda, zasnovanih na potrebama studenata i institucija; formulisanja kadrovskih odluka koje se odnose na povećanje plata, bonuse, zapošljavanje novih kadrova; donošenja odluka o izboru novih predmeta. Sam izbor modela, odnosno načina ocene nastavnika, zavisi od pravilnika i odluke uprave fakulteta na kojoj se primenjuje, uslova rada na istom i dr.

6.1.1. Osnovni modeli ocene nastavnika

U literaturi ali i praksi postoji veliki broj modela ocene efikasnosti nastavnika. Levin (Levin, 1979) je dao pregled šest osnovnih modela ocene nastavnika, koji se i danas najčešće primenjuju, jasno ističući njihove prednosti i nedostatke:

1. Evaluacija nastavnika od strane studenata

Ocena rada nastavnika od strane studenata je jedan od najznačajnijih instrumenata u obezbeđivanju i kontinuiranom unapređenju kvaliteta nastavnog procesa u visokoškolskim ustanovama. Ovakav pristup obezbeđuje studentima „učesće“ u

obrazovnom procesu, a nastavnicima da u procese razvoja ugrađuju realno izmerene stavove studenata. Studentske evaluacije ne samo što su dobri pokazatelji kvaliteta nastave, već i studenti bolje od bilo koga drugog mogu evaluirati određene aspekte nastave (McKeachie, 1997).

Još od 1975. godine, na Berkliju je počela ocena nastavnika od strane studenata korišćenjem upitnika. Na numeričkoj skali studenti daju ocene za svaki od kriterijuma kojima se opisuje rad nastavnika. Ovaj način ocene je veoma jednostavan i brz, jer im je potrebno svega desetak minuta da popune upitnik. Važno je naglasiti da je upitnik anoniman.

Danas je podaci mogu prikupiti korišćenjem on-line upitnika ili klasično preko „papir-olovka“ tehnike. Neki od univerziteta ovaj upitnik smatraju obaveznim, pa student ne može prijaviti ispit ukoliko nije popunio isti. Time se dobija na validnosti podataka koja je narušena ukoliko se ispitivanje vrši u učionici i neki od studenata nisu prisutni. Za kvalitetan i dobro osmišljen pristup učešću studenata neophodno je: napraviti dobar upitnik, kontrolisano prikupiti podatke i detaljno uraditi analize rezultata istraživanja. Za analizu podataka univerziteta širom sveta najčešće koriste faktorsku analizu.

Na način na koji studenati ocenjuju nastavnike utiče mnogo faktora, kako subjektivnih (upoređivanje nastavnika kojeg ocenjuje sa svojim idealnim nastavnikom, ocena na ispitu, itd.) tako i objektivnih (težina predmeta, da li je predmet obavezan ili izborni, način nastave, veličina grupe za slušanje i sl.). Zbog toga je na kraju istraživanja potreban dobar analitičar koji će na osnovu dobijenih rezultata napraviti razliku između „malo efikasnog“ i „veoma efikasnog“ nastavnika.

Primena modela evaluacije nastavnika od strane studenata ima niz prednosti (Marsh, 1987; 2007): multidimenzionalnost; pouzdanost i stabilnost; primarno je pokazatelj rada nastavnika, a ne obeležja predmeta; daje valjanost različitih pokazatelja efikasnog podučavanja; relativna nezavisnost od potencijalnih pristranosti (veličina grupe, interes studenata); dokazan doprinos poboljšanju efikasnosti rada nastavnika (Marsh & Hattie, 2002); omogućuje anonimnost koja se ne može osigurati nekim drugim pristupom; *feedback* fakultetu o efikasnosti nastavnika; standardni postupak primene upitnika i obrade rezultata.

2. Ocena supervizora posmatranjem rada nastavnika na času

Ovaj model podrazumeva, najčešće, dvočasovnu posetu supervizora nastavniku dok je na nastavi (času). Za vreme posete supervizor ocenjuje: kreativnost nastavnika, organizaciju rada na času, sredstva koja koristi u nastavi, pripremljenost nastavnika za čas, sistematičnost, postupke kojim nastavnik uključuje studente u aktivnosti časa i drugo. Prednosti ovog modela je visoka pouzdanost rezultata, međutim supervizori ne mogu biti na svim predavanjima niti ih mogu sagledati iz ugla onih kojima su namenjena.

3. Evaluacija nastavnika snimanjem nastave (časa)

Jedan od najčešćih načina takozvane „analize učionice“ je snimanje nastave, što omogućava da se nastavnik ocenjuje na osnovu preciznih podataka ponašanja iz njegovog „prirodnog okruženja“. Preteča sistema za posmatranje ponašanja nastavnika i studenata na času je Flandersov sistem. Flandersov sistem posmatranja ima za cilj da klasifikuje sva verbalna ponašanja nastavnika i učenika tokom njihove interakcije na času; pri čemu je dizajniran tako da ne uzima u obzir neverbalna ponašanja koja su takođe prisutna (Flanders, 1970). Istih godina razvijen je i Stajlingsov sistem posmatranja sa ciljem da evaluira na koji način nastavnici i studenti koriste svoje vreme u učionici (Stallings & Kaskowitz, 1974). Poslednjih desetak godina uz neke modifikacije ovaj sistem se koristi u velikom broju zemalja, bez obzira na različitosti njihovih obrazovnih sistema.

Sa pojavom video opreme otvorena je nova mogućnost za prikupljanja podataka i njihovu analizu (Mondada, 2006). Snimanje časa pruža mogućnost uočavanja velikog broju „skrivenih“ detalja prisutnih tokom nastave čime se stiče objektivian uvid u tok predavanja, ali uticaj same svesti učenika i nastavnika da su pod budnim okom kamere je glavni nedostatak ovog sistema.

4. Nastavnici ocenjuju sami svoj rad – samoocenjivanje

Kada nastavnik ocenjuje svoj rad, propuste i greške tokom rada, on stiče jasnije ideje o tome kako da ih koriguje tokom samog procesa nastave. Međutim, postavlja se pitanje da li subjekat može u isto vreme biti i objekat - predmet posmatranja. Stoga je i glavni nedostatak ovog modela visoki stepen subjektivnosti.

5. Evaluacija nastavnika na osnovu uspeha koji su studenati postigli na ispitu

Uspeh (ocena) studenta na ispitu ima sledeće funkcije (Sotirović & Adamović, 2005):

- (1) Informacionu – čime će student biti obavešten o postignutom uspehu, nastavnik o rezultatima njegovog rada, a društvena zajednica o ostvarivanju programskih ciljeva nastave;
- (2) Motivacionu – koja motiviše učenike za učenje i podstiče ih na veće angažovanje;
- (3) Orijehtacionu – koja predstavlja osnovu za utvrđivanje uzroka zastoja i teškoća u napredovanju učenika, kao i za preduzimanje odgovarajućih pedagoških mera nastavnika u cilju postizanja boljih rezultata učenika.

Ovim modelom uspostavlja se odlična veza između ostvarenog uspeha studenata na ispitu i rada nastavnika. Ocenjivanje studenata je nezavisno od eksterne evaluacije. Međutim postoji mogućnost da na povezanosti uspeha studenata i kvaliteta održavanja nastave postoji uticaj nekih drugih faktora.

6. Ocena nastavnika preko specijalnih testova za evaluaciju

Testovi za ocenu profesionalne kompetentnosti nastavnika ocenjuju njegovu stručnost vezanu za predmet koji predaje, međutim ovim je zanemarena pedagoška kompetentnost, odnosno stručnost nastavnika u vođenju obrazovnog procesa, korišćenju nastavnih metoda, metodičkih pristupa i didaktičkih sredstava.

6.1.2. Kriterijumi evaluacije nastavnika

Svaki model za procenu efikasnosti nastavnika treba da bude vezan za jasan skup visokih standarda profesionalnih kompetencija i posvećenosti pozivu nastavnika (Looney, 2011). Iako postoji veliki broj radova koji imaju za cilj merenje efikasnosti (uspešnosti) nastavnika, nije potpuno jasno šta podrazumeva pojam „efikasan nastavnik”. Nedostatak jasnoće u literaturi izgleda da dovodi do toga da istraživači prioritizuju različite uloge „efikasnog nastavnika“:

- Dobro poznaje naučnu disciplinu kojoj pripada predmet koji predaje, nastavni plan i program predmeta prilagođavajući ih individualnim karakteristikama i mogućnostima učenika (Malešević, Adamović & Đurić, 2011; Toth, 2012).

- Posедуje didaktičko metodička znanja (Pianta & Hamre, 2009).

- Prati i vrednuje ostvarenu horizontalnu i vertikalnu povezanost sadržaja i postignuća učenika (Immordino-Yang & Damasio, 2007; Cornelius-White, 2007; Rubie-Davies, 2007; Gregory & Korth, 2016).

- Kontinuirano se stručno usavršava i unapređuje kvalitet svog rada (Seashore, Leithwood, Wahlstrom & Anderson, 2010).

Marš (Marsh, 1984) je u svom radu dao pregled 9 grupa kriterijuma kojima se sveobuhvatno opisuje skup standardizovanih kompetencija, uloga i aktivnosti u nastavnom procesu nastavnika:

1. Ocena nastave:

1.1. Opšteobrazovna vrednost predmeta

1.2. Mogućnost učenja bitnih i korisnih stvari

1.3. Veliko interesovanje za predmetom

1.4. Nastavni materijal je dostupan i razumljiv studentima

1.5. Ukupna ocena predmeta

2. Entuzijazam nastavnika:

2.1. Nastavnik ima entuzijazam u predavanju

2.2. Nastavnik je dinamičan i energičan

2.3. Prezentacija sadrži umerenu dozu humora

2.4. Stil izvođenja nastave je podržan interesom i potrebama studenata

2.5. Ukupna ocena nastavnika

3. Organizacione sposobnosti nastavnika:

3.1. Nastavnik izlaže jasno

3.2. Nastavnik je dobro pripremljen i jasan za razumevanje

3.3. Nastavnik precizno definiše cilj rada

3.4. Tempo predavanja nastavnika omogućuje hvatanje beležaka

4. Nastavnik podstiče studente na interakcije u grupi:

4.1. Nastavnik podstiče diskusiju u grupi

4.2. Studenti međusobno razmenjuju ideje/znanje

- 4.3. Nastavnik podstiče učenike na pitanja/odgovore
- 4.4. Nastavnik podstiče učenike da izlažu ideje

5. Individualni odnos nastavnika prema studentu:

- 5.1. Prijateljski nastrojen
- 5.2. Blagonaklono ih pomaže i savetuje
- 5.3. Posvećen svakom studentu ponaosob
- 5.4. Pristupačan i dostupan svakom studentu

6. Pokrivenost nastave

- 6.1. Nastavnik ukazuje na bitne činjenice
- 6.2. Nastavnik daje pozadinu ideje/koncepta koji izlaže
- 6.3. Nastavnik posmatra problem sa različitih tačaka gledišta
- 6.4. Nastavnik vodi diskusiju o tekućim pitanjima

7. Ispitivanje / ocenjivanje

- 7.1. Ispitivanje studenata daje povratnu informaciju nastavniku
- 7.2. Metode ocenjivanja su fer i odgovarajuće
- 7.3. Testovi su napravljeni tako da ističu sadržaj kursa

8. Zadaci

- 8.1. Nastavni materijal ima odgovarajuću nastavnu-naučnu vrednost
- 8.2. Zadaci za studente su jasni i razumljivi

9. Opterećenost/Težina kursa

- 9.1. Težina kursa (Lak-Težak)
- 9.2. Opterećenost kursa (Viska-Niska)
- 9.3. Tempo nastave (Spor-Prebrz)
- 9.4. Vreme potrebno za rad van časa

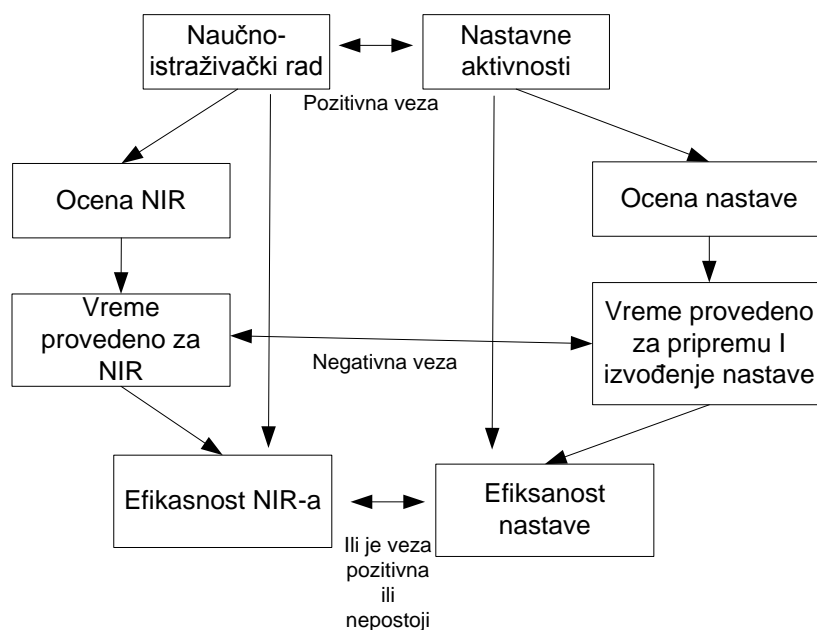
Navedeni standardi kompetencija nastavnika, i njihovo merenje, između ostalog, treba da posluže kao okvir za formulisanje i sprovođenje programa profesionalnog obrazovanja i stručnog usavršavanja nastavnika u odgovarajućim institucijama.

6.1.3. Model međuzavisnosti između nastavnih i naučno istraživačkih varijabli

Dilema o odnosu između nastave i naučno – istraživačkog rada, naročito da li nastavne aktivnosti ometaju istraživački rad ili da li istraživački rad doprinosi

efikasnosti nastave, postoji već duži niz godina. Uopšteno govoreći postoje dva osnovna toka u raspravi: oni koji veruju da postoji pozitivan odnos nastave i istraživanja, i skeptici. Vernici tvrde da uspešnost u nastavi i istraživanju ide zajedno, a skeptici snažno osporavaju ovu navodno pozitivnu sponu između nastave i istraživačkog rada. Po njihovom mišljenju, ova pozitivna veza je samo shvatanje pojedinih aktera koji imaju korist od pozivanja na ovu percepciju ili pak da su nastavnici prinuđeni da se fokusiraju na jednu aktivnost, a da drugu delimično zanemare. Većina skeptika dovodi u pitanje da li uopšte postoji bilo kakav odnos između nastave i istraživanja. Na primer Hati i Marš (Hattie & Marsh, 1996) obrazlažu: “široko rasprostranjeno verovanje da su nastava i istraživanje neraskidivo upleteni je trajna mit”.

Marš (Marsh, 1984) je u svom radu dao model međuzavisnosti nastavnih i naučno-istraživačkih aktivnosti, njihovih ocena, vremena povedenog za angažovanje i efektivnosti rada na svakoj (Slika 6.1.).



Slika 6.1 Model međuzavisnosti nastavnih i naučno-istraživačkih varijabli (Marsh, 1984)

Naučne studije o sponi između nastave i istraživanja se mogu vrstati u dve grupe na osnovu toga da li su koristile kvalitativne ili kvantitativne pristupe da ispituju odnos između ove dve osnovne aktivnosti nastavnika. Kvalitativne studije često koriste polustrukturirane, detaljne intervjue za prikupljane informacija o percepciji, stavovima ili mišljenjima različitih univerzitetskih aktera o nastavno-istraživačkom odnosu.

Kvantitativne studije obično izračunavaju koeficijent linearne korelacije između ishoda nastavnih i istraživačkih aktivnosti, odnosno istraživačke produktivnosti i nastavne efikasnosti. U principu, ove dve vrste studija proizvode različite rezultate. Kvalitativne studije obično pokazuju jaku veru univerzitetskih aktera da postoji pozitivan odnos između nastave i istraživanja. Konkretno, većina ispitanika ukazuje na to da ovaj pozitivan odnos pretežno važi u jednom smeru, tj. da je uticaj istraživanja na nastavu mnogo važniji nego obrnuto. Nasuprot tome, većina kvantitativnih studija ukazuje da su nastava i istraživački rad (tj. ishodi obe delatnosti) maksimalno povezani. Dakle, iako su rezultati kvalitativnih i kvantitativnih studija kontradiktorni imaju podjednak udeo u analizi značaja i bolje razumevanje na polju ovih aktivnosti.

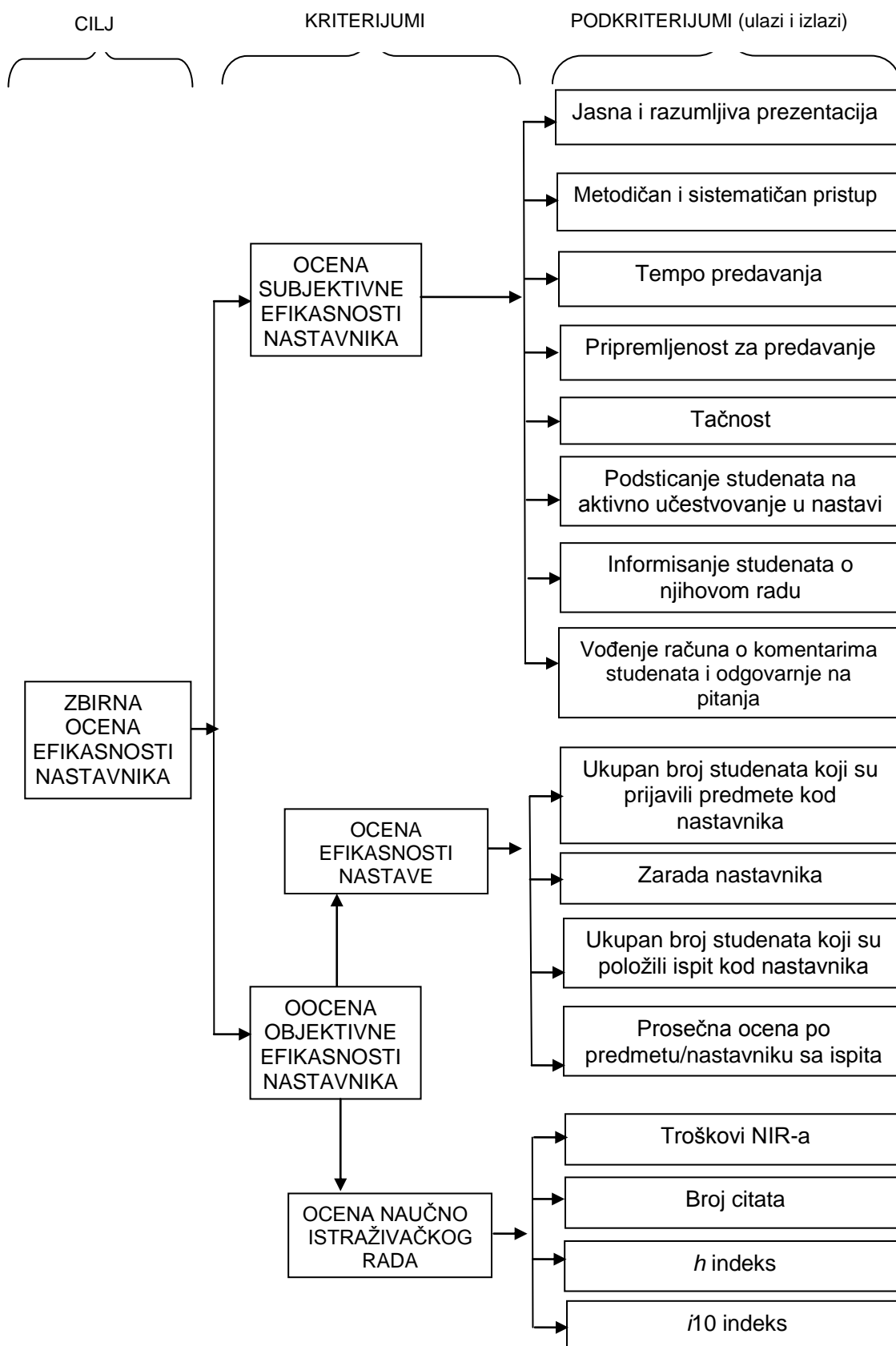
6.2. Ocena efikasnosti nastavnog i naučno istraživačkog rada nastavnika

U ovom poglavlju će biti predstavljen rezultat studije koja pokušava da odgovori na pitanja da li su svi kriterijumi podjednako važni i da li su podjednako važni svi aspekti rada nastavnika i da na osnovu toga da zbirnu ocenu efikasnosti. Na osnovu metodološkog okvira predloženog u poglavlju 5., zbirna ocena efikasnosti nastavnika posmatra se sa dva aspekta (kriterijuma): ocena subjektivna i objektivne efikasnosti. Ocena subjektivne efikasnosti zasnovana je na modelu evaluacije nastavnika od strane studenta kao što je prikazano u poglavlju 6.1.1. Objektivna ocena obuhvata uspešnost u nastavi zasnovan na modelu evaluacije u poglavlju 6.1.1. i produktivnost u naučno istraživačkom radu.

Zbirnu (agregiranu) ocenu efikasnosti nastavnika čine (Slika 6.2.):

1. Ocena efikasnosti nastave
 - a) ocena subjektivne efikasnosti nastave
 - b) ocena objektivne efikasnosti nastave
2. Ocena efikasnosti naučno istraživačkog rada.

Važnost svakog kriterijuma pri agregaciji ocena efikasnosti predstavlja težinske koeficijente (pondere). Agregirana ocena se dobija kao težinska suma ocena efikasnosti. Vrednosti težinskih koeficijenata određene su AHP metodom, gde je cilj bio odrediti najpoželjniji kriterijum (ocena subjektivne efikasnosti nastave, ocena objektivne efikasnosti nastave i produktivnost naučno istraživačkog rada). U proceni su učestvovala 72 nastavnika Fakulteta organizacionih nauka koji poznaju AHP metodu i koji su dali svoje ocene, koristeći Satijevu skalu. Evaluacija je rađena u septembru 2017. godine i martu 2018. godine. Konačne vrednosti pondera dobijene su kao prosečna vrednost svih 72 vektora spostvenih vrednosti matrice. Vrednostu težinskih koeficijenata su: $w_1 = 0,43$ (ocena subjektivne efikasnosti nastave), $w_2 = 0,21$ (ocena objektivne efikasnosti nastave) i $w_3 = 0,36$ (ocena efikasnosti naučno-istraživačkog rada). Na osnovu dobijenih vrednosti težinskih koeficijenata, po mišljenju nastavnika, ocena subjektivne efikasnosti nastave ima duplo veći značaj od ocene objektivne efikasnosti nastave. Važno je naglasiti da nastavnici smatraju da rezultati naučno istraživačkog rada imaju značaj 36% u zbirnoj oceni efikasnosti.



Slika 6.2. Zbirna (agregirana) ocena efikasnosti nastavnika

6.2.1. Ocena subjektivne efikasnosti nastavnika

Korak 1: U okviru ove empirijske studije prva faza obuhvata Conjoint istraživanje koje je rađeno među studentima treće godine na Univerzitetu u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka. Predistraživanjem, u Conjoint studiji je definisano osam atributa, a potom su im dodeljeni nivoi (Tabela 6.1.). Izbor ključnih atributa baziran je na osnovu postojeće ankete Beogradskog univerziteta (Prilog 1) koja se sprovodi u cilju evaluacije pedagoškog rada nastavnika od strane studenata. Svaki od atributa predstavlja neki od kriterijuma načina rada nastavnika. Generisanjem plana eksperimenta, odnosno kombinacijom nivoa atributa prikazanih u Tabeli 6.1. dobijeno je ukupno 384 ($=2 \times 2 \times 3 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2$) mogućih profila (načina rada nastavnika). Korišćenjem komponente statističkog paketa SPSS 16.0 (*Orthoplan*), broj mogućih profila (384) je smanjen na 16 koji čine ortogonalni plan eksperimenta. Njima su dodata i dva kontrolna (*holdout*) profila čija je namena bila provera kvaliteta dobijenih rezultata.

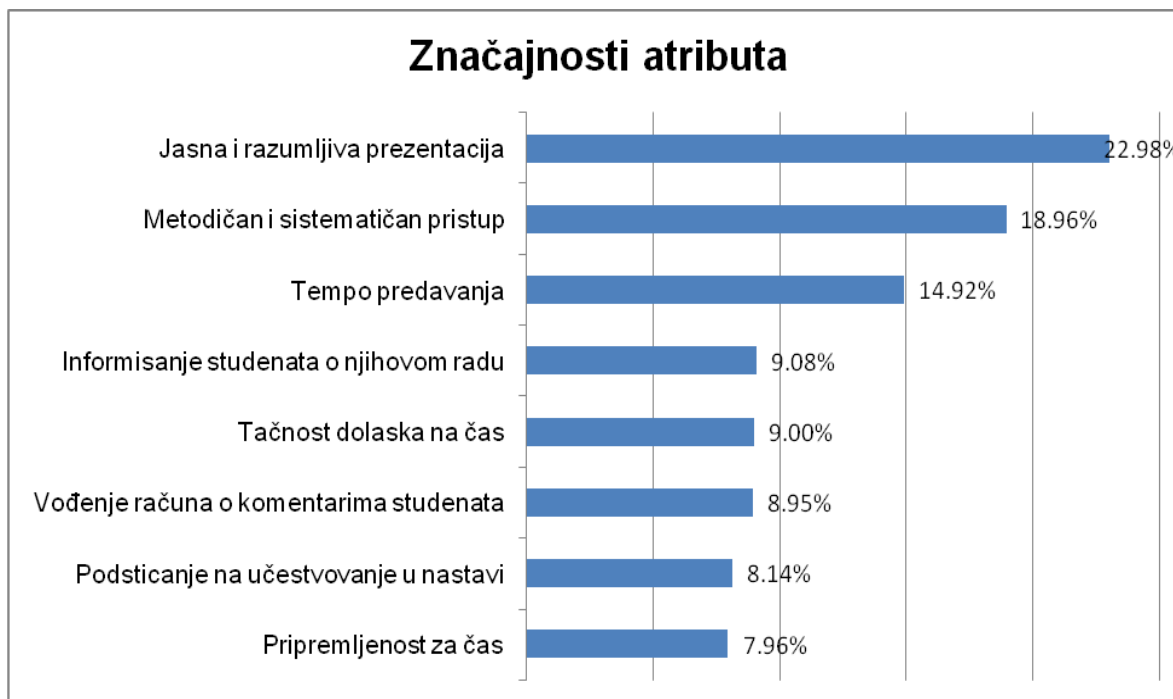
Za metodu evaluacije od strane ispitanika, izabrana je metoda ocenjivanja celih profila. Studenti su na Likertovoj skali od 1 do 9, gde 1 znači “apsolutno nekvalitetan”, a 9 “apsolutno kvalitetan”, izražavali svoje preferencije prema svakoj od 18 ponuđenih kombinacija kojom je opisan nastavnik kroz svoje kompetencije nastavnog rada. U prilogu je dat izgled ankete (Prilog 2).

Nakon prikupljanja podataka o individualnim preferencijama ispitanika urađena je analiza odgovora pomoću paketa SPSS 16.0 (*Conjoint Procedure*). Vrednosti parcijalnih korisnosti nivoa atributa na nivou celog uzorka date su u Tabeli 6.1. Na osnovu prosečnih vrednosti značajnosti atributa svih ispitanika dobijene su značajnosti atributa (Grafik 6.1.)

Tabela 6.1 Atributi, njihovi nivoi, i vrednosti parcijalnih korisnosti nivoa atributa

Atributi		Nivoi atributa	Parcijalne korisnosti (β)	Std.error
A1	Jasna i razumljiva prezentacija	Da	0,865	0,199
		Ne	-0,865	0,199
A2	Metodičan i sistematičan pristup	Da	0,730	0,199
		Ne	-0,730	0,199
A3	Tempo predavanja	Optimalan	0,451	0,266
		Prebrzo	-0,117	0,312
		Prespor	-0,334	0,312
A4	Pripremljenost za čas	Dobra	0,266	0,199
		Loša	-0,266	0,199
A5	Tačnost dolaska na čas	Na vreme	0,303	0,199
		Kasni	-0,303	0,199
A6	Podsticanje na učestvovanje u nastavi	Da	0,280	0,199
		Ne	-0,280	0,199
A7	Informisanje studenata o njihovom radu	Da	0,324	0,199
		Ne	-0,324	0,199
A8	Vođenje računa o komentarima	Da	0,293	0,199
		Ne	-0,293	0,199
Konstanta			4,046	0,221
<p><i>Pearson's R = 0,966 Significance = 0,000</i> <i>Kendall's tau = 0,933 Significance = 0,000</i> <i>Kendall's tau = 1.000 for 2 Holdouts</i></p>				

Konstanta, koja se dobija analizom podataka, služi za računanje ukupne korisnosti svakog od profila. Kod ovog istraživanja njena vrednost iznosi 4,046 (Tabela 6.1). Predznak svih parcijalnih korisnosti je u skladu sa očekivanjima. Negativan predznak ukazuje da student ne preferira nastavnika čija prezentacija nije jasna i razumljiva (parcijalna korisnost -0.865). Studenti su pokazali očekivano ponašanje i za sve druge atribute.



Grafik 6.1 Značajnosti atributa na agregatnom nivou

Sa Grafika 6.1. može se uočiti da je najznačajniji atribut na nivou celog uzorka „Jasna i razumljiva prezentacija“, a njegova značajnost iznosi 22,98%. Nešto manju značajnost ima atribut „Metodičan i sistematičan pristup“ sa vrednošću od 18,96%. Treći po značaju je atribut „Tempo predavanja“ sa značajnošću od 14,92%. Potom slede atributi „Informisanje studenata o njihovom radu“ „Tačnost dolaska na čas“, i „Vođenje računa o komentarima studenata“ sa značajnostima 9,08%; 9,00%; 8,95% respektivno. Na osmom, preposlednjem mestu po značajnosti, nalazi se atribut „Podsticanje na učestvovanje u nastavi“ sa 8,14%. I na kraju, na poslednjem mestu je atribut „Pripremljenost za čas“ sa značajnošću od 7,96%.

Pearson-ov koeficijent ima vrednosti 0,966 što znači da dobijeni rezultati imaju visok nivo značajnosti i da su visokog kvaliteta. Vrednost Kendall-ovog koeficijenta korelacije, koja iznosi 0,933 pokazuje visok nivo korelacije između procenjenih i ulaznih preferencija. Dodatni pokazatelj da su dobijeni podaci visokog kvaliteta je Kendall-ov koeficijent kontrolnih profila (*holdout tasks*) čija je vrednost 1,000.

Korak 2: Za drugu fazu studije izdvojeno je 27 nastavnika, iz zvanične baze podataka na Fakultetu organizacionih nauka, koji realizuju nastavu studentima koji su učestvovali u Conjoint istraživanju. (Tabela 6.2). Ovaj uzorak je reprezentativan, jer

obuhvata profesore i saradnike svih zvanja (redovni profesor, vanredni profesor, docent, asistent, saradnik u nastavi), podjednako su zastupljeni po katedrama i skoro je jednak odnos broja muškaraca i žena.

Tabela 6.2 Osnovni podaci o nastavnicima

ID nastavnika	Zvanje	Titula
7	Asistent	Master diploma
10	Redovan profesor	Doktor nauka
13	Docent	Doktor nauka
16	Redovan profesor	Doktor nauka
24	Redovan profesor	Doktor nauka
31	Redovan profesor	Doktor nauka
33	Vanredni profesor	Doktor nauka
38	Asistent	Master diploma
43	Docent	Doktor nauka
65	Docent	Doktor nauka
67	Vanredni profesor	Doktor nauka
77	Docent	Doktor nauka
101	Redovan profesor	Doktor nauka
111	Vanredni profesor	Doktor nauka
127	Saradnik u nastavi	Diplomirani inženjer
128	Redovan profesor	Doktor nauka
129	Saradnik u nastavi	Diplomirani inženjer
134	Docent	Doktor nauka
146	Docent	Doktor nauka
172	Asistent	Magistar
175	Docent	Doktor nauka
176	Asistent	Master diploma
178	Saradnik u nastavi	Diplomirani inženjer
191	Asistent	Master diploma
192	Asistent	Master diploma
193	Docent	Doktor nauka
195	Asistent	Master diploma

Nastavnici su ocenjivani naskali od 1 do 5 na osnovu 8 kriterijuma (Tabela 6.1.), koji opisuju kompetencije njihovog nastavnog procesa. Za svaki od kriterijuma u Tabeli 6.3. date su: najmanja i najveća ocena, srednja vrednosti i standardna devijacija.

Tabela 6.3 Deskriptivna statistika kriterijuma

Kriterijumi	Min	Max	Srednja vrednost	Standardna devijacija
Jasna i razumljiva prezentacija - A1	2,17	5,00	4,400	0,535
Metodičan i sistematičan pristup - A2	2,22	5,00	4,368	0,558
Tempo predavanja - A3	2,17	5,00	4,301	0,564
Pripremljenost za čas - A4	2,67	4,95	4,527	0,469
Tačnost dolaska na čas - A5	1,72	4,92	4,380	0,652
Podsticanje na učestvovanje u nastavi - A6	2,00	4,85	4,193	0,624
Informisanje studenata o njihovom radu - A7	1,83	4,85	4,126	0,643
Vođenje računa o komentarima - A8	1,78	5,00	4,374	0,632

Za ocenu efikasnosti nastavnika (DMUs) korišćeni su podaci iz zvaničnih anketa koje su sprovedene sa studentima III godine studija, a koji slušaju nastavu kod izabranih nastavnika. Na osnovu dobijenih ocena za svakog nastavnika po svakom od kriterijuma, izračunata je njihova prosečna ocena (*equal weighted sum method - EWSM*) čije su vrednosti date u Tabeli 6.4. S obzirom da su Conjoint metodom dobijene značajnosti svakog kriterijuma, prosečna ocena nastavnika je izračunata i korišćenjem težinske sume (*weighted sum method*) tako što se ocene dobijene po svakom kriterijumu množe sa značajnošću tog kriterijuma, a potom se ta suma deli sa ukupnim brojem upitnika (Tabela 6.4.). Ova ocena je nazvana *WSM – Conjoint*. Tako na primer, ocena nastavnika čiji je ID 7 se dobija sledećom kalkulacijom: $(200*0,229 + 206*0,189 + 198*0,149 + 208*0,079 + 202*0,09 + 204*0,081 + 197*0,091 + 209*0,089) / 43=4,709$. U tabeli 6.4 vrednosti u kolonama A1-A8 predstavljaju zbir ocena za svakog nastavnika po svakom kriterijumu dok poslednje dve kolone predstavljaju zbirne ocene nastavnika.

Tabela 6.4. Ocene nastavnika

Ukupan broj upitnika	ID nastavnika	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	WSM-Conjoint	EWSM-
43	7	200	206	198	208	202	204	197	209	4,709	4,721
14	10	65	67	58	69	62	63	64	64	4,574	4,571
23	13	89	91	80	97	66	82	81	86	3,697	3,652
18	16	39	40	39	48	31	36	33	32	2,098	2,069
13	24	57	54	55	59	60	60	61	60	4,418	4,481
56	31	275	276	272	272	271	267	256	269	4,843	4,817
7	33	32	33	29	34	32	28	24	31	4,394	4,339
29	38	124	121	124	124	130	139	117	130	4,313	4,349
91	43	411	417	403	424	414	390	365	429	4,483	4,468
85	65	403	415	397	417	367	370	365	393	4,649	4,599
29	67	137	132	139	137	139	121	132	143	4,665	4,655
33	77	139	135	131	147	135	113	113	116	3,963	3,898
16	101	73	72	76	75	72	60	63	66	4,420	4,352
22	111	100	100	100	99	101	97	105	105	4,575	4,585
44	127	185	176	173	176	189	192	184	179	4,115	4,131
6	128	24	21	26	29	29	19	18	23	3,922	3,938
29	129	118	120	121	123	135	140	116	125	4,241	4,302
28	134	133	126	133	131	130	128	125	126	4,624	4,607
42	146	194	188	183	194	197	176	181	188	4,483	4,467
30	172	129	123	118	132	130	120	123	123	4,157	4,158
19	175	75	78	75	74	74	78	74	77	3,985	3,980
121	176	499	496	449	523	472	427	439	498	3,959	3,929
13	178	65	65	65	64	64	63	63	65	4,960	4,942
45	191	176	180	186	178	179	163	182	195	3,997	3,997
19	192	93	93	91	94	92	90	91	94	4,860	4,855
30	193	146	142	141	143	139	128	132	149	4,705	4,667
24	195	114	115	118	117	117	115	116	120	4,837	4,854
F_{ik}		0,229	0,189	0,149	0,079	0,09	0,081	0,091	0,089		

Za procenu subjektivne efikasnosti korišćena je analiza obavijanja podataka S obzirom na karakteristiku podataka, efikasnost nastavnika dobijena je korišćenjem ulazno orjentisanog CCR DEA modela (poglavlje 2.2.1). Prosečne ocene po svakom kriterijumu su korišćene kao vrednosti izlaza, s namerom da budu što je moguće veće, a za ulaz je uzeta vrednost 1 (*dummy value*). Za rešavanje CCR DEA modela korišćen je softverski alat EMS (detaljno objašnjen u poglavlju 2.5.). Na osnovu dobijenog indeksa efikasnosti nastavnici su rangirani (Tabela 6.5).

Tabela 6.5. Efikasnost svih DMU, njihov rang i vrednosti težinskih koeficijenata po svakom izlazu

DMU	Efikasnost	Rang	v_1	v_2	v_3	v_4	v_5	v_6	v_7	v_8
7	0,9819	12	0	0	0	0,82	0	0,18	0	0
10	0,9962	4	0	0	0	1	0	0	0	0
13	0,8525	25	0	0	0	1	0	0	0	0
16	0,539	27	0	0	0	1	0	0	0	0
24	0,9683	15	0	0	0	0	0	0	1	0
31	0,9864	9	0	0,19	0	0,81	0	0	0	0
33	0,9818	13	0	0	0	1	0	0	0	0
38	0,9891	8	0	0	0	0	0	1	0	0
43	0,9453	19	0	0	0	0,69	0	0	0	0,31
65	0,9927	7	0	0,19	0	0,81	0	0	0	0
67	0,9862	10	0	0	0	0	0	0	0	1
77	0,9004	20	0	0	0	1	0	0	0	0
101	0,9519	17	0	0	0,11	0,89	0	0	0	0
111	0,9848	11	0	0	0	0	0	0	1	0
127	0,9004	20	0	0	0	0	0	1	0	0
128	0,9818	13	0	0	0	0,77	0,23	0	0	0
129	0,9962	4	0	0	0	0	0	1	0	0
134	0,9503	18	0	0	0,11	0,89	0	0	0	0
146	0,9528	16	0	0	0	0	1	0	0	0
172	0,8906	22	0	0	0	0,77	0,23	0	0	0
175	0,8471	26	0	0	0	0	0	1	0	0
176	0,8737	23	0	0	0	1	0	0	0	0
178	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
191	0,8844	24	0	0	0	0	0	0	0	1
192	1	1	0,19	0	0	0,81	0	0	0	0
193	0,9933	6	0	0	0	0	0	0	0	1
195	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0

Kao što se može videti u Tabeli 6.5. tri nastavnika (od 27 ukupno) su efikasni, dok čak dve trećine nastavnika imaju indeks efikasnosti veći ili jednak 0,95. Ovo je rezultat akumulacije prosečne ocene nastavnika između 4 i 5, kao i fleksibilan izbor težinskih koeficijenata u DEA metodi. Pored toga, postoji veliki broj težinskih koeficijenata (v_i , $i=1,\dots,8$) koji imaju vrednost nula. Za svaku od korišćenih metoda, za izračunavanje prosečne ocene i merenje efikasnosti u studiji, urađena je deskriptivna statistika, odnosno date su minimalne i maksimalne ocene, srednje vrednosti i Spirmanov koeficijent korelacije (Tabela 6.6.).

Tabela 6.6. Rezultati deskriptivne statistike - $n = 27$

	<i>EWSM</i>	<i>WSM-Conjoint</i>	<i>DEA</i>
Min	2,073	2,098	0,539
Max	4,944	4,960	1,000
Srednja vrednost	4,335	4,344	0,941
Standardna devijacija	0,544	0,541	0,090
<i>Spearman's rho</i> korelacija			
<i>EWSM</i>	1	0,993 ^{**}	0,809 ^{**}
<i>WSM-Conjoint</i>		1	0,797 ^{**}
<i>DEA</i>			1
** Korelacija je značajna na nivou 0.01 (2-tailed) .			

Vrednosti Spirmanovog koeficijenta korelacije pokazuju da je saglasnost u ocenama dobijenim *WSM* i *EWSM* – *Original* metodama velika, gotovo potpuna, što je bilo i očekivano (Tabela 6.6.). S druge strane, vrednosti Spirmanovog koeficijenta pokazuju i da su ocene dobijene *DEA* metodom, iako nešto manje, ali u velikoj korelaciji sa druge dve ocene (Tabela 6.6.).

U Tabeli 6.7. su radi preglednije ilustracije problema velikog broja efikasnih nastavnika, izdvojena tri. Jasno se vidi da za ove nastavnike postoje samo dva (DMU 7), odnosno jedan kriterijm (DMU 10 i DMU 129) čija je vrednost težinskog koeficijenta različita od nule. Kod nastavnika čiji je ID 7, u kalkulaciju njegove ocene efikasnosti ulaze kriterijumi A4 i A6. Ono što je važno naglasiti je da je na osnovu rezultata dobijenih *Conjoint* analizom značajnost ova dva kriterijuma manja od 10% u odnosu na ostale kriterijume. Stoga je rang ovog nastavnika dobijen *DEA* metodom niži u odnosu na njegov rang dobijen na osnovu *EWSM* i *WSM* - *Conjoint* metoda. S druge strane u slučajevima nastavnika čiji je ID 10 i 129, samo jedan kriterijum, ulazi u kalkulaciju ocene efikasnosti, (A4 u slučaju DMU 10 i A6 u slučaju DMU 129), a rang dobijen *DEA* metodom je bolji u odnosu na rang dobijen korišćenjem druge dve metode.

Tabela 6.7. Rangovi nastavnika i DEA težine

DMU	Rangovi			DEA	Kriterijumi i njihove težine							
	<i>EWSM - Original</i>	<i>WSM - Conjoint</i>	DEA	Indeks efikasnosti	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
7	6	6	14	0,982	0	0	0	0,82	0	0,18	0	0
10	13	13	4	0,996	0	0	0	1	0	0	0	0
129	20	20	5	0,996	0	0	0	0	0	1	0	0

6.2.1.1. Scenario A – smanjenje broja ulaza i izlaza u DEA

U cilju prevazilaženja prethodno pomenutih problema, rezultati Conjoint analize će biti korišćeni za povećanje diskriminacione moći DEA, što je i predloženo u metodološkom okviru. U daljem radu u Tabeli 6.8. data je analiza rezultata ocene efikasnosti za 17 profesora (P) i 10 saradnika (S). Rezultati DEA analize, dati su i za podskup profesora i podskup saradnika, ali i za ceo skup, u na kraju su međusobno upoređeni.

Tabela 6.8. Deskriptivna statistika rezultata ocene subjektivne efikasnosti nastavnika

Metoda	DEA			Conjoint & DEA		
Broj parametara	8			3 (A1, A2, A3)		
Zvanje nastavnika	P+S	P	S	P+S	P	S
Broj DMUs	27	17	10	27	17	10
Prosek	0,941	0,955	0,943	0,895	0,914	0,900
Standardna devijacija	0,088	0,131	0,055	0,105	0,149	0,069
Maximum	1	0,996	1	1	0,985	1
Minimum	0,539	0,539	0,866	0,445	0,445	0,824
$h_k=1$	3	0	3	1	0	1
$h_k \geq 0,95$	18	12	6	11	7	4

Kao što se u Tabeli 6.8. može videti, 3 od 10 saradnika su efikasni, a čak 6 njih ima indeks efikasnosti veći od 0,95. Razlog tome je što je veći broj kriterijuma u odnosu

na broj nastavnika ($n \geq 3*(m+s)$), pa je potrebno smanjiti njihov broj. U tu svrhu, moguće je koristiti multivarijacionu korelacionu analizu, ali skoro svi koeficijenti korelacije imaju vrednost veću od 0,95, što znači da bi ostao samo jedan izlaz. Iz tog razloga, izabrani su najvažniji kriterijumi (A1, A2 i A3), jer oni obuhvataju 56,87% značajnosti od ukupne značajnosti svih kriterijuma na osnovu sprovedene conjoint analize ($FI(A1)+FI(A2)+FI(A3)=56,87\%$ (Grafik 6.1.)).

Dobijeni rezultati korišćenjem DEA metode za ova tri kriterijuma (A1 - jasna i razumljiva prezentacija, A2- metodičan i sistematičan pristup i A3- tempo predavanja) kao izlaznih parametara dati su u koloni „Conjoint & DEA“ Tabele 6.8. Očigledno je da na osnovu uporedne analize dobijenih rezultata diskriminaciona moć DEA je znatno povećana, jer je samo jedan saradnik ocenjen kao efikasan. Ukupan broj nastavnika sa indeksom efikasnosti preko 0,95, je smanjen sa 18 na 11, što je još jedan od razloga u korist Conjoint & DEA metodološkog okvira.

6.2.1.2. Scenario B: Definisane vrednosti pondera u DEA korišćenjem Conjoint analize

U slučaju da stejkholderi smatraju da su svi kriterijumi važni i da treba da budu uključeni u analizu, definisanjem vrednosti težinskih koeficijenata uključenih u DEA modele uvažiće se mišljenje stejkholdera i na taj način će se smanjiti broj težinskih koeficijenata koji imaju vrednost nula. Predložena procedura podrazumeva sledeće korake:

1. Izabрати f kao indeks kriterijuma sa najnižom značajnošću FI dobijenom na osnovu rezultata Conjoint analize
2. Formirati granicu efikasnosti za svaki kriterijum na osnovu rezultata Conjoint analize. Pri tome AR DEA ograničenja (2.7) se definišu na sledeći način (detaljno objašnjen u poglavlju 2.3.1.4.):

$$\frac{FI_r}{\min_r(FI_r)} \leq \frac{v_r}{v_f} \leq \frac{\max_r(FI_r)}{\min_r(FI_r)}, r = 1, \dots, s$$

Na primer, kriterijum A4 ima najmanju značajnost ($v_f = v_4, \min_r(FI_r) = 0,0796$), dok je A1 kriterijum sa najvećom značajnošću ($\max_r(FI_r) = 0,2298$) (Grafik 6.1.).

Dakle, gornja granica je $\max_r(FI_r)/\min_r(FI_r)=2,89$ i ona je ista za svaki kriterijum, dok se donja granica razlikuje u zavisnosti od kriterijuma. Deskriptivna statistika rezultata dobijenih primenom AR DEA metode data u koloni „Conjoint AR DEA (Scenario B)“ Tabele 6.9.

Tabela 6.9 Rezultati evaluacije efikasnosti nastavnika

Metoda	DEA			Conjoint & DEA (Scenario A)			Conjoint AR DEA (Scenario B)		
Broj parametara	8			3 (A1, A2, A3)			8		
Zvanje nastavnika	P+S	P	S	P+S	P	S	P+S	P	S
Broj DMUs	27	17	10	27	17	10	27	17	10
Prosek	0,941	0,955	0,943	0,895	0,914	0,900	0,884	0,909	0,895
Standardna devijacija	0,088	0,131	0,055	0,105	0,149	0,069	0,107	0,152	0,074
Maximum	1	0,996	1	1	0,985	1	1	0,982	1
Minimum	0,539	0,539	0,866	0,445	0,445	0,824	0,425	0,425	0,747
$h_k=1$	3	0	3	1	0	1	1	0	1
$h_k \geq 0,95$	18	12	6	11	7	4	7	4	3

Definisanjem vrednosti težinskih koeficijenata, diskriminaciona moć DEA je povećana i očigledno je potpuno rangiranje, prema svim mogućim kriterijumima, bez obzira na to li se svi nastavnici (P+S), ili samo profesori (P) ili saradnici (S) ocenjuju.

Analiza Spearman-ovog koeficijenta ranga korelacije za svih 27 nastavnika je data u Tabeli 6.10. Rezultati dobijeni na osnovu poslednje analize su u visokoj korelaciji sa *EWSM - Original* rangovima i sa DEA rangovima u slučaju korišćenja tri kriterijuma.

Tabela 6.10 Spearman-ov koeficijent ranga korelacije za sve predložene scenarije

	<i>EWSM - Original</i>	<i>WSM - Conjoint</i>	DEA	Conjoint & DEA (Scenario A)	Conjoint AR DEA (Scenario B)
<i>EWSM - Original</i>	1	0,993	0,809	0,933	0,997
<i>WSM - Conjoint</i>		1	0,797	0,939	0,991
DEA			1	0,777	0,820
Conjoint & DEA				1	0,941
Conjoint AR DEA					1

6.2.1.3. Rezultati verifikacije

Deskriptivna statistika podataka korišćenih u studiji ocene efikasnosti nastavnika na univerzitetu (Tabela 6.6.) pokazuje nisku heterogenosti između vrednosti izlaza. U tom slučaju *EWSM* ili *WSM* - Conjoint metode se mogu smatrati “naivnim” (*naive*) metodama. Na osnovu Spearman-ovog koeficijenta korelacije, nema velike razlike između *EWSM* ili *WSM* - Conjoint i Conjoint & DEA rezultata.

Ovaj zaključak se slaže sa tvrdnjom Buškena (Buschken, 2009) da model replicira efikasnost DEA rezultata skoro savršeno za konstantan prinos na obim i u slučaju niske heterogenosti u izlaznim/ulaznim podacima. Stoga se može zaključiti da je heterogenost u ulazno-izlaznim podacima jedna od važnih prednosti primene DEA. U cilju verifikacije predložene metodologije napravljena je baza gde su vrednosti ulaza generisane iz uniformne raspodele na intervalu [1, 5]. Simulirani ulazi su manje korelisani (0,34-0,81) nego u slučaju skupa originalnih podataka (0,75-0,998). Rezultati analize za svih 27 nastavnika izvedenih na simuliranoj bazi dati su u Tabeli 6.11.

Prema rezultatima dobijenim rešavanjem CCR DEA modela, postoji veliki broj efikasnih nastavnika/saradnika, (čak 23 od 27) nego u slučaju korišćenja originalne baze. To je zbog heterogenosti simuliranih podataka i postojanja mogućnosti da svaki DMU nađe izlaz sa visokom vrednošću kojoj će biti dodeljena visoka vrednost težinskog koeficijenta. Diskriminaciona moć DEA metode je veoma mala nad ovakvim uzorkom. Ali, rezultati DEA modela dobijeni korišćenjem Conjoint težina, ili za smanjenje broja kriterijuma ili za ograničenje vrednosti pondera, su mnogo realniji. Postoje samo 5 efikasnih DMUs od 27 u oba slučaja i 9 DMUs čiji je indeks efikasnosti veći ili jednak 0,95. Dakle, dobijeni rezultati pružaju mnogo bolji uvid nego u slučaju korišćenja originalnog CCR DEA modela.

Tabela 6.11 DEA rezultati simuliranih podataka

	DEA	Conjoint & DEA (Scenario A)	Conjoint AR DEA (Scenario B)
Broj parametara	8	3	8
Broj DMUs	27	27	27
Prosek	0,971	0,827	0,889
Standardna devijacija	0,061	0,179	0,100
Maximum	1	1	1
Minimum	0,760	0,390	0,672
$h_k=1$	23	5	5
$h_k \geq 0,95$	23	9	9

Veliki broj kriterijuma u analizi efikasnosti zahteva i veliki napor da dobije indeks efikasnosti svake DMU. DEA indeks efikasnosti predstavlja relativnu meru jer zavisi od broja DMU i broja kriterijuma uključenih u analizu. Smanjenje broja kriterijuma se obično radi nekom statističkom metodom, kao što su regresiona i korelaciona analiza. U ovom tipu metodološkog okvira predložena je Conjoint analiza. Preferencije stejkholdera dobijene Conjoint analizom predstavljaju polaznu tačku za izbor kriterijuma koji će se koristiti u DEA analizi.

Predloženi metodološki okvir korišćen za ocenu efikasnosti nastavnika pokazuje da: a) nisu svi kriterijumi koji opisuju nastavnika podjednako važni za studente, kao i da b) dobijeni rezultati variraju u zavisnosti od korišćenih metoda i izabranih kriterijuma za evaluaciju. DEA kao „objektivna“ metoda za merenje efikasnosti koja ne zahteva da relativna težina ulaza i izlaza bude poznata *a priori*, u datom metodološkom okviru omogućava inkorporiranje preferencija stejkholdera čime se postiže bolja selekcija parametara i ograničavanje težinskih koeficijenata. Stoga je ovaj okvir odličan za povećanje diskriminacione moći DEA i prevazilaženje nekih njenih slabosti.

6.2.2. Ocena objektivne efikasnosti nastavnika

6.2.2.1. Ocena objektivne efikasnosti nastave

Ocenjivanjem efikasnosti procesa nastave obezbeđuje se kontinuirano praćenje ostvarivanja definsanih ciljeva od strane nastavnika. Ovo je kontinuirana aktivnost kojom se iskazuje odnos između kriterijuma ocenjivanja. U predloženom metodološkom okviru, za objektivnu ocenu efikasnosti nastavnika u nastavi korišćen je klasičan izlazno orjentisan CCR DEA model, a parametri su:

Ulazi:

1. Ukupan broj studenata koji su prijavili predmete, koje predaje svaki od izabranih nastavnika, za slušanje u jednoj školskoj godini – **U1**
2. Zarade nastavnika na godišnjem nivou – **U2**

Izlazi:

1. Ukupan broj studenata koji su položili ispit kod izabranog predmetnog nastavnika u jednoj školskoj godini– **I1**
2. Prosečna ocena po predmetu/nastavniku sa ispita - **I2**

Podaci o broju studenata koji su prijavili (U1), kao i onih koji su položili ispite u jednoj školskoj godini (I1) i prosečna ocena po predmetu/nastavniku preuzeti su iz studentske službe Fakulteta organizacionih nauka. Zarade nastavnika (U2) su određene u skladu sa zvanjem (redovan profesor, vanredan profesor, docent, asistent, saradnik u nastavi), godinama radnog straža i varijabilnim delom zarade koji se odnosi na opterećenost nastavnika.

Vrednosti ulaza i izlaza su date u Tabeli 6.12. a dobijeni rezultati efikasnosti nastavnika primenom ulazno orjentisanog CCR DEA modela (uz pomoć softverskog alata *EMS*) i rang dati su u poslednje dve kolone Tabele 6.12.

Tabela 6.12 Vrednosti ulaza i izlaza, ocena efikasnosti nastavnog rada nastavnika

ID	U1	U2	I1	I2	Indeks efikasnosti	Rang
7	181	80	105	7.24	0,7941	14
10	92	190	87	9.77	1	1
13	473	115	381	7.65	1	1
16	205	200	142	7.62	0,8037	13
24	48	60	37	8.54	1	1
31	99	200	56	8.27	0,6334	26
33	130	160	95	9.31	0,8478	11
38	100	80	55	7.74	0,7262	19
43	205	120	142	7.62	0,8439	12
65	55	120	46	9.02	1	1
67	68	160	42	8.85	0,7649	18
77	130	115	95	9.31	0,8889	9
101	162	200	85	8.13	0,6071	27
111	99	160	56	8.27	0,6524	25
127	323	80	199	7.48	1	1
128	181	190	104	7.24	0,6655	24
129	163	85	85	8.13	0,7697	15
134	99	120	56	8.27	0,6877	21
146	99	120	56	8.27	0,6877	21
172	130	80	95	9.31	0,9373	7
175	131	110	95	9.31	0,8877	10
176	205	80	142	7.62	0,9065	8
178	48	80	37	8.02	0,9683	6
191	99	80	56	8.27	0,7692	16
192	99	85	56	8.27	0,7252	20
193	99	120	56	8.27	0,6877	21
195	96	80	42	8.65	0,769	17

Na osnovu ocene objektivne efikasnosti nastavnog rada, 5 nastavnika ima indeks efikasnosti 1. Čak 29% nastavnika ima indeks efikasnosti veći od 0,9 što znači da je na osnovu ovog objektivnog kriterijuma ocene efikasnosti, skoro trećina nastavnika efikasna. Najmanje efikasan nastavnik ima ID 101, a razlog tome je mala prolaznost na ispitu kod ovog nastavnika.

6.2.2.2. Ocena efikasnosti naučno-istraživačkog rada nastavnika

Rangiranje nastavnika je poslednjih nekoliko godina postalo objektivnije zahvaljujući sistematičnom pristupu, novim metodama, razvijenim akademskim mrežama i bazama podataka (Mester, 2015). Mester (Mester, 2015) navodi da su glavni pokazatelji metrike naučno istraživačkog rada nastavnika: broj citata, h indeks i $i10$ indeks (Na osnovu detaljne analize svih pokazatelja produktivnosti naučno istraživačkog rada, sumirano je da ovi parametri sveobuhvatno opisuju doprinose nastavnika, pa su stoga izabrani kao izlazi u daljoj analizi). H indeks (*Hirsch's h-index*) istraživača, 2005. godine uvodi nemački fizičar Hirč (Hirsch, 2015), i predstavlja onaj najveći h broj, kada se poklapa broj h citata sa brojem h objavljenih radova na koje se isti citati odnose. Indeks $i10$ je uveden 2004. godine na Google Scholar-u i predstavlja ukupan broj objavljenih radova sa po deset ili više od deset citata (<https://scholar.google.com/intl/en/scholar/citations.html>). Ukupan broj citata je odličan pokazatelj jer su podaci javno dostupni, poverljivi, objektivni i prikupljanje je brzo.

Većina nastavnika angažovana je na projektu ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije. Prema postignutim rezultatima u periodu od pet godina, istraživač se svrstava u jednu od šest kategorija: A1-A6; T1-T6 (www.mpn.gov.rs). U zavisnosti kojoj kategoriji pripada, i koje im je naučno zvanje, nastavnicima se isplaćuje honorar na mesečnom nivou. Pored ove zarade, odlukom stručnog kolegijuma, na fakultetu se odobrava i kvota (na godišnjem nivou), koju nastavnici mogu iskoristiti za sufinansiranje učešća na naučnim skupovima. Ukupna vrednost zarade (Troškovi NIR-a) koju nastavnik dobija za svoj naučno istraživački rad, dobija se kalkulacijom navedenih naknada i u daljoj analizi biće uzeta kao vrednosti ulaza.

Pri formulaciji DEA modela, koji se koristi za analizu efikasnosti naučno istraživačkog rada nastavnika, zahteva se da funkcionalna zavisnost ulaza i izlaza ima osobinu izotonosti. Da bi se dokazala matematička osobina izotonosti izvršena je

korelaciona analiza između ulaza i izlaza, na uzorku od 27 nastavnika (Tabela 6.2.), a rezultati deskriptivne statistike dati su u Tabeli 6.13.

Tabela 6.13 Deskriptivna statistika parametara naučno istraživačkog rada

Parametri	Troškovi NIR-a	Broj citata	<i>h</i> indeks	<i>i</i> 10 indeks
Min	58419	683	14	17
Max	9166,67	20	3	1
Srednja vrednost	32153,1	205,18	6,81	5,25
Standardna devijacija	16368,7	161,16	2,74	4,14
<i>Spearman's rho</i> korelacija				
Troškovi NIR-a	1	0,6456	0,6242	0,6161
Broj citata		1	0,9249	0,8915
<i>h</i> indeks			1	0,9442
<i>i</i> 10 indeks				1

Na osnovu datih rezultata vidi se da je koeficijent korelacije pozitivan, i da osobina izotonosti nije narušena. Za rešavanje izlazno orjentisanog CCR DEA modela korišćen je softverski alat *EMS*, a dobijeni rezultati dati su u Tabeli 6.14.

Tabela 6.14 Vrednosti ulaza i izlaza i ocene efikasnosti naučno-istraživačkog rada nastavnika

Nastavnik ID	Ulaz	Izlazi			Indeks efikasnosti	Rang
	Troškovi NIR-a	Broj citata	<i>h</i> indeks	<i>i</i> 10 indeks		
7	34412,94	57	5	1	0,222	23
10	41532,36	218	10	10	0,441	14
13	39054,03	114	4	2	0,162	25
16	58419,04	447	10	12	0,425	17
24	58419,04	311	9	9	0,296	20
31	51382,7	399	10	10	0,431	16
33	44424,08	421	9	7	0,526	10
38	9166,67	91	5	1	0,833	5
43	51008,84	683	14	17	0,744	6
65	9166,67	88	6	2	1	1
67	9166,67	106	6	2	1	1
77	36662,8	289	7	3	0,438	15
101	9166,67	165	6	5	1	1
111	44424,08	118	6	4	0,206	24
127	44511,85	46	4	1	0,137	26
128	9166,67	104	6	5	1	1
129	9166,67	20	3	1	0,5	11
134	36662,8	154	6	5	0,25	22
146	33076,29	279	8	7	0,469	13
172	34412,94	196	7	4	0,316	19
175	39054,03	374	8	5	0,532	9
176	44511,85	418	12	13	0,535	8
178	9166,67	80	4	3	0,667	7
191	9166,67	53	3	2	0,5	11
192	29363,82	82	5	3	0,26	21
193	39054,03	195	8	7	0,329	18
195	34412,94	32	3	1	0,133	27

Na osnovu analize ocene efikasnosti naučno istraživačkog rada, iz Tabele 6.14. može se videti da četiri nastavnika imaju indeks efikasnosti 1.

6.2.3. Agregirana ocena efikasnosti nastavnika

Na osnovu predloženog metodološkog okvira (Slika 6.2.), agregirana ocena efikasnosti nastavnika dobijena je kao suma ocena subjektivne i objektivne efikasnosti pomnoženih vrednostima težinskih koeficijenata dobijenih AHP metodom (poglavlje 6.2.). U Tabeli 6.15. prikazani su konačni rezultati indeksa efikasnosti nastavnika i njihov rang na osnovu dobijenih vrednsoti.

Tabela 6.15. Agregirana ocena efikasnosti nastavnika i konačan rang

Nastavnik ID	Subjektivna ocena efikasnosti	Objektivna ocena efikasnosti		Agregirani indeks efikasnosti	RANG
	Conjoint & DEA (Scenario A)	Nastava	NIR		
7	0,9581	0,989	0,7941	0,9055	9
10	0,9571	0,696	1	0,9177	5
13	0,7913	0,991	1	0,9083	8
16	0,4444	0,742	0,8037	0,6362	27
24	0,8769	0,955	1	0,9376	3
31	0,9857	0,755	0,6334	0,8104	22
33	0,9429	0,979	0,8478	0,9162	7
38	0,8552	1	0,7262	0,8391	18
43	0,9165	0,769	0,8439	0,8593	15
65	0,9765	1	1	0,9898	1
67	0,9586	0,739	0,7649	0,8427	16
77	0,8424	0,991	0,8889	0,8903	11
101	0,95	0,692	0,6071	0,7723	26
111	0,9091	0,761	0,6524	0,7855	25
127	0,8409	0,955	1	0,9221	4
128	0,8667	0,937	0,6655	0,8090	23
129	0,8345	0,947	0,7697	0,8347	19
134	0,95	0,767	0,6877	0,8171	21
146	0,9238	0,767	0,6877	0,8058	24
172	0,86	1	0,9373	0,9172	6
175	0,8211	0,992	0,8877	0,8809	14
176	0,8248	1	0,9065	0,891	10
178	1	1	0,9683	0,9885	2
191	0,8267	1	0,7692	0,8423	17
192	0,9789	0,948	0,7252	0,8810	13
193	0,9733	0,767	0,6877	0,8271	20
195	0,9833	0,889	0,769	0,8863	12

Na osnovu zbirne ocene efikasnosti nastavnici su rangirani. Samo dva nastavnika imaju zbirni indeks efikasnosti iznad 0,95. Rang 1 je dodeljen docentu čiji je ID 65 i on je prvorangiran na osnovu objektivne ocene efikasnosti. Rang 2 je dodeljen asistentu čiji je ID 178, jer on ima malo slabiju ocenu efikasnosti naučno istraživačkog rada, dok je na osnovu merenja efikasnosti nastavnog rada bio prvorangiran.

Najniže rangirani je redovani profesor čiji je ID 16, koji je dobio najlošiju ocenu od strane studenata za nastavni rad. Naučno istraživački rezultati ovog nastavnika su znatno viši od prethodnog rangiranog (ID 101), kome se su prioritet za poboljšanje objektivna ocena nastave i naučno istraživačkog rada. Razlike u vrednostima dobijenih ocena efikasnosti ukazuju na prednosti primene modela ocene efikasnosti nastavnika na osnovu ocena svih kriterijuma njegovog rada.

Dva nastavnika (ID 38 i ID 176) imaju praktično istu ocenu efikasnosti nastave, međutim, nastavnik sa ID 176 dominira nad nastavnikom ID 38 na osnovu naučno istraživačkog rada i deluje kao uzorni model za njega.

Prednost dobijenih rezultata primenom AHP metode za određivanje važnosti kriterijuma potvrđena je na osnovu uporedne analize sa rezultatim dobijenim primenom DEA na istoj bazi. Prema rezultatima dobijenim rešavanjem izlazno orjentisanog CCR DEA modela, gde su ocene efikasnosti po svakom kriterijumu korišćene kao vrednosti izlaza, a za ulaz je uzeta vrednost 1 (*dummy value*) postoji veliki broj efikasnih nastavnika, (čak 10 od 27). To je posledica činjenice da nastavnici imaju bar jednu ocenu jednaku 1 koja se favorizuje pri DEA oceni efikasnosti. Zbog toga su vrednosti ocena na osnovu AHP težina mnogo realnije. Primenom AHP metode omogućeno i potpuno rangiranje nastavnika, sa precizno definisanom rezlikom u indeksu efikasnosti na čak četvrtoj decimali (Tabela 6.17.).

7. Zaključak

Poslednjih godina zabeležen je eksponencijalni rast broja naučno teorijskih diskusija, empirijskih istraživanja i praktičnih primena DEA metode. Razloge naglog rasta je moguće objasniti interdisciplinarnom prirodom ove metodologije, kao i činjenicom da je ona otvorila mogućnosti primene kada drugi pristupi ne daju zadovoljavajuće rezultate zbog kompleksne ili nepoznate prirode veza između višestrukih ulaza i izlaza. Međutim pri implementaciji DEA metode uočene su neke poteškoće posebno vezane za izbor relevantnih kriterijuma iz skupa velikog broja parametara za dati problem, kao i jedinica o kojima se odlučuje. Kao posledica, različite selekcija ulaza i izlaza može se doći do različitih rezultata ocene efikasnosti. U cilju prevazilaženja pomenutih barijera razvijeni su brojni hibridni modeli za povezivanje DEA sa drugim metodama.

U ovoj disertaciji istražena je mogućnost unapređenja DEA metode kroz kombinovanje sa dve dobro poznate metode multiatributivnog odlučivanja, Conjoint analizom i AHP metodom. Shodno postavljenim ciljevima istraživanja, najpre su prikazani postojeći pregledi mogućnosti kombinovanja i zajedničke primene integracija DEA sa Conjoint analizom i AHP metodom (poglavlje 4.), kao i komparativna analiza ove dve multiatributivne metode (poglavlje 3.3.), dok je u petom poglavlju dat originalni metodološki okvir koji je ukazao na niz prednosti u odnosu na pojedinačnu primenu DEA metode.

Osnovna zamerka koja se odnosi na dosadašnju primenu DEA metode jeste što autori relativno malo pažnje posvećuje načinu izbora ulaza i izlaza. U dosadašnjim istraživanjima autori nisu koristili Conjoint analizu kao pomoć pri smanjenju broja kriterijuma i definisanje vrednosti težinskih koeficijenata. Opis Conjoint analize, faze u implementaciji i pregled primena u praksi, dat su u trećem poglavlju rada. U šestom poglavlju je na realnom primeru pokazano da se Conjoint analizom mogu odrediti preferencije studenata na osnovu kojih analitičar smanjuje broj kriterijuma, tako što ih rangira po značajnosti, sa jedne strane, a sa druge, sužavanjem dopustive oblasti rešenja uvođenjem ograničenja za težinske koeficijente omogućena je bolja diskriminacija efikasnosti posmatranih DMU i olakšano je njihovo rangiranje čime su potvrđene sledeće pojedinačne hipoteze:

- Korišćenjem Conjoint analize mogu se dobiti podaci o preferencijama koji se mogu kvalitetno upotrebiti u DEA metodi.
- Zajedničkim korišćenjem DEA i Conjoint analize prevazilaze se nedostaci pojedinačne i nezavisne primene DEA metode.
- Conjoint analiza metoda se može uspešno koristiti za definisanje težina kriterijuma u DEA.
- Conjoint analiza se može koristiti za izbor ulaza i izlaza u DEA metodi.

S obzirom da je svrha svakog entiteta da obezbedi najpouzdaniju, korisnu i jeftinu poslovnu analizu, DEA je efikasan alat za ocenjivanje i upravljanje operativnim performansama u širokom spektru performansi koja može biti od pomoći menadžmentu da olakša ovaj proces i usredsredi na ključne poslovne kompetencije. Iako je moguće koristiti sve ulaze i izlaze za procenu efikasnosti nekog entiteta, u slučaju da neka DMU ima bar za jedan kriterijum značajno veću vrednost parametra to može dovesti do teškoća u razlikovanju zaista efikasnih jedinice u odnosu na neefikasne. Pored neosporne činjenice da su ove jedinice po nekom kriterijumu efikasne potrebno je uvažavanje i ostalih vrednosti parametara, koji konačno utiču na rezultat efikasnosti. Uvažavanje svih kriterijuma, zahteva dodatnu analizu kojom će se sagledati vrednosti svih parametara posmatranog entiteta što se u disertaciji postiglo primenom AHP metode.

Primena AHP metode omogućila je struktuiranje problema u procesu odlučivanja, definisanje važnosti ključnih kriterijuma čime su omogućena sistematizacija i otklonjene dosadašnje slabosti prilikom merenja efikasnosti u slučaju da vrednosti parametara predstavljaju indekse efikasnosti i imaju vrednost 1. Na osnovu rezultata sprovedene empirijske studije u poglavlju šest, potvrđene su sledeće hipoteze:

- AHP metoda se može uspešno koristiti za potpuno rangiranje DMU
- Koncepti AHP metode se mogu uspešno integrisati u DEA metodu.
- Zajedničkim korišćenjem DEA i AHP prevazilaze se nedostaci pojedinačne i nezavisna primena DEA metode.

Produktivnost sistema visokog obrazovanja ima višedimenzionalni karakter jer se odnosi na upravljanje znanjem kroz različite aktivnosti nastave i naučno-istraživačkog rada. Stoga, ocena performansi nastavnika predstavlja izazovno pitanje, jer obuhvata i objektivne i subjektivne kriterijume. Iako ovi kriterijumi veoma dobro definisani i često korišćeni u analizama, primetna je da je u manjoj meri upotreba sofisticiranih istraživačkih tehnika, pa se može zaključiti da je ova slabost izvanredna prilika za istraživače koji žele da daju svoj doprinos ovoj temi. U šestom poglavlju je potvrđena mogućnost upotrebe originalnog metodološkog okvir za egzaktno merenje i praćenje efikasnosti nastavnika na fakultetu, čime su potvrđene pojedinačne hipoteze:

- Rezultati metodologije bazirane na združenoj primeni DEA i Conjoint analizi mogu se uspešno koristiti za određivanje efikasnosti nastavnika na Univerzitetu.
- Rezultati metodologije bazirane na združenoj primeni DEA i AHP mogu se uspešno koristiti za određivanje efikasnosti nastavnog i naučno istraživačkog rada nastavnika na Univerzitetu.

Doprinosi

Istraživanjem koje je urađeno u disertaciji, ostvareni su brojni kako naučni, tako i stručni i društveni doprinosi. Od toga posebno se mogu izdvojiti sledeći:

- Razvijen je originalni metodološki okvir koji za ocenu efikasnosti uzima u obzir i subjektivne i objektivne kriterijume;
- Potvrđena je upotrebna vrednost predloženog metodološkog okvira za merenje efikasnosti;
- Izvršen je detaljan pregled dosadašnjih istraživanja za merenje efikasnosti nastavnog i naučno istraživačkog rada nastavnika;
- Dat je detaljan pregled dosadašnje integracije DEA sa AHP metodom i Conjoint analizom kao i uporedna analiza ove dve multiatributivne metode;
- Primena predloženog metodološkog okvira omogućava jednostavnu interpretaciju dobijenih rezultata efikasnosti nastavnika, uključuje (objedinjuje) sve kriterijumi koji opisuju rad nastavnika i daje jasan uvid u to koja je ocena loša i koji je kriterijum uzrok tome.

Budući pravci istraživanja

Sprovedena istraživanja prikazana u disertaciji mogu se nastaviti kroz sledeće pravce:

- Dalji razvoj i usavršavanje metodološkog okvira koji je usmeren na procedure unapređenja i procene svih univerzitetskih nastavnika prema svim relevantnim kriterijumima.
- Šire polje primene metodološkog okvira na nivou drugih oblasti koje podrazumevaju merenje zadovoljstva korisnika uslugama.
- Jedan od budućih pravaca istraživanja bilo bi formiranje baze podataka koja će sadržati sve podatke o svim nastavnicima na Univerzitetu. S obzirom da je najveći problem u istraživanju bio vezan za dostupnost podataka, formiranje baze omogućići će i detaljniju analizu po svim parametarima.

Literatura

1. Abbot, M., & Doucoliagos, C. (2003). The efficiency of Australian universities: a data envelopment analysis. *Economics of Education Review*, 22, 89–97.
2. Abd Aziz, N., Janor, R. M., & Mahadi, R. (2013). Comparative departmental efficiency analysis within a university: a DEA approach. *Procedia. Social and Behavioral Sciences*, 90, 540–548.
3. Agarwal, M. K., & Green, P. E., (1991). Adaptive conjoint analysis versus self-explicated models: Some empirical results. *International Journal of Research in Marketing*, 8, 141-146.
4. Agasisti, T., & Dal Bianco, A. (2006). Data envelopment analysis to the Italian university system: theoretical issues and policy implications. *International Journal of Business Performance Management*, 8(4), 344–367.
5. Agasisti, T., & Dal Bianco, A. (2009). Measuring efficiency of higher education institutions. *International Journal of Management and Decision Making*, 10(5-6), 443–465.
6. Agasisti, T., & Johnes, G. (2009). Beyond frontiers: comparing the efficiency of higher education decision-making units across more than one country. *Education Economics*, 17(1), 59–79.
7. Allenby, G. M., & Arora, N., (1995). Incorporating Prior Knowledge into the Analysis of Conjoint Studies. *Journal of Marketing Research*, 32(2), 152-163.
8. Alphonse, C.B., (1997). Application of the Analytic Hierarchy Process in agriculture in developing countries. *Agricultural Systems*, 53, 97-112.
9. Anderson, D.R., Sweeney, D.J., Williams, T.A., Camm, J.D., & Martin, K., (2012). *An Introduction to Management Science: Quantitative Approaches to Decision Making*, South-Western Cengage Learning.
10. Ar, M. I., & Kurtaran, A., (2013). Evaluating the Relative Efficiency of Commercial Banks in Turkey: An Integrated AHP/DEA Approach. *International Business Research*, 6(4), 129-146.
11. Avilés, S., Güemes, D., Cook, W., & Cantú, H. (2015). Time-staged outputs in DEA. *Omega*, 55, 1–9.
12. Avrikan, N. (2001). Investigating technical and scale efficiencies of Australian universities through envelopment analysis. *Socio-Economics Planning Sciences*, 35, 57–80.
13. Azadeh, A., Ghaderi, S. F., & Izadbakhsh, H., (2008). Integration of DEA and AHP with computer simulation for railway system improvement and optimization. *Applied Mathematics and Computation*, 195(2), 775-785.
14. Azadeh, A., Ghaderi, S.F., Mirjalili, M., & Moghaddam, M., (2011). Integration of analytic hierarchy process and data envelopment analysis for assessment and

- optimization of personnel productivity in a large industrial bank. *Expert Systems with Applications*, 38(5), 5212-5225.
15. Bacon, D. R., Zheng, Y., Stewart, K. A., Johnson, C. J., & Paul, P. (2016). Using Conjoint Analysis to Evaluate and Reward Teaching Performance. *Marketing Education Review*, 26(3), 143-153.
 16. Badri, M. A., & Abdulla, M. H., (2004). Awards of excellence in institutions of higher education: an AHP approach. *International Journal of Educational Management*, 18(4), 224-242.
 17. Banker, R. D., Charnes, A., & Cooper, W. W., (1984). Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Sciences*, 30, 1078-1092.
 18. Barr, R.S., (2004). DEA Software Tool and Technology: A State-of-the-Art survey. In W.W. Cooper et al. eds. *Handbook of Data Envelopment Analysis*, Kluwer Academic Publishers, Boston, 539-566.
 19. Batsell, R.R., & Lodish, L.M., (1981). A model and measurement methodology for predicting individual consumer choice. *Journal of Marketing Research*, 18 (1), 1-12.
 20. Beasley, J. E. (1995). Determining teaching and research efficiencies. *Journal of the operational research society*, 46(4), 441-452.
 21. Bowlin, W., (1998). Measuring Performance, An Introduction to Data Envelopment Analysis. *Journal of Cost Analysis*, 7, 3-27.
 22. Buschken, J. (2009). When does data envelopment analysis outperform a naive efficiency measurement model?. *European Journal of Operational Research*, 192, 647-657.
 23. Cai, Y.Z., & Wu, W.J., (2001). Synthetic Financial Evaluation by a Method of Combining DEA with AHP. *International Transactions in Operational Research*, 8, 603-609.
 24. Carroll, J.D., (1972). Individual Differences and Multidimensional Scaling, In R.N. Shepard, A.K. Romney, and S.B. Nerlove (Eds.), *Multidimensional Scaling: Theory and Applications in the Behavioral Sciences*. Vol. 1, New York: Seminar Press.
 25. Cattin, P., & Wittink, D. R., (1982). Commercial use of Conjoint Analysis: A Survey. *Journal of Marketing*, 46, 44-53.
 26. Chang, T., Chung, P., & Hsu, S. (2012). Two-stage performance model for evaluating the managerial efficiency of higher education: application by the Taiwanese tourism and leisure department. *Journal of Hospitality, Leisure, Sport & Tourism Education*, 11, 168-177.
 27. Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E., (1978). Measuring Efficiency of Decision Making Units. *European Journal of Operational Research*, 2 (6), 429-444.
 28. Charnes, A., Cooper, W. W., Lewin, A. Y., & Seiford, L. M., (1994). *Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology and Application*. Kluwer Academic Publishers.

29. Chen, J. F., Hsieh, H. N., & Do, Q. H., (2015). Evaluating teaching performance based on fuzzy AHP and comprehensive evaluation approach. *Applied Soft Computing*, 28, 100-108.
30. Choi, S.C., & DeSarbo, W.S., (1994). A Conjoint-based Product Designing Procedure Incorporating Price Competition. *Journal of Product Innovation Management*, 11, 451-459.
31. Churchill, G., & Iacobucci, D., (2002). *Marketing Research, Methodological Foundations*. 8th Ed. London. Harcourt Publishing.
32. Coelli, T., (1996). A guide to DEAP version 2.1: a data envelopment analysis (computer) program. Centre for Efficiency and Productivity Analysis, University of New England, Australia.
33. Colbert, A., Levary, R., & Shaner, M. (2000). Determining the relative efficiency of MBA programs using DEA. *European Journal of Operational Research*, 125, 656–669.
34. Cooper, W.W., Seiford, L. M., & Tone, K., (2000). *Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software*, Kluwer Academic Publishers: Boston.
35. Cooper, W.W., Seiford, L.M., & Tone, K., (2006). *Introduction to Data Envelopment Analysis and Its Use with DEA-Solver Software*. Springer Science Business Media, Inc.
36. Cornelius-White, J. (2007). Learner-centered teacher-student relationships are effective: A meta-analysis. *Review of Educational Research*, 77, 113-143.
37. Čupić, M., Tummala, R.V.M., & Suknović, M., (2003). *Odlučivanje - formalni pristup*. Beograd: FON
38. Danner, M., Vennedey, V., Hiligsmann, M., Fauser, S., Gross, C., & Stock, S., (2017). Comparing Analytic Hierarchy Process and Discrete-Choice Experiment to Elicit Patient Preferences for Treatment Characteristics in Age-Related Macular Degeneration. *Value in Health*, 20(8), 1166-1173.
39. Dommeyer, C. J., Baum, P., Chapman, K., & Hanna, R. W. (2002). Attitudes of Business Faculty Towards two Methods of Collecting Teaching Evaluations: Paper vs. Online. *Assessment and evaluation in Higher Education*, 27(5), 455- 462.
40. Edirisinghe, N. C., & Zhang, X., (2007). Generalized DEA model of fundamental analysis and its application to portfolio optimization. *Journal of Banking & Finance*, 31, 3311–3335.
41. Emrouznejad A., & Thanassoulis E., (2004). *Performance Improvement Management DEASoft-V1, User Guide*.
42. Emrouznejad, A., & Witte, K., (2010). COOPER-framework: A unified process for non-parametric projects. *European Journal of Operational Research*, 207, 1573–1586.
43. Emrouznejad, A., & Yang, G. L., (2018). A survey and analysis of the first 40 years of scholarly literature in DEA: 1978–2016. *Socio-Economic Planning Sciences*, 61, 4-8.

44. Emrouznejad, A., Parker, B., & Tavares, G., (2008). Evaluation of research in efficiency and productivity: A survey and analysis of the first 30 years of scholarly literature in DEA. *Journal of Socio-Economics Planning Science*, 42(3) 151-157.
45. Entani, T., Ichihashi, H. & Tanaka, H., (2004). Evaluation Method Based on Interval AHP and DEA. *Central European Journal of Operations Research*, 12, 25-34.
46. Ertay, T., Ruan, D., & Tuzkaya, U. R. (2006). Integrating data envelopment analysis and analytic hierarchy for the facility layout design in manufacturing systems. *Information Sciences*, 176(3), 237-262.
47. European Commission (2009). Study on the efficiency and effectiveness of public spending on tertiary education. European Economy Economic Papers 390.
48. Farrell, M.J., (1957). The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of Royal Statistical Society, Series A*, 120 (3), 253-290.
49. Feng, Y. J., Lu, H., & Bi, K., (2004). An AHP/DEA method for measurement of the efficiency of R&D management activities in university. *International Transactions in Operational Research*, 11, 181–191.
50. Ferreira Filho, A. J., Salomon, V. A., & Marins, F. A. (2007). Measuring the efficiency of outsourcing: an illustrative case study from the aerospace industry. In *Complex Systems Concurrent Engineering* (pp. 819-826). Springer, London.
51. Fishbein, M., (1963). An investigation of relationships between beliefs about an object and the attitude toward that object. *Human Relations*, 16, 233-240.
52. Flanders, N., (1970). Analyzing teacher behavior. Reading, MA: Addison-Wesley
53. Flegg, A. T., Allen, D. O., Field, K., & Thurlow, T. W. (2004). Measuring the efficiency of British universities: a multi- period data envelopment analysis. *Education Economics*, 12(3), 231-249.
54. Flégl, M., & Vlatavská, K. (2013). Efficiency at faculties of economics in the Czech republic higher education institutions: two different approaches. *International Education Studies*, 6(10), 1–12.
55. Forman, E., & Gass, S., (2001). The Analytic Hierarchy Process – An Exposition, *Operations Research*, 49, 469-486.
56. Fuentes, R., Fuster, B., & Lillo-Bañuls, A. (2016). A three-stage DEA model to evaluate learning-teaching technical efficiency: Key performance indicators and contextual variables. *Expert Systems with Applications*, 48, 89-99.
57. García Aracil, A., López Iñesta, E., & Palomares, D. (2009). An analysis of the Spain public universities missions in efficiency terms. XVIII Jornadas de la Asociación Económica de la Educación Valencia, España.
58. Glass, J. C., McCallion, G., Mckillop, D., Rasaratmen, & Stringer, K. (2006). Implications of variant efficiency measures for policy evaluations in UK higher education. *Socio Economic Planning Sciences*, 40, 119–142.
59. Golany, B., & Roll, Y., (1989). An application procedure for DEA. *OMEGA*, 17 (3), 237–250.

60. Golden, B., Wasil, E., & Harker, P., (1989). The Analytic Hierarchy Process: Applications and Studies. Heidelberg: Springer-Verlag.
61. Green, P. E., & Krieger, A. M., (1994). A Hybrid Conjoint Model with Iterative Response Scale Adjustment. *Proceedings of the Academy of Marketing Science*, 17, 273-279.
62. Green, P. E., & Rao, V.R., (1971). Conjoint Measurement for Quantifying Judgmental Data. *Journal of Marketing Research*, 8, 355-363.
63. Green, P. E., & Srinivasan, V., (1978). Conjoint Analysis in Consumer Research: Issues and Outlook. *Journal of Consumer Research*, 5, 103-123.
64. Green, P. E., & Wind, Y., (1973). Multiattribute Decisions in Marketing: A Measurement Approach. Hinsdale, IL: The Dryden Press.
65. Green, P. E., & Wind, Y., (1975). New Way to Measure Consumer Judgments. *Harvard Business Review*, 53 (July-August), 107-117.
66. Green, P. E., Krieger, A. M., & Wind, Y. (2001). Thirty years of conjoint analysis: Reflections and prospects. *Interfaces*, 31(3_supplement), S56-S73.
67. Gregory, A., & Korth, J., (2016). Teacher–student relationships and behavioral engagement in the classroom. In K. Wentzel & G. Ramani (Eds.) *Handbook of social Influences in school contexts: Social-emotional, motivation, and cognitive outcomes* (pp. 178–191). New York, NY: Taylor & Francis.
68. Guan, J., & Chen, K., (2012). Modeling the relative efficiency of national innovation systems. *Research Policy*, 41(1), 102-115.
69. Guccio, C., Martorana, M. F., & Mazza, I. (2016). Efficiency assessment and convergence in teaching and research in Italian public universities. *Scientometrics*, 107(3), 1063-1094.
70. Hair, J. F., Anderson, R. E., Tatham, R. L., & Black, W. C., (1995). Conjoint Analysis, in: *Multivariate Data Analysis*, Prentice Hall, Englewood Cliffs NJ, 556-599.
71. Harker, P., & Vargas, L., (1987). The Theory of Ratio Scale Estimation: Saaty's Analytic Hierarchy Process. *Management Science*, 33(11), 1383-1403.
72. Harrison, R. W., Ozayan, A., & Meyers, S. P., (1998). A conjoint analysis of new food products processed from underutilized small crawfish. *Journal of Agricultural and Applied Economics* 30(2), 257-265.
73. Hartmann, A., & Sattler, H. (2004). Wie robust sind Methoden zur Präferenzmessung?. in: *Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung (zfbf)*, 56 (2), 3-22.
74. Hattie, J., & Marsh, H. W. (1996). The relationship between research and teaching in universities. *Review of Educational Research*, 66, 507-542.
75. Helm, R., Scholl, A., Manthey, L. & Steiner, M. (2004). Measuring customer preferences in new product development: comparing compositional and decompositional methods, *International Journal of Product Development*, 1(1): 12–29.

76. Helm, R., Steiner, M., Scholl, A. & Manthey, L. (2008). A Comparative Empirical Study on common Methods for Measuring Preferences, *International Journal of Management and Decision Making*, 9 (3), 242-265.
77. Hirsch, J. E., (2005). An index to quantify an individual's scientific research output, *PNAS*, 102 (46), 16569–16572.
78. Ho, W., & Ma, X., (2018). The state-of-the-art integrations and applications of the analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, 267 (2), 399-414.
79. Ho, W., (2008). Integrated analytic hierarchy process and its applications - A literature review, *European Journal of Operational Research*, 186, 211-228.
80. Holger, S., (2000). EMS: Efficiency Measurement System User's Manual, Version 1.3.
81. <http://www.banxia.com/>
82. <http://www.deazone.com/>
83. <http://www.decisionlens.com/>
84. <http://www.expertchoice.com/>
85. <http://www.mpn.gov.rs/wp-content/uploads/2016/04/АКТ-О-ФИНАНСИРАЊУ-13-април.pdf>
86. <http://www.saitech-inc.com/>
87. <http://www.sawtoothsoftware.com/ssolutions.shtml>.
88. <http://www.superdecisions.com/>
89. <https://scholar.google.com/intl/en/scholar/citations.html>
90. Huber J.C., Wittink, D.R., Fiedler, J.A., & Miller, R.L., (1993). The Effectiveness of Alternative Preference Elicitation Procedures in Predicting Choice. *Journal of Marketing Research*, 30, 105-114.
91. Hughes A.Y.S., (2004). Sensivity and Dimensionality Tests of DEA Efficiency Scores. *European Journal of Operational Research*, 154 (2), 410-422.
92. Ijzerman, M. J., Van Til, J. A., & Bridges, J. F., (2012). A comparison of analytic hierarchy process and conjoint analysis methods in assessing treatment alternatives for stroke rehabilitation. *The Patient-Patient-Centered Outcomes Research*, 5(1), 45-56.
93. Ijzerman, M. J., van Til, J. A., & Snoek, G. J., (2008). Comparison of two multi-criteria decision techniques for eliciting treatment preferences in people with neurological disorders. *The Patient: Patient-Centered Outcomes Research*, 1(4), 265-272.
94. Immordino-Yang, M.H. & Damasio, A.R. (2007). We Feel, Therefore We Learn: The Relevance of Affective and Social Neuroscience to Education. *Mind, Brain, and Education*. 1 (1).

95. Jerkins, L., & Anderson, M., (2003). A Multivariate Statistical Approach to Reducing the Number of Variables in Data Envelopment Analysis. *European Journal of Operational Research*, 147, 51-61.
96. Johnes, J. (2006a). Measuring teaching efficiency in higher education: An application of data envelopment analysis to economics graduates from UK Universities 1993. *European Journal of Operational Research*, 174, 443–456.
97. Johnes, J. (2006b). Data envelopment analysis and its application to the measurement of efficiency in higher education. *Economics of Education Review*, 25, 273–288.
98. Johnson, C., (1987). Numerical Solution of Partial Differential Equations by the Finite Element Method, Cambridge University Press, Cambridge-Lund.
99. Johnson, F. R., & Desvousges, W. H., (1995). Conjoint analysis of individual and aggregate environmental preferences, TER Technical Working Paper No. T-9502.
100. Johnson, R. M., (1991). Comment on Adaptive conjoint analysis: Some caveats and suggestions. *Journal of Marketing Research*, 28, 223-225.
101. Joro, T., (1998). Models for Identifying Target Units in Data Envelopment Analysis: Comparison and Extension. Laxenburg: IIASA
102. Joumady, O., & Ris, C. (2005). Performance in European higher education. A non-parametric production frontier approach. *Education Economics*, 13(2), 189–205.
103. Jyoti, T., Banwet, D. K., & Deshmukh, S. G., (2008). Evaluating performance of national R&D organizations using integrated DEA-AHP technique. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 57 (5), 370-388.
104. Kallas, Z., Lambarraa, F., & Gil, J. M., (2011). A stated preference analysis comparing the analytical hierarchy process versus choice experiments. *Food quality and preference*, 22(2), 181-192.
105. Kao, C. H., & Hungb, H.-T. (2008). Efficiency analysis of university departments: an empirical study. *Omega*, 36, 653–664.
106. Karlsson J., (1998). A systematic approach for prioritizing software requirements. Ph.D. dissertation, No. 526, Linkoping, Sverige.
107. Kempkes, G., & Pohl, C. (2010). The efficiency of German universities—Some evidence from nonparametric and parametric methods. *Applied Economics*, 42, 2063–2079.
108. Kong, W., & Fu, T., (2012). Assessing the Performance of Business Colleges in Taiwan Using Data Envelopment Analysis and Student Based Value-Added Performance Indicators. *Omega*, 40, 541-549.
109. Korhonen, P.J., Tainio, R., & Wallenius, J., (2001). Value efficiency analysis of academic research. *European Journal of Operational Research*, 130(1), 121-132.
110. Korpela, J., Lehmusvaara, A., & Nisonen, J., (2007). Warehouse operator selection by combining AHP and DEA methodologies. *International Journal of Production Economics*, 108, 135-142.

111. Kotler, P., (2000). *Marketing Management, The Millennium Edition*, Prentice Hall, London.
112. Kotsemir, M.N., (2013). Measuring national innovation systems efficiency—a review of DEA approach. Basic research program working papers series: science, technology and innovation WP BRP 16/STI/2013. National research university higher school of economics.
113. Krantz, D. H., Luce, D., Suppes, P., & Tversky, A., (1971). *Foundations of Measurement*, Academic Press, New York.
114. Krčevinac, S., Čangalović, M., Kovačević-Vujičić, V., Martić, M., & Vujošević, M. *Operaciona Istraživanja*, Fakultet organizacionih nauka, Beograd, 2004.
115. Kruskal, J.B., (1965). Analysis of factorial experiments by estimating monotone transformations of the data. *Journal of the Royal Statistical Society, Series B*, 27, 251-263.
116. Kuhfeld, W. F., (2001). Multinomial logit, discrete choice modeling. An introduction to designing choice experiments, and collecting, processing and analyzing choice data with SAS.SAS Institute TS-643.
117. Kumar, S., & Vaidya, O., (2006). Analytic hierarchy process: An overview of applications, *European Journal of Operational Research*, 169, 1-29.
118. Kuzmanović, M., (2006). *Kvantitativne metode u upravljanju marketingom: Primena Conjoint analize*, Društvo operacionih istraživača, Beograd.
119. Kuzmanović, M., (2011). *Model nekooperativnog strateškog ponašanja oligopola baziran na teoriji igara i conjoint analizi*, Doktorska disertacija. Fakultet organizacionih nauka, Beograd.
120. Kuzmanović, M., Popović, M., & Savić, G., (2012). Using Conjoint Analysis to Elicit Students' Preferences Towards Various Aspects of University Teaching. *Proceedings of International Conference on Information Technology and Development of Education - ITRO 2012*, Zrenjanin, Serbia, 21-26, ISBN: 978-86-7672-167-2
121. Kuzmanović, M., Savić, G., Andrić-Gušavac, B., Makajić-Nikolić, D. & Panić B. (2013a). A Conjoint-based approach to student evaluations of teaching performance. *Expert Systems With Applications*, 40(10), 4083-4089.
122. Kuzmanović, M., Savić, G., Popović, M., & Martić, M. (2013). A new approach to evaluation of university teaching considering heterogeneity of students' preferences. *Higher Education*, 66(2), 153-171.
123. Lancaster, K., (1966). A new approach to consumer theory. *Journal of Political Economy*, 74, 132-157
124. Lee, A.H.I., Lin, C.Y., Kang, H.Y. & Lee, W.H. (2012) An Integrated Performance Evaluation Model for the Photovoltaics Industry. *Energies*, 5, 1271-1291.

125. Lee, S.H., (2010). Using fuzzy AHP to develop intellectual capital evaluation model for assessing their performance contribution in a university. *Expert Systems with Applications*, 37(7), 4941-4947.
126. Leigh, T. W., Mackay, D.B., & Summers, J.O., (1984). Reliability and Validity of Conjoint Analysis and Self-Explicated Weights: A Comparison. *Journal of Marketing Research*, 21 (November), 456-62.
127. Letcher, D.W. & Neves J.S. (2010). Determinant of undergraduate business student satisfaction. *Research in Higher Education Journal*, 1-26.
128. Levin, B. (1979). Teacher evaluation—A review of research. *Educational Leadership*, 37(3),240-245
129. Liberatore, M., & Nydick, R., (2008). The analytic hierarchy process in medical and health care decision making: A literature review. *European Journal of Operational Research*, 189, 194-207.
130. Lin, M., Lee, Y., & Ho, T., (2011). Applying integrated DEA/AHP to evaluate the economic performance of local governments in china. *European Journal of Operational Research*, 209 (2), 129-140.
131. Looney, J. (2011). Developing High-Quality Teachers: Teacher Evaluation for Improvement. *European Journal of Education*, 46, 440-455.
132. Louviere, J. J., & Woodworth, G.G., (1983). Design and Analysis of Simulated Consumer Choice or Allocation Experiments: An Approach Based on Aggregate Data. *Journal of Marketing Research*, 20, 350-367.
133. Louviere, J. J., (1988). Analyzing decision making: Metric conjoint analysis. Newbury Park.
134. Lozano, S., & Villa, G., (2009). Multi-objective target setting in data envelopment analysis using AHP. *Computers & Operations Research*, 36, 549-564.
135. Luce, R.D., & Tukey, J.W., (1964). Simultaneous Conjoint Measurement: A New Type of Fundamental Measurement. *Journal of Mathematical Psychology*, 1, 1-27.
136. Malešević, D., Adamović, Z., & Đurić, Z. (2011). The influence of competences of a teacher on the quality of professional education,. *Technics Technologies Education Management-TTEM*, 6(4), 1100-1109.
137. Marsh, H. W. (1984). Students' evaluations of university teaching: Dimensionality, reliability, validity, potential biases, and utility. *Journal of Educational Psychology*, 76, 707-754.
138. Marsh, H. W. (1987). Students' evaluations of university teaching: Research findings, methodological issues, and directions for further research. *International Journal of Educational Research*, 11, 253- 388.
139. Marsh, H. W. (2007). Self-concept theory, measurement and research into practice: The role of self-concept in educational psychology. Leicester: British Psychological Society.

140. Marsh, H.W. & Hattie, J. (2002). The relation between research productivity and teaching effectiveness—Complementary, antagonistic, or independent constructs?. *Journal of Higher Education*, 73(5), 603-641.
141. Martić, M., & Popović, G. (2001). An application of DEA for comparative analysis and ranking of regions in Serbia with regards to social-economic development, *European Journal of Operational Research*, 132, 343–356.
142. Martić, M., (1999). Analiza obavijenih podataka sa primenama, Doktorska disertacija. Beograd: Srbija.
143. McFadden, D., (1973). Conditional logit analysis of qualitative choice behavior. P. Zarembka (ed.), *Frontiers in Econometrics*. New York: Wiley, 105-135.
144. McKeachie, W. J. (1997). Student Ratings: The Validity of Use. *American Psychologist*, 52, 1218–1225.
145. Meng, W., Zhang, D., & Liu, W., (2007). Multi-level DEA approach in research evaluation. Working Paper 140, Kent Business School, Canterbury.
146. Meng, W., Zhang, D., Qi, L., & Liu, W., (2008). Two-level DEA approaches in research evaluation. *Omega*, 36(6), 950–7.
147. Mester, G. L. (2015). Measurement of results of scientific work. *Tehnika*, 70(3), 445-454.
148. Mohajeri, N., & Amin, G., (2010). Railway station site selection using analytical hierarchy process and data envelopment analysis. *Journal Computers and Industrial Engineering archive*, 59(1), 107-114.
149. Mondada, L. (2006). Video Recording as the Reflexive Preservation and Configuration of Phenomenal Features for Analysis In: Knoblauch, H., Raab, J., Soeffner, H.-G., Schnettler, B. (Eds.), *Video Analysis*. Bern: Lang.
150. Montoneri, B., Lee, C. C., Lin, T. T., & Huang, S. L. (2011). A learning performance evaluation with benchmarking concept for English writing courses. *Expert Systems with Applications*, 38(12), 14542–14549.
151. Montoneri, B., Lee, C. C., Lin, T. T., & Huang, S. L. (2012). Application of data envelopment analysis on the indicators contributing to learning and teaching performance. *Teaching and Teacher Education*, 28(3), 382–395.
152. Morita, H., & Avkiran, K. N., (2009). Selecting inputs and outputs in data envelopment analysis by designing statistical experiments. *Journal of the Operations Research, Society of Japan*, 52 (2), 163-173.
153. Morita, H., & Haba, Y., (2005). Variable selection in data envelopment analysis based on external information. *Proceedings of the eighth Czech-Japan Seminar on Data Analysis and Decision Making under Uncertainty*, (181–187).
154. Mulye, R., (1998). An empirical comparison of three variants of the AHP and two variants of conjoint analysis, *Journal of Behavioral Decision Making*, 11, 263-280.
155. Omkarprasad, V., & Sushil, K., (2006). Analytic hierarchy process: an overview of applications. *European Journal of Operational Research*, 169, 1-29.

156. Onwuegbuzie, A. J., Daniel, L. G., & Collins, K. M. T. (2009). A meta-validation model for assessing the score-validity of student teacher evaluations. *Quality and Quantity: International Journal of Methodology*, 43, 197–209.
157. Oppewal, H., & Vriens, M., (2000). Measuring perceived service quality using integrated conjoint experiments. *International Journal of Bank Marketing*, 18(4), 154-169.
158. Orme, B., (2002). Introduction to Market Simulators for Conjoint Analysis, Sawtooth Software.
159. Orme, B., (2006). Sample Size Issues for Conjoint Analysis (Chapter 7). Getting Started with Conjoint Analysis: Strategies for Product Design and Pricing Research. Reprinted from Orme B (2006). Madison, Wis., Research Publishers LLC.
160. Pakkar, M. S. (2014). Using DEA and AHP for ratio analysis. *American Journal of Operations Research*, 4(1), 268-279.
161. Pakkar, M. S., (2015). An integrated approach based on DEA and AHP. *Computational Management Science*, 12(1), 153-169.
162. Peaw, T.L., & Mustafa, A., (2006). Incorporating AHP in DEA Analysis for Smartphone Comparison. Proceedings of the 2nd IMT-GT Regional Conference on Mathematics, Statistics and Applications Universiti Sains Malaysia, Penang.
163. Pianta, R.C., & Hamre, B. K., (2009). Conceptualization, measurement, and improvement of classroom processes: Standardized observation can leverage capacity. *Educational Researcher*, 38, 109–119.
164. Pietrzak, D., Duncan, K., & Korcuska, J. S. (2008). Counseling students' decision making regarding teaching effectiveness: A conjoint analysis. *Counselor Education and Supervision*, 48(2), 114-132.
165. Podinovski, V. V. (1999). Side effects of absolute weight bounds in DEA models. *European Journal of Operational Research*, 115(3), 583-595.
166. Podinovski, V. V., & Athanassopoulos, A. D. (1998). Assessing the relative efficiency of decision making units using DEA models with weight restrictions. *Journal of the Operational Research Society*, 49(5), 500-508.
167. Popović, G., (2006). Ocena efikasnosti kreditnih programa pomoću analize obavljanja podataka, magistarski rad. Beograd, FON.
168. Premachandra, I.M., (2001). Controlling factor weights in data envelopment analysis by Incorporating decision maker's value judgement: An approach based on AHP. *Journal of Information and Management Science*, 12, 1-12.
169. Ramanathan, R., (2006). Data envelopment analysis for weight derivation and aggregation in the analytical hierarchy process. *Computers & Operations Research*, 33, 1289-1307.
170. Rao, V. R., (1977). Conjoint measurement in Marketing analysis. In: Sheth, J.N. (Ed.) *Multivariate Methods for Market and Survey Research*, Chicago: American Marketing Association, 257-286.

171. Raut, R. D., (2011). Environmental performance: A hybrid method for supplier selection using AHP- DEA. *International Journal of Business Insights & Transformation*, 5(1), 16-29.
172. Reverte, C., & Guzman, I. (2010). The Predictive Ability of Relative Efficiency for Future Earnings: An Application Using Data Envelopment Analysis to Spanish SMEs. *Applied Economics*, 42(21), 2751-2757.
173. Rezaie, K., Nazari-Shirkouhi, S., Alem, S.M., & Hatami-Shirkouhi, L., (2010). Using Data Envelopment Analysis and Analytical Hierarchy Process Model to Evaluate Flexible Manufacturing Systems. *Australian Journal of Basic Applied Sciences*, 4(12), 6461-6469.
174. Rouyendegh, B. D., & Erkan, T. E., (2010). The DEA-AHP hybrid ranking model applied 4 star hotels in Ankara. *Gazi Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 12(3), 69-90.
175. Rubie-Davies, C. M. (2007). Classroom interactions: Exploring the practices of high and low expectation teachers. *British Journal of Educational Psychology*, 77, 289–306.
176. Saaty, T. L., (1977). A scaling method for priorities in hierarchical structures, *Journal of Mathematical Psychology*, 15:234-281.
177. Saaty, T. L., (1991). *Multicriteria Decision Making: The Analytic Hierarchy Process*, RWS Publications, Pittsburgh, PA.
178. Saaty, T.L., & Forman, E., (1992). *The Hierarchon: A Dictionary of Hierarchies (Vol. V)*. Pittsburgh: RWS Publications.
179. Saaty, T.L., (1980). *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw Hill, New York.
180. Saaty, T.L., (1996). *The Analytical Hierarhy Process*, RWS Publications, Pitsburg.
181. Saen, R. F., Memariani, A., & Lotfi, F. H., (2005). Determining relative efficiency of slightly non-homogeneous decision making units by data envelopment analysis: A case study in IROST. *Applied Mathematics and Computation*, 165(2), 313–328.
182. Saleeshya, P.G., & Subash Babu, A., (2012). A combined AHP and DEA based approach to assess the agility of manufacturing systems. *International Journal of Business and Systems Research*, 6(4), 431-455.
183. Salhieh, S. M., & All-Harris, M.Y., (2014). New product concept selection: an integrated approach using data envelopment analysis (DEA) and conjoint analysis (CA). *International Journal of Engineering & Technology*, 3(1), 44-55.
184. Sarrico, C. S., & Dyson, R. G. (2004). Restricting virtual weights in data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research*, 159(1), 17-34.
185. Sattler, H., & Hensel-Bolner, S., (2003). A Comparison of Conjoint Measurement with Self-Explicated Approaches, in: A. Gistaffson, A. Hermann, F. Huber (eds.), *Conjoint Measurement: Methods and Applications*, Springer, Berlin.
186. Savić, G. (2012). *Komparativna analiza efikasnosti u finansijskom sektoru*, Doktorska disertacija, Fakultet organizacionih nauka Univerziteta u Beogradu.

187. Scholl, A., Manthey, L., Helm, R., & Steiner, M., (2005). Solving multiattribute design problems with analytic hierarchy process and conjoint analysis: An empirical comparison. *European Journal of Operational Research*, 164(3), 760-777.
188. Seashore, K., Leithwood, K., Wahlstrom, K., & Anderson, S. (2010). Investigating the links to improved student learning: Final report of research findings.
189. Seifert, L.M., & Zhu, J., (1998). Identifying excesses and deficits in Chinese industrial productivity (1953-1990): A weighted data envelopment analysis approach. *OMEGA*, 26(2), 279-296.
190. Sevkli, M., Lenny Koh, S.C., Zaik, S., Demirbag, M., & Tatoglu, E., (2007). An application of data envelopment analysis hierarchy process for supplier selection: a case study of BEKO in Turkey. *International Journal of Production Research*, 45(9), 1973-2003.
191. Shang, J., & Sueyoshi, T., (1995). A unified framework for the selection of a flexible manufacturing system. *European Journal of Operational Research*, 85, 297-315.
192. Shim, J., (1989). Bibliography research on the analytic hierarchy process (AHP), *Socio-Economic Planning Sciences*, 23, 161-167.
193. Sinuany-Stern, Z., Mehrez, A. & Hadad, Y. (2000). An AHP/DEA methodology for ranking decision making units, *International Transactions in Operational Research*, 7, 109-124.
194. Sipahi, S., & Timor, M., (2010). The analytic hierarchy process and analytic network process: an overview of applications. *Management Decision*, 48, 775-808.
195. Sotirović V., & Adamović Ž. Metodologija naučno istraživačkog rada, Tehnički fakultet, Zrenjanin, 2005.
196. Srinivasan, V., & Park, C. S., (1997). Surprising robustness of self-explicated approach to consumer preference structure measurement. *Journal of Marketing Research*, 34, 2, 286-291.
197. Stallings, J. & D. Kaskowitz (1974). Follow-Through Classroom Observation Evaluation, Stanford Research Institute, Stanford, CA.
198. Stanojević, M., Martić, M., & Krčevinac, S., (1997). Solving Basic DEA Models in Spreadsheet Environment, In: Proceedings of the 4th Balkan Conference on Operational Research 1997, Thessaloniki, Greece, pp. 709-720.
199. Subramanian, N., & Ramanathan, R., (2012). A review of applications of Analytic Hierarchy Process in operations management. *International Journal of Production Economics*, 138(2), 215-241.
200. Sudman, S., & Blair, E., (1998). Marketing research. Boston: McGraw Hill.
201. Sueyoshi, T., Shang, J., & Chiang, W.C., (2009). A decision support framework for internal audit prioritization in a rental car company: A combined use between DEA and AHP. *European Journal of Operational Research*, 199 (1), 219-231.
202. Sun, S., (2004). Assessing joint maintenance shops in the Taiwanese army using data envelopment analysis. *Journal of Operations Management*, 22, 233-45.

203. Takamura, Y., & Tone, K., (2003). A comparative site evaluation study for reallocating Japanese government agencies out of Tokyo. *Socio-Economic Planning Science*, 37(2), 85-102.
204. Tavares, G., (2002). A bibliography of Data Envelopment Analysis (1978-2001). RUTCOR, Rutgers University.
205. Thanassoulis, E., (2001): Introduction to the Theory and Application of Data Envelopment Analysis: A Foundation Text with Integrated Software, Kluwer Academic Publishers, Boston.
206. Thanassoulis, E., & Emrouznejad, A., (1995). Warwick Windows DEA - User's Guide. Warwick: Warwick Business School, University of Warwick.
207. Thanassoulis, E., Dey, P. K., Petridis, K., Goniadis, I., & Georgiou, A. C. (2017). Evaluating higher education teaching performance using combined analytic hierarchy process and data envelopment analysis. *Journal of the Operational Research Society*, 68(4), 431-445.
208. Thompson R.G. et al., (1986): Comparative Site Evaluation for Locating a High-Energy Physics Lab in Texas, *Interfaces*, 16, 35-49.
209. Tone, K., (2001). A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis, *European Journal of Operational Research*, 130 (3), 498-506.
210. Toth, E. E. (2012). Communicating the Social-Ethical Implications of Research: evidence from a course for graduate students of science/ engineering and science education. Presentation at the Eastern Educational Research Association, Annual Meeting, February, 2012, Hilton Head, S.C.
211. Toubia, O., Hauser, J. R., & Simester, D. I., (2004). Polyhedral Methods for Adaptive Choice-based Conjoint Analysis. *Journal of Marketing Research*, 41(1), 116-131.
212. Triantaphyllou, E., (2000). Multi-Criteria Decision Making Methods: A Comparative Study, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
213. Tscheulin, D. K. (1991). Ein empirischer Vergleich der Eignung von Conjoint-Analyse und Analytic Hierarchy Process (AHP) zur Neuproduktplanung. *Zeitschrift für Betriebswirtschaft*, 61(11), 1267-1280.
214. Tseng, Y.F., & Lee, T.Z., (2009). Comparing appropriate decision support of human resource practices on organizational performance with DEA/AHP model. *Expert Systems with Applications*, 36, 6548-6558.
215. Tsinidou, M., Gerogiannis, V., & Fitsilis, P., (2010). Evaluation of the factors that determine quality in higher education: an empirical study. *Quality assurance in Education*, 18(3), 227-244.
216. Tversky, A., (1967). Additivity, Utility and Subjective Probability. *Journal of Mathematical Psychology*, 4, 175-201.
217. Triantaphyllou, E. (2000). [*Multi-Criteria Decision Making: A Comparative Study*](#). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers (now Springer). [ISBN 0-7923-6607-7](#).

218. Tyagi, P., Yadav, S. P., & Singh, S. P. (2009). Relative performance of academic departments using DEA with sensitivity analysis. *Evaluation and Program Planning*, 32(2), 168–177.
219. Van der Lans, I. A., & Heiser, W. J., (1992). Constrained part-worth estimation in conjoint analysis using the self-explicated utility model. *International journal of Research in Marketing*, 9(4), 325-344.
220. Vargas, L., (1990). An overview of the analytic hierarchy process and its applications. *European Journal of Operational Research*, 48, 2-8.
221. Venesaar, U. Ling, H. & Voolaid, K. (2011). Evaluation of the Entrepreneurship Education Programme in University: A New Approach. *The Amfiteatru Economic Journal, Academy of Economic Studies*, XIII(30), 377 - 391.
222. Vriens, M., (1995). Conjoint Analysis in Marketing. Diss. Rijksuniversiteit te Groningen.
223. Wagner, J. M., & Shimshak, D. G., (2007). Stepwise selection of variables in data envelopment. *European Journal of Operational Research analysis: Procedures and managerial perspectives*, 180, 57–67.
224. Wang, Y.M., Jun, M., & Elhag, T., (2008). An integrated AHP-DEA methodology for bridge risk assessment. *Computers and Industrial Engineering*, 54(3), 513-525.
225. Wilkie, W. L., & Pessemier, E. A., (1973). Issues in Marketing's Use of Multi-Attribute Attitude Models. *Journal of Marketing Research*, 10, 428-41.
226. Wittink, D. R., & Bergestuen, T., (2001). Forecasting with conjoint analysis, in J. S. Armstrong (ed.), *Principles of Forecasting*. Norwell, MA: Kluwer Academic Publishers.
227. Yang, T., & Kuo, C.A. (2003). A hierarchical AHP/DEA methodology for the facilities layout design problem. *European Journal of Operational Research*, 147, 128–136.
228. Yoo, H., (2003). A study on the efficiency evaluation problem of total quality management activities in Korean companies. *The Total Quality Management*, 14(1), 119–128.
229. Young, F.W., (1969). Polynomial Conjoint Analysis of Similarities: Definitions for a Special Algorithm. Research Paper, 76, Psychometric Laboratory, University of North Carolina.
230. Zabaleta, F. (2007). The use and misuse of student evaluation of teaching. *Teaching in Higher Education*, 12, 55–76.
231. Zafiroopoulos, C. & Vrana, V., (2008). Service quality assessment in a Greek higher education institute. *Journal of Business Economics and Management*, 9(1), 33–45.
232. Zahedi, F. (1986). The analytic hierarchy process: a survey of the method and its applications, *Interface*, 16, 96-108.
233. Zhang, H., Li, X., & Liu, W., (2006). An AHP/DEA methodology for 3PL vendor selection in 4PL. *Lecture Notes in Computer Science*, 3865, 646-655.

234. Zhu, J., (1996). DEA/AR analysis of the 1988–1989 performance of the Nanjing Textiles Corporation. *Annals of Operations Research*, 66(5), 311-335.

Prilog 1. Anketa o vrednovanju pedagoškog rada nastavnika

Студијски програм	
Назив предмета	
Наставник	
Датум вредновања	

Следећа питања везана су за информације о студенту који попуњава анкету. Одговорите тако што ћете заокружити број испред једног од понуђених одговора. Анкета је анонимна.

Статус: 1) буџетски 2) самофинансирајући
 Просечна оцена: 1) 6,00-6,50 2) 6,51-7,50 3) 7,51-8,50 4) 8,51-9,50 5) 9,51-10,00
 Да ли сте први пут уписали предмет: 1. да 2. не
 Да ли сте положили испит: 1. да 2. не
 Да ли сте редовно похађали наставу: 1. да 2. не
 Колико вам је сати недељно било потребно за реализацију активности на овом предмету?__

Заокружите оцену за сваки сегмент педагошког рада наставника на скали од 1 (најмања) до 5 (највећа) оцена.							
Р.Б	ТВРДЊЕ	Оцене					
1.	Да ли се настава редовно одржава?	1	2	3	4	5	без одговора
2.	Разумљивост и начин излагања материје предвиђене предметом	1	2	3	4	5	без одговора
3.	Подстицање студената на активност, критичко размишљање и креативност	1	2	3	4	5	без одговора
4.	Наставник помаже студенту да лакше савлада материју предвиђену предметом	1	2	3	4	5	без одговора
5.	Наставник даје корисне савете за будући рад студената	1	2	3	4	5	без одговора
6.	Наставник одговара на питања и води рачуна о студентским коментарима	1	2	3	4	5	без одговора
7.	Професионалност и етичност наставника у комуникацији са студентима	1	2	3	4	5	без одговора
8.	Објективност и непристрасност у оцени знања студената	1	2	3	4	5	без одговора
9.	Општи утисак	1	2	3	4	5	без одговора
Коментари, похвале, примедбе, предлози (по потреби користити и другу страну анкете):							

Prilog 2. Upitnik u istraživanju preferencija prema različitim aspektima pedagoškog rada nastavnika

Poštovani,

Molimo Vas da pažljivo pročitate opis svake od 18 ponuđenih kombinacija kojom je opisan rad nastavnika. Nakon toga **zaokružite ocenu** koji po Vašem mišljenju najbolje reprezentuje kvalitet nastavnika koji se odlikuje navedenim karakteristikama u svom radu. Na ponuđenoj skali za odgovore, **1 znači apsolutno nekvalitetan**, a **9 apsolutno kvalitetan**.

DEMOGRAFSKI PODACI

Godina: I II III IV Apsolvent **Pol:** M Ž
Smer: Isit ME OM UK **Status:** Budžet Samofinansirajući
Prosečna ocena tokom studija (do sada):

Nastavnik 1.									
Izlaže jasno i razumljivo									
Izlaže pregledno i ističe najbitnije									
Izlaže prebrzo									
Dolazi na čas dobro pripremljen									
Ne kasni									
Ne podstiče uključivanje i učestvovanje									
Ne daje korisne informacije o radu studenata									
Ne odgovara na pitanja i ne vodi računa o komentarima									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	

Nastavnik 2.									
Izlaže jasno i razumljivo									
Izlaže pregledno i ističe najbitnije									
Izlaže odgovarajućim tempom									
Dolazi na čas nedovoljno pripremljen									
Kasni									
Ne podstiče uključivanje i učestvovanje									
Daje korisne informacije o radu studenata									
Ne odgovara na pitanja i ne vodi računa o komentarima									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	

Nastavnik 3.									
Nije dovoljno jasan i razumljiv									
Izlaže pregledno i ističe najbitnije									
Izlaže odgovarajućim tempom									
Dolazi na čas dobro pripremljen									
Kasni									
Ne podstiče uključivanje i učestvovanje									
Ne daje korisne informacije o radu studenata									
Ne odgovara na pitanja i ne vodi računa o komentarima									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	

Nastavnik 4.									
Izlaže jasno i razumljivo									
Izlaže nepregledno i ne ističe najbitnije									
Izlaže odgovarajućim tempom									
Dolazi na čas dobro pripremljen									
Kasni									
Podstiče uključivanje i učestvovanje									
Daje korisne informacije o radu studenata									
Ne odgovara na pitanja i ne vodi računa o komentarima									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	

Nastavnik 5.									
Izlaže jasno i razumljivo									
Izlaže nepregledno i ne ističe najbitnije									
Izlaže odgovarajućim tempom									
Dolazi na čas nedovoljno pripremljen									
Ne kasni									
Ne podstiče uključivanje i učestvovanje									
Daje korisne informacije o radu studenata									
Odgovara na pitanja i vodi računa o komentarima									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	

Nastavnik 6.									
Nije dovoljno jasan i razumljiv									
Izlaže pregledno i ističe najbitnije									
Izlaže presporo									
Dolazi na čas dobro pripremljen									
Kasni									
Podstiče uključivanje i učestvovanje									
Daje korisne informacije o radu studenata									
Odgovara na pitanja i vodi računa o komentarima									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	

Nastavnik 7.									
Nije dovoljno jasan i razumljiv Izlaže nepregledno i ne ističe najbitnije Izlaže prebrzo Dolazi na čas dobro pripremljen Kasni Ne podstiče uključivanje i učestvovanje Daje korisne informacije o radu studenata Odgovara na pitanja i vodi računa o komentarima									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	

Nastavnik 9.									
Nije dovoljno jasan i razumljiv Izlaže nepregledno i ne ističe najbitnije Izlaže odgovarajućim tempom Dolazi na čas nedovoljno pripremljen Kasni Podstiče uključivanje i učestvovanje Ne daje korisne informacije o radu studenata Ne odgovara na pitanja i ne vodi računa o komentarima									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	

Nastavnik 11.									
Nije dovoljno jasan i razumljiv Izlaže pregledno i ističe najbitnije Izlaže presporo Dolazi na čas nedovoljno pripremljen Ne kasni Ne podstiče uključivanje i učestvovanje Daje korisne informacije o radu studenata Ne odgovara na pitanja i ne vodi računa o komentarima									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	

Nastavnik 13.									
Izlaže jasno i razumljivo Izlaže nepregledno i ne ističe najbitnije Izlaže presporo Dolazi na čas dobro pripremljen Kasni Ne podstiče uključivanje i učestvovanje Ne daje korisne informacije o radu studenata Odgovara na pitanja i vodi računa o komentarima									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	

Nastavnik 15.									
Nije dovoljno jasan i razumljiv Izlaže nepregledno i ne ističe najbitnije Izlaže odgovarajućim tempom Dolazi na čas dobro pripremljen Ne kasni Ne podstiče uključivanje i učestvovanje Ne daje korisne informacije o radu studenata Odgovara na pitanja i vodi računa o komentarima									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	

Nastavnik 8.									
Izlaže jasno i razumljivo Izlaže pregledno i ističe najbitnije Izlaže odgovarajućim tempom Dolazi na čas dobro pripremljen Ne kasni Podstiče uključivanje i učestvovanje Daje korisne informacije o radu studenata Odgovara na pitanja i vodi računa o komentarima									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	

Nastavnik 10.									
Nije dovoljno jasan i razumljiv Izlaže pregledno i ističe najbitnije Izlaže odgovarajućim tempom Dolazi na čas nedovoljno pripremljen Ne kasni Podstiče uključivanje i učestvovanje Ne daje korisne informacije o radu studenata Odgovara na pitanja i vodi računa o komentarima									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	

Nastavnik 12.									
Izlaže jasno i razumljivo Izlaže nepregledno i ne ističe najbitnije Izlaže presporo Dolazi na čas nedovoljno pripremljen Ne kasni Podstiče uključivanje i učestvovanje Ne daje korisne informacije o radu studenata Ne odgovara na pitanja i ne vodi računa o komentarima									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	

Nastavnik 14.									
Nije dovoljno jasan i razumljiv Izlaže nepregledno i ne ističe najbitnije Izlaže prebrzo Dolazi na čas nedovoljno pripremljen Ne kasni Podstiče uključivanje i učestvovanje Daje korisne informacije o radu studenata Ne odgovara na pitanja i ne vodi računa o komentarima									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	

Nastavnik 16.									
Izlaže jasno i razumljivo Izlaže pregledno i ističe najbitnije Izlaže prebrzo Dolazi na čas nedovoljno pripremljen Kasni Podstiče uključivanje i učestvovanje Ne daje korisne informacije o radu studenata Odgovara na pitanja i vodi računa o komentarima									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	

Nastavnik 17.									
Nije dovoljno jasan i razumljiv									
Izlaže nepregledno i ne ističe najbitnije									
Izlaže odgovarajućim tempom									
Dolazi na čas dobro pripremljen									
Ne kasni									
Ne podstiče uključivanje i učestvovanje									
Daje korisne informacije o radu studenata									
Odgovara na pitanja i vodi računa o komentarima									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	

Nastavnik 18.									
Izlaže jasno i razumljivo									
Izlaže nepregledno i ne ističe najbitnije									
Izlaže presporo									
Dolazi na čas nedovoljno pripremljen									
Ne kasni									
Podstiče uključivanje i učestvovanje									
Ne daje korisne informacije o radu studenata									
Odgovara na pitanja i vodi računa o komentarima									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	

Prilog 1.

Izjava o autorstvu

Potpisani-a Milena Popović

broj indeksa 2011/5002

Izjavljujem

da je doktorska disertacija pod naslovom

Unapređenje analize obavljanja podataka metodama multiatributivnog odlučivanja

- rezultat sopstvenog istraživačkog rada,
- da predložena disertacija u celini ni u delovima nije bila predložena za dobijanje bilo koje diplome prema studijskim programima drugih visokoškolskih ustanova,
- da su rezultati korektno navedeni i
- da nisam kršio/la autorska prava i koristio intelektualnu svojinu drugih lica.

Potpis autora

U Beogradu, _____

Prilog 2.

Izjava o istovetnosti štampane i elektronske verzije doktorskog rada

Ime i prezime autora Milena Popović

Broj indeksa 2011/5002

Studijski program Informacioni sistemi i kvantitativni menadžment

Naslov rada Unapređenje analize obavljanja podataka metodama multiatributivnog odlučivanja

Mentor Prof.dr Milan Martić

Potpisani/a _____

Izjavljujem da je štampana verzija mog doktorskog rada istovetna elektronskoj verziji koju sam predao/la za objavljivanje na portalu **Digitalnog repozitorijuma Univerziteta u Beogradu**.

Dozvoljavam da se objave moji lični podaci vezani za dobijanje akademskog zvanja doktora nauka, kao što su ime i prezime, godina i mesto rođenja i datum odbrane rada.

Ovi lični podaci mogu se objaviti na mrežnim stranicama digitalne biblioteke, u elektronskom katalogu i u publikacijama Univerziteta u Beogradu.

Potpis autora

U Beogradu, _____

Prilog 3.

Izjava o korišćenju

Ovlašćujem Univerzitetsku biblioteku „Svetozar Marković“ da u Digitalni repozitorijum Univerziteta u Beogradu unese moju doktorsku disertaciju pod naslovom:

Unapređenje analize obavljanja podataka metodama multiatributivnog odlučivanja

koja je moje autorsko delo.

Disertaciju sa svim priložima predao/la sam u elektronskom formatu pogodnom za trajno arhiviranje.

Moju doktorsku disertaciju pohranjenu u Digitalni repozitorijum Univerziteta u Beogradu mogu da koriste svi koji poštuju odredbe sadržane u odabranom tipu licence Kreativne zajednice (Creative Commons) za koju sam se odlučio/la.

1. Autorstvo
2. Autorstvo - nekomercijalno
3. Autorstvo – nekomercijalno – bez prerade
4. Autorstvo – nekomercijalno – deliti pod istim uslovima
5. Autorstvo – bez prerade
6. Autorstvo – deliti pod istim uslovima

(Molimo da zaokružite samo jednu od šest ponuđenih licenci, kratak opis licenci dat je na poleđini lista).

Potpis autora

U Beogradu, _____

1. Autorstvo - Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence, čak i u komercijalne svrhe. Ovo je najslobodnija od svih licenci.
2. Autorstvo – nekomercijalno. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence. Ova licenca ne dozvoljava komercijalnu upotrebu dela.
3. Autorstvo - nekomercijalno – bez prerade. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, bez promena, preoblikovanja ili upotrebe dela u svom delu, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence. Ova licenca ne dozvoljava komercijalnu upotrebu dela. U odnosu na sve ostale licence, ovom licencom se ograničava najveći obim prava korišćenja dela.
4. Autorstvo - nekomercijalno – deliti pod istim uslovima. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence i ako se prerada distribuira pod istom ili sličnom licencom. Ova licenca ne dozvoljava komercijalnu upotrebu dela i prerada.
5. Autorstvo – bez prerade. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, bez promena, preoblikovanja ili upotrebe dela u svom delu, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence. Ova licenca dozvoljava komercijalnu upotrebu dela.
6. Autorstvo - deliti pod istim uslovima. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence i ako se prerada distribuira pod istom ili sličnom licencom. Ova licenca dozvoljava komercijalnu upotrebu dela i prerada. Slična je softverskim licencama, odnosno licencama otvorenog koda.