

# Razvoj i primjene operacijskog istraživanja

---

Jergović, Mirela

Master's thesis / Diplomski rad

2015

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka, Faculty of Humanities and Social Sciences / Sveučilište u Rijeci, Filozofski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:186:456164>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-08**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Humanities and Social Sciences - FHSSRI Repository](#)



Sveučilište u Rijeci – Filozofski fakultet u Rijeci

Diplomski sveučilišni dvopredmetni studij informatike

Mirela Jergović

# Razvoj i primjene operacijskog istraživanja

Diplomski rad

Mentor: Prof. dr. sc. Marija Marinović

Rijeka, rujan 2015.

## Sadržaj

1. Uvod.....	5
2. Što su operacijska istraživanja?.....	6
3. Kratka povijest i razvoj operacijskih istraživanja.....	6
4. Zadaci operacijskih istraživanja.....	9
5. Faze operacijskih istraživanja.....	12
5.1. Prikupljanje podataka za formulaciju realnog problema koji treba riješiti.....	12
5.2. Formulacija odgovarajućeg matematičkog modela.....	12
5.3. Rješavanje problema matematičkog programiranja.....	13
5.4. Implementacija dobivenog rješenja.....	13
6. Pregled metoda operacijskih istraživanja.....	14
6.1. Linearno programiranje.....	14
6.2. Nelinearno programiranje.....	15
6.3. Dinamičko programiranje.....	15
6.4. Teorija igara.....	15
6.5. Teorija redova čekanja.....	15
6.6. Optimalno rezerviranje.....	16
6.7. Mrežno planiranje.....	16
7. Operacijska istraživanja na sveučilištima i veleučilištima.....	17
7.1. Sveučilište u Zagrebu.....	17
7.2. Sveučilište u Splitu.....	27
7.3. Sveučilište u Rijeci.....	32
7.4. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku.....	47
7.5. Sveučilište u Zadru.....	52
7.6. Sveučilište u Puli.....	54
7.7. Sveučilište u Dubrovniku.....	57
7.8. Veleučilišta u Hrvatskoj.....	60

8. Statistička obrada podataka.....	69
9. Zaključak.....	72
10. Literatura.....	74
11. Izvori.....	75
12. Popis priloga.....	76

## Sažetak i ključne riječi

U ovom diplomskom radu obrađuje se razvoj i primjena operacijskih istraživanja i istražuje se zastupljenost operacijskih istraživanja u visokoškolskoj nastavi. Počeci operacijskih istraživanja obilježeni su već 1795. godine, no službeni početak uzima se 1939. godina sa objavom knjige Leonida Vitaljeviča Kantroviča na temu operacijskih istraživanja. Operacijska istraživanja su se tako nastavila razvijati u II. svjetskom ratu s ciljem izvođenja uspješnih vojnih operacija. Nakon toga, postalo je jasno kako se metode operacijskih istraživanja mogu koristiti i u rješavanju drugih vrsta problema. Nadalje, razvoj operacijskih istraživanja prate razna nacionalna društva i udruženja za operacijska istraživanja. To su Američko društvo za operacijska istraživanja (ORSA), Institut za znanstveno upravljanje (TIMS) i Institut za operacijska istraživanja i znanstveno upravljanje (INFORMS) te u Hrvatskoj Hrvatsko društvo za operacijska istraživanja (HDOI). Teme u operacijskim istraživanjima opisuju se zadanim zadatkom, fazama i metodama operacijskih istraživanja. Rješavanje problema pojedinog zadatka se izvodi po fazama koje logički slijede jedna za drugom te uključuje prikupljanje podataka za formulaciju realnog problema koji treba riješiti, formulaciju odgovarajućeg matematičkog modela, rješavanje problema matematičkog programiranja te implementacija dobivenog rješenja. Metode operacijskih istraživanja koje su opisane u ovom radu su linearno programiranje, nelinearno programiranje, dinamičko programiranje, teorija igara, teorija redova čekanja, optimalno rezerviranje i mrežno planiranje. Područja operacijskih istraživanja se izučavaju na raznim sveučilištima i veleučilištima s ciljem obrazovanja dovoljnog broja stručnjaka koji mogu pomoći u rješavanju problema i donošenju odluka u poslovnom odlučivanju. U Hrvatskoj, kolegiji se izvode na 7 sveučilišta i 5 veleučilišta. Pregled kolegija operacijskih istraživanja dan je s obzirom na sveučilište ili veleučilište na kojem se izvodi te fakultet i studijski program kojem pripada. Nadalje, dan je pregled kolegija s obzirom na vrstu i razinu studija, odnosno je li riječ o sveučilišnom ili stručnom studiju te izvodi li se kolegij na preddiplomskim ili diplomskim studijima. Osim toga, navedena je godina i semestar izvođenja, broj ECTS bodova, vrsta kolegija te fond sati. Uz opisani pregled kolegija operacijskih istraživanja, dan je pripadni tablični prikaz. Također, opisana je i statistička obrada prikupljenih podataka s obzirom na razinu studija, vrstu kolegija te težinu kolegija uz koje su priloženi odgovarajući tablični i grafički prikazi.

- operacijsko istraživanje, linearno programiranje, sveučilište, veleučilište

## 1. Uvod

Poznato je kako svaka ljudska djelatnost teži stjecanju novih znanja i spoznaja kako bi ponudila nova ili bolja rješenja za postojeće probleme. Cilj znanstvenog istraživanja je istražiti, analizirati i riješiti problem i tako nam omogućiti nova znanja i spoznaje. Znanost se dijeli po raznim područjima, poljima i granama. U okviru znanstvenih područja razlikujemo prirodne znanosti (matematika, fizika, kemija, biologija, itd.), tehničke znanosti (elektrotehnika, računarstvo, strojarstvo, građevinarstvo, itd.), biotehničke znanosti (šumarstvo, agronomija, drvna tehnologija, prehrambena tehnologija, itd.), društvene znanosti (ekonomija, pravo, politologija, sociologija, psihologija, itd.), humanističke znanosti (filozofija, teologija, filologija, povijest, arheologija, itd.) i druge. Za uspješno rješavanje određenog problema potrebno je integrirati znanja iz različitih područja znanstvene djelatnosti. Kao posljedica takvog pristupa nastale su nove znanstvene discipline kao fizikalna kemija, biokemija te biotehnologija koje povezuju već definirana područja. Primjenom znanja iz tih područja omogućava se rješavanje problema na novi i drugačiji način. Upravo su se operacijska istraživanja pokazala kao područje koje nudi veliki broj rješenja problema iz raznih znanstvenih područja. Pojam „operacijsko istraživanje“ pojavljuje se nakon II. svjetskog rata i povezuje se sa specifičnim načinom rješavanja problema u vojnim operacijama u kojima je bilo potrebno raspodijeliti ograničene količine vojnih materijala i ljudi na optimalan način. Stručnjaci su primjenjivali znanja iz različitih znanstvenih područja na istraživanje vojnih operacija. Uspješnost vojnih operacija pokazalo je kako se metodologija operacijskih istraživanja može koristiti i u rješavanju složenijih problema, od ekonomskih do inženjerskih problema, ali i drugdje [4].

U današnje vrijeme operacijska istraživanja pronašla su primjenu u mnogim znanstvenim disciplinama te se izučavaju na raznim studijima. Ovaj diplomski rad obrađuje temu operacijskih istraživanja kroz kratku povijest, razvoj i primjenu te prikazuje zastupljenost operacijskih istraživanja u nastavnim sadržajima različitih studija u Hrvatskoj. Nakon uvodnog dijela, u drugom dijelu rada dan je pregled hrvatskih sveučilišta i veleučilišta na kojima se obrađuju teme iz operacijskih istraživanja, a dana je i kratka statistička obrada dobivenih podataka. Pregled omogućava uvid u kolegije na kojima se izučavaju područja iz operacijskih istraživanja te uz fakultet i studijski program kojem pripada daje osnovne informacije o kolegiju. One uključuju vrstu studija, razinu studija, godinu i semestar izvođenja, broj ECTS bodova, vrstu kolegija te fond sati.

## 2. Što su operacijska istraživanja?

Operacijska istraživanja su disciplina koja se bavi problemima pri provođenju i koordiniranju operacija i aktivnosti unutar različitih poslovnih sustava. Riječ je o složenim problemima izvršnog tipa unutar složenog sustava reguliranja rada osoblja, strojeva, materijala, udjela novaca u proizvodnji, prodaji, marketingu i transportu. Stoga, doprinos operacijskih istraživanja rukovođenju organizacije je postao jako velik. Operacijska istraživanja uzimaju znanja iz drugih znanstvenih područja, kao što su ekonomija, inženjerstvo, matematika, psihologija, statistika, itd. i kombiniraju ih u novo znanje potrebno za donošenje odluka. Iz toga razloga, riječ je o disciplini koja se bavi primjenom znanstvenih metoda kod donošenja odluka u poslovnom odlučivanju, posebice kod financijskog investiranja, nabave i prodaje, proizvodnje, marketinga, upravljanja osoblja, istraživanja i razvoja organizacije kao i kod raspodjele resursa. Cilj operacijskih istraživanja je osigurati racionalnu podlogu za donošenje odluka i kontrolu rada u slučaju nedostatka potrebnih informacija [8].

## 3. Kratka povijest i razvoj operacijskog istraživanja

Počeci operacijskih istraživanja zabilježeni su već 1795. godine u Ujedinjenom Kraljevstvu upotrebom znanstvenih metoda u menadžerske svrhe. Za vrijeme industrijske revolucije, James Watt i Mathew Robinson Boulton koristili su menadžerske tehnike u vlastitoj tvrtci Soho Engineering Foundry. Posljedično, mnogi znanstvenici su se počeli baviti i sa industrijskim problemima. Posebice u drugoj polovici 19. stoljeća kada se praktičnim problemima pristupalo i sa menadžerske strane kako bi se oni bolje razumjeli i u konačnici riješili.

Kao službeni početak operacijskih istraživanja uzima se druga polovica tridesetih godina 20. stoljeća. Godine 1939. Leonid Vitaljevič Kantorovič objavljuje knjigu<sup>1</sup> na ruskom jeziku na temu operacijskih istraživanja. Kantorovič je ruski matematičar i statističar koji je razvio teoriju linearnog programiranja i pridonio teoriji optimalne alokacije resursa za što je skupa sa T.C. Koopmansom 1975. godine dobio Nobelovu nagradu iz područja ekonomije. U vlastitoj autobiografiji, Kantorovič je naveo kako samo polazište njegovog istraživanja na području ekonomije je nastalo kao puka slučajnost. Godine 1938. radio je kao sveučilišni profesor i savjetnik u laboratoriju šperploča. S ekonomskog gledišta, radio je na problemu distribucije neke početne sirovine kako bi se povećala produktivnost opreme pri određenim

---

<sup>1</sup> Kantorovič, L. V., *Matematičeskie metody v organizacii i planirovanii proizvodstva*, LGU, 1939.

ograničenjima. Matematički gledano, riječ je o problemu maksimizacije linearne funkcije na konveksnom politopu. Iako se problem u početku činio slučajnim, on se pokazao kao tipičan. Kantorovič je nailazio na razne ekonomske probleme koji se opisuju istim matematičkim modelom: raspodjela rada na postrojenju, optimalna upotreba površina za sijanje, racionalno rezanje materijala, korištenje složenih sredstava, distribucija tokova transporta. Navedeno se pokazalo dovoljnim razlogom za pronalazak efikasne metode za rješavanje problema. Metoda je definirana pod utjecajem ideja funkcionalne analize i nazvao ju je „metoda rješavajućih množitelja“. Godine 1939. objavljuje knjigu *Matematičke metode planiranja i organizacije proizvodnje* koja je sadržavala glavne ideje teorije i algoritme linearnog programiranja. Knjiga je sadržavala formulacije osnovnih ekonomskih problema, njihov matematički oblik, skice metode rješavanja te razmatranja o njihovom ekonomskom smislu [11].

Operacijska istraživanja su se i dalje nastavila razvijati u II. svjetskom ratu kada su se provodile razne studije s ciljem izvođenja uspješnih vojnih operacija. Prema brošuri Hrvatskog društva za operacijska istraživanja (HDOI) za vrijeme II. svjetskog rata velik je broj stručnjaka iz raznih disciplina razvijao i primjenjivao znanstvene metode na istraživanje vojnih operacija. Smatra se kako je to rezultiralo smanjenjem broja žrtava na strani saveznika što je imalo krajnjeg utjecaja na završnu pobjedu. Nakon toga, postalo je jasno kako se metodologija operacijskih istraživanja može primijeniti i u rješavanju drugih vrsta problema, od problema pronalaženja optimalne organizacije poslovanja i javnih administracija, ekonomskih problema, do problema u inženjerskim znanostima. S razvojem tehnologije i poduzeća su postala složenija pa je tako postalo nemoguće odlučivati isključivo na temelju iskustva i intuicije. Najčešći ekonomski problemi koji se rješavaju pomoću operacijskih istraživanja su: određivanje optimalnog proizvodnog programa, optimalno vođenje zaliha, optimalan izbor investicijskog projekta, problem optimalnog transporta, optimalne alokacije resursa, optimalne raspodjele kadrova na radne zadatke, problem trgovačkog putnika, problem optimalnog otpada pri krojenju i mnogi drugi. Jedan od prvih uspješno riješenih problema bio je problem određivanja optimalne smjese u proizvodnji benzina za avione [3].

Nakon II. svjetskog rata nastavljeno je izvođenje studija na području operacijskih istraživanja. Cilj je bio postići optimalnu iskoristivost ograničenih fizičkih i ljudskih resursa kako bi se postigao željeni cilj razvoja. Pedesetih godina prošlog stoljeća, operacijska istraživanja su dobila veći značaj unutar akademske zajednice pa su tako postala tema mnogih studija. Izdane



su mnoge knjige, a prvu knjigu na temu linearnog programiranja napisali su Charnes, Cooper i Henderson<sup>2</sup> [4].

Uz Kantoroviča i Dantzigu, razvoju operacijskih istraživanja je pridonio profesor Abraham Charnes. Pedesetogodišnju karijeru posvetio je istraživanju i razvoju područja unutar matematike, statistike, financija, teorije optimizacije, marketinga i upravljanja ljudskim resursima. Jedan je od utemeljitelja analize omeđivanje podataka i dobitnik je mnogih nagrada za doprinos razvoju operacijskih istraživanja. Među njima, potrebno je istaknuti John von Neumann Theory Prize of the Operations Research of America (ORSA), nagradu koja se dodjeljuje osobi koja je znatno i trajno doprinijela razvoju operacijskog istraživanja i znanstvenom upravljanju [6].

U brošuri HDOI se navodi da su tako razne metodologije operacijskih istraživanja postale posebne znanstvene discipline, kao npr. linearno programiranje, cjelobrojno programiranje, višekriterijsko programiranje, stohastičko programiranje, analiza omeđivanja podataka, itd. One se danas uspoređuju sa mnogim „klasičnim područjima“, kao što su optimalno upravljanje, teorija aproksimacija, teorija vjerojatnosti, klasična mehanika i račun varijacija. Brzi razvoj računarske tehnologije i informatike utjecao je i na razvoj operacijskog istraživanja. Time je omogućeno modeliranje i rješavanje realnih problema s velikim brojem podataka. Suvremeno doba obilježeno je ogromnim napretkom znanosti i raznim novim otkrićima što je utjecalo i na razvoj računarske tehnologije. Činjenica je da se danas ekonomski i industrijski razvoj neke zemlje često uspoređuje sa stupnjem razvijenosti operacijskog istraživanja i računarske tehnologije [3].

Nadalje, razna nacionalna društva za operacijska istraživanja i njihova udruženja utjecala su na razvoj operacijskih istraživanja. Godine 1952. osnovano je Američko društvo za operacijska istraživanja (Operations Research Society of America, ORSA). Cilj ORSA-e bio je unaprijediti operacijsko istraživanje kroz razmjenu informacija, uspostaviti i održavati profesionalne standarde osposobljenosti unutar područja operacijskih istraživanja, unaprijediti metode i tehnike operacijskih istraživanja, obrazovati i poticati studente na rad unutar područja operacijskih istraživanja, i primijeniti operacijska istraživanja u rješavanju mogućih problema [2].

---

<sup>2</sup> Charnes, A., Cooper, W.W., Henderson, A., *An Introduction to Linear Programming*, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1953.

Godine 1953. osnovan je Institut za znanstveno upravljanje (The Institute of Management Sciences, TIMS). Godine 1995. ORSA i TIMS su se udružili i osnovali Institut za operacijska istraživanja i znanstveno upravljanje (The Institute For Operations Research and Management Sciences, INFORMS) [4]. Institut predstavlja središte za stručnjake i istraživače u kojem se ostvaruje komunikacija s ciljem daljnjeg napretka. Neke od usluga koje INFORMS pružaju su: objavljivanje 14 znanstvenih časopisa koji opisuju najnovije metode OI i analitičke metode i njihove primjene, organiziranje nacionalne i internacionalne konferencije za akademike i stručnjake, kao i za članove društva posebnih interesnih skupina, pružanje certifikata za rad i daljnje školovanje kako bi se pomoglo članovima i drugima u unapređivanju njihove karijere [12].

Također u Hrvatskoj, 1992. godine osnovano je Hrvatsko društvo za operacijska istraživanja (HDOI). Društvo organizira znanstvene radionice, seminare i konferencije s ciljem razmjene iskustava i upoznavanje mladih istraživača sa novim dostignućima iz područja operacijskih istraživanja te njihovo uvođenje u znanstveni rad. HDOI je 1994. godine postao član Međunarodne federacije društva za operacijska istraživanja (International Federation of Operational Research Societies, IFORS). IFORS je organizacija koja obuhvaća preko pedeset nacionalnih društava iz četiri regije: Europe, Sjeverne Amerike, Južne Amerike i Azije i organizira međunarodne konferencije iz operacijskih istraživanja svake tri godine. Nakon članstva u IFORS, HDOI je postao članom EURO-a (*Association of European Operational Research Societies*). To priznanje je značajno doprinijelo razvoju operacijskih istraživanja u Republici Hrvatskoj [10].

#### **4. Zadaci operacijskih istraživanja**

Iako ne postoji jedinstveno objašnjenje operacijskih istraživanja, ono se može objasniti na određeni način. Hrvatsko društvo za operacijska istraživanja (HDOI) navodi „da se operacijska istraživanja bave matematičkim modeliranjem realnih procesa u svrhu donošenja optimalnih odluka“ [3]. Operacijska istraživanja kao disciplina se koriste pri upravljanju složenih sustava. Stručnjaci pomoću matematičkih modela i modela optimizacije pristupaju problemu s ciljem donošenja boljih i efikasnijih odluka u upravljanju tog sustava. Kako bi se postigla ta efektivnost rješenja problema potrebno je razmotriti sve raspoložive opcije te procijeniti efekte mogućeg rizika uz korištenje najnovijih metoda optimizacije i tehnika za odlučivanje. Kod upravljanja složenih sustava, OI uzima postojeće podatke i svojim

matematičkim modeliranjem omogućuje menadžerima donošenje optimalnih odluka i izgradnju produktivnih sustava. Zbog velikog broja mogućih rješenja i vremenskog ograničenja, menadžerima se sam proces donošenja efikasnije odluke čini još težim. Osim toga, svakodnevno se generira velika količina podataka pomoću kojih je nemoguće ponuditi optimalno rješenje problema. Zbog velikog broja varijabli koje utječu na uspješnost, menadžeri odluku ne mogu donijeti na temelju osjećaja, razuma ili intuicije. Iako se u tom trenutku upravo to rješenje čini kao optimalno, to ne znači da je ono uistinu i najbolje. Međutim, upravo pomoću operacijskih istraživanja i matematičkih modela, svi ti podaci omogućuju donošenje optimalnih odluka u složenim sustavima s ciljem rješavanja problema [4].

Operacijska istraživanja se sadržajno podudaraju s ostalim disciplinama, ponajviše sa industrijskim inženjerstvom i menadžmentom. Često se bavi određivanjem maksimuma (na primjer maksimum profita ili učinka izvođenja) ili minimuma (na primjer minimum gubitka, rizika ili troškova).

Operacijska istraživanja se koriste modelskim pristupom rješavanja realnih problema. Ono obuhvaća široki spektar tehnika za rješavanje problema i metoda koje se primjenjuju u procesu donošenja odluka i provjere učinkovitosti, kao što su simulacija, matematička optimizacija, teorija redova čekanja, stohastički procesi, mrežno planiranje, neuronske mreže, ekspertni sustavi i druge. Gotove sve navedene tehnike uključuju izgradnju matematičkih modela koji pokušavaju opisati sustav [8].

Za postizanje optimalne odluke potrebno je uspostaviti timski rad između donositelja odluke, specijalista iz operacijskih istraživanja i optimizacije, kao i ljudi na koje će se donesena odluka djelovati. Operacijsko istraživanje kao djelatnost ima za zadatak definirati uvjete pod kojima se operacija izvodi, objasniti zbivanje te predvidjeti moguće rezultate. Nadalje, potrebno je prikazati i objasniti rezultate i opisati kako se na njih može utjecati pri čemu u obzir treba uzeti moguće rizike. Operacija se može definirati kao svaka djelatnost koja ima neku svrhu npr. organizaciju transporta i slično. Za takve operacije ne postoji jedinstveno rješenje koje odgovara u svakom trenutku, već postoji velik broj rješenja i načina izvođenja. Ponuđena rješenja su različita, što ne znači da je ijedno rješenje loše, već je cilj izabrati optimalno rješenje koje će odgovarati svim sudionicima radnog tima. Rješenja dobivena operacijskim istraživanjem uzimaju se kao podloga za donošenje odluka. Za svako izvođenje operacija potrebno je osigurati primjenu egzaktnih (matematičkih) metoda.

Glavne karakteristike operacijskog istraživanja su:

- timski rad sudionika pri čemu se primjenjuju znanja iz različitih znanstvenih područja
- ispitivanje funkcijskih veza unutar sustava
- povećanje kreativne sposobnosti donositelja odluke čime se želi povećati vjerojatnost donošenja optimalne odluke
- otkrivanje novih problema

Nesumnjivo, tehnike operacijskih istraživanja su interdisciplinarne te zahtijevaju timski rad za rješavanje različitih aspekata problema, od menadžerkih, ekonomskih, inženjerskih do socijalnih. Stoga, potrebni su ekonomisti, matematičari, inženjeri, kao i menadžeri i računalni eksperti. Kako bi riješio problem, radni tim analizira uzroke i veze među različitim parametrima i procjenjuje rezultate različitih pristupa rješenju.

Druga važna karakteristika unutar operacijskih istraživanja se odnosi na ispitivanje funkcijskih veza unutar sustava. Za procjenu ispravnosti odluke potrebno je identificirati sve važne interakcije unutar sustava kako bi se odredio njihov značaj. Pregled sustava se sastoji od ispitivanja svih područja kojima se bavi menadžer, od proizvodnje, marketinga, financija do osoblja. Potrebno je analizirati elemente u svim odjelima kao npr. troškovi proizvodnje, troškovi transporta, cijene materijala i druge. Kada su poznati svi faktori koji utječu na rad sustava, tada se gradi matematički model. Najbolje rješenje bi bilo ono koje vodi do optimizacije profita cijelog sustava koji nužno ne mora dovesti do optimizacije svih pojedinih dijelova sustava.

Treća karakteristika se odnosi na povećanje kreativne sposobnosti donositelja odluke čime se želi povećati vjerojatnost donošenja optimalne odluke. Često je problem toliko kompleksan da menadžeri ne uspijevaju shvatiti i asimilirati sve bitne faktore. Tehnike operacijskih istraživanja pomažu menadžerima/donositeljima odluka u poboljšanju vlastitih mogućnosti kreativnog mišljenja i razumnog odlučivanja, analiziranju problemske situacije koju je potrebno dovesti pod kontrolu, koordiniranju problemske situacije, poboljšanju sustava i donošenju kvalitetnih odluka.

Četvrta karakteristika se odnosi na otkrivanje novih problema. Iako nije moguće riješiti sve probleme odjednom, za postizanje optimalnog profita potrebno je riješiti svaki mogući problem. Mora se naglasiti kako operacijska istraživanja i metode optimizacije nisu efektivna ukoliko se odnose na samo jednu vrstu problema koji se rješavaju [8].

## **5. Faze operacijskih istraživanja**

Operacijska istraživanja koriste modelski pristup rješavanja realnih problema. Model predstavlja koncept poslovnog problema i njegovu apstrakciju u kvantitativnom obliku. Kvantitativnim oblikovanjem poslovnog modela definiraju se varijable i relacije među njima. Modelom se prikazuje jednostavnija stvarnost sa stavljanjem naglaska na one komponente koje su bitne za analitičara. Definiranjem pretpostavki se ostvaruju pojednostavljenja u modelu. Kako bi model bio reprezentativan, potrebno je postići kompromis između koristi i troškova. Jednostavan model nudi brže rješavanje problema i stvara manje troškove, ali može tako davati manje precizne rezultate što posljedično negativno utječe na definirani cilj.

Rješavanje problema se izvodi po fazama koje logički slijede jedna za drugom i uključuje prikupljanje podataka za formulaciju problema, formulacija matematičkog modela, rješavanje modela i implementacija dobivenog rješenja [4].

### **5.1. Prikupljanje podataka za formulaciju realnog problema koji treba riješiti**

Prvu fazu rješavanja problema uključuje prikupljanje podataka za formulaciju problema koju čine formirani tim koji se sastoji od predstavnika poduzeća i stručnjaka (operacijskih istraživača, statističara). Vrlo je važno u ovoj fazi točno definirati cilj kao i pretpostavke na kojima se problem osniva. Također razmotriti moguća ograničenja i parametre prema kojima će se rješavati problem [4].

### **5.2. Formulacija odgovarajućeg matematičkog modela**

Formulacijom modela opisuje se bit problema i definira cilj rješenja. Model prikazuje vezu između različitih faktora o kojima ovisi rješenje problema. Sadržava varijable koje ima realno značenje, funkciju cilja i ograničenja na varijable. Matematički model predstavlja jasan prikaz cijelog problema [4].

### **5.3. Rješavanje problema matematičkog programiranja**

Za rješavanje problema potrebno je odabrati odgovarajuću metodu. Odabir metode ovisi o modelu. U nekim slučajevima potrebno je izraditi novu metodu, dok se u drugim koristi već postojeće metode. Primjerice, simpleks metoda se koristi za rješavanje konkretnog linearnog modela [1].

### **5.4. Implementacija dobivenog rješenja**

Posljednja faza rješavanje problema je implementacija dobivenog rješenja. Proces uključuje predstavnike poduzeća, odnosno donositelja odluke i stručnjake. Stručnjaci predstavljaju rješenje predstavniku poduzeća, odnosno donositelju odluke. Potrebna je kooperacija između donositelja odluke i stručnjaka u posljednjoj fazi rješavanja problema kako bi se pomoglo donositelju odluke u njegovim daljnjim postupcima. Ukoliko nije zadovoljan ponuđenim rješenjem, potrebno je poboljšati matematički model dok se ne postigne optimalno rješenje [4].

Ravindran, Phillips i Solberg su u svojoj knjizi iznijeli deset principa modeliranja:

1. Ne izrađivati kompliciran model ako i jednostavan može poslužiti: ukoliko je rješenje matematički izvodljivo, ne treba doradivati model.
2. Ne prilagođavati problem da bi odgovarao metodi rješavanja: prilikom rješavanja problema potrebno je paziti da realno stanje problema ostane isto kako se ne bi problem sveo u oblik koji se može riješiti pomoću već poznatih tehnika.
3. Postupak stvaranja zaključaka o modelu mora biti rigorozan: prilikom rješavanja problema ne smije doći do logičkih pogrešaka jer se tako ne može zaključiti je li riječ o pogrešnim pretpostavkama ili o pogrešnom postupku rješavanja.
4. Model treba testirati prije implementacije: model je potrebno testirati na stvarnim ili na generiranim podacima i tako provjeriti ispravnost modela.
5. Model ne treba nikada shvaćati suviše doslovno: potrebno je provjeriti rezultate sa iskustvenim podacima s ciljem izbjegavanja nelogičnih rješenja.

6. Ne treba očekivati da model rješava probleme za koje nije bio projektiran: u procesu izrade modela potrebno je definirati cilj pa tako model ne može rješavati probleme za koje nije projektiran.
7. Ne treba isti model koristiti za rješavanje velikog broja problema: jedan model se može koristiti za rješavanje više različitih problema, no ne može riješiti sve probleme.
8. Znatne su koristi već od same izrade modela: znatne su koristi već od same izrade modela no mogu se pritom otkriti određene nelogičnosti, npr. kada su troškovi izrade proizvoda veći od same prodajne cijene. Stoga, potrebno je napraviti racionalnu analizu stvarnosti.
9. Model ne može biti bolji od ulaznih informacija: potrebno je raditi na poboljšanju ulaznih podataka kako bi sama kvaliteta dobivenih rezultata bila bolja.
10. Modeli ne mogu zamijeniti donositelja odluke: modeli koji nastaju primjenom operacijskih istraživanja su samo temelj pomoći kojih donositelji odluka donese optimalnu odluku za poduzeće [5][7].

## **6. Pregled metoda operacijskih istraživanja**

Metode operacijskog istraživanja čine skup matematičkih i statističkih metoda i tehnika s ciljem pronalaska optimalnog rješenja. Zasnove su na matematičkoj logici i apstraktnim simbolima koji se povezuju sa stvarnim svijetom. Operacijski analitičari su poseban naglasak stavili na sljedeće metode: linearno programiranje, nelinearno programiranje, dinamičko programiranje, teorija igara, teorija redova čekanja, optimalno rezerviranje, upravljanje zalihama, mrežno planiranje, metoda oponašanja, stohastički procesi, teorija grafova [8].

### **6.1. Linearno programiranje**

Metode linearnog programiranja su jedne od najvažnijih i najpoznatijih metoda operacijskog istraživanja. Model linearnog programiranja čine linearne jednačbe i nejednačbe koje predstavljaju funkciju cilja i ograničenja. Linearna funkcija cilja se mora optimizirati uz ograničenja u obliku jednačbi ili nejednačbi i uz nenegativne varijable odlučivanja. Za rješavanje problema linearnog programiranja koriste se Simplex, Modi, Vogel-ova metoda, metoda distribucije, metoda Ford-a i druge [8].

## **6.2. Nelinearno programiranje**

Nelinearno programiranje je skup metoda kojima pripada Langraeova metoda, kvadratno programiranje, cjelobrojno programiranje, separabilno, 0-1 programiranje i druge. Riječ je o metodi u kojoj u funkciji cilja i funkciji ograničenja postoji bar jedna nelinearnost [8].

## **6.3. Dinamičko programiranje**

Dinamičko programiranje je način rješavanja problema u kojem se rješenje dobije spajanjem rješenja jednostavnijih potproblema. Svaka donešena odluka ovisi o prethodno donesenoj odluci i vanjskim ograničenjima. Drugim riječima, dinamičko programiranje rješavanje jednog problema svodi na rješavanje njegovih potproblema [8].

## **6.4. Teorija igara**

Rješavanje problema pomoću teorije igara zasniva se na matematičkom modelu pomoću kojeg se prikazuje strateško ponašanje igrača. Osim u poslovnom odlučivanju, teorija igara se koristi i u područjima računovodstva, biologije, financija, prava, marketinga i političkih znanosti. Bazira se na proučavanju odluka na temelju kojih igrač može dobiti ili izgubiti, ovisno o ponašanju suprotnog igrača. Svaki igrač donosi vlastitu odluku, ali pritom pokušava predvidjeti odluke ostalih igrača. Kod ovakog oblika odlučivanja uvijek postoji određena doza rizika jer je velika mogućnost donošenja krivih odluka i procjena [9].

## **6.5. Teorija redova čekanja**

Teorija redova čekanja je metoda koja se bavi raspodjelom slučajno pristiglih jedinica ili zahtjeva za nekom uslugom. Navedena metoda operacijskih istraživanja promatra vezu između dolazaka jedinica, njihovih čekanja na uslugu i posluživanje te izlazak jedinica iz sustava. Cilj metoda je uspostaviti optimalno funkcioniranje sustava, a ono se postiže određivanjem optimalnog broja uslužnih mjesta za koje će vrijeme čekanja u redu ili troškovi čekanja biti minimalni [8].



## **6.6. Optimalno rezerviranje**

Optimalno rezerviranje je metoda operacijskih istraživanja pomoću koje se rješavaju problemi pouzdanosti složenih tehničkih sustava. Cilj je postići maksimalnu pouzdanost sustava s obzirom na ograničena sredstva ili postići optimalnu pouzdanost sustava uz minimalnu potrošnju sredstava (financijskih ili tehničkih) [8].

## **6.7. Mrežno planiranje**

Mrežno planiranje je metoda operacijskih istraživanja koja se koristi kod rješavanje problema kod kojih je potrebno odrediti vrijeme trajanja pojedinih aktivnosti. Metoda se zasniva na grafičkom prikazivanju redoslijeda pojedinih aktivnosti i njihovih veza pomoću mrežnog dijagrama [8].

## 7. Operacijska istraživanja na sveučilištima i veleučilištima

Kao što je već navedeno, operacijsko istraživanje je interdisciplinarno područje koje zahtjeva stručnjake iz različitih područja kako bi rješavanje problema bilo što uspješnije pa tako i dobiveno rješenje što korisnije. Stoga, potrebni su razni stručnjaci iz područja ekonomije, matematike, statistike, informatike, itd.

Posljedično tomu, područja operacijskih istraživanja se izučavaju na raznim fakultetima i odjelima s ciljem obrazovanja dovoljnog broja stručnjaka koji mogu pomoći u rješavanju problema i donošenju odluka u poslovnom odlučivanju.

U Hrvatskoj, kolegiji iz područja operacijskih istraživanja se izvode na 7 sveučilišta i 5 veleučilišta. U ovom diplomskom radu dan je kratki pregled kolegija s obzirom na sveučilište na kojem se predaje, fakultet i studijski program kojem pripada, a dane su i osnovne informacije o kolegiju što uključuje vrstu studija, razinu studija, godinu i semestar izvođenja, broj ECTS bodova, vrstu kolegija i fond sati. Uz opisni pregled kolegija, priložen je tablični i prikaz.

### 7.1. Sveučilište u Zagrebu

Sveučilište u Zagrebu je najstarije i najveće sveučilište u Hrvatskoj, a u sastavu ima 29 fakulteta. Fakulteti na kojima se predaju pojedina područja iz operacijskih istraživanja su Ekonomski fakultet Zagreb, Prirodoslovno-matematički fakultet Zagreb, Fakultet elektrotehnike i računarstva Zagreb, Filozofski fakultet Zagreb i Fakultet organizacije i informatike Varaždin.

Na Ekonomskom fakultetu Zagreb izvode se četiri kolegija: *Linearno programiranje i teorija igara*, *Operacijska istraživanja*, *Teorija igara* i *Matematičke metode za upravljanje financijskom imovinom*.

*Linearno programiranje i teorija igara* je izborni kolegij koji se izvodi na oba studijska programa sveučilišnog preddiplomskog studija, Ekonomija i Poslovna ekonomija. Ovisno o ostalim izbornim kolegijima, kolegij se sluša na trećoj ili četvrtoj godini preddiplomskog studija u VI. ili VIII. semestru i teži 4 ECTS boda. U sklopu kolegija izvodi se 15 sati predavanja i 15 sati vježbi izučavaju se teorijske osnove linearnog programiranja, cjelobrojnog linearnog programiranja i teorije igara dva igrača sa sumom nula i ekonomske primjene. Kolegij je koncipiran na način da je naglasak s jedne strane stavljen na formulaciju matematičkog modela, a s druge strane na metode rješavanja. Također, dobiveni rezultati se

ekonomski interpretiraju. Kolegij također podrazumijeva rješavanje problemskih zadataka na računalu koristeći odgovarajuću programsku podršku.

*Operacijska istraživanja* je također izborni kolegij treće ili četvrte godine sveučilišnog preddiplomskog studija u VI. ili VIII. semestru. Izvodi se na oba preddiplomska studijska programa, Ekonomija i Poslovna ekonomija i teži 6 ECTS boda. Kolegij sadrži 30 sati predavanja i 30 sati vježbi, a cilj kolegija je kod studenata postići sposobnost modeliranja realnih ekonomskih problema i njihovih rješenja. Podučava se linearni model proizvodnje, dualni problem, problem određivanja minimalnih troškova transporta, problem optimalnog rasporeda radnika na radna mjesta s kriterijem maksimalne ukupne efikasnosti, program trgovačkog putnika, optimizacija koeficijenata ekonomičnosti, produktivnosti i rentabilnosti te linearni problem proizvodnje s više međusobno konfliktinih ciljeva. U sklopu kolegija ne izvodi se rješavanje problemskih zadataka na računalu.

*Teorija igara* je izborni kolegij treće ili četvrte godine sveučilišnog preddiplomskog studija Ekonomije i Poslovne ekonomije u VI. ili VIII. semestru. Teži 5 ECTS boda u kojem se izvodi 30 sati predavanja i 15 sati vježbi. Nastavni cilj kolegija je steći sposobnost analitičkog razmišljanja pomoću matematičkih modela te razviti sposobnost zaključivanja i interpretiranja rezultata, kao i donošenje odluka. Izučavaju se igre sa sumom nula, statičke igre s potpunom informacijom, dinamičke igre s potpunom informacijom, statičke igre s nepotpunom informacijom te dinamičke igre s nepotpunom informacijom.

*Matematičke metode za upravljanje financijskom imovinom* je izborni kolegij sveučilišnog diplomskog studija Ekonomije i Poslovne ekonomije. Ukupno teži 5 ECTS boda i izvodi se na prvoj godini u II. semestru. Kolegij sadrži 15 sati predavanja i 15 sati vježbi. U početnom dijelu kolegija, podučava se primjena linearnog, cjelobrojnog i višekriterijskog programiranja u financijama. Kolegij je kvantitativno orijentiran s posebnim naglaskom na financijske i praktične aspekte. U sklopu kolegiju rješavaju se problemski zadaci koristeći odgovarajuću programsku podršku.

Na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu izvodi se tri kolegija: *Teorija igara*, *Operacijska istraživanja* i *Odlučivanje i teorija igara*. Kolegiji se izvode na diplomskim studijima matematičkog odsjeka.

*Teorija igara* je izborni kolegij koji se izvodi na tri sveučilišna diplomatska studijska programa: Matematička statistika, Računarstvo i matematika i Financijska i poslovna matematika.

Kolegij se izvodi na drugoj godini u III. semestru i opterećenost je 5 ECTS bodova. U 30 sati predavanja i 15 sati vježbe cilj je studente upoznati s osnovama teorije igara s naglaskom na primjenu u ekonomiji (npr. konkurencija tvrtki na tržištu, problem konkurencije unutar tvrtke, natjecanje za investicije, modeli međunarodne konkurencije i tome slično). Također, od studenata se očekuje rad na računalu koristeći odgovarajući programsku podršku gdje je naglasak također stavljen na ekonomsku interpretaciju dobivenih matematičkih rezultata.

*Operacijska istraživanja* je izborni kolegij od 5 ECTS bodova koji se izvodi na četiri sveučilišna diplomska studijska programa: Matematička statistika, Financijska i poslovna matematika, Računarstvo i matematika te na nastavničkom smjeru Matematike. Kolegij se izvodi na drugoj godini u IV. semestru i sadrži 30 sati predavanja i 15 sati vježbi. Na studijskom programu Računarstva i matematike, kolegij se može slušati i na prvoj godini u II. semestru. Nastavni cilj kolegija je upoznati studente s modelskim pristupom rješavanja problema i ukazati na metode rješavanja prikazanih problema. Na predavanjima se uči formulacija matematičkog modela i dobivanje rješenja iz modela, rješavanje problema transporta i asignacije, rješavanje problema na mrežama te cjelobrojno i višekriterijsko programiranje. Na vježbama se rješavaju zadaci, jednim dijelom i koristeći odgovarajuću programsku podršku.

Na studijskom programu Računarstvo i matematika, na prvoj godini u II. semestru izvodi se izborni kolegij *Odlučivanje i teorija igara* od 5 ECTS bodova. Ukupno se izvodi 60 sati predavanja gdje je cilj studente upoznati s matematičkom pozadinom teorije odlučivanja i osnovnim tehnikama.

Na Fakultetu elektrotehnike i računarstva Zagreb izvodi se kolegij *Operacijska istraživanja* na tri studijska programa: Računarstvo, Elektrotehnika i informacijska tehnologija i Informacijska i komunikacijska tehnologija. Riječ je o sveučilišnim diplomskim studijskim programima. Na Računarstvu se kolegij predaje na tri različita smjera: Programsko inženjerstvo i informacijski sustavi, Računalno inženjerstvo i Računarska znanost. Elektrotehnika i informacijska tehnologija nudi kolegij na četiri smjera: Elektrotehnički sustavi i tehnologija, Elektroenergetika, Elektroničko i računalno inženjerstvo i Elektronika. U sklopu studijskog programa Informacijske i komunikacijske tehnologije, kolegij se izvodi na dva smjera: Obradba informacija i Telekomunikacija i informatika. Kolegij je izborni i izvodi se na drugoj godini u III. semestru i teži 4 ECTS boda. U 30 sati predavanja na kolegiju se prolazi kroz povijest i razvoj operacijskih istraživanja, izradu matematičkog modela, linearno

programiranje, simpleks metodu, problem smjese, problem pridruživanja, transportni problem, algoritme grananja, mrežno planiranje, separabilno programiranje, dinamičko programiranje, nelinearno programiranje metodom najstrmijeg programiranje. U 30 sati vježbi studenti rješavaju zadane problemske zadatke korištenjem odgovarajuće programske podrške.

Na Fakultetu strojarstva i brodogradnje Zagreb izvode se dva kolegija: *Operacijska istraživanja 1* i *Operacijska istraživanja 2*. Oba kolegija slušaju studenti diplomskog smjera Strojarsstva na prvoj godini. Kolegij *Operacijska istraživanja 1* se održava u I. semestru i teži 7 ECTS boda. Cilj kolegija je upoznati studente s tehnikama i modelima koji omogućavaju rješavanje problemskih zadataka koji se javljaju u proizvodnim sustavima. Prolazi se kroz povijest i razvoj operacijskih istraživanja, formulaciju matematičkog modela i rješavanje zadanih problemskih zadataka pomoću simpleks metode, provedbu analize osjetljivosti na dobivenim optimalnim rješenjima te primjenu modela linearnog programiranja na transportnim problemima, problemima razmještaja, problemima zalihe i problemima na mrežama.

*Operacijska istraživanja 2* je obvezni kolegij u II. semestru prve godine. Kolegij teži 4 ECTS boda i cilj je upoznati studente s kvantitativnim metodama koje se koriste u industrijskom inženjerstvu i menadžmentu. U oba kolegija, od studenata se očekuje rad na računalu s ciljem testiranja dobivenih rezultata sa softverskim rješenjima.

U sklopu Sveučilišta u Zagrebu nalazi se i Fakultet organizacije i informatike Varaždin na kojem se izvode dva kolegija: *Operacijska istraživanja 1* i *Operacijska istraživanja 2*.

*Operacijska istraživanja 1* je obvezni kolegij treće godine sveučilišnog preddiplomskog studija Informatičkih i poslovnih sustava. Kolegij se izvodi u ljetnom semestru i teži 5 ECTS bodova. Cilj kolegija je upoznati teorijsku podlogu, metode i tehnike operacijskih istraživanja te koristiti metode linearnog programiranja i primijeniti ih u rješavanju viševarijabilnih problema poslovanja.

*Operacijska istraživanja 2* je kolegij prve godine sveučilišnog diplomskog studija Informatike. Kolegij je izborni studentima u II. semestru. Cilj kolegija je nadograditi znanje na kolegij Operacijska istraživanja 1 gdje je posebni naglasak stavljen na područja iz prakse na koja se ova znanja mogu primijeniti. Na oba kolegija, na vježbama se rješavaju problemski zadaci, jednim dijelom i korištenjem odgovarajuće programske podrške.

Tablica 1. prikazuje pregled svih kolegija koji se izvode na Sveučilištu u Zagrebu. Također, iz tablice je vidljivo kojem fakultetu i studijskom programu kolegij pripada te osnovne informacije o kolegiju (godina i semestar izvođenja, težina kolegija, vrsta kolegija te fond sati).

**Tablica 1.** Pregled kolegija Sveučilišta u Zagrebu

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU									
FAKULTET	STUDIJSKI PROGRAM	VRSTA STUDIJA	RAZINA STUDIJA	GODINA	SEMESTAR	KOLEGIJ	ECTS	VRSTA KOLEGIJA	FOND SATI (P+V+S)
Ekonomski fakultet Zagreb	Ekonomija	Sveučilišni	Preddiplomski	3./4.	VI./VIII.	Linearno programiranje i teorija igara	4	Izborni	15+15+0
	Poslovna ekonomija	Sveučilišni	Preddiplomski	3./4.	VI./VIII.	Linearno programiranje i teorija igara	4	Izborni	15+15+0
	Ekonomija	Sveučilišni	Preddiplomski	3./4.	VI./VIII.	Operacijska istraživanja	6	Izborni	30+30+0
	Poslovna ekonomija	Sveučilišni	Preddiplomski	3./4.	VI./VIII.	Operacijska istraživanja	6	Izborni	30+30+0
	Ekonomija	Sveučilišni	Preddiplomski	3./4.	VI./VIII.	Teorija igara	5	Izborni	30+15+0
	Poslovna ekonomija	Sveučilišni	Preddiplomski	3./4.	VI./VIII.	Teorija igara	5	Izborni	30+15+0

	Ekonomija	Sveučilišni	Diplomski	1.	II.	Matematičke metode za upravljanje financijskom imovinom	5	Izborni	15+15+0
	Poslovna ekonomija	Sveučilišni	Diplomski	1.	II.	Matematičke metode za upravljanje financijskom imovinom	5	Izborni	15+15+0
Prirodoslovno-matematički fakultet Zagreb	Matematička statistika	Sveučilišni	Diplomski	2.	III.	Teorija igara	5	Izborni	30+15+0
	Računarstvo i matematika	Sveučilišni	Diplomski	2.	III.	Teorija igara	5	Izborni	30+15+0
	Financijska i poslovna matematika	Sveučilišni	Diplomski	2.	III.	Teorija igara	5	Izborni	30+15+0
	Matematička statistika	Sveučilišni	Diplomski	2.	IV.	Operacijska istraživanja	5	Izborni	30+15+0
	Financijska i poslovna matematika	Sveučilišni	Diplomski	2.	IV.	Operacijska istraživanja	5	Izborni	30+15+0



	Matematika - Nastavnički smjer	Sveučilišni	Diplomski	2.	IV.	Operacijska istraživanja	5	Izborni	30+15+0
	Računarstvo i matematika	Sveučilišni	Diplomski	1./2.	II./IV.	Operacijska istraživanja	5	Izborni	30+15+0
	Računarstvo i matematika	Sveučilišni	Diplomski	1.	II.	Odlučivanje i teorija igara	5	Izborni	60+0+0
Fakultet elektrotehnike i računarstva Zagreb	Računarstvo - Programsko inženjerstvo i informatički sustavi	Sveučilišni	Diplomski	1./2.	I./III.	Operacijska istraživanja	4	Izborni	30+30+0
	Računarstvo - Računalno inženjerstvo	Sveučilišni	Diplomski	2.	III.	Operacijska istraživanja	4	Izborni	30+30+0
	Računarstvo - Računarska znanost	Sveučilišni	Diplomski	2.	III.	Operacijska istraživanja	4	Izborni	30+30+0

	Elektrotehnika i informacijska tehnologija - Elektrotehnički sustavi i tehnologija	Sveučilišni	Diplomski	2.	III.	Operacijska istraživanja	4	Izborni	30+30+0
	Elektrotehnika i informacijska tehnologija – Elektroenergetika	Sveučilišni	Diplomski	2.	III.	Operacijska istraživanja	4	Izborni	30+30+0
	Elektrotehnika i informacijska tehnologija - Elektroničko i računalno inženjerstvo	Sveučilišni	Diplomski	2.	III.	Operacijska istraživanja	4	Izborni	30+30+0
	Elektrotehnika i informacijska tehnologija - Elektronika	Sveučilišni	Diplomski	2.	III.	Operacijska istraživanja	4	Izborni	30+30+0

	Informacijska i komunikacijska tehnologija - Obradba informacija	Sveučilišni	Diplomski	2.	III.	Operacijska istraživanja	4	Izborni	30+30+0
	Informacijska i komunikacijska tehnologija - Telekomunikacija i informatika	Sveučilišni	Diplomski	2.	III.	Operacijska istraživanja	4	Izborni	30+30+0
Fakultet strojarstva i brodogradnje Zagreb	Strojarstvo	Sveučilišni	Diplomski	1.	I.	Operacijska istraživanja 1	7	Obvezan	45+40+5
	Strojarstvo	Sveučilišni	Diplomski	1.	II.	Operacijska istraživanja 2	4	Obvezan	30+13+2
Fakultet organizacije i informatike Varaždin	Informacijski i poslovni sustavi	Sveučilišni	Preddiplomski	3.	VI.	Operacijska istraživanja 1	5	Obvezan	30+30+0
	Informatika	Sveučilišni	Diplomski	1.	II.	Operacijska istraživanja 2	5	Izborni	30+15+0

## 7.2. Sveučilište u Splitu

Sveučilište u Splitu čine 11 fakulteta i 5 odjela. Područja operacijskih istraživanja se izvode na 4 fakulteta i 1 odjelu. To su: Ekonomski fakultet u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije Split, Pomorski fakultet Split, Prirodoslovno-matematički fakultet Split i Sveučilišni odjel za stručne studije.

Na Ekonomskom fakultetu u Splitu izvodi se kolegij *Kvantitativne metode u managementu*. Riječ o obveznom kolegiju u zimskom semestru treće godine na sveučilišnom preddiplomskom studiju Poslovne ekonomije i Turizma. Na studiju Poslovne ekonomije izvodi se na 6 smjerova, Financijski management, Informatički management, Management, Marketing, Poduzetništvo te Računovodstvo i revizija, kao obvezni kolegij. Na studiju Turizma, na smjerovi Management u hotelijerstvu i Management u turizmu, izvodi se kao izborni kolegij. Kolegijem se podučavaju osnovne kvantitativne metode koje se primjenjuju u poslovnom odlučivanju. Prolazi se kroz osnovne pojmove linearnog programiranja, osnovne teoreme linearnog programiranja, primjenu modela linearnog programiranja u poslovnom odlučivanju, simpleks metodu rješavanja problema, probleme linearnog programiranja u praksi, problem transporta, metode rješavanja problema transporta te problem optimalne asignacije.

Na Fakultetu građevinarstva, arhitekture i geodezije izvodi se kolegij *Operacijska istraživanja u građevinarstvu*. Kolegij se izvodi u ljetnom semestru prve godine sveučilišnog diplomskog studija Građevinarstva općeg smjera. Kolegij je obavezan i teži 5 ECTS bodova. Nakon odslušanog kolegija student će biti sposoban primjeniti modele matematičkog programiranja u području građevinarstva, primjeniti modele teorije igara, teorije repova i teorije zaliha na konkretnim problemima te modelirati određene segmente modelima operacijskih istraživanja.

Na Pomorskom fakultetu Split izvodi se kolegij *Operacijska istraživanja*. Kolegij je obavezan i teži 4 ECTS boda. Na sveučilišnim diplomskim studijima Pomorske nautike i Pomorskih sustava i procesa izvodi se na drugoj godini, dok na studijima Brodostrojarstva, Pomorskog menadžmenta i Pomorske tehnologije jahta i marina na prvoj godini. Cilj kolegija je osposobiti studente na primjenu kvantitativnih metoda u poslovnom odlučivanju u pomorstvu i pomorskom prometu. Okvirni sadržaj kolegija čine metode i postupci rješavanja operacijskih istraživanja, linearno programiranje, analiza osjetljivosti i parametarsko programiranje, metode rješavanja transportnih problema linearnog programiranja, dinamičko programiranje,

teorija redova čekanja, specifični problemi u pomorstvu i pomorskom prometu, osnovne tehnike simulacije te odabrani dijelovi iz nelinearnog programiranja.

Na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu Split izvodi se kolegij *Teorija igara*.

*Teorija igara* je izborni kolegij prve godine sveučilišnog diplomskog studija Matematike na teorijskom, računarskom i nastavničkom smjeru. Kolegij teži 5 ECTS bodova i previđeno je 30 sati predavanja i 30 sati vježbi. Tijekom slušanja kolegija, student se upoznaje sa osnovama teorije igara.

Sveučilišni odjel za stručne studije u Splitu nudi dva kolegija: *Operacijska istraživanja u MS Excelu* i *Kvantitativne metode u ekonomiji*.

*Operacijska istraživanja u MS Excelu* je obvezni kolegij preddiplomskog specijalističkog stručnog studija Trgovinskog poslovanja. Izvodi se na prvoj godini u ljetnom semestru i teži 6 ECTS bodova. Nakon odslušanog kolegija, student će ovladati osnovnim pojmovima linearnog programiranja i znati primjeniti naučeno znanje na zatvorenim i otvorenim transportnim problemima i problemima dodjeljivanja. Također, student će biti sposoban koristiti Excelov alat Solver u rješavanju problema linearnog programiranja.

*Kvantitativne metode u ekonomiji* je također obvezni kolegij preddiplomskog specijalističkog stručnog studija Trgovinskog poslovanja. Kolegij se održava na prvoj godini i opterećenost je 6 ECTS bodova. Cilj kolegija je upoznati studente s osnovnim kvantitativnim metodama i tehnikama koje se koriste za rješavanje problemskih zadataka. Naglasak je pritom stavljen na realne probleme iz prakse.

Tablica 2. prikazuje pregled svih kolegija koji se izvode na Sveučilištu u Splitu. Tablično su prikazane osnovne informacije o kolegijima (fakultet, studijski program, godina i semestar izvođenja, težina kolegija, vrsta kolegija te fond sati).

**Tablica 2.** Pregled kolegija Sveučilišta u Splitu

SVEUČILIŠTE U SPLITU									
FAKULTET	STUDIJSKI PROGRAM	VRSTA STUDIJA	RAZINA STUDIJA	GODINA	SEMESTAR	KOLEGIJ	ECTS	VRSTA KOLEGIJA	FOND SATI (P+V+S)
Ekonomski fakultet u Splitu	Poslovna ekonomija - Financijski management	Sveučilišni	Preddiplomski	3.	V.	Kvantitativne metode u managementu	5	Obvezan	30+30+0
	Poslovna ekonomija - Informatički management	Sveučilišni	Preddiplomski	3.	V.	Kvantitativne metode u managementu	5	Obvezan	30+30+0
	Poslovna ekonomija - Management	Sveučilišni	Preddiplomski	3.	V.	Kvantitativne metode u managementu	5	Obvezan	30+30+0
	Poslovna ekonomija - Marketing	Sveučilišni	Preddiplomski	3.	V.	Kvantitativne metode u managementu	5	Obvezan	30+30+0
	Poslovna ekonomija - Poduzetništvo	Sveučilišni	Preddiplomski	3.	V.	Kvantitativne metode u managementu	5	Obvezan	30+30+0

	Poslovna ekonomija - Računovodstvo i revizija	Sveučilišni	Preddiplomski	3.	V.	Kvantitativne metode u managementu	5	Obvezan	30+30+0
	Turizam - Management u hotelijerstvu	Sveučilišni	Preddiplomski	3.	V.	Kvantitativne metode u managementu	5	Izborni	30+30+0
	Turizam - Management u turizmu	Sveučilišni	Preddiplomski	3.	V.	Kvantitativne metode u managementu	5	Izborni	30+30+0
Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije Split	Građevinarstvo - Opći smjer	Sveučilišni	Diplomski	1.	II.	Operacijska istraživanja u građevinarstvu	5	Obvezan	30+30+0
Pomorski fakultet Split	Pomorska nautika	Sveučilišni	Diplomski	2.	IV.	Operacijska istraživanja	4	Obvezan	30+15+0
	Brodostrojarstvo	Sveučilišni	Diplomski	1	II.	Operacijska istraživanja	4	Obvezan	30+15+0
	Pomorski menadžment	Sveučilišni	Diplomski	1.	I.	Operacijska istraživanja	4	Obvezan	30+15+0
	Pomorske tehnologije	Sveučilišni	Diplomski	1.	I.	Operacijska istraživanja	4	Obvezan	30+15+0

	jahta i marina								
	Pomorski sustavi i procesi	Sveučilišni	Diplomski	2.	IV.	Operacijska istraživanja	4	Obvezan	30+15+0
	Matematika - Teorijski smjer	Sveučilišni	Diplomski	1.	I./III.	Teorija igara	5	Izborni	30+30+0
	Matematika - Računarski smjer	Sveučilišni	Diplomski	1.	I./III.	Teorija igara	5	Izborni	30+30+0
	Matematika - Nastavnički smjer	Sveučilišni	Diplomski	1.	I./III.	Teorija igara	5	Izborni	30+30+0
Sveučilišni odjel za stručne studije Split	Trgovinsko poslovanje	Specijalistički stručni	Preddiplomski	1.	II.	Operacijska istraživanja u MS Excelu	6	Obvezan	30+30+0
	Trgovinsko poslovanje	Specijalistički stručni	Preddiplomski	1.	II.	Kvantitativne metode u ekonomiji	6	Obvezan	30+30+0



### 7.3. Sveučilište u Rijeci

Sveučilište u Rijeci čine 11 fakulteta i 4 sveučilišna odjela. Područja operacijskih istraživanja se izvode na 4 fakulteta i 2 sveučilišna odjela. Riječ je o Ekonomskom fakultetu Rijeka, Fakultetu za menadžment u turizmu i ugostiteljstvu Opatija, Građevinskom fakultetu Rijeka i Pomorskom fakultetu Rijeka te sveučilišnim odjelima Odjel za informatiku i Odjel za matematiku.

Na Ekonomskom fakultetu Rijeka izvodi se ukupno pet kolegija: *Matematička analiza za ekonomiste*, *Uvod u modeliranje poslovnog odlučivanja*, *Ekonomika racionalnog djelovanja*, *Teorija odlučivanja* i *Kvantitativne metode za poslovno odlučivanje*.

*Matematička analiza za ekonomiste* je obvezni kolegij koji se održava na oba sveučilišna preddiplomska studijska programa Ekonomskog fakulteta u Rijeci, Ekonomija i Poslovna ekonomija. U sklopu studijskog programa Poslovne ekonomije, kolegij se predaje na šest smjerova: Financije i bankarstvo, Informatičko poslovanje, Marketing, Međunarodno poslovanje, Menadžment i Poduzetništvo. Kolegij se održava na drugoj godini u IV. semestru i teži 3 ECTS boda. Dio kolegija bavi se metodama optimizacije i tehnikama za odlučivanje.

*Uvod u modeliranje poslovnog odlučivanja* je izborni kolegij treće godine zimskog semestra. Kolegij se održava na studijskim programima Ekonomije i Poslovne ekonomije. U sklopu studijskog programa Poslovne ekonomije, kolegij se izvodi na svih sedam smjerova (Financije i računovodstvo, Financije i bankarstvo, Informatičko poslovanje, Marketing, Međunarodno poslovanje, Menadžment i Poduzetništvo) što govori o znatnoj važnosti primjene operacijskih istraživanja u ekonomiji. Kolegij ukupno teži 4 ECTS boda i sadrži 30 sati predavanja i 15 sati vježbi. Sadržajno pokriva metode i modele za donošenje optimalnih poslovnih odluka, linearno programiranje, dualnost, grafičku metodu, simpleks i Charnesova M-metodu. Također rješavaju se problemi transporta i asignacije.

Na Poslovnoj ekonomiji, na smjerovima Marketinga, Međunarodnog poslovanja, Menadžmenta i Poduzetništva izvodi se kolegij *Ekonomika racionalnog djelovanja*. Kolegij je izborni i studenti ga mogu slušati na drugoj godini u III. semestru. Nastavna opterećenost je 6 ECTS bodova i sadrži 30 sati predavanja i 30 sati seminara. Što se tiče područja operacijskih istraživanja, studenti će na kolegiju upoznati elemente teorije igara. Kolegij se također izvodi i na sveučilišnom preddiplomskom studiju Ekonomije.

Na Ekonomskom fakultetu, kolegij *Teorija odlučivanja* se nudi kao obvezni i izborni kolegij. Ukoliko je riječ o obveznom, tada teži 6 ECTS bodova, suprotno 4 ECTS boda. Studenti diplomskog studija Ekonomije (smjer Gospodarstvo Europske unije) i Poslovne ekonomije (smjerovi Financije i bankarstvo, Informatičko poslovanje, Marketing, Međunarodno poslovanje, Menadžment i Poduzetništvo) kolegij mogu slušati u zimskom semestru druge godine. Dio kolegija posvećen je dinamičkom programiranju, nelinearnom programiranju, osnovi teorije igara (elementi strategijske igre), igri između dvije osobe sa sumom nula, igri sa sedlom, igri bez sedla i igri protiv prirode.

*Kvantitativne metode za poslovno odlučivanje* je obvezni kolegij prve godine II. semestra na sveučilišnom diplomskom studiju Poslovne ekonomije (smjerovi Financije i bankarstvo, Informatičko poslovanje, Marketing, Međunarodno poslovanje, Menadžment i Poduzetništvo). Težinska opterećenost kolegija je 6 ECTS bodova i podrazumijeva 30 predavanja i 30 sati vježbi. Kolegij poučava modeliranje u poslovnom odlučivanju opisivajući tako analitičke, determinističke, stohastičke i simulacijske metode. Kod determinističkih metoda, spominje se tako linearno programiranje i analiza osjetljivosti.

Fakultet za menadžment u turizmu i ugostiteljstvu Opatija nudi tri kolegija, *Metode poslovnog odlučivanja u turizmu*, *Metode odlučivanja u hotelijerstvu* i *Teoriju odlučivanja*, na preddiplomskom studijskom programu Poslovna ekonomija u turizmu i ugostiteljstvu.

*Metode poslovnog odlučivanja u turizmu* je obvezni kolegij zimskog semestra četvrte godine. Kolegij je studija Poslovne ekonomije u turizmu i ugostiteljstvu na smjeru Menadžment u turizmu i ugostiteljstvu. Ima opterećenost od 6 ECTS bodova i predviđenih 30 sati predavanja i 30 sati vježbi. Cilj kolegija je naučiti studente raspoznavanju pripadnosti određenih problema nekom gotovom modelu za čije je rješenje razvijena odgovarajuća metoda i tehnika odlučivanja. Također, studenti nakon odslušanog kolegija su sposobni primjeniti naučene metode i tehnike za potrebe turizma. Kolegij sadržajno pokriva osnove teorije linearnog programiranja, probleme i metode iz nelinearnog programiranja, modele i metode ekoloških sustava, teoriju igara i strateške igre. Nadalje, od studenata se očekuje korištenje računalne potpore za ocjenjivanje i analiziranje primijenjenih metoda i modela poslovnog odlučivanja u turizmu.

Kolegij *Metode poslovnog odlučivanja u hotelijerstvu* je također obvezni kolegij smjera Menadžment u turizmu i ugostiteljstvu na četvrtoj godini. Teži 6 ECTS bodova i ima predviđenih 30 sati predavanja i 30 sati vježbi. Cilj kolegija je isti kolegiju *Metode poslovnog*

*odlučivanja u turizmu* sa primjenom naučenih metoda i tehnika u hotelijerstvu. Sadržajno pokriva osnove teorije linearnog programiranja, probleme prehrane, proizvodnje i transporta, rješavanje problema asignacije, probleme i metode iz linearnog programiranja, problem zaliha, problem rasporeda opreme, problem redova čekanja i ekološke modele odlučivanja. Kao i kod prethodno opisanog kolegija, studenti koriste odgovarajuću računalnu podršku s ciljem ocjenjivanja i analiziranja primijenjenih metoda i modela poslovnog odlučivanja u hotelijerstvu.

Nadalje, na četvrtoj godini Poslovne ekonomije u turizmu i ugostiteljstvu smjera Menadžment u turizmu i ugostiteljstvu održava se i kolegij *Teorija odlučivanja*. Riječ je o obveznom kolegiju i nastavnoj opterećenosti od 5,5 ECTS bodova. U 45 sati predavanja i 15 sati seminara cilj je da studenti usvoje osnovne metode za rješavanje problemskih zadataka i razumiju proces odlučivanja. Također, cilj je da budu sposobni primijeniti usvojeno znanje na stvarnim problemskim situacijama u turizmu, ali i šire. Kolegij pokriva osnove teorije odlučivanja, proces odlučivanja, opće značajke metoda odlučivanja, kvantitativne modele odlučivanja i linearno programiranje, ulogu sustava za potporu odlučivanju u primjeni i razvoju metoda poslovnog odlučivanja.

Na diplomskom studiju Građevinskog fakulteta u Rijeci izvodi se kolegij *Operacijsko istraživanje i linearno programiranje*. Na smjeru Inženjersko modeliranje građevina riječ je o obveznom kolegiju, dok na smjerovima Geotehnika, Hidrotehnika, Promet i Urbano inženjerstvo o izbornom. Kolegij se izvodi na prvoj godini u II. semestru i teži 6 ECTS boda. Cilj kolegija je upoznati studente s metodama koje pomažu pri donošenju odluka primjenom linearnog i nelinearnog programiranja. Teme kroz koje se predaju su linearno programiranje, simpleks metoda, dualnost i senzibilnost, cjelobrojno programiranje, transportni algoritam, modeli zaliha, nelinearno programiranje, optimizacija problema s više varijabli i bez ograničenja, dinamičko programiranje, teorija odlučivanja i Markovljevi procesi.

Na Pomorskom fakultetu u Rijeci održava se kolegij *Operacijska istraživanja* na dva studijska programa, Logistika i menadžment u pomorstvu i prometu i Tehnologija i organizacija prometa. Riječ je obveznom kolegiju druge godine i teži 6 ECTS bodova. Cilj kolegija je upoznati studente s kvantitativnim metodama i osposobiti ih za primjenu u poslovnom odlučivanju. U 45 sati predavanja i 30 sati vježbe, obrađuju se sljedeće teme: primjena kvantitativnih metoda u poslovnom odlučivanju, linearno programiranje, transportni problemi

linearnog programiranja, dinamičko programiranje, teorija redova čekanja, primjena navedenih metoda na konkretnim problemima u prometu.

Odjel za informatiku nudi tri kolegija: *Operacijska istraživanja*, *Operacijska istraživanja 1* i *Operacijska istraživanja 2*.

*Operacijska istraživanja* slušaju studenti prve godine dvopredmetnog diplomskog studija Informatike (nastavnički smjer). Kolegij je obvezan i teži 6 ECTS bodova. Cilj kolegija je upoznati studente s metodama operacijskih istraživanja s naglaskom na probleme iz prakse na koje se nova znanja mogu primijeniti. Okvirne teme koje se proučavaju u 30 sati predavanja i 30 sati vježbi su: pojam i razvoj operacijskih istraživanja, postupak rješavanja problema operacijskih istraživanja, linearno programiranje, grafička metoda, analiza i definiranje nekih problema linearnog programiranja, dualni problem, transportni problem linearnog programiranja, analiza optimalnog rješenja transportnog problema, matematičke definicije osnovnih metoda operacijskih istraživanja.

*Operacijska istraživanja 1* slušaju studenti prve godine jednopredmetnog diplomskog studija Informatike na tri smjera, Poslovna informatika, Informacijski i komunikacijski sustavi i na nastavničkom smjeru. Na nastavničkom smjeru kolegij teži 5, a na ostalim 6 ECTS bodova. Cilj kolegija je upoznati studente s osnovnim pojmovima, rezultatima i metodama operacijskih istraživanja te ih osposobiti za primjenu istih. Sadržaj kolegija se podudara sa sadržajem kolegija *Operacijska istraživanja*.

*Operacijska istraživanja 2* je obvezni kolegij prve godine II. semestra. Izvodi se na svim smjerovima diplomskog studija jednopredmetne Informatike i teži 6 ECTS bodova. U 30 sati predavanja i 30 sati vježbi, cilj kolegija je upoznati studente sa teorijom redova čekanja i teorijom mreža te ih osposobiti za primjenu na problemima iz prakse. Okvirni sadržaj kolegija pokriva sljedeće teme: teorija redova čekanja, osnovne karakteristike problema reda čekanja, klasifikacije problema reda čekanja, jednokanalni i višekanalni problemi redova čekanja, funkcija troškova u sustavima masovnog opsluživanja, model održavanja strojeva, proračun troškova održavanja, modeli na mreži, osnovni pojmovi iz teorije grafova, uvod u mrežno planiranje, teorija igara, matrične igre, metode za rješavanje matričnih igara, diskretni slučajni procesi, markovljevi lanci i primjena.

Na Odjelu za matematiku izvodi se kolegij *Linearno programiranje* na diplomskom studiju Matematike (smjer Diskretna matematika i primjene i nastavnički smjer). Kolegij je obvezan

u 1. semestru prve godine i teži 5 ECTS bodova. Predviđeno je 30 sati predavanja i 30 sati vježbi i prolazi se kroz sljedeće teme: osnovni problemi linearnog programiranja, Fourie-Motzkinova i određene grafičke metode rješavanja problema, simpleks metoda, slučaj degeneracije, dualna simplex metoda, parametarsko linearno programiranje, dualnost, cjelobrojno linearno programiranje, transportni problem, osnovne teorije matričnih igara, konveksno programiranje.

Tablicom 3. prikazani su gore opisani kolegiji Sveučilišta u Rijeci.

**Tablica 3.** Pregled kolegija Sveučilišta u Rijeci

SVEUČILIŠTE U RIJECI									
FAKULTET	STUDIJSKI PROGRAM	VRSTA STUDIJA	RAZINA STUDIJA	GODINA	SEMESTAR	KOLEGIJ	ECTS	VRSTA KOLEGIJA	FOND SATI (P+V+S)
Ekonomski fakultet u Rijeci	Poslovna ekonomija - Financije i bankarstvo	Sveučilišni	Preddiplomski	2.	IV.	Matematička analiza za ekonomiste	3	Obvezan	15+15+0
	Poslovna ekonomija - Informatičko poslovanje	Sveučilišni	Preddiplomski	2.	IV.	Matematička analiza za ekonomiste	3	Obvezan	15+15+0
	Poslovna ekonomija – Marketing	Sveučilišni	Preddiplomski	2.	IV.	Matematička analiza za ekonomiste	3	Obvezan	15+15+0
	Poslovna ekonomija - Međunarodno poslovanje	Sveučilišni	Preddiplomski	2.	IV.	Matematička analiza za ekonomiste	3	Obvezan	15+15+0
	Poslovna ekonomija –	Sveučilišni	Preddiplomski	2.	IV.	Matematička analiza za	3	Obvezan	15+15+0

	Menadžment					ekonomiste			
	Poslovna ekonomija – Poduzetništvo	Sveučilišni	Preddiplomski	2.	IV.	Matematička analiza za ekonomiste	3	Obvezan	15+15+0
	Ekonomija	Sveučilišni	Preddiplomski	2.	IV.	Matematička analiza za ekonomiste	3	Obvezan	15+15+0
	Poslovna ekonomija - Informatičko poslovanje	Sveučilišni	Preddiplomski	3.	V.	Uvod u modeliranje poslovnog odlučivanja	4	Izborni	30+15+0
	Poslovna ekonomija - Financije i računovodstvo	Sveučilišni	Preddiplomski	3.	V.	Uvod u modeliranje poslovnog odlučivanja	4	Izborni	30+15+0
	Poslovna ekonomija - Financije i bankarstvo	Sveučilišni	Preddiplomski	3.	V.	Uvod u modeliranje poslovnog odlučivanja	4	Izborni	30+15+0
	Poslovna ekonomija – Marketing	Sveučilišni	Preddiplomski	3.	V.	Uvod u modeliranje poslovnog odlučivanja	4	Izborni	30+15+0

	Poslovna ekonomija - Međunarodno poslovanje	Sveučilišni	Preddiplomski	3.	V.	Uvod u modeliranje poslovnog odlučivanja	4	Izborni	30+15+0
	Poslovna ekonomija – Menadžment	Sveučilišni	Preddiplomski	3.	V.	Uvod u modeliranje poslovnog odlučivanja	4	Izborni	30+15+0
	Poslovna ekonomija – Poduzetništvo	Sveučilišni	Preddiplomski	3.	V.	Uvod u modeliranje poslovnog odlučivanja	4	Izborni	30+15+0
	Ekonomija	Sveučilišni	Preddiplomski	3.	V.	Uvod u modeliranje poslovnog odlučivanja	4	Izborni	30+15+0
	Poslovna ekonomija – Marketing	Sveučilišni	Preddiplomski	2.	III.	Ekonomika racionalnog djelovanja	6	Izborni	30+0+30
	Poslovna ekonomija - Međunarodno poslovanje	Sveučilišni	Preddiplomski	2.	III.	Ekonomika racionalnog djelovanja	6	Izborni	30+0+30



	Poslovna ekonomija – Menadžment	Sveučilišni	Preddiplomski	2.	III.	Ekonomika racionalnog djelovanja	6	Izborni	30+0+30
	Poslovna ekonomija – Poduzetništvo	Sveučilišni	Preddiplomski	2.	III.	Ekonomika racionalnog djelovanja	6	Izborni	30+0+30
	Ekonomija	Sveučilišni	Preddiplomski	2.	III.	Ekonomika racionalnog djelovanja	6	Izborni	30+30+0
	Ekonomija - Gospodarstvo Europske unije	Sveučilišni	Diplomski	2.	III.	Teorija odlučivanja	4	Izborni	30+15+0
	Poslovna ekonomija - Financije i bankarstvo	Sveučilišni	Diplomski	2.	III.	Teorija odlučivanja	4	Izborni	30+15+0
	Poslovna ekonomija - Informatičko poslovanje	Sveučilišni	Diplomski	2.	III.	Teorija odlučivanja	4	Izborni	30+15+0
	Poslovna ekonomija – Marketing	Sveučilišni	Diplomski	2.	III.	Teorija odlučivanja	4	Izborni	30+15+0

	Poslovna ekonomija - Međunarodno poslovanje	Sveučilišni	Diplomski	2.	III.	Teorija odlučivanja	4	Izborni	30+15+0
	Poslovna ekonomija – Menadžment	Sveučilišni	Diplomski	2.	III.	Teorija odlučivanja	4	Izborni	30+15+0
	Poslovna ekonomija – Poduzetništvo	Sveučilišni	Diplomski	2.	III.	Teorija odlučivanja	4	Izborni	30+15+0
	Poslovna ekonomija – Marketing	Sveučilišni	Diplomski	2.	III.	Teorija odlučivanja	6	Obvezan	30+30+0
	Poslovna ekonomija – Menadžment	Sveučilišni	Diplomski	2.	III.	Teorija odlučivanja	6	Obvezan	30+30+0
	Poslovna ekonomija - Financije i bankarstvo	Sveučilišni	Diplomski	1.	II.	Kvantitativne metode za poslovno odlučivanje	6	Obvezan	30+30+0
	Poslovna ekonomija - Informatičko	Sveučilišni	Diplomski	1.	II.	Kvantitativne metode za poslovno	6	Obvezan	30+30+0

	poslovanje					odlučivanje			
	Poslovna ekonomija – Marketing	Sveučilišni	Diplomski	1.	II.	Kvantitativne metode za poslovno odlučivanje	6	Obvezan	30+30+0
	Poslovna ekonomija - Međunarodno poslovanje	Sveučilišni	Diplomski	1.	II.	Kvantitativne metode za poslovno odlučivanje	6	Obvezan	30+30+0
	Poslovna ekonomija - Menadžment	Sveučilišni	Diplomski	1.	II.	Kvantitativne metode za poslovno odlučivanje	6	Obvezan	30+30+0
	Poslovna ekonomija – Poduzetništvo	Sveučilišni	Diplomski	1.	II.	Kvantitativne metode za poslovno odlučivanje	6	Obvezan	30+30+0
Fakultet za menadžment u turizmu i ugostiteljstvu Opatija	Poslovna ekonomija u turizmu i ugostiteljstvu - Menadžment u turizmu i ugostiteljstvu	Sveučilišni	Preddiplomski	4.	VII.	Metode poslovnog odlučivanja u turizmu	6	Obvezan	30+30+0

	Poslovna ekonomija u turizmu i ugostiteljstvu - Menadžment u turizmu i ugostiteljstvu	Sveučilišni	Preddiplomski	4.	VII.	Metode poslovnog odlučivanja u hotelijerstvu	6	Obvezan	30+30+0
	Poslovna ekonomija u turizmu i ugostiteljstvu - Menadžment u turizmu i ugostiteljstvu	Sveučilišni	Preddiplomski	4.	VII.	Teorija odlučivanja	5,5	Obvezan	45+0+15
Građevinski fakultet Rijeka	Građevinarstvo - Inženjersko modeliranje građevina	Sveučilišni	Diplomski	1.	II.	Operacijsko istraživanje i linearno programiranje	6	Obvezan	30+0+30
	Građevinarstvo - Geotehnika	Sveučilišni	Diplomski	1.	II.	Operacijsko istraživanje i linearno programiranje	6	Izborni	30+0+30
	Građevinarstvo - Hidrotehnika	Sveučilišni	Diplomski	1.	II.	Operacijsko istraživanje i linearno	6	Izborni	30+0+30

						programiranje			
	Građevinarstvo – Promet	Sveučilišni	Diplomski	1.	II.	Operacijsko istraživanje i linearno programiranje	6	Izborni	30+0+30
	Građevinarstvo - Urbano inženjerstvo	Sveučilišni	Diplomski	1.	II.	Operacijsko istraživanje i linearno programiranje	6	Izborni	30+0+30
Pomorski fakultet Rijeka	Logistika i menadžment u pomorstvu i prometu	Sveučilišni	Preddiplomski	2.	III.	Operacijska istraživanja	6	Obvezan	45+30+0
	Tehnologija i organizacija prometa	Sveučilišni	Preddiplomski	2.	III.	Operacijska istraživanja	6	Obvezan	45+30+0
Odjel za informatiku Rijeka	Informatika (dvo predmetna ) – Nastavnički smjer	Sveučilišni	Diplomski	1.	I.	Operacijska istraživanja	6	Obvezan	30+30+0
	Informatika (jedno predmet na) - Poslovna	Sveučilišni	Diplomski	1.	I.	Operacijska istraživanja 1	6	Obvezan	30+30+0

	informatika								
	Informatika (jednopedmetna) - Informatički i komunikacijski sustavi	Sveučilišni	Diplomski	1.	I.	Operacijska istraživanja 1	6	Obvezan	30+30+0
	Informatika (jednopedmetna) - Nastavnički smjer	Sveučilišni	Diplomski	1.	I.	Operacijska istraživanja 1	5	Obvezan	30+30+0
	Informatika (jednopedmetna) - Poslovna informatika	Sveučilišni	Diplomski	1.	II.	Operacijska istraživanja 2	6	Obvezan	30+30+0
	Informatika (jednopedmetna) - Informatički i komunikacijski sustavi	Sveučilišni	Diplomski	1.	II.	Operacijska istraživanja 2	6	Obvezan	30+30+0

	Informatika (jednopedmetna) - Nastavnički smjer	Sveučilišni	Diplomski	1.	II.	Operacijska istraživanja 2	6	Obvezan	30+30+0
Odjel za matematiku Rijeka	Matematika - Nastavnički smjer	Sveučilišni	Diplomski	1	I.	Linearno programiranje	5	Obvezan	30+30+0
	Matematika - Diskretna matematika i primjene	Sveučilišni	Diplomski	1	I.	Linearno programiranje	5	Obvezan	30+30+0

#### **7.4. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku**

Od 11 fakulteta i 5 sveučilišnih odjela na Sveučilištu Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, kolegiji koji podučavaju područja operacijskih istraživanja su Ekonomski fakultet Osijek i Odjel za matematiku Osijek.

Na Ekonomskom fakultetu Osijek izvodi se kolegiji: *Kvantitativne metode za poslovno odlučivanje* i *Operacijska istraživanja u poslovnoj logistici*.

*Kvantitativne metode za poslovno odlučivanje* je obvezni kolegij treće godine sveučilišnog preddiplomskog studija Marketinga, Financijskog menadžmenta, Menadžmenta, Poduzetništva i Poslovne informatike. Kolegij se izvodi u zimskom semestru i teži 5 ECTS bodova. Cilj kolegija je osposobiti studente za rješavanje modela različitim metodama i tehnikama te njihovu primjenu nad realnim ekonomskim problemima. Okvirni sadržaj kolegija pokriva osnove teorije i tipične modele linearnog programiranja, metode linearnog programiranja, primjenu grafičke i simpleks metode u rješavanju problema, analizu osjetljivosti, rješavanje problema transporta i asignacije te cjelobrojno programiranje. Od studenata se također očekuje rad na računalu i korištenje odgovarajuće računalne potpore.

*Operacijska istraživanja u poslovnoj logistici* je obvezni kolegij druge godine diplomskog studija Trgovine i logistike. Održava se u zimskom semestru i teži 5 ECTS bodova. U 30 sati predavanja i 30 sati vježbe cilj je osposobiti studente za rješavanje problemskih zadataka koristeći različite metode i tehnike.

*Linearno programiranje*, *Operacijska istraživanja* i *Operacijska istraživanja i primjene* su kolegiji koji se izvode na Odjelu za matematiku Osijek.

*Linearno programiranje* se izvodi u ljetnom semestru kao izborni kolegij na prvoj godini sveučilišnog diplomskog studija Matematike (smjer Financijska matematika i statistika i smjer Matematika i računarstvo) i 4. godini sveučilišnog nastavničkog studija Matematike i informatike. Kolegij teži 5 ECTS bodova i definiranih je 30 sati predavanja i 30 sati vježbi. Tijekom semestra obrađuju i analiziraju se numeričke metode za rješavanje problema linearnog programiranja i pritom se koriste različite mogućnosti programskog paketa Mathematica. Cilj je osposobiti studente za primjenu naučenog gradiva nad realnim problemskim zadacima. Okvirni sadržaj kolegija uključuje sljedeće teme: definicija i primjeri problema linearnog programiranja, geometrija linearnog programiranja, simpleks metoda, dualni problem, analiza osjetljivosti i elipsoidalna metoda.



*Operacijska istraživanja* je kolegij zimskog semestra druge godine sveučilišnog diplomskog studija Matematike (smjer Financijska matematika i statistika i smjer Matematika i računarstvo) i pete godine sveučilišnog nastavničkog studija Matematike i informatike. Broj ECTS bodova je 3 i kolegij stavlja naglasak na osnovne metode operacijskih istraživanja gdje se rješavaju transportni problemi i problemi mrežnog protoka. Također, cilj je kod studenata postići sposobnost modeliranja i interpretacije rješenja problema. U uvodnom dijelu kolegija ponavljaju se osnovni pojmovi linearne optimizacije i linearnog programiranja, zatim se rješavaju problemi mrežnog protoka i problem maksimalnog protoka te problemi cjelobrojnog programiranja.

*Operacijska istraživanja i primjene* je kolegij druge godine sveučilišnog diplomskog studija Matematike na smjeru Industrijska i primijenjena matematika. Kolegij je koncipiran na način da je naglasak stavljen na primjenu poznatih metoda operacijskih istraživanja nad različitim vrstama problema iz različitih struka. Također, cilj je dati osnovne matematičke i algoritamsko-programerske pretpostavke za rješavanje problema. Kolegij teži 6 ECTS bodova i predviđeno je 30 sati predavanja, 15 sati vježbi i 15 sati seminara. Prolazi se kroz probleme cjelobrojnog i 0-1 programiranja s različitim primjenama, metodu grananja i ograđivanja za rješavanje problema cjelobrojnog programiranja, višekriterijalno programiranje te nelinearno programiranje i njegovu primjenu.

Pregled svih gore opisanih kolegija koji se izvode na Sveučilištu Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku dan je u tablici 4.

**Tablica 4.** Pregled kolegija Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU									
FAKULTET	STUDIJSKI PROGRAM	VRSTA STUDIJA	RAZINA STUDIJA	GODINA	SEMESTAR	KOLEGIJ	ECTS	VRSTA KOLEGIJA	FOND SATI (P+V+S)
Ekonomski fakultet Osijek	Marketing	Sveučilišni	Preddiplomski	3.	V.	Kvantitativne metode za poslovno odlučivanje	5	Obvezan	30+30+0
	Financijski menadžment	Sveučilišni	Preddiplomski	3.	V.	Kvantitativne metode za poslovno odlučivanje	5	Obvezan	30+30+0
	Menadžment	Sveučilišni	Preddiplomski	3.	V.	Kvantitativne metode za poslovno odlučivanje	5	Obvezan	30+30+0
	Poduzetništvo	Sveučilišni	Preddiplomski	3.	V.	Kvantitativne metode za poslovno odlučivanje	5	Obvezan	30+30+0
	Poslovna	Sveučilišni	Preddiplomski	3.	V.	Kvantitativne metode za	5	Obvezan	30+30+0

	informatika					poslovno odlučivanje			
	Trgovina i logistika	Sveučilišni	Diplomski	2.	III.	Operacijska istraživanja u poslovnoj logistici	5	Obvezan	30+30+0
Odjel za matematiku Osijek	Matematika i informatika – nastavnički smjer	Sveučilišni	Diplomski	4.	VIII.	Linearno programiranje	5	Izborni	30+30+0
	Matematika - Financijska matematika i statistika	Sveučilišni	Diplomski	1.	II.	Linearno programiranje	5	Izborni	30+30+0
	Matematika - Matematika i računarstvo	Sveučilišni	Diplomski	1.	II.	Linearno programiranje	5	Izborni	30+30+0
	Matematika i informatika – nastavnički smjer	Sveučilišni	Diplomski	5.	IX.	Operacijska istraživanja	3	Izborni	15+0+15
	Matematika - Financijska matematika i	Sveučilišni	Diplomski	2.	III.	Operacijska istraživanja	3	Izborni	15+0+15

	statistika								
	Matematika - Matematika i računarstvo	Sveučilišni	Diplomski	2.	III.	Operacijska istraživanja	3	Izborni	15+0+15
	Matematika – Industrijska i primijenjena matematika	Sveučilišni	Diplomski	2.	III.	Operacijska istraživanja i primjene	6	Izborni	30+15+1 5

## **7.5. Sveučilište u Zadru**

Na Odjelu za ekonomiju Zadar Sveučilišta u Zadru predaje se kolegij *Operacijska istraživanja*.

*Operacijska istraživanja* je izborni kolegij sveučilišnog diplomskog studija Menadžmenta. Izvodi se na prvoj godini u zimskog semestru i ECTS opterećenost je 6 ECTS bodova. Predviđeno je 30 sati predavanja i 30 sati vježbi. Cilj kolegija je upoznati studente sa osnovnim metodama operacijskih istraživanja. Naglasak je stavljen na rješavanje transportnih problema i problema mrežnog protoka te primjenu naučenog znanja na konkretnim problemima iz prakse.

Prikaz kolegija na Odjelu za ekonomiju Sveučilišta u Zadru dan je tablicom 5.

**Tablica 5.** Pregled kolegija Sveučilišta u Zadru

SVEUČILIŠTE U ZADRU									
FAKULTET	STUDIJSKI PROGRAM	VRSTA STUDIJA	RAZINA STUDIJA	GODINA	SEMESTAR	KOLEGIJ	ECTS	VRSTA KOLEGIJA	FOND SATI (P+V+S)
Odjel za ekonomiju Zadar	Menadžment	Sveučilišni	Diplomski	1.	I.	Operacijska istraživanja	6	Izborni	30+30+0

## 7.6. Sveučilište u Puli

Na Fakultetu ekonomije i turizma „Dr. Mijo Mirković“ Sveučilišta u Puli izvode se pet kolegija iz područja operacijskih istraživanja i to dva na preddiplomskim studijima i tri kolegija na diplomskim studijima.

Kolegij *Kvantitativne metode poslovnog odlučivanja* je obvezan kolegij sveučilišnog preddiplomskog studija Poslovne ekonomije. Izvodi se na smjerovima Marketinško upravljanje i Poslovna informatika u ljetnom semestru treće godine i teži 6 ECTS bodova. Predviđeno je 30 sati predavanja i 30 sati seminara.

Također, kolegij se izvodi na sveučilišnom diplomskom studiju Poslovne ekonomije na smjerovima Financijski management, Management i poduzetništvo i Turizam i razvoj.

*Operacijska istraživanje* je obvezni kolegij treće godine sveučilišnog preddiplomskog studija Informatike. Kolegij teži 6 ECTS bodova i predviđeno je 40 sati predavanja i 30 sati vježbi.

Na sveučilišnom diplomskom studiju Ekonomije izvodi se kolegij *Teorija igara*. Izborni je kolegij čija nastavna opterećenost iznosi 7,5 ECTS bodova. Tijekom semestra predviđeno je 45 sati predavanja i 30 sati seminara.

Tablica 6. daje pregled svih kolegija iz područja operacijskih istraživanja koji se izvode na Sveučilištu u Puli. Također, iz tablice je vidljivo kojem fakultetu i studijskom programu kolegij pripada te osnovne informacije o kolegiju.

**Tablica 6.** Pregled kolegija Sveučilišta u Puli

SVEUČILIŠTE U PULI									
FAKULTET	STUDIJSKI PROGRAM	VRSTA STUDIJA	RAZINA STUDIJA	GODINA	SEMESTAR	KOLEGIJ	ECTS	VRSTA KOLEGIJA	FOND SATI (P+V+S)
Fakultet ekonomije i turizma „Dr. Mijo Mirković“ Pula	Poslovna ekonomija - Marketinško upravljanje	Sveučilišni	Preddiplomski	3.	VI.	Kvantitativne metode poslovnog odlučivanja	6	Obvezan	30+0+30
	Poslovna ekonomija - Poslovna informatika	Sveučilišni	Preddiplomski	3.	VI.	Kvantitativne metode poslovnog odlučivanja	6	Obvezan	30+0+30
	Informatika	Sveučilišni	Preddiplomski	3.	V.	Operacijska istraživanja	6	Obvezan	45+30+0
	Ekonomija	Sveučilišni	Diplomski	1.	II.	Teorija igara	7,5	Izborni	45+0+30
	Poslovna ekonomija - Financijski management	Sveučilišni	Diplomski	1.	II.	Kvantitativne metode poslovnog odlučivanja	7,5	Izborni	45+0+30
	Poslovna ekonomija -	Sveučilišni	Diplomski	1.	II.	Kvantitativne metode	7,5	Obvezan	45+0+30



	Management i poduzetništvo					poslovnog odlučivanja			
	Poslovna ekonomija - Turizam i razvoj	Sveučilišni	Diplomski	1.	II.	Kvantitativne metode poslovnog odlučivanja	7,5	Izborni	45+0+30
	Poslovna ekonomija - Management i poduzetništvo	Sveučilišni	Diplomski	1	II.	Kvantitativna analiza za managere i poduzetnike	7,5	Obvezan	45+0+30

### **7.7. Sveučilište u Dubrovniku**

Na odjelu za ekonomiju i poslovnu ekonomiju Sveučilišta u Dubrovniku izvodi se kolegij *Kvantitativne metode za poslovno odlučivanje*. Riječ je obveznom kolegiju ljetnog semestra prve godine sveučilišnog diplomskog studija Ekonomije i Poslovne ekonomije. Na studiju Poslovne ekonomije, kolegij se izvodi na smjerovima IT menadžment, Marketing, Međunarodna trgovina i Turizam. Opterećenost iznosi 6 ECTS bodova i od studenata se očekuje da usvoje osnovne pojmove linearnog programiranja (standardni problem maksimuma i minimuma, dual, opći model, grafička i simpleks metoda rješavanje problema, višekriterijalno linearno programiranje), da nauče i primjene osnove teorije igara i analitičko hijerarhijski proces (AHP), koriste softverski paket QSB u rješavanju transportnog problema i softverski paket Expert Choice u rješavanju problem AHP.

Kolegiji su i tablično prikazani tablicom 7.

**Tablica 7.** Pregled kolegija Sveučilišta u Dubrovniku

SVEUČILIŠTE U DUBROVNIKU									
FAKULTET	STUDIJSKI PROGRAM	VRSTA STUDIJA	RAZINA STUDIJA	GODINA	SEMESTAR	KOLEGIJ	ECTS	VRSTA KOLEGIJA	FOND SATI (P+V+S)
Odjel za ekonomiju i poslovnu ekonomiju Dubrovnik	Ekonomija	Sveučilišni	Diplomski	1	II.	Kvantitativne metode poslovnog odlučivanja	6	Obvezan	20+20+0
	Poslovna ekonomija - IT menadžment	Sveučilišni	Diplomski	1	II.	Kvantitativne metode poslovnog odlučivanja	6	Obvezan	20+20+0
	Poslovna ekonomija - Marketing	Sveučilišni	Diplomski	1	II.	Kvantitativne metode poslovnog odlučivanja	6	Obvezan	20+20+0
	Poslovna ekonomija - Međunarodna trgovina	Sveučilišni	Diplomski	1	II.	Kvantitativne metode poslovnog odlučivanja	6	Obvezan	20+20+0

	Poslovna ekonomija - Turizam	Sveučilišni	Diplomski	1	II.	Kvantitativne metode poslovnog odlučivanja	6	Obvezan	20+20+0
--	------------------------------	-------------	-----------	---	-----	--------------------------------------------	---	---------	---------

## 7.8. Veleučilišta u Hrvatskoj

Veleučilišta na kojima se izučavaju područja iz operacijskih istraživanja su Veleučilište u Rijeci, Veleučilište „Nikola Tesla“ u Gospiću, Veleučilište u Požegi, Veleučilište u Slavanskom Brodu i Veleučilište u Šibeniku.

Na Veleučilištu u Rijeci predaju se tri kolegija: *Kvantitativne metode za poduzetnike*, *Operacijska istraživanja u prometu* i *Kvantitativne metode u prometu*.

*Kvantitativne metode za poduzetnike* je obvezni kolegij specijalističkog stručnog diplomskog studija Poduzetništva. Kolegij teži 6 ECTS bodova i omogućava studentima usvajanje različitih metoda u rješavanju poslovnih problema. Naglasak je stavljen na stvarne probleme iz poslovnog svijeta na kojima se može primijeniti naučeno gradivo. Također, studenti koriste računalne programe kako bi rješavali probleme i analizirali rješenja. Okvirni sadržaj kolegija čine sljedeće teme: mrežno planiranje i upravljanje, linearno programiranje, transportni problem, razlomljeno linearno programiranje, višekriterijsko programiranje, elementi teorije igara i analitički hijerarhijski proces.

Na drugoj godini preddiplomskog stručnog studija Prometa izvodi se kolegij *Operacijska istraživanja u prometu*. Kolegij je obavezan i teži 4 ECTS boda. Cilj kolegija je upoznati studente s osnovnim metoda iz područja operacijskih istraživanja. Tijekom semestra govori se o povijesnom razvoju operacijskih istraživanja, pojmu matematičkog modela, linearnom programiranju, matematičkom modelu linearnog programiranja, transformaciji realnih problema u matematički model, grafičkom rješavanju problema, simpleks metodi, dualnom problem, rješavanju transportnog problema te različitim modifikacijama i ograničenjima transportnog modela. Sadržajem kolegija stavljen je naglasak na primjenu naučenog znanja na definiranim problemima iz prakse.

*Kvantitativne metode u prometu* je obvezni kolegij diplomskog specijalističkog stručnog studija Prometa na prvoj godini u ljetnom semestru. Broj ECTS bodova je 6 i u 30 sati predavanja i 30 sati vježbi cilj je upoznati studente s osnovnim tehnikama matematičkog modeliranja s naglaskom stavljenim na problemima iz prometne struke. Teme kolegija su: osnovne kvantitativne metode prometnih znanosti, matematički modeli i metode optimizacije, teorija grafova, transportna mreža i mrežno planiranje.

Na Veleučilištu „Nikola Tesla“ u Gospiću na preddiplomskom stručnom studiju Cestovnog prometa izvodi se kolegij *Operacijska istraživanja u prometu*. Kolegij je obavezan i teži 6

ECTS bodova. Naglasak je stavljen na matematičke metode s kojima se rješavaju linearni problemi, transportni problemi i jednostavni zadaci na transportnoj mreži. Stoga, okvirni sadržaj kolegija pokriva sljedeće teme: grafičko rješavanje linearnog problema i nejednažbi s dvije nepoznanice, maksimum i minimum linearne funkcije dviju varijabli, numeričko rješavanje linearnog problema, simpleks metoda rješavanja linearnog problema i Charnesova M-metoda, transportni problem, Vögelova metoda određivanja početnog plana, modificirana metoda provjere optimalnosti rješenja i Stepping stone metoda promjene plana, transportna mreža te određivanje najkraćeg puta i isticanje maksimalnog toka.

Na Veleučilištu u Požegi izvodi se kolegij *Kvantitativne metode u trgovini* na preddiplomskom specijalističkom studiju Trgovinskog poslovanja. Izborni je kolegij i teži 5 ECTS boda. Cilj kolegija je upoznati učenike sa osnovnim matematičkim pojmovima i tehnikama potrebnim za modeliranje općih ekonomskih procesa. Također, rješavaju se primjeri iz prakse kako bi savladali matematičko modeliranje problema iz područja trgovinskog modeliranja. Studenti rješavaju problemske zadatke i pomoću odabranih računalnih programa. Student će nakon položenog ispita biti sposoban odlučivati na temelju matematičkih modela, analizirati dobivene rezultate, uspoređivati i kontrastirati dobivene rezultate i opravdavati poslovne odluke na temelju metoda.

*Kvantitativne metode za poslovno odlučivanje* je obvezni kolegij prve godine diplomskog specijalističkog stručnog studija Menadžmenta na Veleučilištu u Slavonskom Brodu. Nastavna opterećenost je 7 ECTS bodova i predviđeno je 35 sati predavanja i 15 sati seminara. Cilj kolegija je osposobiti studente za primjenu kvantitativnih metoda i modela za donošenje poslovnih odluka na konkretnim problemima iz prakse. Također, povezuje se ekonomska teorija s matematičkim modeliranjem uz primjenu odgovarajuće programske podrške.

Na Veleučilištu u Šibeniku izvode se dva kolegija: *Kvantitativne metode za poslovno odlučivanje* i *Operacijska istraživanja u prometu*.

*Kvantitativne metode za poslovno odlučivanje* je obvezni kolegij na diplomskom specijalističkom stručnom studiju Menadžmenta. Kolegij teži 6 ECTS bodova. U 45 sati predavanja i 30 sati predavanja, cilj je upoznati studente sa različitim vrstama problema koji se mogu pojaviti u praksi pri poslovnom odlučivanju. Nadalje, cilj je naučiti studente koristiti se metodama pomoću kojih se rješavaju opisani problemi te metodama za optimizaciju takvih problema. Studenti će tako biti sposobni prepoznati problem linearnog programiranja, izraditi

matematički model za probleme linearne optimizacije, riješiti problem pomoću programske podrške, prepoznati i riješiti probleme dinamičkog programiranja te upoznati se sa osnovama teorije igara.

*Operacijska istraživanja u prometu* je kolegij preddiplomskog stručnog studija Prometa na smjerovima Cestovni promet i Poštanski promet. Kolegij je obvezan i teži 4 ECTS boda. Cilj kolegija je upoznati studente s metodama operacijskog istraživanja s naglaskom na primjenu metoda na problemima iz struke. Nakon odslušanog kolegija, studenti će biti sposobni prepoznati i riješiti probleme linearnog programiranja pomoću metoda linearnog programiranja i pomoću programske podrške, riješiti cjelobrojne transportne probleme i probleme pridjeljivanja, prepoznati probleme na mrežama te primijeniti osnovne metode za rješavanje problema na mrežama.

Svi opisani kolegiji prikazani su tablicom 8 s obzirom na veleučilište kojem pripadaju i studijskom programu na kojem se izvode. Uz to, navedena je razina studija, godina i semestar izvođenja, broj ECTS bodova, vrsta kolegija te fond sati.

**Tablica 8.** Pregled kolegija Veleučilišta u Hrvatskoj

VELEUČILIŠTA U HRVATSKOJ									
FAKULTET	STUDIJSKI PROGRAM	VRSTA STUDIJA	RAZINA STUDIJA	GODINA	SEMESTAR	KOLEGIJ	ECTS	VRSTA KOLEGIJA	FOND SATI (P+V+S)
Veleučilište u Rijeci	Poduzetništvo	Specijalistički stručni	Diplomski	1.	II.	Kvantitativne metode za poduzetnike	6	Obvezan	30+30+0
	Promet	Stručni	Preddiplomski	2.	IV.	Operacijska istraživanja u prometu	4	Obvezan	30+15+0
	Promet	Specijalistički stručni	Diplomski	1.	II.	Kvantitativne metode u prometu	6	Obvezan	30+30+0
Veleučilište „Nikola Tesla“ u Gospiću	Cestovni promet	Stručni	Preddiplomski	2.	III.	Operacijska istraživanja u prometu	6	Obvezan	30+15+0
Veleučilište u Požegi	Trgovinsko poslovanje	Specijalistički	Preddiplomski	2.	III.	Kvantitativne metode u trgovini	5	Izborni	30+30+0



Veleučilište u Slavonskom Brodu	Menadžment	Specijalistički stručni	Diplomski	1.	I.	Kvantitativne metode za poslovno odlučivanje	7	Obvezan	35+0+15
Veleučilište u Šibeniku	Menadžment	Specijalistički stručni	Diplomski	1.	II.	Kvantitativne metode za poslovno odlučivanje	6	Obvezan	45+30+0
	Promet - Cestovni promet	Stručni	Preddiplomski	2.	III.	Operacijska istraživanja u prometu	4	Obvezan	30+30+0
	Promet - Poštanski promet	Stručni	Preddiplomski	2.	III.	Operacijska istraživanja u prometu	4	Obvezan	30+30+0

Nakon pregleda sveučilišta i veleučilišta, Sveučilište u Rijeci ističe se kao sveučilište sa najvećim brojem kolegija na kojima se izučava sadržaj iz područja operacijskih istraživanja. Izvodi se na 4 fakulteta i 2 sveučilišna odjela sa ukupno 14 različitih kolegija. S obzirom na razinu studija, jednak je broj kolegija preddiplomskog i diplomskog studija. Broj ECTS bodova kreće se u rasponu od 3 do 6 ECTS bodova pri čemu kolegiji s većim bodovnim opterećenjem sadržajno pokrivaju veći broj tema i vrsta zadataka.

Na Ekonomskom fakultetu je tako prethodno opisan kolegij *Matematička analiza za ekonomiste* obavezan na drugoj godini i služi kao uvod studentima u područje operacijskih istraživanja jer pokriva teoretski dio područja o tehnikama odlučivanja. Svaki sljedeći kolegij služi kao nadogradnja i usvajanje novih znanja gdje se naglasak stavlja na determinističke metode pa se spominju tako i linearno programiranje i analiza osjetljivosti. Na Fakultetu za menadžment u turizmu i ugostiteljstvu Opatija, studenti se s područjem operacijskih istraživanja upoznaju tek na četvrtoj godini preddiplomskog studija. Sadržajno se pokriva veliki broj tema pri čemu je naglasak stavljen na primjenu naučenog gradiva na probleme iz prakse. Uz klasično rješavanje zadataka na vježbama, predviđeno je i vrijeme za rješavanje koristeći odgovarajuću programsku podršku. Za razliku od studenata Građevinskog fakulteta, studenti Pomorskog fakulteta slušaju kolegij i upoznaju se sa područjem operacijskih istraživanja na drugoj godini preddiplomskog studija. Što se tiče predavanja, teme koje se obrađuju su vrlo slične. Cilj oba kolegija je osposobiti studente na primjenu naučenog gradiva na realnim problemima u poslovnom odlučivanju. Studenti informatike na Odjelu za informatiku upoznaju se sa područjem operacijskih istraživanja i metodama na prvoj godini diplomskih studija. Za razliku od drugih studijskih programa, na kolegiju *Operacijska istraživanja 2* govori se o osnovnim pojmovima teorije redova čekanja te o osnovnim pojmovima iz teorije grafova. Studenti Odjela za matematiku slušaju kolegij *Linearno programiranje* na prvoj godini diplomskih studija na kojem se upoznaju sa osnovnim pojmovima linearnog programiranja i rješavanjem problemskih zadataka koristeći određene metode.

Sveučilište u Zagrebu je drugo po redu sveučilište u Hrvatskoj po broju kolegija na kojima se predaju područja iz operacijskih istraživanja. Ukupno se izvode na 5 fakulteta sa 12 različitih kolegija. S obzirom na razinu studija, 4 kolegija se izvode na preddiplomskim i 8 na diplomskim studijima. Kolegij s najvećim brojem ECTS bodova se predaje na Fakultetu strojarstva i brodogradnje, ukupno teži 7 ECTS bodova i riječ je o obveznom kolegiju. Broj ECTS bodova teži od 4 do 7. Najveći broj kolegija, njih 7, teži 5 ECTS bodova. Nadalje,

opisani kolegiji na Sveučilištu u Zagrebu su uglavnom izborni kolegiji, sa iznimkom na Fakultetu strojarstva i brodogradnje gdje se izvode dva obvezna kolegija na diplomskom studiju i Fakultetu organizacije i informatike Varaždin s jednim obveznim kolegijem na preddiplomskom studiju.

Kao usporedbu s Ekonomskim fakultetom u Rijeci, na kolegijima Ekonomskog fakulteta u Zagrebu stavljen je veći naglasak na rješavanje problemskih zadataka na vježbama s ciljem primjene naučenog gradiva sa predavanja, jednim dijelom i korištenjem odgovarajuće programske podrške. Dobiveni rezultati se ekonomski interpretiraju kako bi pomogli studentima u shvaćanju realnih problema pri poslovnom odlučivanju. Studenti Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu mogu slušati kolegije u kojima se izučavaju pojedine metode operacijskih istraživanja tek na drugoj godini diplomskog studija. No, sadržajno kolegiji pokrivaju znatan broj tema na predavanjima, dok se na vježbama rješavaju problemski zadaci koristeći i odgovarajuću programsku podršku. Na Fakultetu elektrotehnike i računarstva, kolegij *Operacijska istraživanja* se izvodi na tri studijska programa i iako je izborni kolegij opširno pokriva sve bitnije teme iz područja operacijskih istraživanja. Na vježbama se rješavaju zadaci pomoću programske podrške. Fakultet strojarstva i brodogradnje Zagreb je u nastavnim planovima i programima kolegija *Operacijska istraživanja 1* i *Operacijska istraživanja 2* stavio veliki naglasak na primjenu metoda i tehnika operacijskih istraživanja u industrijskom inženjerstvu i menadžmentu. Studenti također uspoređuju dobivene rezultate sa softverskim rješenjima. Na Fakultetu organizacije i informatike se tako izvode dva kolegija istog naziva kao i na Fakultetu strojarstva i brodogradnje. Također, uz teorijsku podlogu cilj je osposobiti studente za uspješno korištenje metoda i tehnika u rješavanju viševarijabilnih problema poslovanja.

Na Sveučilištu u Splitu ukupno se izvode 6 kolegija i to na 4 fakulteta i 1 odjelu. S obzirom na razinu studija, jednak je broj kolegija na preddiplomskim i diplomskim studijima. Ukupno je 5 obveznih kolegija i 1 izborni i ECTS bodovi variraju od 4 do 6 bodova.

Na Ekonomskom fakultetu Split izvodi se kolegij *Kvantitativne metode u managementu* na dva preddiplomska studija. Kolegij ističe važnost primjene kvantitativnih metoda u poslovnom odlučivanju i na tomu se temelji njegov nastavni plan i program. Kao i na Pomorskom fakultetu u Rijeci, Pomorski fakultet u Splitu s kolegijem *Operacijska istraživanja* osposobljava studente za korištenje kvantitativnih metoda u pomorstvu i pomorskom prometu.

Za razliku od Odjela za matematiku Rijeka i Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Zagreb, na Prirodoslovo-matematičkom fakultet Split studenti se upoznaju sa metodama operacijskih istraživanja samo kroz kolegij *Teorija igara* na prvoj godini diplomskog studija gdje upoznaju osnove teorije igara. S druge strane, Sveučilišni odjel za stručne studije u Splitu nudi dva kolegija na prvoj godini preddiplomskog studija. Cilj kolegija je upoznati studente s metodama operacijskih istraživanja i načinima rješavanja problemskih zadataka s naglaskom na probleme iz prakse. Također, važno je osposobiti studente za korištenje odgovarajuće programske podrške kako bi mogli provjeriti i analizirati dobivene rezultate.

Na Sveučilištu Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku ukupno se izvodi 2 kolegija na Ekonomskom fakultetu i 3 na Odjelu za matematiku Osijek. Riječ o 3 izborna i 2 obvezna kolegija gdje se 1 obvezni izvodi na preddiplomskom, dok ostala 4 na diplomskim studijima. Kao i Ekonomski fakulteti u Zagrebu i Splitu, Ekonomski fakultet u Osijeku također naglašava rješavanje problemskih zadataka na vježbama. Rješenja se ekonomski interpretiraju i na taj način pomažu studentima u vizualizaciji stvarnih problema u poslovnom odlučivanju. Nadalje, ta rješenja se provjeravaju i analiziraju s odgovarajućom programskom podrškom. Na Odjelu za matematiku u Osijeku izvodi se 3 izborna kolegija pomoću kojih se studenti mogu pobliže upoznati s područjem operacijskih istraživanja. *Linearno programiranje* se izvodi na prvoj godini diplomskog studija i njime se studenti upoznaju sa osnovnim pojmovima linearnog programiranja te metodama rješavanja problema linearnog programiranja. Nakon toga, na kolegiju *Operacijska istraživanja* na drugoj godini studenti uče osnovne pojmove cjelobrojnog programiranja, višekriterijalnog programiranja te rješavanje problema mrežnog protoka i problema maksimalnog protoka.

Kolegij *Kvantitativne metode u poslovnom odlučivanju* se izvodi na Odjelu za ekonomiju i poslovnu ekonomiju Sveučilišta u Dubrovniku. S obzirom na važnost kvantitavnih metoda na ekonomskom području, riječ je obveznom kolegiju. Odjel za ekonomiju i poslovnu ekonomiju također naglašava važnost primjene naučenog teoretskog gradiva na problemima iz prakse. Uz to, naglašava se važnost korištenja odgovarajućih programa pa tako se na vježbama i jednim dijelom bave rješavanjem i analizom problema pomoću softverskog programa.

Kao i na Odjelu za ekonomiju i poslovnu ekonomiju u Dubrovniku, tako i na Odjelu za ekonomiju u Zadru izvodi se kolegij pomoću kojeg se studenti upoznaju s područjem operacijskih istraživanja. Suprotno Odjelu u Dubrovniku, tu je riječ o izbornom kolegiju koji

se također bavi primjenom naučenog znanja na konkretnim problemima iz prakse. No, sadržajno kolegij pokriva manji broj tema.

Na 5 različitih veleučilišta u Hrvatskoj ukupno se izvodi 8 kolegija. S obzirom na razinu, jednak je broj preddiplomskih i diplomskih studija. Studenti specijalističkog stručnog studija Poduzetništva Veleučilišta u Rijeci upoznaju se s kvantitativnim metodama i njihovim značajem u poslovnom odlučivanju na prvoj godini diplomskog studija. No, okvirnim sadržajem kolegija pokriveni su osnovni pojmovi područja te su također studenti upoznati s metodama rješavanja problemskih zadataka. Uz to, sposobni su i koristiti osnovne računarske alate koji im pomažu u samom procesu rješavanja problemskih zadataka i analiziranju rezultata. Studenti stručnog studija Prometa se upoznaju s područjem operacijskih istraživanja na 2. godini preddiplomskog studija na kolegiju *Operacijska istraživanja u prometu*. Konceptualno, kolegij je sličan kolegiju *Operacijska istraživanja u prometu* na Veleučilištu u Šibeniku. Studenti su nakon odslušanog kolegija upoznati sa metodama linearnog programiranja i sposobni su riješiti transportne probleme i probleme na mrežama. Nakon toga, studenti diplomskog studija Prometa u Rijeci na prvoj godini diplomskog studija nadograđuju svoje znanje s kolegijem *Kvantitativne metode u prometu*. Oba kolegija su obvezna pa, kroz školovanje, svaki student se upozna sa osnovnim metodama i tehnikama unutar područja i tako nadograđuje vlastito znanje sa primjenom na konkretnim primjerima iz prakse. Na Veleučilištu „Nikola Tesla“ u Gospiću također se izvodi kolegij *Operacijska istraživanja u prometu*. U odnosu na kolegij na Veleučilištu u Rijeci, sadržajno je pokriveno više tema. Tako se studenti u Gospiću upoznaju i s modificiranom metodom provjere optimalnosti, transportnom mrežom te određivanjem najkraćeg puta i isticanje maksimalnog toka. Na Veleučilištu u Slavonskom Brodu i Veleučilištu u Šibeniku izvodi se kolegij *Kvantitativne metode za poslovno odlučivanje*. Uz minimalnu razliku od 1 ECTS boda, kolegiji su sadržajno slični. Sadržajno pokrivaju iste teme te prolaze kroz razne vrste problema koji se mogu pojaviti u praksi i tako studentima pomažu u stvaranju realne slike stvarnosti kod poslovnog odlučivanja.

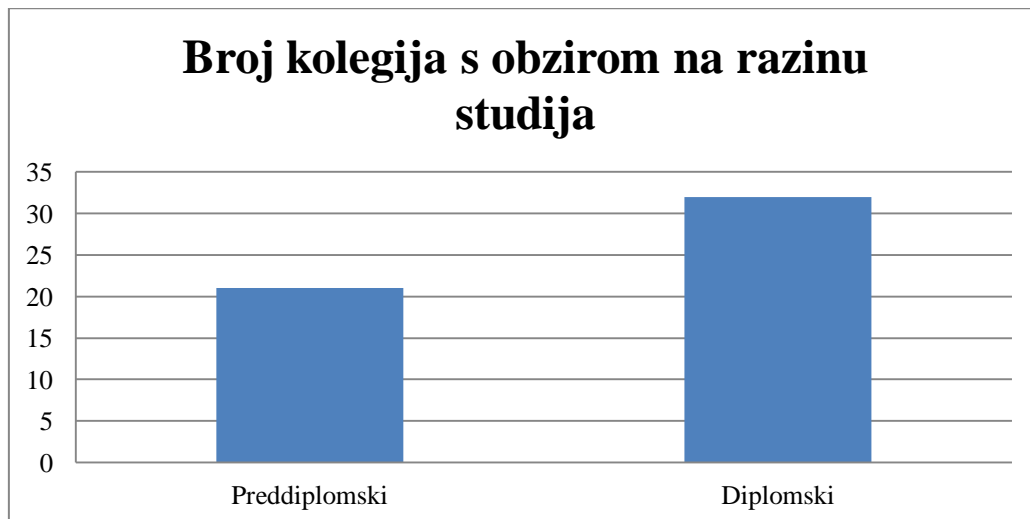
## 8. Statistička obrada podataka

U Republici Hrvatskoj se ukupno izvodi 53 kolegija na kojima se poučavaju područja iz operacijskih istraživanja. Broj kolegija operacijskih istraživanja, s obzirom na razinu studija prikazan je tablicom 9. Iz tablice 9. proizlazi da se više kolegija iz operacijskih istraživanja izvodi na diplomskim studijima, konkretno njih 32, dok se 21 kolegij izvodi na preddiplomskim studijima. Udio kolegija iz operacijskih istraživanja iznosi 60.4% na diplomskim studijima, a na preddiplomskim 39.6%.

**Tablica 9.** Broj kolegija s obzirom na razinu studija

<b>Razina studija</b>	<b>Broj kolegija</b>	<b>Udio (%)</b>
Preddiplomski	21	39.6
Diplomski	32	60.4
<b>Ukupno</b>	<b>53</b>	<b>100</b>

**Grafikon 1.** Broj kolegija s obzirom na razinu studija



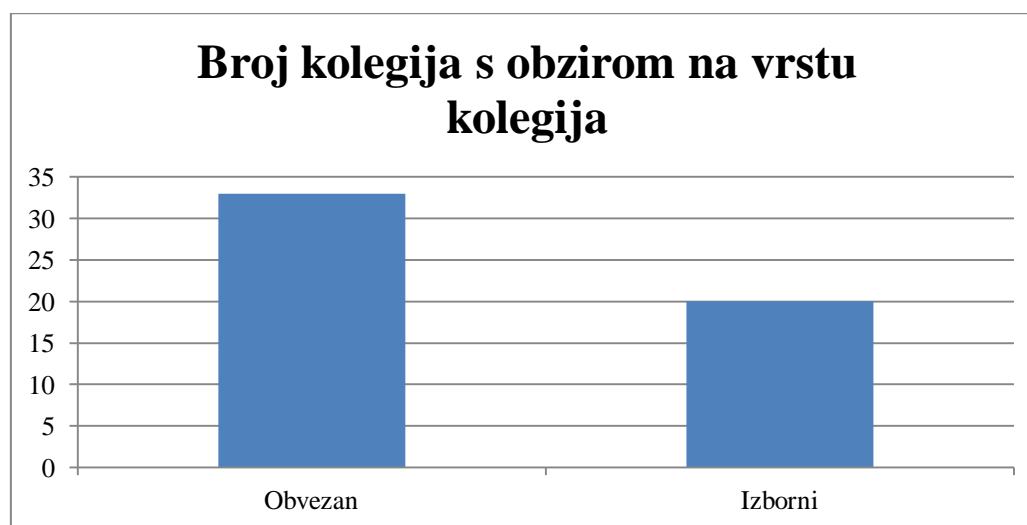
Broj kolegija s obzirom na vrstu kolegija (obvezan ili izborni) prikazan je tablicom 10 i grafikonom 2. Iz tablice je vidljivo kako je više obveznih kolegija u odnosu na izborne. Od

ukupno 53 kolegija, njih 33 je obveznih, a 20 izbornih. Udio obveznih kolegija je 62.3%, a izbornih 37.7%.

**Tablica 10.** Broj kolegija s obzirom na vrstu kolegija

Vrsta kolegija	Broj kolegija	Udio (%)
Obvezan	33	62.3
Izborni	20	37.7
<b>Ukupno</b>	<b>53</b>	<b>100</b>

**Grafikon 2.** Broj kolegija s obzirom na vrstu kolegija

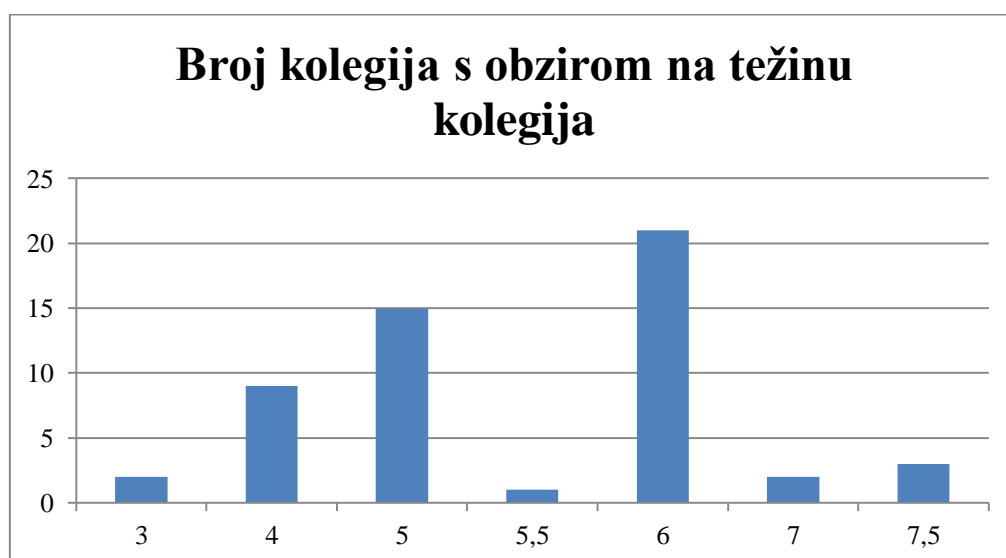


S obzirom na težinu kolegija koju određuje broj ECTS bodova, najviše je kolegija s 6 bodova (njih 21), a najmanje sa 5.5 (samo 1). Broj kolegija na težinu izraženu u ECTS bodovima prikazan je tablicom 11 i grafikonom 3. Iz tablice je vidljivo i da je znatan broj kolegija s 5 bodova (njih 15). Slijede kolegiji s 4 boda (njih 9), zatim kolegiji sa 7,5 boda (njih 3) te kolegiji s 3 i 7 bodova (svakih po 2). Udio kolegija s 6 bodova iznosi 39.6%, s 5 bodova 28.3%, s 4 boda 17%, s 7.5 bodova 5.6%. Zatim slijede kolegiji sa 3 i 7 bodova, udio svakog iznosi 3.8%. Udio od 1.9 % pripada kolegiju od 5.5 bodova.

**Tablica 11.** Broj kolegija s obzirom na težinu kolegija (broj ECTS bodova)

<b>Broj ECTS bodova</b>	<b>Broj kolegija</b>	<b>Udio (%)</b>
3	2	3.8
4	9	17
5	15	28.3
5.5	1	1.9
6	21	39.6
7	2	3.8
7.5	3	5.6
<b>Ukupno</b>	<b>53</b>	<b>100</b>

**Grafikon 3.** Broj kolegija s obzirom na težinu kolegija





## 9. Zaključak

Operacijska istraživanja je područje koje se razvija i ono uvijek pronalazi odgovarajuće mjesto kao pomoć pri donošenju odluka u poslovnom svijetu. Važnost operacijskih istraživanja izražena je i brojem kolegija koji se izvode na raznim sveučilištima i veleučilištima u Hrvatskoj. Činjenica je da je potreban znatan broj stručnjaka iz područja ekonomije, matematike, statistike, informatike, itd. Ukupno je 53 kolegija na kojima se izučavaju područja iz operacijskih istraživanja.

Nakon istraživanja zastupljenosti nastavnih planova i programa kolegija iz područja operacijskih istraživanja na svim sveučilištima i veleučilištima u Hrvatskoj (nisi uzeta u obzir privatna veleučilišta), može se zaključiti da su teme iz operacijskih istraživanja dobro zastupljene te da je u cjelini naglasak stavljen na primjenu metoda iz operacijskih istraživanja na rješavanje problema iz konkretne struke. Teme koje se najviše obrađuju su osnovni pojmovi linearnog programiranja, problemi linearnog programiranja, grafička i simpleks metoda rješavanja problema, osnovne kvantitativne metode rješavanja problema sa primjenom na problemima iz struke, matematički modeli i metode optimizacije te osnovni elementi teorije igara.

Studijski programi Ekonomskih fakulteta i Odjela za ekonomiju i poslovnu ekonomiju u Hrvatskoj pokazuju najveću zastupljenost kolegija na kojima se izučavaju područja operacijskih istraživanja, konkretno njih 19.

Nadalje, student da bi savladao osnovne pojmove iz područja operacijskih istraživanja i načine rješavanja problema iz konkretne struke mora prethodno savladati osnove iz područja matematike, statistike, informatike, itd. Zbog toga, broj kolegija iz područja operacijskih istraživanja koji se izučavaju na diplomskim studijima je veći od broja kolegija koji se izučavaju na preddiplomskim studijima.

Zatim, može se primjetiti da neki od fakulteta još uvijek studentima ne nude mogućnost rješavanja problema iz područja operacijskih istraživanja u nekom od softverskih paketa i tu se može tražiti prostor za napredak i razvoj. Potrebno je uskladiti nastavne planove i programe i tako omogućiti svim studentima rješavanje problema pomoću odgovarajuće programske podrške.

Hrvatsko društvo za operacijska istraživanja već prikuplja osnovne informacije i materijale kolegija iz područja operacijskih istraživanja s ciljem uspostavljanja suradnje između sveučilišnih nastavnika i istraživača kako bi mogli usporediti programe po sveučilištima i

veleučilištima i razmijeniti iskustva u poučavanju područja operacijskih istraživanja. Samim time, očekivan je daljni napredak u načinima poučavanja područja iz operacijskih istraživanja.

## 10. Literatura

- [1] Barković, D.: *Operacijska istraživanja*, Ekonomski fakultet Osijek, Osijek, 2002.
- [2] Gass, S. I, Fu, M. C.: *Encyclopedia of Operations Research and Management Science*, Springer Reference, 2013.
- [3] Hrvatsko društvo za operacijska istraživanja (HDOI), Brošura, Zagreb, 1994.
- [4] Lukač, Z., Neralić, L.: *Operacijska istraživanja*, Element, Zagreb, 2012.
- [5] Mornar, V., Kalpić, D.: *Operacijska istraživanja*, Zeus, Zagreb, 1996.
- [6] Phillips, F. Y., Seiford, L. W.: Abraham Charnes, *Profiles in Operations Research*, 147, 325-342, 2011.
- [7] Ravindran, A., Phillips, D. T., Salberg, J. J.: *Operations Research: Principles and Practice*, John Wiley & Sons, New York, 1987.
- [8] Sen, R. P.: *Operations Research: Algorithms and Applications*, PHI Learning Private Limited, New Delhi, 2012.
- [9] Sikavica, P., Hunjak, T., Begičević Ređep, N., Hernaus, T.: *Poslovno odlučivanje*, Školska knjiga, Zagreb, 2014.

## 11. Izvori

[10] Povijest HDOI: <http://www.hdoi.hr/hr/povijest-hdoi> (preuzeto: 20.07.2015.)

[11] Leonid Vitaliyevich Kantorovich – Autobiography:

[http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/economicssciences/laureates/1975/kantorovich-autobio.html#not](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/economicssciences/laureates/1975/kantorovich-autobio.html#not) (preuzeto: 01.08.2015.)

[12] About INFORMS: <https://www.informs.org/About-INFORMS>

(preuzeto:02.08.2015.)

## **12. Popis priloga**

Tablica 1. Pregled kolegija Sveučilišta u Zagrebu

Tablica 2. Pregled kolegija Sveučilišta u Splitu

Tablica 3. Pregled kolegija Sveučilišta u Rijeci

Tablica 4. Pregled kolegija Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Tablica 5. Pregled kolegija Sveučilišta u Zadru

Tablica 6. Pregled kolegija Sveučilišta u Puli

Tablica 7. Pregled kolegija Sveučilišta u Dubrovniku

Tablica 8. Pregled kolegija Veleučilišta u Hrvatskoj

Tablica 9. Broj kolegija s obzirom na razinu studija

Tablica 10. Broj kolegija s obzirom na vrstu kolegija

Tablica 11. Broj kolegija s obzirom na težinu kolegija

Grafikon 1. Broj kolegija s obzirom na razinu studija

Grafikon 2. Broj kolegija s obzirom na vrstu kolegija

Grafikon 3. Broj kolegija s obzirom na težinu kolegija