

# OPERACIJSKA ISTRAŽIVANJA U HRVATSKOJ I SVIJETU

---

Jurlina, Ivan

Undergraduate thesis / Završni rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Economics in Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Ekonomski fakultet u Osijeku**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:145:072841>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-09-10**



Repository / Repozitorij:

[EFOS REPOSITORY - Repository of the Faculty of Economics in Osijek](#)



Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Ekonomski fakultet u Osijeku

Preddiplomski studij *Poslovna informatika*

Ivan Jurlina

## **OPERACIJSKA ISTRAŽIVANJA U HRVATSKOJ I SVIJETU**

Završni rad

**Kolegij: Kvantitativne metode za poslovno odlučivanje**

JMBAG: 0010225989


e-mail: [ijurlina1@efos.hr](mailto:ijurlina1@efos.hr)

Mentor: izv.prof.dr.sc Martina Briš Alić

Osijek, 2021.

## IZJAVA

### O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI, PRAVU PRIJENOSA INTELEKTUALNOG VLASNIŠTVA, SUGLASNOSTI ZA OBJAVU U INSTITUCIJSKIM REPOZITORIJIMA I ISTOVJETNOSTI DIGITALNE I TISKANE VERZIJE RADA

1. Kojom izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je ZAVRŠNI (navesti vrstu rada: završni / diplomski / specijalistički / doktorski) rad isključivo rezultat osobnoga rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu. Potvrđujem poštivanje nepovredivosti autorstva te točno citiranje radova drugih autora i referiranje na njih.
2. Kojom izjavljujem da je Ekonomski fakultet u Osijeku, bez naknade u vremenski i teritorijalno neograničenom opsegu, nositelj svih prava intelektualnoga vlasništva u odnosu na navedeni rad pod licencom *Creative Commons Imenovanje – Nekomercijalno – Dijeli pod istim uvjetima 3.0 Hrvatska*. 
3. Kojom izjavljujem da sam suglasan/suglasna da se trajno pohrani i objavi moj rad u institucijskom digitalnom repozitoriju Ekonomskoga fakulteta u Osijeku, repozitoriju Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku te javno dostupnom repozitoriju Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu (u skladu s odredbama Zakona o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju, NN br. 123/03, 198/03, 105/04, 174/04, 02/07, 46/07, 45/09, 63/11, 94/13, 139/13, 101/14, 60/15).
4. izjavljujem da sam autor/autorica predanog rada i da je sadržaj predane elektroničke datoteke u potpunosti istovjetan sa dovršenom tiskanom verzijom rada predanom u svrhu obrane istog.

**Ime i prezime studenta/studentice:** IVAN JURLINA

**JMBAG:** 0010225989

**OIB:** 36968449988

**e-mail za kontakt:** ivan.jurlina.efos@gmail.com

**Naziv studija:** POSLOVNA INFORMATIKA

**Naslov rada:** OPERACIJSKA ISTRAŽIVANJA U HRVATSKOJ I SVIJETU

**Mentor/mentorica diplomskog rada:** unat. prof. dr. sc. Martina Babić Ilić

U Osijeku, 24.2.2022. godine

Potpis

Ivan Jurlina

# OPERACIJSKA ISTRAŽIVANJA U HRVATSKOJ I SVIJETU

## SAŽETAK

Operacijska istraživanja su znanstvena disciplina koja se bavi pronalaženjem optimalnog rješenja prilikom rješavanja problema pomoću kvantitativne analize složenih sustava i matematičkog modeliranja. Postupak operacijskog istraživanja se izvodi u fazama logičkog slijeda djelovanja koje se često preklapaju jedna s drugom. Faze su: definiranje problema, formuliranje matematičkog modela, razvoj procedure za pronalazak rješenja problema, testiranje, priprema za korištenje te implementacija. Operacijska istraživanja se razvijaju u Velikoj Britaniji 40-tih godina prošlog stoljeća u vojne svrhe. Početak operacijskih istraživanja u Hrvatskoj veže se s osnivanjem Hrvatskog društva operacijskih istraživanja 21. ožujka 1992. na Ekonomskom fakultetu u Zagrebu. U Hrvatskoj se operacijska istraživanja izučavaju na sveučilištima, fakultetima i visokoškolskim ustanovama. Postoji velik broj kolegija na različitim fakultetima vezan za izučavanje operacijskih istraživanja. Operacijska istraživanja se koriste u državama diljem svijeta. The International Federation of Operational Research Societies dijeli države u regionalne udruge bazirane na geografskoj lokaciji država. U današnje vrijeme se operacijska istraživanja sve više koriste u proizvodnom i uslužnom sektoru. Operacijska istraživanja se koriste u različitim područjima poput proizvodnje, transporta, financijskog planiranja, zdravstva, vojnih i javnih servisa. Veoma je bitno korištenje operacijskih istraživanja u siromašnim zemljama u razvoju u svrhu financijskog planiranja, osiguravanju dnevnih obroka djeci, pripreme u slučaju prirodnih ili ljudsko uzrokovanih katastrofa, razvoja zdravstva i sl.

# SADRŽAJ

1. UVOD.....	5
2. POJAM OPERACIJSKIH ISTRAŽIVANJA .....	6
2.1. Definicija operacijskih istraživanja .....	6
2.2. Faze operacijskih istraživanja.....	9
2.2.1. Definiranje problema te prikupljanje bitnih podataka .....	10
2.2.2. Formuliranje matematičkog modela koji će predstavljati problem.....	10
2.2.3. Razvoj računalno bazirane procedure za pronalazak rješenja.....	11
2.2.4. Testiranje modela i unaprijeđenje po potrebi .....	12
2.2.5. Priprema za korištenje modela po potrebi menadžmenta .....	12
2.2.6. Implementacija .....	12
3. OPERACIJSKA ISTRAŽIVANJA U SVIJETU.....	13
3.1. Povijest i razvoj operacijskih istraživanja u svijetu .....	13
3.2. Operacijska istraživanja u svijetu danas.....	15
4. OPERACIJSKA ISTRAŽIVANJA U HRVATSKOJ.....	19
5. ZAKLJUČAK .....	23
6. LITERATURA .....	24

## 1. UVOD

Operacijska istraživanja (OI, en. operations research; OR) odnose se na interdisciplinarnu disciplinu koja se bavi pronalaženjem idealnog rješenja problema, odnosno donošenjem optimalnih odluka pomoću matematičkog modeliranja i kvantitativne analize složenih sustava. Razvoj operacijskih istraživanja započeo je još prije Drugog svjetskog rata. Ovaj se pojam počeo koristiti u istraživačkom odjelu Ministarstva zrakoplovstva Velike Britanije kako bi istražili primjenu radara u zračnoj obrani. Dalje su se operacijska istraživanja nastavila razvijati i u drugim zemljama s glavnim ciljem: kako riješiti problem raspodjele resursa na vojne operacije? Razvijene su razne matematičke analize kako bi se vojni materijal i ljudi potrebni za određene vojne operacije mogli rasporediti što efikasnije. U Hrvatskoj je tek 1992. godine osnovano Hrvatsko društvo za operacijska istraživanja.

Danas se razni ekonomski problemi rješavaju pomoću OI, kao što su primjerice određivanje optimalnog izbora investicijskih projekata, optimalno vođenje zaliha, određivanje optimalnog proizvodnog programa, optimalna alokacija resursa, optimalne raspodjele ljudskih resursa na poslove i sl. Zahvaljujući razvoju tehnologije i informatike omogućeno je modeliranje i rješavanje problema koji imaju veliki broj podataka.

Operacijska istraživanja nisu znanost sama po sebi, već se ona koriste znanstvenim metodama za rješavanje različitih relevantnih problema, dakle operacijska istraživanja moguće je opisati kao znanstvenu disciplinu. Za istraživanja su potrebna: matematika, organizacija podataka, pribavljanje podataka, elektronička obrada podataka, programiranje te tehnike strukturiranja i klasificiranja. Potrebne su još i kreativne tehnike te dobre osobne mogućnosti osobe koja provodi istraživanje.

U ovom radu biti će opisan pojam, povijest i razvitak operacijskih istraživanja u Hrvatskoj i u svijetu te faze djelovanja operacijskih istraživanja poput definiranja problema, formuliranja matematičkog modela, razvoj računalno bazirane procedure za pronalaženje rješenja, testiranje modela, priprema te implementacija.

## **2. POJAM OPERACIJSKIH ISTRAŽIVANJA**

### **2.1. Definicija operacijskih istraživanja**

Operacijsko istraživanje uključuje „istraživanje na operacijama“. Tako da, operacijsko istraživanje je primijenjeno na probleme koji se brinu o tome kako provesti i koordinirati operacije (aktivnosti) unutar neke organizacije. Priroda organizacije je u svojoj osnovi nematerijalna i, zapravo, operacijska istraživanja se primjenjuju u velikom rasponu različitih vrsta poslovanja kao što su proizvodnja, prijevoz, građevina, telekomunikacije, financijsko planiranje, zdravstvo, vojska i javne usluge, uz mnoge druge. Radi toga, širina primjene operacijskih istraživanja je vrlo velika (Hillier i Lieberman, 2015).

Operacijsko istraživanje pokušava, kroz svoje rezultate, pružiti onima koji pokušavaju riješiti određeni problem objektivnu i kvantitativnu bazu za odluku, odnosno rezultati istraživanja daju dobru podlogu za odluku. Ono se provodi od strane timova znanstvenika i inženjera iz različitih znanstvenih grana. Operacijsko istraživanje nije znanost samo po sebi, već primjena znanosti prema rješavanju menadžerskih i administrativnih problema i fokusira se na performance organiziranih sustava u cijelosti radije nego na njihove dijelove zasebno. Obično se bavi sustavima u kojima ljudsko ponašanje igra važnu ulogu, operacijsko istraživanje se u tom pogledu razlikuje od sustavnog inženjerstva koje se, koristeći sličan pristup, koncentrira na sustave u kojima ljudsko ponašanje nije važno. Cilj operacijskih istraživanja originalno je bilo unaprjeđenje postojećih sustava prije nego razvijanje novih. Suprotno je vrijedilo za sustavno inženjerstvo. Ova razlika je nestala uz razvitak oba polja. Predmet istraživanja operacijskih istraživanja sastoji se od odluka koje kontroliraju operacije sustava, te se bavi problemom kakve su menadžerske odluke i kako bi

se trebale donositi, kako steći i procesuirati podatke i informacije potrebne za efektivno stvaranje odluka, kako nadzirati odluke nakon što su implementirane i kako organizirati proces donošenja odluka te proces implementiranja odluka. Koriste se starije discipline poput logike, matematike i statistike, te u novije vrijeme i komunikacijska teorija, teorija odluka, kibernetika, organizacijska teorija, znanosti o ponašanjima te općenita teorija sustava. Operacijska istraživanja primjenjuju znanstvenu metodu na istraživanje o mentalnom radu te pružaju znanje i razumijevanje potrebno za učinkovitu uporabu osoblja i strojeva da bi taj rad provela (Tanenbaum, 2018.).

Operacijsko istraživanje traži najbolji, optimalni tijek radnje problema odlučivanja pod ograničenjem ograničenih resursa. Kao tehnika rješavanja problema, operacijsko istraživanje gleda se ujedno kao znanost i umjetnost. Znanstveni aspekt leži u nalaženju matematičkih tehnika i algoritama za rješavanje problema odlučivanja. Operacijsko istraživanje je umjetnost zato što uspjeh u svim fazama, koje prethode rješenju i koje dolaze nakon rješenja matematičkog modela ovise uglavnom o kreativnosti i osobnim mogućnostima osobe koja donosi odluke. Prikupljanje podataka za konstrukciju modela, validacija modela te implementacija dobivenog rješenja će ovisiti o sposobnostima tima koji provodi operacijsko istraživanje da uspostave dobru komunikaciju sa izvorima informacija kao i s osobama odgovornima za implementaciju predloženog rješenja (Taha, 2017).

Tri esencijalne karakteristike operacijskog istraživanja su sustavna orijentiranost, korištenje inter-disciplinarnih timova i aplikacija znanstvene metode na uvjete pod kojima se istraživanje izvodi. Sustavni pristup problemu prepoznaje da ponašanje bilo kojeg dijela sustava ima neki utjecaj na ponašanje sustava u cijelosti. Čak ako i individualni dijelovi funkcioniraju dobro, to ne znači da sustav u cjelini funkcionira jednako dobro. Na primjer, sastavljanje najboljih dijelova automobila, bez obzira na marku automobila, neće garantirano rezultirati u dobrom automobilu, taj automobil čak možda neće raditi, jer dijelovi možda neće odgovarati jedan drugome. Važna je interakcija između dijelova, a ne sami dijelovi zasebno. Operacijsko istraživanje pokušava ocijeniti efekte promjene bilo kojeg dijela u sustavu na performancu sustava u cjelini i traži uzroke problema koji nastaju u jednom dijelu sustava, u drugim dijelovima sustava te u odnosima među dijelovima (Tanenbaum, 2018).

Tehnološke i znanstvene discipline su se brzo proširile u posljednjih 100 godina. To širenje, nastalo kao rezultat ogromnog porasta u znanstvenom znanju, je doprinijelo znanosti sa



sustavom dopune koji dozvoljava sustavnu klasifikaciju znanja. Taj sustav klasifikacije pomaže u rješavanju mnogih problema identificiranjem ispravne discipline koju treba koristiti za pronalazak rješenja. Poteškoće nastaju kad se susretne s kompleksnijim problemima, poput onih u velikim organiziranim sustavima. Tada je potrebno pronaći način za zblizavanjem različitih disciplinarnih stajališta. S obzirom na to da se metode razlikuju među znanstvenim disciplinama, korištenje interdisciplinarnih timova daje veći opus istraživačkih tehnika i alata na raspolaganje koje u suprotnom ne bi bile dostupne. Operacijska istraživanja mogu biti okarakterizirana neobičnom kombinacijom disciplina koje koristi istraživački tim te korištenjem različitih istraživačkih procedura (Tanenbaum, 2018).

Kako i samo ime govori, operacijska istraživanja sadrže „istraživanje nad operacijama.“ Stoga, operacijska istraživanja se primjenjuju na problemima koji se tiču toga kako provesti i koordinirati operacije, aktivnosti unutar neke organizacije. Priroda organizacije je u suštini nematerijalna i zapravo, operacijska istraživanja su opsežno primjenjena u različitim područjima poput proizvodnje, transporta, gradnje, telekomunikacija, financijskog planiranja, zdravstva, vojske i javnih djelatnosti. Područje primjene operacijskih istraživanja je neobično veliko. (Hillier i Lieberman, 2015.)

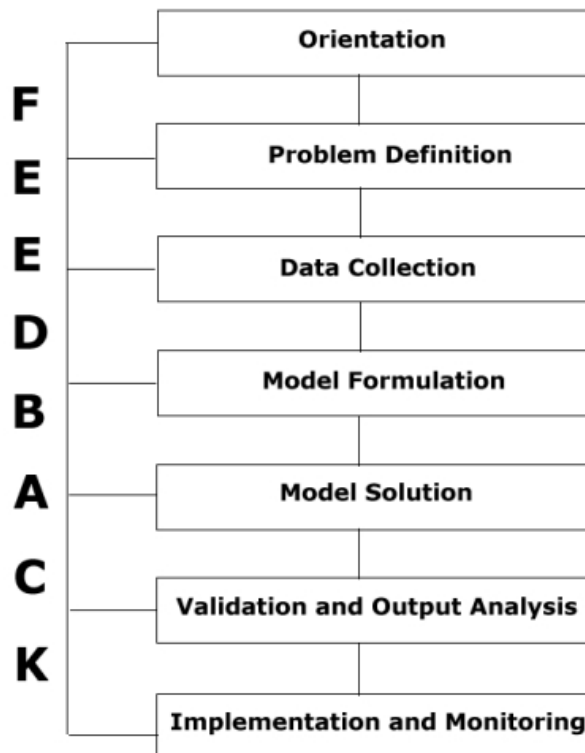
Sve do dvadesetog stoljeća, laboratorijski eksperimenti su bili primarna i skoro jedina metoda provođenja znanstvenog istraživanja, ali veliki sustavi poput onih, istraživanih u operacijskim istraživanjima, ne mogu biti doneseni u laboratorij. Čak i kada bi mogli biti doneseni u laboratorij, ono, što bi se naučilo o njima, ne bi bilo primjenjivo njihovom ponašanju u njihovom prirodnom okruženju. Eksperimenti na podsustavima i sustavima provedeni u njihovom prirodnom okruženju (operacijski eksperimenti) su mogući kao rezultat eksperimentalne metode razvijene od strane britanskog statističara R.A. Fishera u 1923-24. Zbog praktičnih, čak i etičkih razloga, rijetko je moguće provoditi eksperimente na velikim organiziranim sustavima u njihovom prirodnom okruženju. Ta činjenica je dovela do dileme: razumijevanje eksperimentiranja na kompleksnim sustavima je nužno, ali većinom neizvedivo. Rješenje ove dileme je korištenje modela, reprezentacije sistema koji se proučava. U slučaju da je model dobar, eksperimenti, nazvani simulacijama, mogu biti provedeni na njemu (Tanenbaum, 2018).

## 2.2. Faze operacijskih istraživanja

Operacijska istraživanja se izvode u fazama koje imaju logički slijed djelovanja te se često jedna s drugom preklapaju u djelovanju. U faze je uključeno 6 stavaka, a one su:

1. Definiranje problema te prikupljanje bitnih podataka.
2. Formuliranje matematičkog modela koji će predstavljati promatrani problem.
3. Razvoj računalno bazirane procedure za pronalazak rješenja navedenog problema iz modela.
4. Testiranje modela i unaprjeđenje po potrebi.
5. Priprema za korištenje modela po potrebi menadžmenta.
6. Implementacija.

(Hillier i Lieberman, 2015.)



Slika : Pristup operacijskim istraživanjima

Izvor: <http://www.pitt.edu/~jrclass/or/or-intro.html#top> (14.7.2021.)

### **2.2.1. Definiranje problema te prikupljanje bitnih podataka**

Većina problema s kojima se susreću timovi operacijskih istraživanja su inicijalno opisani na nejasan i neprecizan način. Stoga, prva stvar koju treba napraviti je razviti dobro definiranu definiciju problema. Proces definiranja problema je ključan jer znatno utječe na rezultate i zaključke do kojih će doći istraživanje. Teško je doći do pravog rješenja s krivim problemom.

(Hillier i Lieberman, 2015.)

### **2.2.2. Formuliranje matematičkog modela koji će predstavljati problem**

Nakon što je problem definiran, sljedeća faze je preformulirati u formu koja je praktična za analizu. Konvencionalni pristup tome je konstruiranje matematičkog modela koji će predstaviti srž problema. Modeli, ili idealne reprezentacije, su sastavni dio svakodnevnog života. Matematički modeli su isto idealne reprezentacije, ali su izražene u matematičkim simbolima i izrazima. Odabiranje valjanih vrijednosti koje će se dodijeliti parametrima modela je kritičan i zahtjevan dio građenja modela. Prikupljanje točnih podataka je jako teško, stoga vrijednost, koja je dana određenom parametru, često je gruba procjena. Zbog nesigurnosti oko prave vrijednosti parametra važno je analizirati na koji način bi se rješenje modela promijenilo ako bi se vrijednost parametra promijenila u drugu moguću vrijednost. Taj proces se naziva *analiza osjetljivosti*. Matematički

modeli imaju mnoge prednosti nad verbalnim opisom problema. Jedna od prednosti matematičkog modela je ta što opisuje problem jezgrovitije od verbalnog opisa. Time struktura modela postaje puno razumljivija i više ukazuje na to koji dodatni podatci su važni za analizu. Ključan korak u formuliranju modela operacijskog istraživanja je konstrukcija objektivne funkcije. To zahtijeva razvijanje kvantitativne mjere performance relativne svakoj od ciljeva koji su identificirani dok se problem definira. Ako postoji više ciljeva, njihove mjere su transformirane i kombinirane u jednu kompozitnu mjeru koja se naziva mjera performance.

(Hillier i Lieberman, 2015.)

### **2.2.3. Razvoj računalno bazirane procedure za pronalazak rješenja**

Nakon što je matematički model formuliran za problem u razmatranju, sljedeća faza u operacijskom istraživanju je razvijanje procedure (u većini slučajeva računalno bazirane) za pronalazak rješenja problemu tog modela. Iako se čini tako, ovo nije jedan od glavnih dijelova istraživanja. Ponekad je to jednostavan korak u kojem se koristi neki od standardnih algoritama. U operacijskom istraživanju se traži najbolje, optimalno rješenje. Ponekad, kada traženje optimalnog rješenja iziskuje prevelik trošak vremena ili novca, koriste se heurističke procedure kako bi se pronašlo suboptimalno rješenje. Nakon pronalaska rješenja se provode poslije optimalne analize. Ta analiza se ponekad naziva i što-ako analiza zato što uključuje pitanja oko toga što bi se dogodilo optimalnom rješenju ako bi se napravile drukčije pretpostavke o budućim uvjetima. Dio što-ako analize uključuje provođenje prethodno spomenute analize osjetljivosti kako bi se utvrdilo koji parametri modela su najkritičniji (osjetljivi parametri) u dolaženju do rješenja. Osjetljivi parametri su oni parametri čije se vrijednosti ne mogu mijenjati bez mijenjanja optimalnog rješenja. Identificiranje osjetljivih parametara je važno jer se time identificiraju parametri čije vrijednosti moraju biti dodijeljene s velikom pažnjom kako bi se izbjeglo mijenjanje outputa modela.

(Hillier i Lieberman, 2015.)

#### **2.2.4. Testiranje modela i unaprijeđenje po potrebi**

Model može biti manjkav zato što uključuje nebitne varijable, isključuje bitne varijable, sadrži netočno evaluirane varijable, netočno je strukturiran ili sadrži netočno formulirana ograničenja. Testovi za manjkavost modela su po prirodi statistički. Njihovo korištenje zahtijeva znanje o uzimanju uzoraka te teoriji procjene, eksperimentalnih dizajna i teorije testiranja hipoteza. Kako bi se testirao model, vrijednosti mjere performance izračunate iz modela uspoređuju se sa stvarnim vrijednostima pod drukčijim uvjetima. Ako postoji značajna razlika između tih vrijednosti, model zahtijeva unaprijeđenje. Rješenje izvedeno iz modela je testirano kako bi se saznalo daje li ono bolje performance od neke druge alternative, obično one koja se trenutno koristi.

(Tanenbaum, 2018.)

#### **2.2.5. Priprema za korištenje modela po potrebi menadžmenta**

Nakon što je faza testiranja završena i zadovoljavajući model je razvijen, ako se model planira koristiti u više navrata, sljedeći korak je izgradnja dobro dokumentiranog sustava za primjenu modela po potrebi menadžmenta. Taj sistem će sadržavati model, proceduru rješenja (uključujući poslije i optimalnu analizu) te operacionalne procedure za implementaciju. Tada, čak i ako se osoblje promijeni, sustav se može koristiti u regularnim intervalima za određene funkcije. Sustav je obično računalno baziran. Često je potrebno koristiti velik broj računalnih programa za korištenje sustava.

(Hillier i Lieberman, 2015.)

#### **2.2.6. Implementacija**

Operacijski istraživači pripremaju detaljne instrukcije za one koji će koristiti model te ih podučavaju u korištenju. Implementacija planova i rasporedi su prethodno testirani i nedostaci

ispravljeni. Stvarna performanca rješenja je uspoređena s očekivanjima te gdje su razlike velike, razlozi za razlike su određeni i napravljene potrebne prilagodbe.

(Tanenbaum, 2018.)

Uspjeh implementacijske faze ovisi o podršci top menadžmenta i operacijskog menadžmenta. Dobra komunikacija osigurava da operacijsko istraživanje ostvari ono što je menadžment htio.

(Hillier i Lieberman, 2015.)

### **3. OPERACIJSKA ISTRAŽIVANJA U SVIJETU**

#### **3.1. Povijest i razvoj operacijskih istraživanja u svijetu**

Pojam „Operational Research“, kasnije preimenovan u „Operation Research“, uveden je u istraživačkom odjelu zrakoplovnog ministarstva Velike Britanije od 1937 – 1939. On graniči s istraživanjima i primjenom radarske tehnologije u zračnoj obrani. Kroz naredne godine razvijene su matematičke analize za vojne probleme odlučivanja. U početku su nositelji vojnog odlučivanja bili zainteresirani za rješavanje problema što većeg broja neprijateljskih brodova i podmornica, za manevriranje brodova prilikom zračnih napada te za praksu određenih metoda bombardiranja. Iz tih operacijskih studija proizlazi i ime operacijskih istraživanja (Barković, 2001).

Slični napredci su se dogodili i u Britanskoj vojsci te u Britanskoj mornarici i u oba slučaja je povod za napredak bio izum radara. U vojsci je korištenje operacijskog istraživanja izraslo iz početne nemogućnosti efektivnog korištenja radara u kontroliranju paljbe protuavionskog oružja. Tradicionalni način testiranja opreme nije bio primjenjiv na radarski nišan te su znanstvenici morali vršiti testiranje u polju pod operacijskim uvjetima. Ugledni britanski fizičar te budući nobelovac P.M.S. Blackett je organizirao tim koji će riješiti njihov protuavionski problem. Blackettova grupa je uključivala dva fiziologa, dva matematička fizičara, astrofizičara, vojnika, bivšeg geodeta te naknadno trećeg fiziologa, općeg fizičara i dva matematičara. Do 1942. formalne

operacijske istraživačke grupe su uspostavljene u sve tri britanske vojne grane. Razvoj operacijskih istraživanja se paralelno s Velikom Britanijom događao i u Australiji, Kanadi, Francuskoj i, najvažnije za budući razvoj operacijskih istraživanja, u Sjedinjenim Američkim Državama. Britanski istraživač, Sir Robert Watson-Watt, koji je sa A.P. Roweom lansirao prve dvije operacijske studije o radaru 1937. i koji tvrdi da je disciplini dao njeno ime je posjetio Sjedinjene Američke Države 1942. i poticao da operacijska istraživanja budu uvedena u ratne i mornaričke vojne grane. Vijesti o britanskom radu su već kružile u Sjedinjenim Američkim Državama te je James B. Conant, tada predstavnik Nacionalnog obrambenog istraživačkog odbora, postao svjestan operacijskih istraživanja tijekom posjeta Engleskoj u drugoj polovici 1940. Prva organizirana operacijsko istraživačka aktivnost u Sjedinjenim Američkim Državama je počela 1942. u Pomorskom laboratoriju za naoružanje. Ta skupina, koja se bavila problemima ratovanja minama, kasnije je prebačena u mornarički odjel. U Britaniji je do kraja Drugog svjetskog rata postojalo 26 istraživačkih skupina (Tanenbaum 2018).

Nakon završetka Drugog svjetskog rata se počinju stavljanje u uporabu razne metode koje razvija taj tim OR istraživača u mirnim uvjetima. Snažni impulsi, koje doživljava američka privreda poslije rata, pogodono su djelovali za uspješno i brzo daljnje razvijanje operacijskih istraživanja. Za matematiku se pojavljuju potpuno nova područja za korištenje. Istovremeno razvoj računala donosi operacijskim istraživačima specijalistima proširene mogućnosti djelovanja (Künzi, 1982 navedeno u Barković, 2001).

Krajem Drugog svjetskog rata velik broj britanskih radnika na operacijskim istraživanjima se prebacio u vladu i industriju. Nacionalizacija nekoliko britanskih industrija je bila značajan čimbenik. Jedna od prvih industrijskih grupa koja je osnovana je bila Nacionalni odbor za ugljen. Električna energija i transport, obje nacionalizirane industrije su počele koristiti operacijska istraživanja vrlo brzo. Dijelovi privatnog sektora su ih popratili, posebice u onim industrijama sa zadružnim istraživačkim udruženjima. Rani razvoji industrijskih operacijskih istraživanja su bili oprezni, i nekoliko godina većina industrijskih grupa su bile veoma male. U kasnim 1950-ima, uvelike potican razvojem u Sjedinjenim Američkim Državama, razvoj industrijskih operacijskih istraživanja je znatno ubrzan. Iako je vojno istraživanje u Sjedinjenim Američkim Državama doživjelo porast na kraju Drugog svjetskog rata, i istraživačke grupe su proširene, sve do 1950-tih američka industrija nije shvaćala operacijska istraživanja ozbiljno. Rast i razvoj računala je doveo

do svijesti velikog broja različitih sustavnih problema te potencijal za njihovo rješavanje. Unutar desetljeća, više od pola velikih korporacija u Sjedinjenim Američkim Državama počinje koristiti operacijsko istraživanje. U drugim državama se operacijska istraživanja isto šire kroz industriju. Organiziraju se društva, počevši od Britanskog kluba operacijskih istraživanja, osnovanog 1948., koje 1954. postaje Društvo operacijskih istraživanja. Društvo operacijskih istraživanja u Sjedinjenim Američkim Državama je formirano 1952. Mnoga druga nacionalna udruženja su se pojavila. Prva internacionalna konferencija za operacijska istraživanja održana je na Oxfordu 1957 (Tanenbaum, 2018).

1951. godine na svjetski poznatom Case Institute of Technology u Clevelandu, Ohio, Sjedinjene Američke Države osnovana je prva istraživačko-znanstvena skupina na svijetu. Prvi vođa te skupine je bio C.W. Churchman koji je s Ackoffom i Arnoffom napisao prvu knjigu o operacijskim istraživanjima. 1956. godine je imenovan prvi profesor operacijskih istraživanja u Visokoj školi u St. Galenu i na institutu u Munchenu. U 1960-tima u tim zemljama su se pojavila stručna udruženja o operacijskim istraživanjima, a 1970-tih godina su se konsolidirala operacijska istraživanja u brojnim europskim zemljama i pronašla odgovarajuće mjesto u primijenjenim istraživanjima (Barković, 2001).

Prvi znanstveni časopis, Tromjesečnih operacijskih istraživanja, izdan u Ujedinjenom Kraljevstvu, započeo je tiskanjem u 1950. 1978. taj časopis mijenja svoje ime u Časopis društva operacijskih istraživanja. Prati ga Časopis društva operacijskih istraživanja Amerike u 1952. godini, koji je preimenovan u Operacijska istraživanja u 1955. Usprkos svom brzom rastu, operacijska istraživanja su još uvijek relativno mlada znanstvena aktivnost. Njene tehnike i metode, i područja u kojima se primjenjuju, daju razlog očekivanju da će rasti ekstremno brzo. Većina povijesti operacijskih istraživanja leži u budućnosti (Tanenbaum, 2018).

### **3.2. Operacijska istraživanja u svijetu danas**

Operacijska istraživanja koriste države u cijelome svijeta, te su države podijeljene u regionalne udruge koje međusobno spaja IFORS (The International Federation of Operational



Research Societies). IFORS je krovna organizacija koja se sastoji od 50 zemalja društava iz četiri različite geografske regije: Azija, Europa, Sjeverna Amerika i Južna Amerika (IFORS, 2021).

Regionalne udruge su sljedeće:

- APORS – udruga država Azije i Pacifika (The Association of Asian-Pacific Operational Research Societies)
  - ALIO – udruga država Južne Amerike (Asociacion Latino-Ibero-Americana de Investigacion Operativa (Latin American Ibero Association on Operations Research))
  - EURO – udruga država Europe (The Association of European Operational Research Societies)
- NORAM – udruga država Sjeverne Amerike (The Association of North American Operations)

1984. godine tijekom desetog IFORS sastanka u Washingtonu, prof. Masao Iri, tada podpredsjednik IFORS-a, je sazvao sastanak predstavnika društava operacijskih istraživanja Azijsko pacifičke regije s ciljem raspravljanja stvaranja grupe u Azijsko pacifičkoj regiji. Na sastanku reprezentirala država iz Japana, Kine, Australije, Novog Zelanda, Koreje, Indije, Singapura i Hong Konga u ožujku 1985. priprema se stvaranje APORS-a. The Association of Asia Pacific Operational Research Societies, kratice APORS je jedno od regionalnih grupacija IFORS-a. Njen cilj je razvijati operacijska istraživanja kao ujedinjenu znanost te njen razvitak u nacijama Azije i Pacifika kroz sponzoriranje internacionalnih sastanaka, razmjenu informacija vezanih za operacijska istraživanja i promicanje edukacije i aplikacije operacijskih istraživanja. Prvi predsjednik APORS-a bio je prof. Woong Bae Rha iz Koreje. Prva konferencija APORS-a održana je u kolovozu 1988. u Seoulu u Koreji. (APORS, 2021).

Asociacion Latino-Ibero-Americana de Investigacion Operativa kratice ALIO je jedno od regionalnih grupacija IFORS-a. Nastala je u studenom 1982. godine u Rio de Janeiro-u, na dan kada je održan Prvi kongres operacijskih istraživanja Latinske Amerike. Od tada, održano je 19 kongresa operacijskih istraživanja Latinske Amerike. Od 1986. do rujna 2000. godine ALIO je objavljivao znanstveni časopis Operational Research. Dr. Nelson Maculan, bio je glavni urednik časopisa (ALIO Online, 2021).

EURO je kratica od naziva Association of European Operational Research Societies. EURO je regionalna grupacija unutar IFORS-a. Njen cilj je promoviranje operacijskih istraživanja diljem Europe. EURO je neprofitna udruga sa sjedištem u Švicarskoj. Članovi EURO-a su ujedno i punopravni članovi IFORS-a. Jednom godišnje se održavaju sastanci vijeća EURO-a. Vijeće bira predsjednika, podpredsjednika, tajnika i blagajnika (EURO Online 2021).

NORAM nastaje 1987 godine u gradu New Orleans u Sjedinjenim Američkim državama kao regionalna grupacija unutar IFORS-a (NORAM, 2022).

NORAM se dijeli na dvije različite grupe, the Canadian Operations Research Society ili CORS i the Institute for Operation Research and the Management Sciences ili INFORMS (Hoffman, 2022).

Veliki broj različitih operacijskih istraživanja se provodi vezano za agrikulturu i okoliš. U polju agrikulturalnog donošenja odluka, Alphonse (1997) predlaže primjenu analitičkog hijerarhijskog procesa (AHP). Integrirana metoda predviđanja usjeva žita je predstavljena od strane Chen-a (2001). U bližoj prošlosti, Ahumada i Villalobos (2009) recenziraju primjenu modela planiranja u agrikulturalnom lancu nabave. Optimalno korištenje prirodnih resursa je briga za države u razvoju (White, Smith i Currie, 2011).

Nizozemska vladina agencija odgovorna za kontrolu opskrbe vodom i javnih radova Rijkswaterstaat, provela je veliko operacijsko istraživanje za unaprijeđenje nove državne politike vezane za opskrbu vodom. Nova politika je uštedila stotine milijuna dolara, smanjila agrikulturalnu štetu oko 15 milijuna dolara godišnje te smanjila termalno zagađenje i zagađenje algama. To operacijsko istraživanje direktno je uključivalo preko 125 ljudskih sati rada, kreiralo nekoliko desetaka računalnih programa i strukturiralo ogromnu količinu podataka. (Hillier i Lieberman, 2015.)

Unaprijeđenje nabavnih lanaca, logistike i mreža transporta su dobro prilagođene za primjenu operacijskih istraživanja. Primjeri uključuju nabavni lanac organizacije za distribuciju traktora u Indiji, (Raghuram, 2004) i obrnutu logistiku za reciklirana vozila u Meksiku (Cruz-Rivera i Ertel, 2009). Propusnost Sueskog kanala je unaprijeđena od strane Griffiths-a (1995) korištenjem kombinacije linearnog programiranja, teorije reda i simulacije (White, Smith i Currie, 2011).

Razvoj infrastrukture je dugoročni pokazatelj općenitog razvoja bilo koje države. Nabavka električne energije i vode uz efikasne ceste i ostale transportne mreže su esencijalne za ekonomski rast. Uz svjetske poteškoće u zadovoljavanju potrebe za energijom te porastom korištenja energije u državama u razvoju, veći naglasak na optimalno korištenje energetske resursa se može očekivati od operacijskih istraživanja (White, Smith i Currie, 2011).

Canadian Pacific Railway (CPR) je prva kanadska transkontinentalna željeznica. CPR menadžment se okrenuo MultiModal Applied Systems-u, kompaniji za konzultacije vezane uz operacijska istraživanja. Oni su zajedno sa zaposlenicima CPR-a radili na razvoju operacijskog istraživanja vezanog za problem koordiniranja pošiljki sa operacijskim planovima za 1600 lokomotiva, 65000 željezničkih vagona, preko 5000 članova posade vlaka i 250 željezničkih dvorišta. Nakon osmišljenog operacijskog istraživanja, CPR štedi 100 milijuna dolara godišnje. (Hillier i Lieberman, 2015.)

Operacijske performanse zdravstvenih ustanova su izazvale puno pažnje u literaturi operacijskih istraživanja. Menadžment bolnica je osobito područje primjene jer su zdravstveni resursi često koncentrirani na sekundarnim razinama. Edukacija i nabavka redovitih obroka za djecu su bitni doprinosi u siromašnim područjima, bilo osigurano od strane države ili privatno. Epstein i dr. (2004) opisuju uporabu cjelobrojnih programskih modela za poboljšanje nabave jela za djecu u školi u Čileu (White, Smith i Currie, 2011).

Dobro je poznata potreba za investicijama kako bi se pomoglo razvoju. Deng i dr. (1997) predlažu metodu evaluacije okoliša za stranu investiciju, u Kini i sličnim državama u razvoju. S postojećim varijabilnim uvjetima za investiciju u različitim provincijama Kine, ova sustavna metoda uzima lokalne resurse u obzir pri predlaganju optimalne strategije za različite regije željne privlačenja investicija. Data Envelopment Analysis (DEA) je snažan alat za uspoređivanje efikasnosti u državama na čiju ekonomiju loše utječe neučinkovitost. Sathye (2003) koristi DEA u usporedbi sa učinkovitošću banaka u državama u razvoju, posebice Indiji. Prirodne i ljudski uvjetovane katastrofe posebice utječu na one koji žive na rubu siromaštva. Razvoj je usporen ili uništen dok se ne zadovolje osnovne potrebe poput hrane, vode, skloništa, odjeće i medicinske pomoći. (White, Smith i Currie, 2011).

## 4. OPERACIJSKA ISTRAŽIVANJA U HRVATSKOJ

Hrvatsko društvo za operacijska istraživanja (HDOI) ili na engleskom Croatian Operational Research Society (CRORS) osnovano je 1992. godine kao jedino znanstveno društvo u Hrvatskoj specijalizirano u operacijskim istraživanjima. Društvo ima preko 140 članova i njegova glavna misija je promoviranje operacijskog istraživanja u Hrvatskoj i u svijetu za dobrobit društva i znanosti. Ova misija se ostvaruje kroz nekoliko ciljeva:

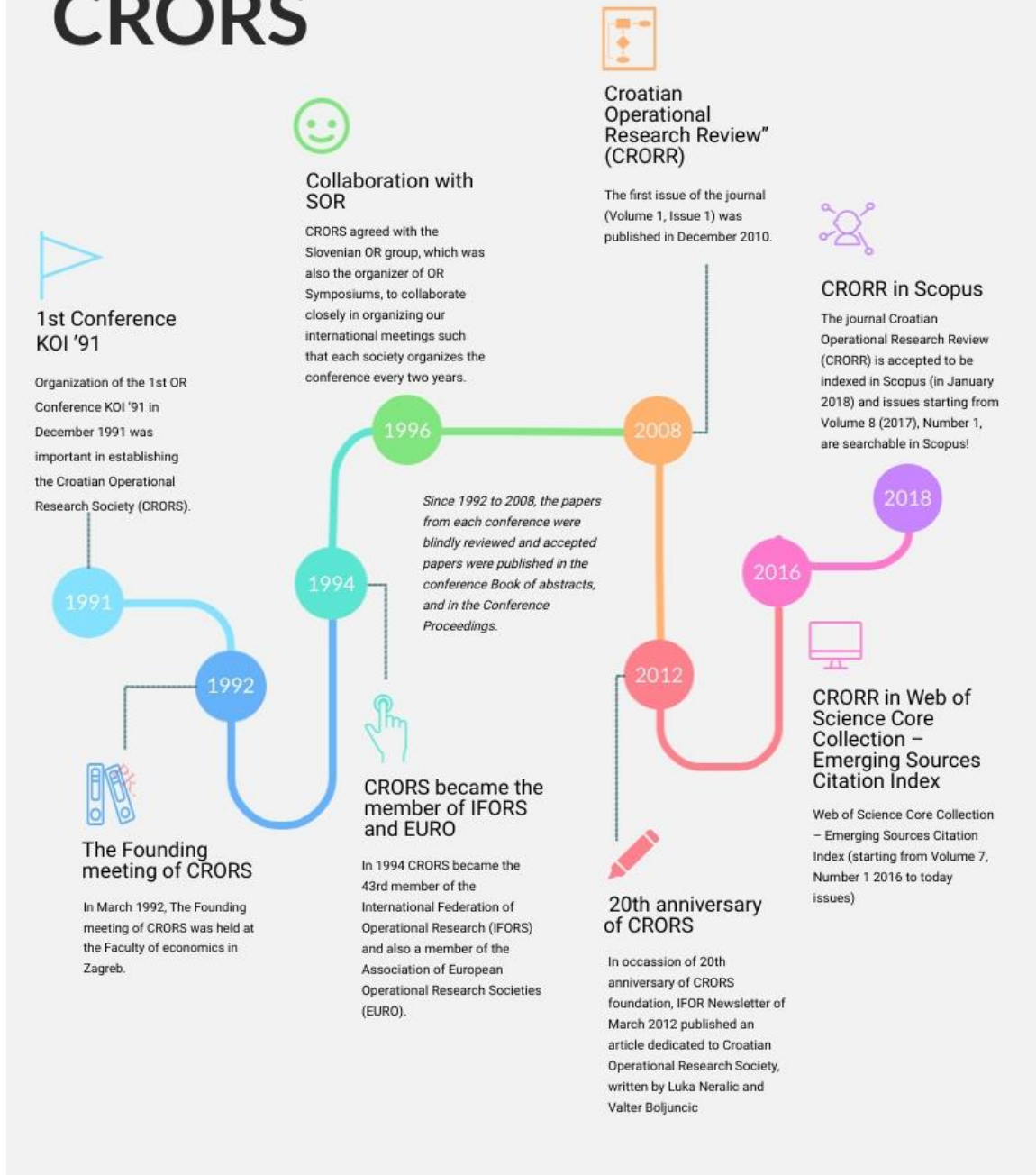
- Poticanje suradnje znanstvenika i istraživača u području operacijskih istraživanja u Hrvatskoj i svijetu kroz seminare, konferencije, predavanja i slične načine suradnje,
- organiziranje konferencije operacijskih istraživanja (KOI),
- objavljivanje znanstvenog časopisa Croatian Operational Research Review

(HDOI, 2021).

Od 1994. HDOI je član IFORS-a (The International Federation of Operational Research Societies), član EURO-a a – udruge država Europe (The Association of European Operational Research Societies) te aktivno sudjeluje u međunarodnoj promociji operacijskih istraživanja (HDOI, 2021).

Organizacija prve konferencije operacijskih istraživanja KOI '91 u prosincu 1991. godine je bila bitna za uspostavljanje HDOI-a. Dvije skupine operacijskih istraživača, jedna iz Zagreba i jedna iz Splita, su bile aktivne u organiziranju konferencije i osnivanja HDOI-a, zajedno s kolegama iz Varaždina, Rijeke, Ljubljane i Maribora. Nakon tri mjeseca, u ožujku 1992. godine, osnivački sastanak HDOI-a je održan na Ekonomskom fakultetu u Zagrebu. Statut HDOI-a je napravljen na tom sastanku, te su odabrani članovi upravnog i nadzornog odbora. Prvi predsjednik bio je prof. Luka Neralić sa Sveučilišta u Zagrebu, Ekonomskog fakulteta u Zagrebu. (HDOI, 2021).

# History of CRORS



**Slika : Povijest Hrvatskog društva za operacijska istraživanja**

Izvor: <http://hdoi.hr/about-us/povijest-hdoi/> (14.7.2021.)

U ranim godinama jedna od aktivnosti bila je organiziranje predavanja na temu teorije i primjene operacijskih istraživanja za članove HDOI-a i za članove Sjemeništa za matematičko programiranje i teoriju igara na Odjelu za matematiku na Sveučilištu u Zagrebu. Druga glavna aktivnost bila je organiziranje konferencija operacijskih istraživanja koja su imala sudionike iz inozemstva svake godine. 1994. HDOI postaje 43. članica IFORS-a i članica EURO-a. Ovo priznanje je znatno pomoglo razvoju operacijskih istraživanja u Hrvatskoj. Od 1992. do 2008. radovi sa svake konferencije bili su naslijepo recenzirani te su prihvaćeni radovi u konferencijskoj knjizi sažetaka. 2008. godine objavljivanje radova je evoluiralo u znanstveni časopis nazvan Croatian Operational Research Review (CRORR) u kojem su odabrani radovi sa konferencija objavljeni (HDOI, 2021).



CRORS  
CROATIAN OPERATIONAL  
RESEARCH SOCIETY

**Slika : Naslovna stranica zadnjeg izdanja CrORR znanstvenog časopisa**

Izvor: <https://hrcak.srce.hr/ojs/index.php/corr/index> (14.7.2021.)

Croatian Operational Research Review ili skraćeno CRORR je znanstveni časopis koji objavljuje originalne znanstvene radove iz područja operacijskih istraživanja. Svrha časopisa je objavljivanje radova iz različitih aspekata operacijskih istraživanja s ciljem prezentiranja znanstvenih ideja koje će doprinijeti i teorijskom razvoju i praktičnoj primjeni operacijskih istraživanja. Opseg časopisa sadrži sljedeća područja: linearno i nelinearno programiranje, cjelobrojno programiranje, kombinacijsku i diskretnu optimizaciju, višeciljno programiranje, stohastičke modele i optimizaciju, planiranje, makroekonomiju, ekonomsku teoriju, teoriju igara, statistiku, marketing i analizu podataka, bankarstvo, financije, osiguranje, okoliš, energiju, zdravlje, teoriju kontrole, simulaciju, praktičnu primjenu operacijskih istraživanja i dr. (Hrčak, 2021).

Kolegiji povezani sa operacijskim istraživanjima mogu se pronaći na devet različitih fakulteta. Na Sveučilištu u Zagrebu su Ekonomski fakultet i Prirodoslovno matematički fakultet. Na Sveučilištu u Rijeci su Odjel za informatiku i Ekonomski fakultet. Na Sveučilištu u Puli je Ekonomski fakultet. Na Sveučilištu u Osijeku su Ekonomski fakultet i Odjel za matematiku. Još ih je moguće pronaći i na Zagrebačkoj školi ekonomije i menadžmenta. Neki od kolegija su: Kvantitativne metode za poslovno odlučivanje, Rudarenje podataka, Statističke metode u istraživanju tržišta, Poslovne simulacije, Algoritmi i strukture podataka, Matematičke metode u financijama, Oblikovanje i analiza algoritama, Sustavi poslovne inteligencije, Umjetna inteligencija, Kombinatorika, Odlučivanje i teorija igara, Meta-heuristike, Uvod u optimizaciju, Računarska statistika, Primjenjena statistika, Operacijska istraživanja, Baze podataka, Uvod u složeno pretraživanje podataka, Matematičko modeliranje pretraživača, Strojno učenje itd. Upravo se u činjenici da postoji velik broj kolegija koji su povezani sa operacijskim istraživanjima može vidjeti interdiscipliniranost ovog područja znanosti (HDOI, 2021).

## 5. ZAKLJUČAK

Operacijska istraživanja su stručna i znanstvena disciplina koja se još uvijek razvija, ona služi za rješavanje problema pomoću kvantitativne analize sustava te matematičkog modeliranja. Pri tome se služi logikom, matematikom i statistikom.

Operacijska istraživanja se izvode po fazama koje se provode logičkim slijedom. Faze su: definiranje problema te prikupljanje bitnih podataka, formuliranje matematičkog modela koji će predstavljati problem, razvoj računalno bazirane procedure za pronalazak rješenja navedenog problema iz modela, testiranje modela i unaprijeđenje po potrebi, priprema za korištenje modela po potrebi menadžmenta i implementacija.

Metode kojima se koristi operacijsko istraživanje su, među ostalima: linearno i nelinearno programiranje, cjelobrojno programiranje, mrežno programiranje te teorija igara.

Zadatak operacijskih istraživanja je točno definiranje svih uvjeta pod kojima se neki zadatak izvodi te predviđanje njegovih mogućih rezultata. Glavni cilj je doći do optimalnog rješenja zadatka, no ponekad zbog prevelikog troška vremena i novca koriste se metode dolaska do suboptimalnog rješenja.

Operacijska istraživanja imaju veliku važnost u sektorima poput proizvodnje, transporta, financijskog planiranja, zdravstva, vojnih i javnih servisa. Najveću važnost imaju operacijska istraživanja u državama u razvoju u svrhu financijskog planiranja, osiguravanju dnevnih obroka djeci, pripreme u slučaju prirodnih ili ljudsko uzrokovanih katastrofa, razvoja zdravstva i sl.



## 6. LITERATURA

1. Barković, D. (2001). Operacijska istraživanja. Osijek: Ekonomski fakultet Osijek
2. APORS (2021). History. Dostupno na: <http://apors.org/history/> (pristup: 14.7.2021.)
3. APORS (2021). Organisation. Dostupno na: <http://apors.org/organization/> (pristup: 14.-7.2021.)
4. HDOI (2021). Što je HDOI. Dostupno na: <https://hdoi.hr/about-us/sto-je-hdoi/> (pristup: 14.7.2021.)
5. HDOI (2021). Povijest HDOI. Dostupno na: <http://hdoi.hr/about-us/povijest-hdoi/> (pristup: 14.7.2021.)
6. Hillier, F. S., & Lieberman, G. J. (2015). Introduction to operations research, Tenth Edition. McGraw-Hill Science, Engineering & Mathematics.
7. Hrčak (2021). About The Journal. Dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/ojs/index.php/crorr/about> (pristup: 14.7.2021.)
8. IFORS (2021). History. Dostupno na: <https://www.ifors.org/history/> (pristup: 14.7.2021.)
9. IFORS (2021). Regional Groupings. Dostupno na: <https://www.ifors.org/regional-groupings/> (pristup: 14.7.2021.)
10. Epstein, R., Henriquez, L., Catalan, J., Weintraub, G. Y., Martinez, C., & Espejo, F. (2004). A combinatorial auction improves school meals in Chile: a case of OR in developing countries. International Transactions in Operational Research, 11(6), 593-612.
11. White, L., Smith, H., & Currie, C. (2011). OR in developing countries: A review. European Journal of Operational Research, 208(1), 1-11
12. Tanebaum, M. (2020). Operations Research. Dostupno na: <https://www.britannica.com/topic/operations-research> (pristup: 14.7.2021.)
13. EURO (2021). Dostupno na: <https://www.euro-online.org/web/pages/95/euro> (pristup: 14.7.2021.)
14. ALIO Online (2021). History. Dostupno na: <http://www.alio-online.org/subpagina/6/Quienes%20Somos/Historia> (pristup: 14.7.2021.)
15. Künzi, H.P. (1982). Operations Research Today - Review and Outlook. Mathematical Methods of Operations Research , 26 ( 1 ), B217-B228

16. Taha, Hamdy A. (2017). Operations research : an introduction. Singapore : Prentice Hall International
17. Association of North American Operations Research Societies within IFORS (NORAM) (2021). Dostupno na: <https://uia.org/s/or/en/1100037200> (pristup: 5.2.2022.)
18. Hoffman, Karla. (2022). North\_American\_Operations\_Research\_Societies. Dostupno na: [http://seor.vse.gmu.edu/~khoffman/North\\_American\\_Operations\\_Research\\_Societies.pdf](http://seor.vse.gmu.edu/~khoffman/North_American_Operations_Research_Societies.pdf) (pristup: 23.2.2022.)