

Metode operacijskih istraživanja u kaleidoskopu obrazovnih i znanstvenih industrija

Operations Research Methods in a Kaleidoscope of Education and Science Industries

Ratko Zelenika

Ekonomski fakultet
Sveučilište u Rijeci
e-mail: zelenika.ratko@gmail.com

DOI 10.17818/NM/2016/1.13

UDK 51-7

Pregledni rad / Review

Rukopis primljen / Paper accepted: 10. 2. 2015.

Sažetak

U globalnim i znanstvenim industrijama općenito, a posebice u globalnim matematičkim industrijama „proizvedeno“ je, afirmirano i verificirano svega dvadesetak univerzalnih matematičkih metoda operacijskih istraživanja. Neposredno i/ili posredno utjecale su na optimizaciju procesa proizvodnje mnogobrojnih materijalnih i nematerijalnih proizvoda. To je, međutim, premalo u odnosu prema stvarnim potrebama. S tim u vezi potrebno je dugoročno i sustavno promišljati „proizvodnju“, afirmaciju i verifikaciju novih i/ili inoviranih funkcionalnih, specijalističkih, odnosno promijenjenih matematičkih metoda operacijskih istraživanja prema kriterijima koji su istaknuti u ovoj znanstvenoj raspravi. Takve bi metode operacijskih istraživanja morale biti u neposrednoj funkciji rješavanja aktualnih gospodarskih i društvenih problema te stvaranja najvažnijih pretpostavki za nastajanje, održivi rast i razvoj društva znanja i društva blagostanja.

Summary

In global and scientific industries in general, and particularly in global mathematics industries, only twenty or so universal mathematical methods of operations research have been “produced”, affirmed and verified. Directly and/or indirectly they have influenced optimisation of the production process of numerous tangible and intangible goods. This is however insufficient in relation to the actual needs. In this respect it is necessary to ponder long-term and systematically upon the “production”, affirmation and verification of new and/or innovated functional, specialist, or modified mathematical methods of operations research according to the criteria outlined in this scientific debate. Such methods of operations research should have an immediate function as solutions to current economic and social problems as well as create the most important prerequisites for an emergence, sustainable growth and development of knowledge societies and welfare societies.

KLJUČNE RIJEČI

matematičke metode
operacijska istraživanja
funkcionalna klasifikacija metoda
operacijskih istraživanja

KEY WORDS

mathematical methods
operations research
functional classification of methods
of operations research

1. UVOD / Introduction

Kada i matematičari i nematematičari promišljaju operacijska istraživanja, kao kvantitativnu znanstvenu disciplinu, matematičke metode i matematičke modele operacijskih istraživanja, moraju imati na umu činjenica da operacijska istraživanja, matematičke metode i matematički modeli operacijskih istraživanja predstavljaju najsloženiji, najzahtjevniji i najdinamičniji kvantitativni, kvantitativno-kvalitativni i kvalitativni sustav znanja, saznanja, vještina o pravilima, zakonima, zakonitostima, teorijama, teoremima, aksiomima, al-

goritmima mnogobrojnih i različitih funkcionalnih, odnosno specijalističkih matematika, matematičkih metoda i matematičkih modela, koji su umreženi s mnogobrojnim i različitim pravilima, zakonitostima prirodnih i tehničkih znanosti, biomedicine i zdravstva, biotehničkih, društvenih i humanističkih znanosti te načelima, pravilima, zakonitostima primarnih, sekundarnih, tercijarnih, kvartarnih i kvintarnih djelatnosti. Zbog zanemaranja te činjenice, unatoč eksponencijalnoj afirmaciji operacijskih istraživanja u svjetskim razmjerima, u prvih stotinu go-

dina životnoga vijeka razvilo se i afirmiralo svega dvadesetak matematičkih metoda operacijskih istraživanja. Implementacija takvih metoda u rješavanju aktualnih problema u obrazovnoj i znanstvenoj industriji te primarnim, sekundarnim, tercijarnim, kvartarnim i kvintarnim djelatnostima je veoma skromna, nedovoljna i ograničena.

U vezi sa spomenutom problematikom postavljena je hipoteza: Funkcionalne vrste operacijskih istraživanja, funkcionalne vrste matematičkih metoda operacijskih istraživanja i funkcionalne

vrste matematičkih modela operacijskih istraživanja predstavljaju *conditio sine qua non* održivoga rasta i razvoja obrazovnih i znanstvenih industrija, ali, također, i svih primarnih, sekundarnih, tercijarnih, kvartarnih i kvintarnih djelatnosti. Ovu hipotezu moguće je dokazati samo dugoročnim razvojem, afirmacijom i verifikacijom mnogobrojnih funkcionalnih, specijalističkih i primijenjenih matematičkih metoda prema znanstvenim područjima, prema načelima višedisciplinarnosti, prema primarnim, sekundarnim, tercijarnim, kvartarnim i kvintarnim djelatnostima, prema osnovnim vrstama fundamentalnih, aplikativnih i razvojnih istraživanja, prema prostorno-vremenskim dimenzijama primarnih objekata istraživanja, prema složenosti, zahtjevnosti i dinamičnosti primarnih objekata istraživanja, prema primarnim misijama fundamentalnih, aplikativnih i razvojnih istraživanja i drugo. Prema spomenutim kriterijima trebalo bi u bližoj budućnosti razviti, afirmirati i verificirati oko tisuću novih funkcionalnih, specijalističkih, odnosno primijenjenih matematičkih metoda operacijskih istraživanja. Takve bi metode bile u neposrednoj funkciji stvaranja temeljnih pretpostavki za nastajanje, dugoročni održivi rast i razvoj društava znanja i društava blagostanja.

Takve matematičke metode operacijskih istraživanja u ovome članku promišlja jedan nematematičar.

2. NAČELA I POJAM MATEMATIČKIH METODA OPERACIJSKIH ISTRAŽIVANJA / *Principles and the notion of mathematic operational research*

Da bi se moglo promišljati matematičke metode operacijskih istraživanja, mora se posjedovati kvalitetno i aktualno znanje i saznanje o znanosti i znanosti o znanosti, obrazovnim industrijama i obrazovnim sustavima, znanstvenim industrijama i znanstvenim sustavima te suvremenim metodologijama znanstvenoga istraživanja (11, 13, 16), a posebice o matematici, matematičkim metodama i matematičkim modelima (19). Takva znanja mora se dopuniti znanjima o najvažnijim odrednicama sintagme matematičke metode operacijskih istraživanja.

Izraz operacija (lat. *operatio* = *operatus*: učinjen, izveden ← *operari*: raditi) ima više značenja, a ističu se najvažnija: 1. općenito – operacija znači: činiti finan-

cijske, trgovačke, kreditne, matematičke i druge radnje; 2. u matematici – operacija binarne funkcije (na nekom skupu) znači preslikavanje koje svakom određenom paru elemenata pridružuje neki element istoga skupa (npr. zbrajanje na skupu cijelih brojeva, množenje na skupu realnih brojeva); pojam se poopćuje na *n*-arnu operaciju za svaki prirodan broj; 3. u informatici – operacija znači specifičnu akciju koju računalo provodi pri izvođenju programa (operacija pisanja); 4. u vojsci – operacija znači složenu djelatnost velikih vojnih formacija (vojno-redarstvena operacija); 5. u medicini – operacija znači mehanički zahvat na bolesnom tkivu i organu tijela radi sprečavanja širenja bolesti ili uklanjanja uzroka. Potrebno je u vezi s pojmom operacija navesti i značenje ovih izraza: 1. operacionalizacija u značenju proces u kojem se operacionalizira; operacionaliziranje i 2. operacionalizirati (što, se) u značenju: učiniti da što postane praksa, praktički provesti, uspostaviti kao oblik organizacije radnog ili drugog procesa (postupka, procedure), provesti ili provoditi u praksi, oživotvoriti ono što je zamišljeno.

I izraz istraživanje ima više značenja. U suvremenoj metodologiji i tehnologiji znanstvenoga istraživanja primarno značenje ima znanstveno istraživanje koje predstavlja „sustav svjesnih, sustavnih, metodoloških, tehnoloških, intelektualnih ... organiziranih aktivnosti (disciplinarnih i/ili višedisciplinarnih) koji omogućuje znanstveno utemeljeno traganje, otkrivanje, inoviranje ... i dokazivanje znanstvenih istina o pojavama, predmetima, odnosima ... i fenomenima u prirodi i društvu uz pomoć znanstvenih metoda“. Temeljna je misija znanstvenih istraživanja: otkrivanje i dokazivanje znanstvene istine o određenim pojavama i fenomenima u prirodi i društvu, a takve se istine mogu formulirati i predstaviti kvantitativno, kvantitativno-kvalitativno i kvalitativno. Znanstvene istine moraju biti zasnovane na temeljnim znanstvenim načelima: egzaktnost, pouzdanost, preciznost, objektivnost, općenitost i provjerljivost.

Umrežavanjem i integriranjem kompatibilnih i komplementarnih odrednica pojmova operacija i istraživanje (znanstveno) projektira se sintagma operacijsko istraživanje u značenju: znanstveno utemeljeni postupak, procedura ... traganje, otkrivanje, inoviranje, dokazivanje znanstvenih istina, odnosno postupaka, procedura rješavanja teorijskih, teorijsko-

praktičnih i praktičnih znanstvenih problema, znanstvenih projektnih zadataka o određenim pojavama i fenomenima u prirodi i društvu primjenom znanstvenih metoda.

Kada se sintagmi operacijska istraživanja doda sintagma matematičke metode (19) dobije se složena sintagma matematičke metode operacijskih istraživanja.

Promišljanje matematičkih metoda operacijskih istraživanja na znanstvenim načelima iznimno je složeno i zahtjevno, mora biti zasnovano na višedisciplinarnim načelima, pravilima, zakonima, zakonitostima, fenomenima, aksiomima, algoritmima:

Mnogobrojnih i različitih vrsta funkcionalnih matematika, a ističu se one najvažnije (19): 1) matematika programiranja, 2) matematika modeliranja, 3) matematika distribucije, 4) matematika grafova, 5) disciplinarna matematika, 6) interdisciplinarna matematika, 7) multidisciplinarna matematika, 8) pluridisciplinarna matematika i 9) transdisciplinarna matematika.

Mnogobrojnih i različitih vrsta funkcionalnih matematičkih metoda, a ističu se najvažnije (19): 1) matematičke metode programiranja, 2) matematičke metode modeliranja, 3) matematičke metode distribucije, 4) matematičke metode grafova, 5) metode disciplinarne matematike, 6) metode interdisciplinarne matematike, 7) metode multidisciplinarne matematike, 8) metode pluridisciplinarne matematike, 9) metode transdisciplinarne matematike, 10) matematičke metode minimuma, 11) matematičke metode maksimuma i 12) matematičke metode optimuma.

Mnogobrojnih različitih vrsta funkcionalnih matematičkih modela, a ističu se najvažnije (19): 1) matematički modeli programiranja, 2) matematički modeli modeliranja, 3) matematički modeli distribucije, 4) matematički modeli grafova, 5) matematički simulacijski modeli, 6) matematički disciplinarni modeli, 7) matematički interdisciplinarni modeli, 8) matematički multidisciplinarni modeli, 9) matematički pluridisciplinarni modeli, 10) multidisciplinarni transdisciplinarni modeli, 11) matematički modeli minimuma, 12) matematički modeli maksimuma i 13) matematički modeli optimuma.

Matematičke metode operacijskih istraživanja zasnovane su na mnogobrojnim načelima koja se mogu klasificirati u nekoliko skupina, i to:

- načela egzaktnosti, preciznosti, pouzdanosti, objektivnosti, općenitosti i provjerljivosti;
- načela minimuma, maksimuma i optimuma;
- načela eksplicitnosti, implicitnosti, disciplinarnosti i višedisciplinarnosti (tj. interdisciplinarnosti, multidisciplinarnosti, pluridisciplinarnosti i transdisciplinarnosti);
- načela traganja, otkrivanja, inoviranja ... čega, što? (npr. znanstvenih činjenica, znanstvenih zakona, znanstvenih teorija, aksioma, teorema, algoritama ... formuliranih i predstavljenih u kvantitativnim, kvantitativno-kvalitativnim i kvalitativnim oblicima);
- načela funkcionalnih matematika, funkcionalnih matematičkih metoda i funkcionalnih matematičkih modela;
- načela svjesnih, sustavnih, organiziranih ... pothvata temeljnih, primijenjenih i razvojnih istraživanja prilagođenih konkretnim problemima istraživanja, konkretnim projektima istraživanja, postavljenim hipotezama, primarnim objektima istraživanja, misijama istraživanja i slično;
- načela kompatibilnosti i komplementarnosti pravila, zakona, zakonitosti, postupaka ... matematičkih metoda operacijskih istraživanja s pravilima, zakonima ... drugih kvantitativnih, kvalitativnih i međusobno povezanih metoda;
- načela kompatibilnosti i komplementarnosti pravila, zakona, zakonitosti ... matematičkih metoda operacijskih istraživanja s pravilima, zakonima ... prirodnih i tehničkih znanosti, biomedicine i zdravstva, biotehničkih, društvenih i humanističkih znanosti;
- načela kompatibilnosti i komplementarnosti pravila, zakona, zakonitosti ... matematičkih metoda operacijskih istraživanja s posebnostima pojava i fenomena u primarnim, sekundarnim, tercijarnim, kvartarnim i kvintarnim djelatnostima;
- načela uspješnosti, učinkovitosti, racionalnosti, produktivnosti ... primjene matematičkih metoda operacijskih istraživanja u rješavanju složenih, zahtjevnih, dinamičkih ... teorijskih, teorijsko-praktičnih i praktičnih znanstvenih problema, znanstvenih projektnih zadataka ... o određenim pojavama i fenomenima u prirodi i društvu. Kada se promišljaju matematičke me-

tode operacijskih istraživanja, zanimljivo je spomenuti nekoliko činjenica o operacijskim istraživanjima općenito, i to (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10):

Operacijska istraživanja, kao posebna znanstvena disciplina, razvijaju se, afirmiraju i verificiraju oko stotinu godina. Nakon prve faze svojega životnoga vijeka (tj. rađanja, dizajniranja, ispitivanja), operacijska istraživanja još uvijek žive drugu fazu životnoga vijeka (tj. afirmiranje i verificiranje u teorijskom i praktičnom smislu), a realno je očekivati da će tek u drugoj polovici ovoga stoljeća započeti svoju treću fazu životnoga vijeka: teorijska i praktična zrelost operacijskih istraživanja.

Operacijska istraživanja kao višedisciplinarna primijenjena matematika eksponencijalno se razvija i afirmira u svjetskim razmjerima zahvaljujući aktivnoj suradnji mnogobrojnih nacionalnih društava za operacijska istraživanja koja djeluju u sklopu Međunarodne federacije društava za operacijska istraživanja (engl. *International Federation of Operational Research Societies*, kr. IFORS – osnovana 1959.). U svjetskoj obrazovnoj i znanstvenoj industriji afirmirano je više specijaliziranih časopisa za operacijska istraživanja. U njima se objavljuju mnogobrojne znanstvene rasprave s najznačajnijim postignućima iz operacijskih istraživanja.

Operacijsko istraživanje je višedisciplinarna grana matematike koja omogućuje rješavanje najsloženijih, najzahtjevnijih i najdinamičnijih teorijskih, teorijsko-praktičnih i praktičnih znanstvenih problema i znanstvenih projektnih zadataka te dokazivanje (ili opovrgavanje) i najzahtjevnijih znanstvenih (i drugih) hipoteza o mnogobrojnim pojavama i fenomenima u prirodi i društvu.

Operacijska istraživanja, kao složeni, dinamički i stohastički sustav mnogobrojnih i različitih znanstvenih subdisciplina i odgovarajućih kvantitativnih, kvalitativnih i međusobno povezanih znanstvenih metoda, omogućavaju iznalaženje optimalnih rješenja, optimalnih projekata, optimalnih modela, optimalnih odluka u svim primarnim, sekundarnim, tercijarnim, kvartarnim i kvintarnim djelatnostima. Optimalna rješenja, projekti, modeli, odluke, procesi formuliraju se i predstavljaju u kvantitativnim, kvantitativno-kvalitativnim i kvalitativnim oblicima, a mogu se teorijski i praktično ispitati.

Temeljna je misija operacijskih istraživanja iznalaženje optimalnih

rješenja, a optimum se može odrediti kao maksimum i/ili kao minimum (ovisno o vrsti i karakteru primarnih objekata istraživanja).

Tematske jedinice koje redovito sadrže operacijska istraživanja su: 1) linearno programiranje, 2) višekriterijsko programiranje, 3) cjelobrojno programiranje, 4) mrežno programiranje, 5) teorije igara, 6) redovi čekanja, 7) problemi transporta i distribucije i 8) problemi zalih.

Mnogobrojni i različiti softverski programi predstavljaju učinkovitu logistiku u primjeni operacijskih istraživanja u najsloženijim pothvatima temeljnih, primijenjenih i razvojnih istraživanja. Ljudski potencijali najčešće predstavljaju ograničavajući čimbenik u razvoju, afirmaciji i implementaciji različitih metoda operacijskih istraživanja jer oni, u pravilu, nisu profesionalno kompetentni i višedisciplinarno osposobljeni za optimizaciju veoma složenih i veoma zahtjevnih problema istraživanja i znanstvenih projektnih zadataka.

U dostupnoj znanstvenoj i stručnoj literaturi o operacijskim istraživanjima nisu na znanstveno utemeljen način klasificirane funkcionalne subdiscipline operacijskih istraživanja, funkcionalne vrste matematičkih metoda operacijskih istraživanja i funkcionalne vrste matematičkih modela operacijskih istraživanja. Naime, proučavanjem literarne građe i znanstvenih operacija može se pogrešno zaključiti da su subdiscipline operacijskih istraživanja, metode operacijskih istraživanja i modeli operacijskih istraživanja sinonimi, a često se poistovjećuju s linearnim programiranjem, simulacijama, optimizacijama, ekonometrijskim metodama, ekspertnim sustavima, upravljanje znanjem (i znanošću).

U aktualnim bibliografskim jedinicama o operacijskim istraživanjima, također, ne postoje cjelovite definicije pojma operacijsko istraživanje i pojma matematička metoda operacijskih istraživanja. U brošuri Hrvatskog društva za operacijska istraživanja (kr. HDIO), koja je izdana 1994. godine (22), navodi se „... da se operacijska istraživanja bave matematičkim modeliranjem realnih procesa u svrhu donošenja optimalnih odluka.“ Čitatelju nije jasno: jesu li operacijska istraživanja matematička (sub)disciplina, matematička metoda (ili matematičke metode) ili matematički model (ili matematički modeli), ili možda

sve to zajedno?!

Na osnovi prethodno spomenutih spoznaja, stavova, sudova, načela, konstatacija o pojmovima izraza operacija i izraza istraživanje te sintagme operacijska istraživanja, kao i definicije pojma matematička metoda (19) nudi se nova definicija pojma matematička metoda operacijskih istraživanja.

Matematičke metode operacijskih istraživanja čine tri međusobno povezana sustava, i to: 1. sustav matematičkih pravila, matematičkih zakona, matematičkih teorema, aksioma, postupaka, procedura (primarno), 2. sustav pravila, zakona, zakonitosti, postupaka, procedura različitih kvantitativnih, kvalitativnih i međusobno povezanih znanstvenih metoda (sekundarno) i 3. sustav načela, pravila, zakona primarnih, sekundarnih, tercijskih, kvartarnih i kvintarnih djelatnosti (tercijarno) koji omogućuju temeljna, primijenjena i razvojna istraživanja, analiziranja, proučavanja, rješavanja različitih složenih, zahtjevnih i dinamičkih problema i zadataka te iznalaženje optimalnih rješenja, modela, projekata, odluka o određenim pojavama i fenomenima u prirodi i društvu, a radi stvaranja temeljnih pretpostavki za nastajanje, održivi rast i razvoj individualnoga i društvenoga blagostanja te maksimizacije učinaka obrazovanja i znanosti u primarnim, sekundarnim, tercijskim, kvartarnim i kvintarnim djelatnostima.

3. TEMELJNE ZNAČAJKE MATEMATIČKIH METODA OPERACIJSKIH ISTRAŽIVANJA / *Basic features of mathematic methods of operational research*

Najvažnije značajke matematičkih metoda operacijskih istraživanja formuliraju se i predstavljaju u nekoliko skupina, i to:

- U teorijskom i praktičnom smislu matematičke metode operacijskih istraživanja moraju biti zasnovane na temeljnim znanstvenim načelima: 1) egzaktnost, 2) preciznost, 3) pouzdanost, 4) sustavnost, 5) objektivnost, 6) općenitost i 7) provjerljivost.
- Matematičke metode operacijskih istraživanja predstavljaju relativno autonoman sustav odrednica sljedećih izraza i sintagmi: istraživanje, operacija, matematika, znanstvena metoda, matematička metoda, optimizacija, minimizacija, maksimizacija. Bez aktualnih i kvalitetnih znanja, saznanja, vještina o spomenutim izrazima i sin-

tagmama, ali i drugim kvantitativnim, kvalitativnim i međusobno povezanim znanstvenim metodama, ne može se uspješno, učinkovito, racionalno i produktivno upotrebljavati matematičke metode operacijskih istraživanja.

- Matematičke metode operacijskih istraživanja izrazito su višedisciplinarnе znanstvene metode pa su zbog toga kompatibilne i komplementarne sa svim kvantitativnim, kvalitativnim i međusobno povezanim znanstvenim metodama.
- Matematičke metode operacijskih istraživanja primjenjuju se uspješno, učinkovito i racionalno u svim vrstama temeljnih, primijenjenih i razvojnih istraživanja, ali najčešće u različitim kombinacijama s drugim znanstvenim metodama.
- Matematičke metode operacijskih istraživanja, također, se primjenjuju uspješno, učinkovito i racionalno u svim poljima prirodnih i tehničkih znanosti, biomedicine i zdravstva, biotehničkih, društvenih i humanističkih znanosti te umjetničkoga područja.
- Matematičke metode operacijskih istraživanja veoma pozitivno utječu na proizvodnost, ekonomičnost, profitabilnost, investiranje, održivi rast i razvoj nositelja primarnih, sekundarnih, tercijskih, kvartarnih i kvintarnih djelatnosti jer svojim postupcima omogućuju rješavanje različitih složenih problema i zadataka te iznalaženje optimalnih rješenja, modela, projekata, odluka, ali uz pretpostavku da nositelji takvih djelatnosti raspolažu s profesionalno kompetentnim ljudskim potencijalima i resursima, visoko sofisticiranim kapacitetima, financijskim potencijalima i resursima i slično.

Planiranje, pripremanje i operacionaliziranje složenih, zahtjevnih i dinamičkih pothvata operacijskih istraživanja temeljenih na pravilima, zakonima, zakonitostima, postupcima, procedurama matematičkih metoda operacijskih istraživanja nije moguće bez znanstveno utemeljenog scenarija. Takvi scenariji sadrže više bitnih elemenata i faza, kao npr (19):

- naslov pothvata operacijskog istraživanja;
- prethodna istraživanja tematike u vezi s primarnim objektima pothvata

operacijskih istraživanja;

- definiranje znanstvenog problema pothvata operacijskih istraživanja;
- formuliranje znanstvenog projektnog zadatka pothvata operacijskih istraživanja;
- definiranje primarnih objekata istraživanja pothvata operacijskih istraživanja;
- postavljanje temeljne (znanstvene) hipoteze i više parcijalnih (pomoćnih) hipoteza pothvata operacijskih istraživanja;
- određivanje misije pothvata operacijskih istraživanja;
- ocjena dosadašnjih istraživanja tematike u vezi s problemom istraživanja, projektnim zadatkom, postavljenim hipotezama, objektima i misijama istraživanja određenog pothvata operacijskih istraživanja;
- popis i opis najvažnijih potencijala, resursa i kapitala potrebnih za operacionalizaciju određenoga pothvata operacijskih istraživanja;
- popis i opis analitičko-eksperimentalnih (pod)faza koje bi trebale omogućiti učinkovito, racionalno i produktivno operacionaliziranje pothvata operacijskih istraživanja;
- operacionalizacija pothvata operacijskih istraživanja;
- kvantitativno, kvantitativno-kvalitativno i kvalitativno teorijsko i/ili praktično ispitivanje rezultata pothvata operacijskih istraživanja;
- promišljanje realnih mogućnosti implementacije rezultata dobivenih u određenom pothvatu operacijskih istraživanja;
- javna verifikacija rezultata pothvata operacijskih istraživanja.

4. FUNKCIONALNA KLASIFIKACIJA MATEMATIČKIH METODA OPERACIJSKIH ISTRAŽIVANJA / *Functional classification of mathematic methods of operational research*

U kreativnoj matematičkoj industriji razvijale su se, afirmirale i verificirale različite parcijalne i/ili relativno autonomne metode operacijskih istraživanja. Temeljna je misija svih metoda operacijskih istraživanja: pronalaženje optimalnih (najpovoljnijih) rješenja, modela, procesa, odluka, projekata o određenim problemima i fenomenima u društvu i prirodi. Takva se rješenja, modeli, procesi formuliraju i predstavljaju u kvantitativnim, kvantita-

tivno-kvalitativnim i kvalitativnim oblicima. Optimalna rješenja mogu se odrediti kao minimum i/ili maksimum, što ovisi o karakteristikama primarnih objekata svakog pothvata temeljnih, primijenjenih i razvojnih istraživanja (19).

U svjetskom sustavu kvantitativnih metoda, odnosno u sustavu matematičkih metoda (19) najpoznatije su sljedeće matematičke metode operacijskih istraživanja:

1. Metode operacijskih istraživanja prema načelima linearnog programiranja. Temeljni je zadatak linearnog programiranja optimiziranje (maksimiziranje i/ili minimiziranje) određenog linearnog izraza (nazvanog funkcija cilja) uz izvjesna ograničenja u vidu određenih uvjeta (restrikcija) koji se javljaju u obliku jednadžbi i nejednadžbi. S matematičkog stajališta pod linearnim programiranjem podrazumijeva se optimiziranje jedne funkcije cilja uz izvjesna ograničenja koja limitiraju veličine varijabli. Na načelima linearnog programiranja razvili su se različiti modaliteti simpleks metoda koji omogućuju iznalaženje optimalnih rješenja, modela, procesa različitih problema linearnog programiranja u primarnim, sekundarnim, tercijarnim, kvartarnim i kvintarnim djelatnostima.

2. Metode operacijskih istraživanja prema načelima višekriterijskog programiranja. Na osnovi načela višekriterijskog programiranja posebnim metodama operacijskih istraživanja moguće je iznalaziti optimalna rješenja, modele, procese složenih i zahtjevnih problema istraživanja s više funkcija cilja. Tako je, primjerice, moguće rješavati problem istraživanja s više ciljeva: 1) cilj maksimiziranja x , 2) cilj maksimiziranja y , 3) cilj maksimiziranja z , ili: 1) cilj minimiziranja x , 2) cilj minimiziranja y , 3) cilj minimiziranja z , ili: 1) cilj maksimiziranja x , 2) cilj minimiziranja y i itd. Optimiziranje problema višekriterijskog programiranja veoma je zahtjevno. Rješavaju se, u pravilu, odgovarajućim softverskim programima. U teoriji i praksi optimiziranje problema višekriterijskog programiranja razvilo se i afirmiralo nekoliko specijaliziranih metode operacijskih istraživanja, a navode se sljedeće: 1) metode optimiziranja problema s vektorskim funkcijama, 2) metode optimiziranja leksikografskih problema (ili leksikografski problem optimizacije), 3) metode optimiziranja problema prema načelima ciljnog programiranja, 4) metode optimiziranja

problema prema načelima razlomljenog programiranja (poznate su specijalizirane metode: Martoseva metoda, Charnes Cooperova metode i Dinkelbachova metoda).

3. Metode operacijskih istraživanja prema načelima cjelobrojnog programiranja. Varijable u mnogobrojnim problemima linearnog i nelinearnog programiranja imaju cjelobrojne vrijednosti. Postoje problemi čisto cjelobrojnog programiranja, problemi čisto cjelobrojnog linearnog programiranja i problemi djelomično (ili mješovito) cjelobrojnog programiranja. Takvi se problemi mogu optimizirati (maksimizirati i/ili minimizirati, što ovisi o karakteristikama primarnih objekata istraživanja) uz pomoć različitih specijalističkih metode operacijskih istraživanja, a navode se one najvažnije: 1) metode optimiziranja problema fiksnih troškova, 2) metode optimiziranja problema lokacije, 3) metode optimiziranja problema trgovačkog putnika, 4) metode optimiziranja problema ranca (upotrebljavaju se u optimizaciji kapaciteta prijevoznih sredstva – npr. brodova, zrakoplova, vagona, kamiona i slično), 5) metode optimiziranja investicijskih pothvata (elaborata), 6) metode optimiziranja problema grananja i ograđivanja, 7) metode „opreznog približavanja“, 8) metode cjelobrojnih formi.

4. Metode operacijskih istraživanja prema načelima mrežnog programiranja. U gotovo svim primarnim, sekundarnim, tercijarnim, kvartarnim i kvintarnim djelatnostima potrebno je rješavati različite probleme distribucije nečega u transportnim i logističkim lancima te transportnim i logističkim mrežama (12). Rješenja takvih problema morala bi biti optimalna, odnosno upravljanje različitim lancima i različitim mrežama moralo bi biti uspješno, učinkovito, racionalno i produktivno. To znači da bi uz određene pretpostavke svaki takav pothvat, bez obzira na broj karika u lancu i/ili broj čvorova, broj mrežnih oka i njihovih veličina, duljine stanica mrežnih oka te broj ulaza u mrežu i broja izlaza iz nje, morao biti najpovoljniji, tj. rezultat svakoga pothvata morao bi biti maksimalan ili minimalan, ovisno o karakteristikama primarnih indikatora konkretnog pothvata. U posljednjih pedesetak godina razvijale su se i afirmirale različite metode operacijskih istraživanja koje su omogućavale racionalno upravljanje različitim lancima i različitim mrežama, a navode se one

najvažnije: 1) metode izbora najkraćeg puta kroz neusmjerenu mrežu i metoda izbora najkraćeg puta kroz usmjerenu, povezanu i necikličku mrežu), 2) metoda minimalnog razapinjućeg stabla, 3) metode maksimalnog toka kroz mrežu (tj. metoda maksimalnog toka kroz mrežu kao problem linearnog programiranja i metoda minimalnog reza i maksimalnog toka u mreži), 4) metoda minimizacije troškova tokova u mreži (tj. mrežna simpleks metoda i metoda minimizacije troškova transporta u mreži), 5) planiranje i upravljanje projektom uz pomoć PERT/CPM metode. PERT/CPM metoda (engl. *Program Evaluation Review Technique* – kr. PERT i *Critical Path Method* – kr. CPM) veoma se uspješno upotrebljavaju u optimiziranju upravljanja i najsloženijim projektima. Rezultati primjene ove metode prikazuju se tzv. projektom mrežom. Spomenute metode operacijskih istraživanja prema načelima mrežnog programiranja još uvijek ne omogućuju optimizaciju složenih problema u makro i megatransportnim i logističkim mrežama s većim brojem ulaza i većim brojem izlaza, što za mlade matematičare i znanstvenike predstavlja veliki izazov.

5. Metode operacijskih istraživanja prema načelima teorije igara. Teorije igara predstavljaju važnu subdisciplinu matematike. Posebno su poznate igre protiv protivnika, igre protiv sreće i igre protiv prirode. U svim vrstama igara pokušavaju se osmisliti optimalne strategije i taktike, najbolje dobivene kombinacije igre, najpovoljnije odluke u odnosu prema protivniku (drugoj strani). Razvile su se u teoriji praksi različite metode operacijskih istraživanja koje omogućuju promišljanje donošenje dobrih odluka u različitim vrstama igara, a navode se one najpoznatije: 1) metode igara između dvije osobe sa sumom nula, 2) metode igara sa sedlom, 3) metode igara sedla i 4) metode rješavanja matričnih igara. Kod igara protiv prirode zanimljivo je navesti: 1) Neumannovu metodu teorije igara, 2) Laplacevu metodu teorije igara i 3) Hurwitzovu metode teorije igara.

6. Metode operacijskih istraživanja prema načelima teorije redova čekanja. Redovi (repovi) čekanja sastavnica je života svakoga čovjeka. Ljudi čekaju da ih se usluži ili da oni nekoga usluže. Redovi su čekanja u bolnicama, u bankama, na sudu, u policiji, u supermarketima, u garažama, na semaforima, u pomorskim, riječnim i zračnim lukama, (pristaništima),

naplatnim rampama, parkiralištima, u proizvodnim pogonima, komunikacijama itd. Ne čekaju u redovima samo ljudi, u njima čekaju sredstva za rad (brod na sidrištu radi uplovljenja u luku, u luci čeka privez, čeka iskrcaj/ukrcaj/prekrcaj, čeka odvez - odlazak iz luke), u redovima čekaju i životinje svoj plijen ili hranu u zoološkom vrtu. S razlogom je poznata izreka „Tko čeka taj i dočeka, ali se i naćeka.“ Redovi čekanja su veoma složeni i zahtjevni teorijski, teorijsko-praktični i praktični problemi koji nastaju u slučajevima kada određen broj jedinica (ljudi, predmeta) tražeći odgovarajuću uslugu (ili nešto drugo, obradu) moraju čekati, tj. provesti određeno vrijeme u redovima čekanja, prije nego su opsluženi ili kada radna mjesta koja pružaju tražene odgovarajuće usluge moraju čekati jedinice koje treba opslužiti. Bitni elementi redova čekanja jesu: 1. dolasci, 2. čekanje na uslugu, 3. uslužni kanali i 4. odlasci. Redovi čekanja predstavljaju posljedicu neusklađenosti (neravnoteže) između kapaciteta uslužnih mjesta (ponude) i zahtjeva korisnika usluga (potražnje). Takva neusklađenost ponude i potražnje implicira različite štetne posljedice. Metode operacijskih istraživanja zasnovane na načelima teorije redova čekanja omogućavaju proučavanje procesa opsluživanja slučajno pristiglih jedinica ili zahtjeva za određenim uslugama i uspostavljanje međuzavisnosti između dolazaka jedinica, njihovog čekanja na uslugu, opsluživanja i odlaska iz procesa (sustava opsluživanja), s ciljem da se postigne optimalno funkcioniranje takvog sustava opsluživanja.

Temeljna je misija metoda operacijskih istraživanja – odrediti parametre funkcioniranja nekog sustava (proces) i utvrditi minimalan broj uslužnih mjesta s kojima se može ostvariti kvalitetna tražena usluga, tj. optimizirati određeni sustav (proces) u skladu s definiranim ciljem.

Metodama operacijskih istraživanja moguće je optimizirati sustave opsluživanja na osnovi podataka, informacija, spoznaja ... o njihovim relevantnim elementima, i to: 1) razdiobi vremena dolaska jedinica (tj. vremenu između dva uzastopna dolaska jedinica u sustav opsluživanja), 2) o razdiobi vremena opsluživanja (tj. trajanju opsluživanja), 3) o broju kanala (tj. broju uslužnih mjesta u sustavu opsluživanja u kojima se istodobno mogu opsluživati jedinice), 4) o kapacitetu sustava opsluživanja (tj. maksimal-

nom broju jedinica koje čekaju u redu na opsluživanje i koje se upravo opslužuju), 5) o redoslijedu opsluživanja jedinica (tj. disciplini reda) i 6) o broju stupnjeva usluga.

U teoriji redova čekanja razvile su se različite metode operacijskih istraživanja koje omogućuju optimizaciju sustava (proces) opsluživanja, a navode se one najznačajnije: 1) opće Poissonove metode redova čekanja, 2) posebne Poissonove metode redova čekanja, 3) nePoissonove metode redova čekanja, 4) posebne metode redova čekanja, 5) metode redova čekanja sa serijskim usluživanjem, 6) metode Markovljevih lanaca, 7) metode Markovljenih procesa.

Metode operacijskih istraživanja prema načelima problema transporta i distribucije. Mikro, makro i globalne transportne industrije predstavljaju *conditio sine qua non* postojanja, funkcioniranja, rasta i razvoja svih primarnih, sekundarnih, tercijarnih, kvartarnih i kvintarnih djelatnosti, svakoga društva i svih društava na planetu Zemlji. Svojim izravnim i neizravnim učincima sudjeluju s oko 10 % u svjetskom bogatstvu (tj. svjetskom bruto domaćem proizvodu – kr. BDP). U cijeni koštanja, odnosno prodajnoj cijeni materijalnih proizvoda troškovi internog i eksternog transporta, manipulacije i distribucije (fizičke i logističke distribucije) u prosjeku sudjeluju od 20 % do 50 % (što ovisi o mnogobrojnim internim i eksternim čimbenicima proizvodnje prometnih i logističkih proizvoda), i to u svjetskim razmjerima. Racionalizacije troškova u procesima proizvodnje prometnih i logističkih proizvoda u mikro, makro i globalnim prometnim industrijama najizraavnije utječe na konkurenciju materijalnih dobara na liberaliziranim tržištima (12, 14, 15).

U teoriji i praksi proizvodnje proizvoda u transportnim, prometnim i logističkim industrijama razvile su se različite metode operacijskih istraživanja koje omogućuju racionalizaciju, odnosno optimizaciju transporta, manipuliranja i distribucije materijalnih dobara od veoma različitih ishodišta (tj. otpremnih mjesta) preko prekrcajno/pretovarenih mjesta do odredišta (tj. dopremnih mjesta), a navode se one najvažnije: 1) metode sjeverozapadnog kuta, 2) modificirana metoda distribucije (MODI metoda), 3) Vogelova metoda i 4) mađarska metoda.

Problemi transportne, prometne i logističke industrije rješavaju se, osim prethodno eksplicitno navedenih metoda

operacijskih istraživanja, tj.: 1) metode sjeverozapadnog kuta, 2) modificirane metode distribucije, 3) Vogelove metode i 4) mađarske metode, i metodama operacijskih istraživanja prema prethodno spomenutim načelima, i to (19) : 1) metodama linearnog programiranja, 2) metodama višekriterijskog programiranja, 3) metodama cjelobrojnog programiranja, 4) metodama mrežnog programiranja, 5) metodama teorije igara i 6) metodama teorije redova čekanja.

Kada se raspravlja o metodama operacijskih istraživanja koje se primjenjuju u transportnim, prometnim i logističkim industrijama, mora se imati na umu činjenica da se one uspješno, učinkovito, racionalno i produktivno primjenjuju samo u konvencionalnom transportu i prometu te da se još uvijek ne primjenjuju u multimodalnom transportu i prometu (15). Također, ne primjenjuju se ni u logističkoj industriji, odnosno u logističkoj distribuciji (12).

Metode operacijskih istraživanja prema načelima problema zaliha. Zalihe predstavljaju određenu količinu materijalnih dobara smještenih u odgovarajuća skladišta s određenom namjenom, a, u pravilu, služe za proizvodnju, preradu, obradu, doradu, prodaju, zamjenu (u servisnoj djelatnosti). Sva materijalna dobra na zalihama, bez obzira na njihovu vrstu i namjenu, imaju svoju financijsku vrijednost, svoj životni vijek, opterećeni su troškovima manipuliranja, skladištenja i na njih djeluju ekonomski zakoni (npr. zakon ponude i potražnje). Radi toga se mora racionalno upravljati zalihama materijalnih dobara, a to znači da zalihe moraju biti minimalne, ali uvijek dostatne za pravodobno zadovoljavanje potreba proizvođača, prerađivača, trgovaca, serviser, kupaca, potrošača, korisnika.

Premala količina zaliha materijalnih dobara implicira mnogobrojne probleme, poteškoće i štetne posljedice u proizvodnji, trgovini, distribuciji i slično. Prevelika količina zaliha materijalnih dobara predstavlja neupotrebljiv kapital, tzv. mrtvi i zaleđeni kapital. U racionalnom upravljanju zalihama materijalnih dobara najčešće se primjenjuju sljedeće metode: 1) metoda točno na vrijeme (engl. *Just in Time* – kr. JIT), 2) metoda planiranja potreba za materijalom (engl. *Material Requirement Planning* – kr. MRP) i 3) metoda planiranja potreba distribucije (engl. *Distribution Requirement Planning* – kr. DRP).

Prema vrstama i namjenama materijalnih dobara, metode optimizacije zaliha

moгу se klasificirati u nekoliko skupina, i to: 1) metode optimizacije zaliha sirovina, 2) metode optimizacije poluproizvoda, 3) metode optimizacije zaliha gotovih proizvoda, 4) metode optimizacije veličine (vrijednosti) narudžbi, 5) metode optimizacije rezervnih dijelova (servisne djelatnosti), 6) metode optimizacije troškova nedostataka sirovina, poluproizvoda i gotovih proizvoda i 7) metode optimizacije troškova supstitucije sirovina, poluproizvoda i gotovih proizvoda.

Na osnovi određenih kriterija klasificira se matematičke metode operacijskih istraživanja u nekoliko skupina, i to:

Matematičke metode operacijskih istraživanja prema znanstvenim područjima klasificira se u šest skupina, i to: 1) metode operacijskih istraživanja prirodnih znanosti, 2) metode operacijskih istraživanja tehničkih znanosti, 3) metode operacijskih istraživanja biomedicine i zdravstva, 4) metode operacijskih istraživanja biotehničkih znanosti, 5) metode operacijskih istraživanja društvenih znanosti i 6) metode operacijskih istraživanja humanističkih znanosti.

Matematičke metode operacijskih istraživanja prema načelima višedisciplinarnosti klasificira se u četiri skupine, i to: 1) interdisciplinarne metode operacijskih istraživanja, 2) multidisciplinarne metode operacijskih istraživanja, 3) pluridisciplinarne metode operacijskih istraživanja i 4) transdisciplinarne metode operacijskih istraživanja.

Matematičke metode operacijskih istraživanja prema primarnim, sekundarnim, tercijarnim, kvartarnim i kvintarnim djelatnostima klasificira se u pet skupina, i to (12): 1) metode operacijskih istraživanja primarnih djelatnosti, 2) metode operacijskih istraživanja sekundarnih djelatnosti, 3) metode operacijskih istraživanja tercijarnih djelatnosti, 4) metode operacijskih istraživanja kvartarnih djelatnosti i 5) metode operacijskih istraživanja kvintarnih djelatnosti.

Matematičke metode operacijskih istraživanja prema osnovnim vrstama znanstvenih i razvojnih istraživanja klasificiraju se u više skupina, i to (11): 1) metode operacijskih istraživanja temeljnih istraživanja, 2) metode operacijskih istraživanja primijenjenih istraživanja, 3) metode operacijskih istraživanja razvojnih istraživanja, 4) metode operacijskih istraživanja „završnih“ istraživanja, 5) metode operacijskih istraživanja prošlosti, 6) metode operacijskih istraživanja

sadašnjosti, 7) metode operacijskih istraživanja budućnosti, 8) metode operacijskih istraživanja prethodnih istraživanja, 9) metode operacijskih istraživanja povremenih istraživanja, 10) metode operacijskih istraživanja stalnih istraživanja, 11) metode operacijskih istraživanja kvantitativnih istraživanja, 12) metode operacijskih istraživanja kvantitativno-kvalitativnih istraživanja, 13) metode operacijskih istraživanja kvalitativnih istraživanja, 14) metode operacijskih istraživanja institucijskih istraživanja, 15) metode operacijskih istraživanja individualnih istraživanja, 16) metode operacijskih istraživanja timskih istraživanja, 17) metode operacijskih istraživanja empirijskih istraživanja, 18) metode operacijskih istraživanja eksplicitnih istraživanja, 19) metode operacijskih istraživanja disciplinarnih istraživanja, 20) metode operacijskih istraživanja višedisciplinarnih istraživanja itd.

Matematičke metode operacijskih istraživanja prema prostorno-vremenskim dimenzijama objekata istraživanja klasificira se u više skupina, i to: 1) metode operacijskih istraživanja mikroobjekata istraživanja, 2) metode operacijskih istraživanja makroobjekata istraživanja, 3) metode operacijskih istraživanja mezoobjekata istraživanja, 4) metode operacijskih istraživanja globalnih objekata istraživanja, 5) metode operacijskih istraživanja megaobjekata istraživanja itd.

Matematičke metode operacijskih istraživanja prema složenosti, zahtjevnosti i dinamičnosti objekata istraživanja klasificira se u četiri skupine, i to: 1) metode operacijskih istraživanja jednostavnih objekata istraživanja, 2) metode operacijskih istraživanja složenih, zahtjevnih i dinamičkih objekata istraživanja, 3) metode operacijskih istraživanja veoma složenih, veoma zahtjevnih i veoma dinamičkih objekata istraživanja i 4) metode operacijskih istraživanja iznimno složenih, iznimno zahtjevnih i iznimno dinamičkih objekata istraživanja.

Matematičke metode operacijskih istraživanja prema primarnim misijama temeljnih, primijenjenih i razvojnih istraživanja klasificira se u četiri skupine, i to: 1) metode operacijskih istraživanja prema misijama eksplicitnih znanstvenih i razvojnih istraživanja, 2) metode operacijskih istraživanja prema misijama implicitnih znanstvenih i razvojnih istraživanja, 3) metode operacijskih istraživanja pre-

ma misijama disciplinarnih temeljnih, primijenjenih i razvojnih istraživanja i 4) metode operacijskih istraživanja prema misijama višedisciplinarnih fundamentalnih, aplikativnih i razvojnih istraživanja (tj. interdisciplinarnih, multidisciplinarnih, pluridisciplinarnih i transdisciplinarnih istraživanja).

Ostale vrste matematičkih metoda operacijskih istraživanja klasificira se u nekoliko skupina, i to: 1) komparativne metode operacijskih istraživanja, 2) potpune metode operacijskih istraživanja, 3) nepotpune metode operacijskih istraživanja, 4) univerzalne metode operacijskih istraživanja, 5) analogijske metode operacijskih istraživanja, 6) neposredne metode operacijskih istraživanja, 8) kombinirane metode operacijskih istraživanja itd.

5. PREDNOSTI I NEDOSTATCI MATEMATIČKIH METODA OPERACIJSKIH ISTRAŽIVANJA / *Advantages and disadvantages of mathematical methods of operational research*

Matematičke metode operacijskih istraživanja, kao i sve druge znanstvene metode, imaju svoje prednosti i nedostatke u odnosu prema drugim znanstvenim metodama.

Najvažnije prednosti matematičkih metoda operacijskih istraživanja u odnosu prema drugim znanstvenim metodama formuliraju se i predstavljaju u nekoliko skupina, i to:

Matematičke metode operacijskih istraživanja, kao primarne i/ili sekundarne metode, uspješno, učinkovito i racionalno upotrebljavaju se u mikro, makro i globalnim temeljnim, primijenjenim i razvojnim istraživanjima, pri čemu izravno utječu na mjerljivu kvalitetu učinaka obrazovnih industrija i obrazovnih sustava te znanstvenih industrija i znanstvenih sustava.

Matematičke metode operacijskih istraživanja kompatibilne su i komplementarne sa svim kvantitativnim, kvalitativnim i međusobno povezanim znanstvenim metodama. Radi toga su one izrazito višedisciplinarne znanstvene metode.

Matematičke metode operacijskih istraživanja uspješno, učinkovito i racionalno primjenjuju se samostalno i/ili u odgovarajućim kombinacijama s drugim metodama u prirodnim i tehničkim znanostima, biomedicini i zdravstvu, biotekh-

ničkim i društvenim znanostima.

Matematičke metode operacijskih istraživanja, bilo da se primjenjuju samostalno i/ili u odgovarajućim kombinacijama s drugim znanstvenim metodama, omogućuju iznalaženje najpovoljnijih (optimalnih) rješenja, modela, projekata, odluka ... o veoma složenim, veoma zahtjevnim i veoma dinamičnim problemima, zadacima i fenomenima u društvu i prirodi, a formuliraju se i predstavljaju u kvantitativnom, kvantitativno-kvalitativnom i kvalitativnom obliku.

Matematičke metode operacijskih istraživanja svojim teorijskim i praktičnim optimalnim rješenjima, modelima, koji se izravno primjenjuju u primarnim, sekundarnim, tercijarnim, kvartarnim i kvintarnim djelatnostima, izravno utječu na stvaranje nove vrijednosti i/ili dodane vrijednosti mnogobrojnih materijalnih ili nematerijalnih proizvoda.

Matematičke metode operacijskih istraživanja, kao višedisciplinarnе i univerzalne znanstvene metode, najizravnije potiču kreativnost, inovativnost i stvaralaštvo znanstvenika, profesora, doktora-nada, magistranada, studenata, eksperata jer oni moraju prilikom dizajniranja i operacionaliziranja pothvata operacijskih istraživanja upotrebljavati mnogobrojna i različita pravila, načela, zakone, zakonitosti, postupke, procedure i eksplicitna, implicitna, disciplinarna, interdisciplinarna, multidisciplinarna, pluridisciplinarna i transdisciplinarna znanja, saznanja, vještine.

U odnosu prema drugim znanstvenim metodama matematičke metode operacijskih istraživanja imaju i određene nedostatke koje se formuliraju i predstavljaju u nekoliko skupina, i to:

Primjena matematičkih metoda operacijskih istraživanja u odgovarajućim kombinacijama s drugim kvantitativnim, kvalitativnim i međusobno povezanim znanstvenim metodama zahtjeva od znanstvenika, istraživača, osim profesionalnih kompetencija, iznimna znanja i vještinu o suvremenim metodologijama i tehnologijama znanstvenoga istraživanja, što je karakteristika relativno malog broja intelektualaca.

Matematičke metode operacijskih istraživanja mogu uspješno, učinkovito i racionalno upotrebljavati samo visoko profesionalno kompetentni, znanstveno pismeni, kreativni, inovativni,iskusni, motivirani .eksperti individualno (rjeđe) i/ili u ekspertnim timovima (mnogo češće),

a takvih je eksperata premalo u primarnim, sekundarnim, tercijarnim, kvartarnim i kvintarnim djelatnostima, osim u nekim najrazvijenijim društvima.

Matematičke metode operacijskih istraživanja, unatoč logistici različitih softverskih programa, još uvijek ne omogućuju izračunavanje optimalnih rješenja iznimno složenih pothvata temeljnih, primijenjenih i razvojnih istraživanja kao primjerice: transport i distribucija materijalnih dobara u pothvatima multimodalnoga transporta i prometa (15).

Matematičke metode operacijskih istraživanja iznimno se malo upotrebljavaju u nerazvijenim društvima, društvima u razvoju i tranzicijskim društvima. Zašto? Zato što u takvim društvima ne postoje tehničke, tehnološke, organizacijske, ekonomske, obrazovne, znanstvene, pravne, ekološke pretpostavke za upotrebljavanje, afirmiranje i verificiranje metoda operacijskih istraživanja, a posebno ako se primjenjuju u odgovarajućim kombinacijama s drugim znanstvenim metodama u složenim i zahtjevnim istraživačkim pothvatima.

Upotrebljavanje matematičkih metoda operacijskih istraživanja u odgovarajućim kombinacijama s drugim znanstvenim metodama, osobito u veoma složenim pothvatima temeljnih, primijenjenih i razvojnih istraživanja zahtjeva skupu visokosofisticiranu obrazovnu i znanstvenu infrastrukturu i suprastrukturu te učinkovitu logistiku informacijskih tehnologija i informacijskih sustava kojima raspolaže iznimno mali broj obrazovnih, znanstvenih, gospodarskih i drugih sustava koji jesu ili koji bi trebali biti nositelji takvih pothvata.

Iz kvantitativne i kvalitativne analize i ocjene prednosti i nedostataka matematičkih metoda operacijskih istraživanja u odnosu prema drugim znanstvenim metodama utvrđuje se da su njihove prednosti mnogostruko veće, važnije i vrjednije od nedostataka.

6. ULOGA MATEMATIČKIH METODA OPERACIJSKIH ISTRAŽIVANJA U OBRAZOVNIM I ZNANSTVENIM INDUSTRIJAMA / *The role of mathematic methods of operational research in educational and scientific industries*

Uloga matematičkih metoda operacijskih istraživanja općenito, a osobito u obrazovnim i znanstvenim industrijama,

dokazuje se s nekoliko činjenica, i to:

Uloga matematičkih metoda operacijskih istraživanja u mikro, makro i globalnim obrazovnim industrijama i obrazovnim sustavima. Metode operacijskih istraživanja, bez obzira upotrebljavaju li se samostalno ili u odgovarajućim kombinacijama s drugim znanstvenim metodama, imaju veliku važnost u različitim vrstama i modelima obrazovnih industrija i obrazovnih sustava, a osobito na diplomskim i specijalističkim sveučilišnim studijima te poslijediplomskim doktorskim studijima. Ta je tvrdnja zasnovana na činjenici da metode operacijskih istraživanja izravno i/ili neizravno, više i/ili manje participiraju u proizvodnji eksplicitnih, implicitnih, disciplinarnih, interdisciplinarnih, multidisciplinarnih ... znanja, saznanja, vještina .., bez kojih nema održivoga rasta i razvoja ni jednoga društva.

Uloga matematičkih metoda operacijskih istraživanja u mikro, makro i globalnim znanstvenim industrijama i znanstvenim sustavima. Mnogobrojna pisana znanstvena, znanstvenostručna i stručna djela, uključujući i pisana djela na visokim učilištima, utemeljena su na pravilima, zakonima, zakonitostima, rezultatima metoda operacijskih istraživanja, ali veoma često u kombinaciji s načelima, zakonitostima i drugih znanstvenih metoda.

Uloga matematičkih metoda operacijskih istraživanja u mnogobrojnim vrstama temeljnih, primijenjenih i razvojnih istraživanja (11), posebno onima u kojima se iznalaze optimalna kvantitativna, kvantitativno-kvalitativna i kvalitativna rješenja, modeli o veoma složenim problemima, zadacima i fenomenima u društvu i prirodi.

Uloga matematičkih metoda operacijskih istraživanja u znanstvenim područjima. U teorijskom i praktičnom smislu metode operacijskih istraživanja imaju iznimnu važnost i vrijednost u prirodnim i tehničkim znanostima, biomedicini i zdravstvu, biotehničkim, društvenim i humanističkim znanostima, njihovim poljima i granama jer bez njih njihovi nositelji ne bi mogli ostvarivati svoje obrazovne, znanstvene, gospodarske i društvene zadaće.

Uloga matematičkih metoda operacijskih istraživanja u primarnim, sekundarnim, tercijarnim, kvartarnim i kvintarnim djelatnostima (12). Načela, pravila, zakonitosti metoda operacijskih istraživanja

izravno i/ili neizravno, više i/ili manje, sudjeluju u procesima proizvodnje mnogobrojnih i različitih proizvoda u primarnim, sekundarnim, tercijarnim, kvartarnim i kvintarnim djelatnostima i tako pozitivno utječu na stvaranje nove i/ili dodane vrijednosti materijalnih i nematerijalnih proizvoda.

7. ZAKLJUČAK / Conclusion

Operacijska istraživanja kao višedisciplinarna matematička znanost, matematičke metode operacijskih istraživanja i matematički modeli operacijskih istraživanja predstavljaju znanstvenu trijadu koja će primarno utjecati na ubrzani rast i razvoj svih polja i grana prirodnih i tehničkih znanosti, biomedicine i zdravstva, biotehničkih i humanističkih znanosti te svih primarnih, sekundarnih, tercijarnih, kvartarnih i kvintarnih djelatnosti. Takvu misiju ne mogu ostvariti dosad poznate, afirmirane i verificirane matematičke metode operacijskih istraživanja. To je moguće samo „proizvodnjom“, razvojem, afirmacijom i verifikacijom mnogobrojnih novih funkcionalnih, specijalističkih i primijenjenih matematičkih metoda operacijskih istraživanja.

Nove i/ili inovirane matematičke metode operacijskih istraživanja primjereno je promišljati i klasificirati kao funkcionalne, specijalističke, odnosno primijenjene metode operacijskih istraživanja prema logičkim i objektivnim kriterijima, i to:

- matematičke metode operacijskih istraživanja prema prirodnim i tehničkim znanostima, biomedicini i zdravstvu, biotehničkim, društvenim i humanističkim znanostima (u znanstvenim područjima moguće je razviti, afirmirati i verificirati nekoliko stotina primijenjenih metoda operacijskih istraživanja jer ona sadrže više od 400

- relativno autonomnih grana znanosti);
- matematičke metode operacijskih istraživanja prema načelima interdisciplinarnosti, multidisciplinarnosti, pluridisciplinarnosti i transdisciplinarnosti;
- matematičke metode operacijskih istraživanja prema primarnim, sekundarnim, tercijarnim, kvartarnim i kvintarnim djelatnostima (takvih je djelatnosti više od tisuću);
- matematičke metode operacijskih istraživanja prema osnovnim vrstama fundamentalnih, aplikativnih i razvojnih istraživanja (takvih je vrsta istraživanja više od dvadeset);
- matematičke metode operacijskih istraživanja prema prostorno-vremenskim dimenzijama primarnih objekata istraživanja (takvi objekti istraživanja mogu biti: mikro, makro, mezo, globalni i megaobjekti istraživanja);
- matematičke metode operacijskih istraživanja prema složenosti, zahtjevnosti i dinamičnosti primarnih objekata istraživanja;
- matematičke metode operacijskih istraživanja prema primarnim misijama fundamentalnih, aplikativnih i razvojnih istraživanja.

Matematičke metode operacijskih istraživanja imaju svoje prednosti, ali, i nedostatke, u odnosu prema drugim kvantitativnim, kvalitativnim i međusobno povezanim znanstvenim metodama. Logično je da su prednosti metoda operacijskih istraživanja mnogostruko veće, važnije i vrijednije od nedostataka.

Matematičke metode operacijskih istraživanja imaju iznimno važnu ulogu u svakome društvu i svakoj zajednici društva, u svim njihovim strukturama i aktivnostima. One neposredno i/ili posredno participiraju u procesima proizvodnje svih materijalnih i nematerijalnih proizvoda.

LITERATURA / References

- [1] Barković, D.: Operacijska istraživanja, drugo i dopunjeno izdanje, Ekonomski fakultet Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Osijek, 2001.
- [2] Kalpić, D., Mornar, V.: Operacijska istraživanja, ZEUS, Zagreb, 1996.
- [3] Limić, N., Pašagić H., Rnjak, Č.: Linearno i nelinearno programiranje, Informator, Zagreb, 1978.
- [4] Lukač, Z., Neralić, L.: Operacijska istraživanja, Element d.o.o., Zagreb, 2012.
- [5] Martić, Lj.: Matematičke metode za ekonomske analize I, Narodne novine, Zagreb, 1963.
- [6] Martić, Lj.: Primjena matematičkih metoda u ekonomskoj analizi, Informator, Zagreb, 1971.
- [7] Martić, Lj.: Nelinearno programiranje, Informator, Zagreb, 1973.
- [8] Martić, Lj.: Matematičke metode za ekonomske analize II, Informator, Zagreb, 1974.
- [9] Martić, Lj.: Višekriterijalno programiranje, Informator, Zagreb, 1978.
- [10] Pašagić, H.: Matematičke metode u prometu, Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2003.
- [11] Zelenika, R.: Znanost o znanosti, peto izmijenjeno i dopunjeno izdanje, knjiga prva, Ekonomski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2004.
- [12] Zelenika, R.: Logistički sustavi, Ekonomski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2005.
- [13] Zelenika, R.: Znanje – temelj društva blagostanja, Obrazovna i znanstvena industrija, knjiga druga, Ekonomski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2007.
- [14] Zelenika, R.: Načela ekonomije i ekonomike, Ekonomski fakultet Sveučilišta u Rijeci i IQ PLUS d.o.o. – Kastav, Rijeka, 2008.
- [15] Zelenika, R.: Ekonomika prometne industrije, Ekonomski fakultet Sveučilišta u Rijeci i IQ PLUS d.o.o. – Kastav, Rijeka, 2010.
- [16] Zelenika, R.: Metodologija i tehnologija izrade znanstvenog i stručnog djela Znanost – poluga održive egzistencije čovječanstva, peto izmijenjeno i dopunjeno izdanje, knjiga treća, Ekonomski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2011.
- [17] Zelenika, R.: Metodologija i tehnologija izrade znanstvenog i stručnog djela, Znanstvene Međusobno Povezane Metode, peto izmijenjeno i dopunjeno izdanje, knjiga osma, IQ PLUS d.o.o. – Kastav, Rijeka, 2013.
- [18] Zelenika, R.: Metodologija i tehnologija izrade znanstvenog i stručnog djela Znanstvene kvalitativne metode, peto izmijenjeno i dopunjeno izdanje, knjiga deveta, IQ PLUS d.o.o. – Kastav, Rijeka, 2014.
- [19] Zelenika, R.: Metodologija i tehnologija izrade znanstvenog i stručnog djela, Znanstvene kvantitativne metode, peto izmijenjeno i dopunjeno izdanje, knjiga deseta, IQ PLUS d.o.o. – Kastav, Rijeka, 2015.