

# **Proračunske tablice, računalni alati i programski jezici za modeliranje u oblikovanju poslovnih modela odlučivanja**

## **1. UVOD**

Modeliranje se može predstaviti kao kombinacija znanosti i umjetnosti. S motrišta znanosti postoji mnogo standardnih kategorija modela koji se mogu primjeniti u relevantnim problemima. S motrišta umjetnosti razina kreativnosti i sposobnosti je bitna u određivanju načina pojednostavljenja problema i definiranje pretpostavki u oblikovanju modela tako da i nakon pojednostavljenja model postigne što reprezentativnije rezultate u skladu sa objektivnom stvarnošću koju određen model prezentira. Formuliranje modela ovisi o njegovoj kompliciranosti, zahtjevu za točnim ili približnim rezultatom i drugim čimbenicima. Tako se razlikuju tri vrste modela: mentalni model koji je zasnovan na zamišljanju rješenja, model mjera, zasnovan na isprobavanju svake mogućnosti i matematički model (1; 26.)

Kvantitativne metode za poslovne analize stvaraju pomak u znanstvenom menadžerskom odlučivanju od intuitivnog prikupljanja podataka i informacija, odnosno intuitivnog i empirijskog stvaranja informacijske podloge i zaključivanja, prema sustavnom i objektivnom odlučivanju. Kvantitativne poslovne analize odnose se na probleme poslovnih sustava u kojima se analiziraju procesi i tokovi koje stvaraju ljudski potencijali i strojni, materijalni i financijski resursi. Kvantitativne metode koriste se u poslovnim analizama za poboljšavanje ili optimaliziranje performansi poslovnog sustava. Kvantitativne metode za rješavanje problema unutar poslovnih sustava čine i temelj kvantitativnih poslovnih modela.

Predmet istraživanja ovog rada je sustavnim, konzistentnim i objektivnim promišljenjem temeljenim na znanstvenim metodama razviti metodološki okvir oblikovanja aplikativnih poslovnih modela u poslovnim analizama i sistematizirati kvantitativne metode prema područjima uporabe u poslovnoj analizi, te na temelju definiranih kvantitativnih metoda predložiti smjernice uporabe računalnih alata u oblikovanju aplikativnih poslovnih modela.

Sukladno problematici istraživanja i predmeta istraživanja postavljena je temeljna hipoteza: znanstvenim spoznajama o kvantitativnim znanstvenim metodama i modelima, modeliranju i mogućnostima informacijskih tehnologija moguće je fleksibilno oblikovanje i dijalektička sistematizacija kvantitativnih poslovnih modela na temelju mogućnosti povezivanja računalno podržanih kvantitativnih metoda i modela različitih hijerarhijskih i funkcionalnih kategorija u uvjetima suvremene aplikativne informacijske potpore.

U radu su korištene znanstvene metode analize i sinteze, induktivna i deduktivna metoda, dijalektička metoda, metoda apstrakcije i generalizacije, metode modeliranja, metode dokazivanja i opovrgavanja, metode klasifikacije, metode studije slučaja, teorija sustava kao metoda i matematičke metode.

## 2. MODELIRANJE I KVANTITATIVNI POSLOVNI MODELI

### 2.1. Pojam i obilježja modela i modeliranja

Modeliranje se temelji na konceptualizaciji poslovnog problema i njegovoj apstrakciji u kvalitativnom ili kvantitativnom obliku. U oblikovanju kvantitativnih poslovnih modela identificiraju se varijable i definiraju se relacije između tih varijabli. Model znači prikazivanje (tj. opisivanje) i zamišljanje (tj. apstrahiranje) jednog stvarnog predmeta ili jedne stvarne pojave. Model se može definirati kao predstavnik nekog procesa ili sustava koji spaja samo one elemente procesa ili sustava što utječu na postavljeni cilj (7; 8).

Kvantitativni model je orijentiran na prikazivanje (tj. opisivanje) i zamišljanje (tj. apstrahiranje) jednog stvarnog predmeta ili jedne stvarne pojave. Kako se pomoću modela proučavaju određene stvarnosti, on mora biti mnogo manje kompleksan nego dotična stvarnost, tako da se usmjeri na komponente istraživane pojave koje su bitne za analitičara.

Pojednostavljenja se u modelu izvode putem definiranja pretpostavki. Primjerice za vezu između dvije varijable se može pretpostaviti da je linearna čak i ako u stvarnosti može biti i nekih nelinearnih segmenata pri čemu se pretpostavlja da ti segmenti nisu bitni za određeni problem. Balansiranjem između razine pojednostavljenja modela i stvarnosti koju model prezentira se treba postići kompromis u omjeru koristi i troškova. Jednostavniji model stvara manje troškove lakše korištenje modela i brže rješavanje problema, ali je model manje reprezentativan u odnosu na stvarni problem i može dati manje precizne rezultate.

Rezultati konkretnih analiza, interpretacija kvantitativnih modela i njihovih rješenja zahtijevaju mnogo imaginacije, sposobnosti generalizacije i apstraktnog mišljenja te kreativnog transcendiranja prikupljenih činjenica o analiziranom problemu. Od velike je pomoći iskustvo, timski rad i koordinacija istraživača raznih profila i znanja.

I kod kvantitativnih i kod kvalitativnih modela, prije donošenja zaključaka potrebno je izvršiti određene aproksimacije (odnosno pojmovna pojednostavljenja). Nikad, naime, nije moguće izgraditi model koji bi bio jednako složen kao sama realna problemska situacija.

Jedan model bolji je od drugog ne zbog toga što je složeniji, ima više matematičkih operacija, ili jer je realističniji, ljepši i elegantniji, već ako omogućuje bolje shvaćanje i predviđanje ponašanja i razvoja analiziranog sistema. Zato pri utvrđivanju »kvalitete« modela pokušavamo naći odgovore na pitanja kao (9; 132):

- Opisuje li model poznate činjenice o problemu dovoljno točno i precizno?
- Kad se variraju osnovni parametri modela, pokazuju li dobiveni rezultati konzistentnost?
- Kako model opisuje neke posebne slučajeve čije očekivane ishode poznajemo?
- Omogućuje li model da spoznamo uzrok neke poznate posljedice? Eksperimentiranje s modelima, iskušavanje raznih strategija ili variranje pojedinih parametara u modelu te promatranje njihovih posljedica, vjerojatno je najbliže što se sistemska analiza u problemskim situacijama modernog menadžmenta može primaknuti egzaktnosti znanstvenog pristupa. No modeliranje nije nikakav čarobni štapić. I ono ima svoje probleme.

## 2.2. Kvantitativni poslovni modeli

Kvantitativni poslovni model može se definirati kao odgovarajući prikaz poslovnog objekta istraživanja (poslovnog sustava, procesa, aktivnosti) matematičkim izrazima u uvjetima performansi, ograničenja i varijabli odlučivanja. Kvantitativni poslovni modeli i metode optimiranja u poslovnom sustavu predstavljaju primjenu kvantitativnih metoda za rješavanje kompleksnih problema (7;10) u sustavu od ljudskih potencijala, poslovnih objekata i sredstava za rad, tehnike i tehnologije, te financijskih, materijalnih i informacijskih resursa. Svrha kvantitativnog modela je pronalaženje optimalnih ili zadovoljavajućih vrijednosti varijabli odlučivanja koje poboljšavaju performanse sustava unutar primjenjivih ograničenja. Takvi modeli onda mogu pomoći u usmjeravanju managementa kod donošenja odluka.

Kvantitativni model namijenjen je utvrđivanju relevantnih značajki poslovnog sustava koje se mogu kvantitativno izraziti, te međusobna povezanosti i uvjetovanosti tih značajki unutar modeliranog poslovnog sustava, a koji je prikladan za eksperimentiranje (jer je to jeftinije i brže nego na realnom sustavu), s ciljem da se, vodeći kod toga računa o svim relevantnim i realnim okolnostima, između nemogućih alternativnih iznađe "najbolje" rješenje u skladu s postavljenim ciljem odnosno ciljevima, a sve to u kontekstu formuliranog konkretnog problema.

Identifikacijom alternativnih rješenja i njihovim testiranjem te izborom "najboljeg" rješenja kao i njegovom implementacijom, kvantitativni model omogućava poboljšavanje ili optimiziranje performansi poslovnog sustava. Ovdje su kod riječi najboljeg upotrijebljeni nazivnici, jer treba imati u vidu kako nije uvijek moguće doći do optimalnog rješenja, već se koriste tehnike putem kojih se dolazi do dobrih, ali vjerojatno ne i do najboljih rješenja, o čemu će više riječi biti kasnije.

Kvantitativni modeli su određeni problemskim situacijama (uvjetima) u kojima se koriste, a koje su definirani poslovnim područjem uporabe i stupnjem složenosti problema i kvantitativnim metodama koje će se izabrati u oblikovanju modela na temelju formuliranog problema. Poslovna područja uporabe kvantitativnih modela mogu se sistematizirati na više načina, a najčešća je klasifikacija prema poslovnim funkcijama na proizvodnju, marketing, financije, računovodstvo, transport, logostiku, ljudske potencijale (...). Problemske situacije mogu se također sistematizirati na različite načine. Primjerice na determinističke i stohastičke ili linearne i nelinearne.

U ovom radu kvantitativni modeli će se sistematizirati prema metodama koje koriste. Kvantitativni modeli mogu koristiti jednu ili više matematičkih ili statističkih metoda na jednoj ili više razina i mogu se oblikovati na više načina. Primjerice problem optimalnog investiranja izborom najpovoljnijeg skupa projekata rješava se modelom cjelobrojnog linearnog programiranja koji može koristiti metodu rekurzivnih formula ili kombinaciju simpleks metode i metode binarnih varijabli.

Računalni alati omogućavaju fleksibilno oblikovanje kvantitativnih poslovnih modela na način da poslovni model temeljen na određenom matematičkom modelu ili metodi uz automatiziranje metoda i postupaka u tom modelu bira ili prilagođava te metode i postupke postupke vlastitim algoritmima. Primjerice, navedeni problem ranca može se riješavati ručnim rješavanjem doslovnom uporabom matematičkog modela ili putem relevantne računalne aplikacije koja automatizira izabranu matematičku metodu. Pri tome, kod ručnog rješavanja problema uporabom matematičkog modela model se rješava metodom rekurzivnih formula. Kod računalno podržanog modela dinamičkog programiranja umjesto metode rekurzivnih formula koristi se metoda binarnih varijabli i linearnog programiranja.

### 2.3. Vrste kvantitativnih modela

Kvantitativne analize temelje se na odgovarajućim modelima, koji mogu biti: stohastički, deterministički i kombinirani. Međutim, općenito promatrano modeli se mogu klasificirati ovako (9; 154):

- **Fizički modeli.** Takvi modeli zorno, slikovito prezentiraju određeni predmet ili problem u određenom trenutku (npr. fotografija kontejnerskog terminala).
- **Analogni ili dijagramski modeli.** Takvi modeli pokazuju određenu situaciju neke pojave u dinamici (primjerice, istraživanje prometnih tokova pomoću zakona hidrodinamike). Oni mogu prezentirati događaj ili pojavu koja se istražuje putem analogije nekog drugoga događaja ili pojave (...).
- **Matematički ili simbolički modeli.** Za kvantitativne analize najvažniji sumatematički modeli. Takvi se modeli prezentiraju u obliku matematičkih simbola. Oni moraju odražavati realnu stvarnost sustava koji se istražuje. Matematički se modeli mogu rješavati putem dva postupka: iznalaženjem analitičkih rješenja, te iznalaženje rješenja primjenom numeričkih metoda (tzv. numeričko rješenje).

Kao reprezentativni kvantitativni poslovni modeli u literaturi se pretežito navode:

- teorija odlučivanja (radi se o odlučivanju u neizvjesnosti),
- selektivni (serijski ili uzročni) modeli (primjena tehnike mrežnog planiranja)
- alokacijski modeli (radi se o matematičkom programiranju, odnosno linearnom i nelinearnom programiranju),
- distribucijski modeli (primjerice: višeindeksni transportni problemi),
- takmičarski modeli (radi se o teoriji igara, i Markovljevi procesi),
- klasična tehnika optimizacije (procedura izračuna minimuma i maksimuma - primjena diferencijala, integrala),
- zamjenljivi modeli (dinamičko programiranje i teorija vjerojatnoće),
- model čekanja (redovi - primjena teorije redova i teorije vjerojatnoće),
- tehnika simulacije (dio teorije redova),
- modeli dinamičkog programiranja (dinamičko programiranje),
- heuristički modeli (od grč. riječi "heureka" u značenju znanosti o metodama istraživanja novih spoznaja ni vještine pronalaženja istine - postupak znanstvenog istraživanja kod kojega se koriste nedokazane tvrdnje),
- povratni modeli (dio heurističkog programiranja),
- modeli ponašanja (...).

### **3. APLIKATIVNA INFORMACIJSKA POTPORA KVANTITATIVNIM MODELIMA ODLUČIVANJA**

Aplikativna programska potpora u obliku računalnih aplikacija i računalnih alata omogućava razvoj složenih kvantitativnih poslovnih modela koji opisuju veze između problemskog područja, odluka i ograničenja. Računalne aplikacije i računalni alati za automatiziraju i integriraju kvantitativne metode relevantne za bilo koji proces odlučivanja temeljen na kvantitativnim poslovnim analizama. Primjerice u procesu odlučivanja u logističkom sustavu računalne aplikacije omogućavaju automatiziranje i integriranje metoda simulacije, matematičkog programiranja, oblikovanje stohastičkih modela, financijsku matematiku, matematičke metode procjene rizika, i statističke metode.

Metode, modeli, podaci i korisnički orijentirani programi su ključne komponente računalno podržanih kvantitativnih poslovnih modela koji omogućavaju izračun optimalnog rješenja i oblikovanje smjernica za realiziranje zadaća, ciljeva i strategije poslovnog sustava. Računalne aplikacije za oblikovanje kvantitativnih modela osim automatiziranja složenih izračuna obuhvaćaju i veliki broj modela za pripremu podataka za izračun i izbor relevantne metode ili skupa metoda u postupku izračuna vrijednosti parametara zadane problemske situacije.

Primjena suvremenih dostignuća razvoja računalnih aplikacija u obliku programskih paketa, računalnih alata i specijaliziranih aplikacija koje podržavaju robustne modele s mogućnošću rješavanja složenih i opsežnih problema s velikim brojem varijabli u minimalnom vremenu omogućava kvalitativni pomak u razini rješavanja problema kvantitativne analize uz neprijeporni utjecaj na cjelokupni mikro i makro ekonomski sustav. U prilog ovoj činjenici može se navesti značenje metode induktivne logike čiji je smisao razvoj tehnološkog rješenja koje daje ideju i poticaj za stvaranje novog proizvoda ili usluge ili redefiniranje postojećih procesa s mogućnošću utjecaja na radikalni pozitivni pomak vrijednosti svih relevantnih ekonomskih pokazatelja (ekonomičnost, proizvodnost, rentabilnost...).

U tablici 1. prikazani su programski paketi za oblikovanje kvantitativnih poslovnih modela (3). Programi su sistematizirani prema području uporabe. Iz tablice se može vidjeti da su sve vrste metoda pokrivene programima, odnosno da se za svako područje kvantitativne analize može koristiti računalna aplikacija za oblikovanje kvantitativnog poslovnog modela. Ne postoji standardizacija primjene programa. Iz tablice se vidi da programi mogu biti specijalizirani za potporu jednoj metodi ili za cjelokupnu vrstu metoda

Tablica 1. Primjeri računalnih aplikacija za oblikovanje kvantitativnih poslovnih modela

Područje kvantitativne analize	Kvantitativne metode	Naziv aplikacije
Statistika	Deskriptivna statistika, regresijska analiza, ANOVA	SPSS, Statistica
Statistika	Analiza podataka	JMP, REL
Prognoziranje	Pomični presjeci, eksponencijalno izgladivanje, trendovi	H&L, STORM
Optimalizacija	Matematičko programiranje (linearno, cjelobrojno)	LINDO, QSB
Optimalizacija	Dinamičko i nelinearno programiranje	GINO, LINGO
Optimalizacija	Transportne mreže	QSB, STORM
Optimalizacija	Analiza mreža	H&L, STORM
Stohastičko programiranje	Markovljevi procesi	H&L, QSB
Stohastičko programiranje	Simulacija	GPSS, SLAM
Stohastičko programiranje	Dinamičko programiranje	IThINK
Matematička analiza	Matrice, sustavi jednačbi	Mathemaica

Iz tablice se vidi da se računalne aplikacije za oblikovanje kvantitativnih poslovnih modela mogu sistematizirati u četiri osnovne kategorije:

1. Aplikacije za determinističko programiranja (optimalizacija)
2. Aplikacije za stohastičko programiranja
3. Aplikacije za ekonometrijske modele (statistika)
4. Aplikacije za modele matematičke ekonomije (matematička analiza)

### 3.1. Oblikovanje kvantitativnih poslovnih modela

Modeliranje se temelji na konceptualizaciji poslovnog problema i njegovoj apstrakciji u kvalitativnom ili kvantitativnom obliku. U oblikovanju kvantitativnih poslovnih modela identificiraju se varijable i definiraju se relacije između tih varijabli. Model znači prikazivanje (tj. opisivanje) i zamišljanje (tj. apstrahiranje) jednog stvarnog predmeta ili jedne stvarne pojave. Kvantitativni model je orijentiran na prikazivanje (tj. opisivanje) i zamišljanje (tj. apstrahiranje) jednog stvarnog predmeta ili jedne stvarne pojave. Kako se pomoću modela proučavaju određene stvarnosti, on mora biti mnogo manje kompleksan nego dotična stvarnost, tako da se usmjeri na komponente istraživane pojave koje su bitne za analitičara.

Pojednostavljenja se u modelu izvode putem definiranja pretpostavki. Primjerice za vezu između dvije varijable se može pretpostaviti da je linearna čak i ako u stvarnosti može biti i nekih nelinearnih segmenata pri čemu se pretpostavlja da ti segmenti nisu bitni za određeni problem. Balansiranjem između razine pojednostavljenja modela i stvarnosti koju model prezentira se treba postići kompromis u omjeru koristi i troškova. Jednostavniji model stvara manje troškove lakše korištenje modela i brže rješavanje problema, ali je model manje reprezentativan u odnosu na stvarni problem i može dati manje precizne rezultate.

U nastavku će se analizirati model matematičkog programiranja. Temeljne značajke kvantitativnih poslovnih modela matematičkog programiranja su:

✓ Komponente modela. Kvantitativni modeli sadrže tri temeljne komponente: varijable odlučivanja, varijable ograničenja i rezultatnu (izlaznu) varijablu. Navedene komponente povezane su matematičkim vezama. Rezultatna (izlazna) varijabla predstavlja ciljnu vrijednost kvantitativnog modela koja ovisi o varijablama odlučivanja, varijablama ograničenja i vezama između varijabli.

✓ Struktura modela. Komponente kvantitativnog poslovnog modela povezane su matematičkim (algebarskim) izrazima – jednadžbama i nejednadžbama. Primjerice jednostavni matematički model glasi:  $S = P - R$ , u kojem S predstavlja saldo, P prihod i R rashod. Jednadžba je opisana vezom između varijabli. Problem, karakterističan za menadžersko odlučivanje je obično složen i zahtjeva uporabu računala. Tipičan model je linearno programiranje koji će se razmotriti na slijedećem primjeru.

U primjeru zadane su vrijednost Z kao ciljna vrijednost koju treba maksimizirati i varijable odlučivanja  $X_1$  – za broj vrijednost  $X_1$  i  $X_2$  – za vrijednost  $X_2$  koje pomoću modela treba izračunati u funkciji postizanja maksimalne vrijednosti Z. Temeljem navedenog može se napisati matematički model jednadžbe funkcije cilja:

$$\text{Funkcija cilja:} \quad 350X_1 + 450X_2 \rightarrow \max$$

Uz ciljnu vrijednost i varijable odlučivanja zadana su i ograničenja čime je kompletiran matematički model:

$$\begin{aligned} \text{Jednadžbe ograničenja:} \quad (1) \quad & 3X_1 + 4,5X_2 \leq 2000 \\ (2) \quad & 2,5X_1 + 1,5X_2 \leq 1500 \\ (3) \quad & 1,5X_1 + 2X_2 \leq 1000 \end{aligned}$$

$$\text{Ograničenja nenegativnosti} \quad (4) \text{ i } (5) \quad X_1, X_2 \geq 0$$

Temeljem navedenog matematičkog modela pomoću računalnog alata stvara se kvantitativni poslovni model za rješavanje problema. U poglavlju 2.2. opisan je stvaranja i rješavanja problema za navedeni problem linearnog programiranja putem kvantitativnog modela..

✓ Selektiranje kriterija za odlučivanje. Kriterij izbora definira prihvatljivost mogućeg rješenja. Kriterij izbora se temelji na definiranju ciljeva u procesu odlučivanja i načinu ugrađivanja tih ciljeva u model. Primjerice u procesu odlučivanja menadžment se može opredijeliti za postizanje maksimalne vrijednosti varijable koja se optimalizira ili za postizanje minimalne vrijednosti potrebne za ispunjavanje određenih zahtjeva. Ili primjerice u rješavanju određenog problema simulacije menadžment može pretpostaviti viši ili niži stupanj rizika.

✓ Razvoj i stvaranje varijanti odluke. U modelima optimizacije varijante rješenja se generiraju računalno podržanim modelima evaluacije (procjenjivanja da li vrijednost odgovara zadanim ciljevima). Primjer takvog modela je analiza osjetljivosti (postoptimalna analiza) u kojoj se simuliranjem promjena vrijednosti zadanih ograničenja, koeficijenata uz varijable ograničenja ili varijable odlučivanja analiziraju prihvatljive varijante rješenja. Međutim u nekim situacijama u sustavu potpore menadžerskom odlučivanju kod slabije strukturiranih problema se ne mogu koristiti egzaktni matematički modeli, već se koriste heuristički modeli. Heuristički modeli temelje se na programima koji rješavaju probleme metodom pokušaja i pogrešaka. Model ne polazi od unaprijed zadanih pravila, nego se do rješenja dolazi na temelju empirijskog znanja. Metodom pokušaja i pogrešaka isključuju se one mogućnosti koje su se pokazale neproduktivnima, a svaki pokušaj

riješenja koristi se da se poboljšaju idući pokušaji dok se ne dođe do prihvatljivog rješenja u postavljenim granicama (4; 451).

✓ Predviđanje i prognoziranje izlaznih varijabli. Procjenjivanje i uspoređivanje alternativnih varijanti mogućih rješenja problema je potrebno za predviđanje buduće rezultatne (ciljne) vrijednosti svake predložene varijante. Situacije odlučivanja se često sistematiziraju na temelju znanja menadžera koji sudjeluju u određenom procesu odlučivanja. Razine znanja o problemima odlučivanja u različitim problemskim situacijama mogu se sistematizirati na kategorije:

- izvjesnih, determiniranih uvjeta
- rizika
- neizvjesnih uvjeta zadane problemske situacije.

Odlučivanje u uvjetima izvjesnosti podrazumijeva egzaktno definiranje svih potrebnih ulaznih parametara u problemu odlučivanja. U ovim situacijama koriste se deterministički modeli matematičkog programiranja. Kod odlučivanja u uvjetima rizika ulazni parametri nisu jednoznačno definirani. Vrijednosti dijela ulaznih parametara prikazani su u obliku vjerojatnosti za postizanje određenog stanja. U uvjetima rizika koriste se stohastički modeli, odnosno modeli vjerojatnosti. U situacijama neizvjesnosti neki ulazni parametri su potpuno nepoznati i potrebno je razmotriti izlazne rezultate za sve moguće varijante. Za razliku od situacija rizika, u situacijama neizvjesnosti ne može se procijeniti vjerojatnost mogućih izlaznih rezultata. U uvjetim rizika koriste se metode stohastičkog dinamičkog programiranja i metode stable odlučivanja.

✓ Mjerenje izlaznih varijabli. Vrijednosti varijanti rješenja procjenjuju se s motrišta stupnja ostvarivanja ciljeva. Primjerice u problemu optimalizacije izlazna varijabla može biti profit, a cilj može biti maksimalizacija profita. Ili, cilj određenog problema može biti zadovoljavanje kupaca, a izlazna varijabla je razina usluge izražena u postotku isporuke proizvoda i usluga u definiranom vremenskom roku. Moguće je također i da menadžment istodobno definira više ciljeva. Primjerice žele se istodobno ostvariti vrijednosti profita, i vrijednosti sredstava za investicije koje su unaprijed definirane. U slučaju da se te vrijednosti ne mogu istodobno ostvariti cilj se preusmjerava na definiranje tolerancija odstupanja za svaki pojedini cilj tako da ta odstupanja budu minimalna i izbalansirana temeljem kompromisa koji se posebno definira u problemu. Kompromosno rješenje se definira u obliku ponderiranih (vaganih) vrijednosti koje definiraju koeficijent maksimalnog odstupanja ciljeva.

✓ Scenario rješenja. Scenario služi za predviđanje mogućih budućih situacija na temelju zadanih parametara problema i variranja ulaznih podataka. Jednostavni primjer je računalni alat Scenario Manager koji koristi "što-ako" analizu i na temelju stvaranja različitih kombinacija ulaznih podataka koji su prethodno formulama povezani sa izlaznom varijablom za svaku kombinaciju ulaznih podataka stvaraju i bilježe relevantno rješenje. Scenario omogućava: identificiranje potencijalnih prigoda vezanih za uvjete u okružju koji definiraju problemsku situaciju, omogućava fleksibilnost u procesu odlučivanja, identificira vodeće čimbenike promjena koje menadžment treba razmatrati, omogućava validaciju (provjeru) temeljnih pretpostavki modeliranja, omogućava menadžeru da simulira ponašanje sustava putem modela, omogućava analizu osjetljivosti predloženih rješenja na promjene u okružju (ograsničenima) koje su opisane u scenariju. Moguće je postići veliki broj mogućih varijanti rješenja putem scenarija, a rezultati scenarija mogu se sistematizirati u ovim kategorijama: najgori mogući scenario, najbolji mogući scenario, približno zadovoljavajući scenario i prosječan scenario. Scenario definira kontekst kvantitativnog modela koji će se primjeniti u zadanoj problemskoj situaciji.

U situaciji kratkih vremenskih intervala za donošenje odluke menadžeri mogu razvijati mentalne modele kojima se može oblikovati metodološko okvir za rješavanje problema.



### 3.2. Primjer uporabe računalnog alata Solver

Uporaba Solvera počinje pozivanjem naredbu Solver iz izbornika Tools. Pojavit će se okvir za dijalog sa slike. U popunjavanju okvira za dijalog, treba Solveru dati tri informacije: cilj (minimizacija li maksimalizacija), varijable, odnosno adrese promjene, te ograničenja (uvjete). Funkcioniranje Solvera ilustrirat će se na primjeru optimalizacije proizvodnog programa u kojem se pomoću Solvera izračunava maksimalni prihod i optimalne količine proizvoda (varijable odlučivanja) kako bi se postigao maksimalni prihod.

U primjeru proizvodi tipa A postižu prodajnu cijenu od 350 NJ (novčanih jedinica) po komadu, a proizvodi tipa B 450 NJ po komadu. Proizvode se u procesu proizvodnje koji se sastoji od tri tehnološka postupka: pripreme (postupak 1), obrade (postupak 2) i sastavljanja (postupak 3). Za proizvode tipa A priprema traje 3 sata po jednom proizvodu, obrada traje 2,5 sati, a sastavljanje 1,5 sati. Za proizvode tipa B priprema traje 4,5 sati, obrada 1,5 sati, a sastavljanje 2 sata. Raspoloživo vrijeme proizvodnje za proizvode A i B iznosi: za postupak pripreme najviše 2000 sati, za postupak obrade najviše 1500 sati, a za postupak sastavljanja 1000 sati. Potrebno je odrediti proizvodni program koji omogućava maksimalni prihod od prodaje respektirajući postavljena ograničenja.

U prvom dijelu rješavanja ovog proizvodnog problema na temelju opisnog modela postavlja se matematički model. Ako sa  $X_1$  označimo broj proizvoda tipa A, a sa  $X_2$  broj proizvoda tipa B, funkcija cilja ima oblik:  $\max z = 350 \cdot X_1 + 450 \cdot X_2$ . Za definiranje ograničenja zadane parametre za postupke proizvodnje upisujemo u lijevoj strani jednadžbe, a zadana maksimalna ograničenja ukupnog broja sati za svaki postupak upisujemo na desnoj strani. Primjerice za ograničenje postupka pripreme može se pisati jednadžba ograničenja:  $3X_1 + 4,5X_2 \leq 2000$ . Također, s obzirom da proizvodnja ne može biti negativna (količine proizvoda ne mogu imati negativni predznak) potrebno je definirati i ograničenja nenegativnosti:  $x_1 \geq 0$  i  $X_2 \geq 0$ .

Funkcija cilja:  $350X_1 + 450X_2 \rightarrow \max$

Jednadžbe ograničenja: (1)  $3X_1 + 4,5X_2 \leq 2000$   
(2)  $2,5X_1 + 1,5X_2 \leq 1500$   
(3)  $1,5X_1 + 2X_2 \leq 1000$

Ograničenja nenegativnosti (4) i (5)  $X_1, X_2 \geq 0$

Zadaća u rješavanju problema proizvodnje je minimizirati ukupnu funkciju troškova. Visina troškova ovisi o vrijednosti varijabli u funkciji cilja. U minimiziranju troškova proizvodnje definira se odnos optimalnih vrijednosti količina  $x_{ij}$  koje će se proizvoditi. Na temelju analize zadanog poslovnog problema može se vidjeti da su odnosi između varijabli linearni. U rješavanju problema bira se metoda linearnog programiranja i računalni alat Solver koji automatizira postupke u metodi linearnog programiranja.

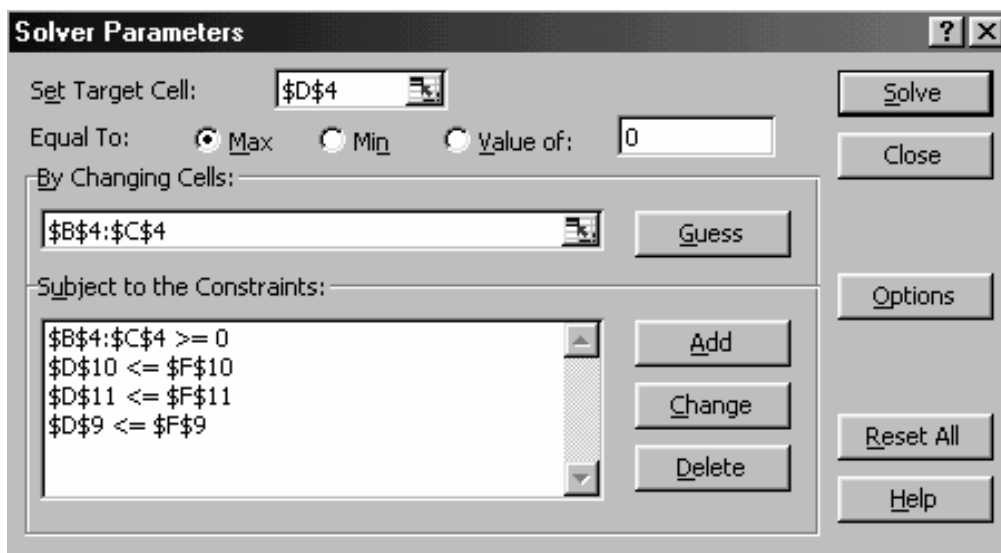
Na shemi 1. prikazana je tablica u kojoj su pripremljeni podaci i formule na temelju zadanog poslovnog problema optimalizacije proizvodnje i početne nul vrijednosti za varijable odlučivanja i rezultatnu varijablu. Temeljem upisanih podataka i formula u tablici ispunjava se kartica alata Solver parameters.

Tablica 4. Tablični model proizvodnog problema

	A	B	C	D	E	F
2	<b>Optimalno riješnje</b>	Vrsta proizvoda		Maksimalni prihod		
3		Proizvod A	Proizvod B			
4		Optimalna količina	0	0	0,00	
5	Jedinični prihod	350,00	450,00			
6						
7						
8	<b>Ograničenja</b>	Proizvod A	Proizvod B	Optimalna vrijednost	Matematički operator	Vrijednost ograničenja
9	Postupak 1	3,00	4,50	0,00	<=	2000,00
10	Postupak 2	2,50	1,50	0,00	<=	1500,00
11	Postupak 3	1,50	2,00	0,00	<=	1000,00

Korištenjem alata Solver (shema ) pronalazi se optimalno ili najpovoljnije rješenje promjenom više ulaznih podataka uz zadavanje ograničenja - uvjeta koji trebaju biti ispunjeni kako bi rješenje bilo zadovoljavajuće. Solver može riješiti probleme koji uključuju mnoge varijabilne adrese i pomaže u nalaženju kombinacija varijabli koji ciljnu adresu postavljaju na najveću ili najmanju vrijednost. U Solver se uvrštavaju podaci i nejednadžbe definirani u rubrikama obrasca Solver Parameters koji se uvrštavaju u program za automatski izračun. Kod korištenja ovog alata potrebno je dobro razumjeti međusobnu ovisnost ulaznih podataka i formula.

Shema 2. Izgled obrasca Solver parameters za optimalizaciju proizvodnog programa u funkciji maksimiziranja prihoda



Na shemi 1. prikazana je tablica u kojoj su pripremljeni podaci i formule na temelju zadanog poslovnog problema i početne nul vrijednosti za varijable odlučivanja i rezultatnu varijablu. Temeljem upisanih podataka i formula u tablici ispunjava se kartica alata Solver parameters. Detaljniji opis sa razrađenim postupcima oblikovanja aplikativnog modela prikazan je u poglavlju 4.2. koje se bavi tematikom pretvaranja matematičkog modela u aplikativni model. Na shemi 2. prikazan je obrazac Solver Parameters u kojemu su ispunjene rubrike upisivanjem relevantnih adresa i operatora u skladu za izračunavanje optimalnih vrijednosti u skladu sa zanimim primjerom.

U izborniku Tools poziva se program Solver i pojavljuje se obrazac Solver Parameters u koju se unose podaci [4]. Moguće je da Solver nije instaliran u sklopu programa Excel pa ga u tom slučaju treba doinstalirati sa CD-a. Rezultantna vrijednost se definira u prozoru Set Target Cell i upisuje se adresa D4 u kojoj se izračunava optimalna vrijednost prihoda temeljem upisane funkcija cilja. U prozoru Equal to bira se opcija Max s obzirom da se teži maksimalnom prihodu. U rubriku By Changing Cells upisuje se adresni niz B4:C4 u kojem se izračunavaju varijable odlučivanja (količine za proizvod A i proizvod B). Varijable trebaju biti direktno ili indirektno povezane s funkcijom cilja. Moguće je koristiti do 200 varijabli. U ovom slučaju se u rubriku unose 2 varijable.

Za rubriku ograničenja (Subject to the Constraints) unose se potrebna ograničenja modela. Ograničenja se odnose na vrijednosti koje moraju biti poštivane za određeni model. Ograničenja se mogu primijeniti na varijable, funkciju cilja i na adrese direktno ili indirektno povezane s varijablama. Za linearne probleme nema ograničenja broja funkcija ograničenja sadrži vrijednost ili adresu u kojoj je upisan izraz desne strane nejednakosti. Primjerice za prvo ograničenje (pripreme) u lijevom prozoru upisan je adresa D8 koja sadrži formulu  $B9*B4 + C9*C4$  kao lijevu stranu nejednakosti. U srednjem prozoru upisan je matematički operator  $\leq$ , a u desnom prozoru upisana je adresa F8 koja sadrži zadanu maksimalnu vrijednost ograničenja (broja sati).

Klikom na gumb Solve pokreće se Simplex metoda koja je ugrađena u Solver i pomoću koje se na temelju podataka i formula upisanih u tablici i kartici Solver i izračunavaju se varijable odlučivanja i rezultantna varijabla. U primjeru maksimalna vrijednost prihoda od prodaje iznosi 227777,78 n.j. (novčanih jedinica), a optimalni odnos količina proizvoda A i B da bi se postigla maksimalna vrijednost prihoda iznosi 556 komada proizvoda A i 74 komada proizvoda B.

### 3.3. Primjer uporabe i funkcioniranja programskog jezika za modeliranje LINDO

Uporaba i funkcioniranja računalnih aplikacija u oblikovanju kvantitativnih poslovnih modela prikazat će se na primjeru računalno podržanog modela cjelobrojnog linearnog programiranja u programskom paketu za matematičko programiranje LINDO (13). Primjer se temelji na modelu ranca (1; 235), a analizirat će se s motrišta računalno podržanog automatiziranja i integriranja matematičkih metoda koje se koriste u modelu.

Kapital u iznosu 34 n.j. treba optimalno uložiti u projekte. Na raspolaganju je osam projekata od A do H. Svaki projekt zahtijeva određenu, ali nedjeljivu sumu investicija i donosi određenu godišnju neto vrijednost. Pri tome svaki projekt stvara i određene izdatke. Podaci o vrijednostima i izdacima projekata prikazano su u tablici 1. Pomoću kvantitativnog modela treba izračunati u koje projekte je najpovoljnije ulagati, kako bi se postigla maksimalna ukupna vrijednost. Pri tome je ograničenje vrijednost ukupnih izdataka koja može iznositi do 34 n.j.

U primjeru se vidi da neto vrijednosti projekata predstavljaju koeficijente uz varijable odlučivanja (nepoznanice) u funkciji cilja koja teži maksimalnoj vrijednosti. Vrijednosti izdataka predstavljaju koeficijente u nejednadžbi ograničenja. Varijable odlučivanja su projekti koji su na raspolaganju za investiranje i koji ovisno o izboru mogu poprimiti dvije vrijednosti 1 i 0, iz čega proizlazi da su varijable odlučivanja binarne.

Tablica 1. Vrijednosti projekata i izdataka

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
2	Tablica 1. Sadašnje vrijednosti projekata												
3	A	B	C	D	E	F	G	H	Projekti				
4	50	25	60	40	30	70	80	45	Neto vrijednost				
5	8	4	9	6	5	10	11	7	Vrijednosti izdataka				

Temeljem zadanog primjera može se postaviti matematički model:

Funkcija cilja:  $50A+25B+60C+40D+30E+70F+80G+45H \rightarrow \text{MAX}$

Ograničenja:

- 1)  $8A+4B+9C+6D+5E+10F+11G+7H \leq 34$
- 2)  $A, B, C, D, E, F, G, H = 0 \text{ ili } 1$

U primjeru oblikovanja aplikativnog modela korišten je programski paket LINDO (shema 1.) namijenjen rješavanju problema determinističkog matematičkog programiranja

Shema 1. Model postavljen u editoru programa LINDO

```

MAX 50A+25B+60C+40D+30E+70F+80G+45H
SUBJECT TO
1) 8A+4B+9C+6D+5E+10F+11G+7H <= 34
END
INT A B C D E F G H
    
```

Klikom na u izborniku Solve na opciju Solve izračunava se rješenje. Rješenje se prikazuje klikom na opciju Solution u izborniku Reports.

Shema 2. Rješenje programa za problem ranca ispisano u izvješću progra

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 1  
 OBJECTIVE VALUE = 247.272720  
 FIX ALL VARS.( 1) WITH RC > 8.18182

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 4  
 OBJECTIVE VALUE = 236.666672  
 NEW INTEGER SOLUTION OF 235.000000 AT BRANCH 0 PIVOT 4  
 RE-INSTALLING BEST SOLUTION...

OBJECTIVE FUNCTION VALUE  
 1) 235.0000

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
A	0.000000	-50.000000
B	1.000000	-25.000000
C	1.000000	-60.000000
D	0.000000	-40.000000
E	0.000000	-30.000000
F	1.000000	-70.000000
G	1.000000	-80.000000
H	0.000000	-45.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
1)	0.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 4  
 BRANCHES= 0 DETERM.= 1.000E 0

Računalno rješenje koje je prezentirano u izvještaju (Reports) programa LINDO pokazuje da su vrijednosti varijabli odlučivanja: za B, C, F, G = 1 u za A, D, E i H = 0. Maksimalna ukupna vrijednost projekata je 235 n.j., a optimalno ulaganje je u projekte B, C, F, G. Kombinacija ulaganja u projekte B, C, F i G je u funkciji postizanja maksimalne vrijednosti projekata i daje najveću vrijednost.

Računalni alati omogućavaju fleksibilno oblikovanje kvantitativnih poslovnih modela na način da poslovni model temeljen na određenom matematičkom modelu ili metodi uz automatiziranje metoda i postupaka u tom modelu bira ili prilagođava te metode i postupke postupke vlastitim algoritmima. U modelu cjelobrojnog linearnog programiranja koji primjenljive su metode rekurzivnih formula i metoda linearnog programiranja u sprezi s metodom binarnih varijabli. Kod ručnog rješavanja problema uporabom matematičkog modela model se rješava metodom rekurzivnih formula. U prikazanom primjeru računalno podržanog modela cjelobrojnog linearnog programiranja umjesto metode rekurzivnih formula korištene su u međusobnoj povezanosti matematičke metode binarnih varijabli i simpleks metoda.

#### 4. POSLOVNA PODRUČJA I PROBLEMSKE SITUACIJE

Poslovna područja unutar kojih se definiraju i rješavaju poslovni problemi su: financije, marketing, proizvodnja, računovodstvo, transport, logistika, upravljanje ljudskim potencijalima i istraživanje i razvoj. Poslovni problemi su različiti za svaku situaciju i mogu se grupirati unutar srodnih poslovnih područja. Primjerice model inventara pripada u područje logistike, model proračuna optimalnog ulaganja u projekte pripada području financija. U tablici 1. prikazani su poslovna područja i poslovni problemi unutar poslovnih područja (8).

Tablica 2. Poslovna područja

<b>Područja</b>	<b>Problemi</b>
Financije investiranje	Proračun optimalnog ulaganja u projekte
Marketing	Promidžba usluga putem oglašavanja
Proizvodnja	Minimiziranje troškova proizvodnje
Računovodstvo	Analiza omjera koristi i troškova
Transport	Raspored isporuka
Logistika	Upravljanje inventarom
Usluge	Razina kvalitete usluge
Istraživanje i razvoj	Analiza marginalnih troškova
Ljudski potencijali	Raspoređivanje djelatnog osoblja na projekte

Na temelju formuliranog problema identificiraju se i sistematiziraju se podaci u aplikativni model za rješavanje tog problema. U sučelje proračunske tablice u odgovarajućim adresnom područjima upisuju se vrijednosti koje su zadane (koeficijenti za varijable odlučivanja i ograničenja) i nul vrijednosti za varijable odlučivanja i rezultatnu varijablu koje treba izračunati putem modela. U tablici 2. prikazani su primjeri varijabli relevantnih za pojedine problemske situacije. Paralelnim pregledom tablice 1. i tablice 2. mogu se vidjeti veze između tipova varjabli (podataka), poslovnih problema i poslovnih područja..

Kvantitativni poslovni modeli sadrže tri temeljne komponente: varijable odlučivanja, varijable ograničenja i rezultatne varijable. (Excel, opis). Proračunske tablice, također uključuju alate za postoptimalnu (senzitivnu analizu). S obzirom da su vrijednosti pridružene varijablama najčešće temeljene na određenoj vjerojatnosti, senzitivnom analizom se ispituje utjecaj promjena parametara na izlaznu vrijednost (3; 11)..

U tablici 2. prikazani su primjeri komponenti poslovnog modela prema poslovnim područjima. Primjerice kod problema upravljanja inventarom ciljevi (rezultatne varijable) su minimiziranje troškova inventara i maksimalni postotak izvršenja narudžbi. Varijable odlučivanja su razina minimalne količine inventara i količina narudžbom a ograničenje je kapacitet dobavljača. U primjeru se može vidjeti da su navedeni ciljevi međusobno konfliktni, tako da je potrebno pronaći kompromis između ciljeva kojim će se osigurati maksimalni profit kao razlika prihoda koji nastaje prodajom robe kupcima i i troškova količine inventara koja treba biti minimalna, ali istovremeno u funkciji sposobnosti zadovoljavanja potreba kupaca.

Tablica 3. Poslovna područja i varijable

<b>Područje</b>	<b>Varijable odlučivanja</b>	<b>Rezultantne varijable</b>	<b>Ograničenja (nekontrolirane varijable i parametri)</b>
Financijsko investiranje	Alternative investiranja i iznosi Koliko dugo investirati Kada investirati	Ukupni profit, rizik Stopa povrata (ROI) Zarada po dionici Razina likvidnosti	Stopa inflacije Početna stopa Konkurencija
Marketing	Proračun oglašavanja Gdje oglašavati	Udio tržišta Zadovoljstvo potrošača	Dohodak potrošača Akcije konkurenata
Proizvodnja	Što i koliko proizvesti Razine zaliha Programi kompenzacije	Ukupni trošak Razina kvalitete Zadovoljstvo radnika	Kapacitet strojeva Tehnologija Cijene materijala
Računovodstvo	Upotreba osobnih računala Pregled rasporeda	Trošak procesiranja podataka Stopa pogrešaka	Kompjuterska tehnologija Stope poreza Zakonske potrebe
Transport	Raspored isporuka	Ukupni trošak transporta Iskorištenje kapaciteta	Udaljenost dostave Regulacija Kapaciteti ishodišta i odredišta
Logistika	Minimalne zalihe Količina narudžbe	Troškovi inventara, Ispunjavanje narudžbi	Kapacitet dobavljača
Usluge	Razine osoblja	Zadovoljstvo potrošača	Potražnja za uslugama
Ljudski potencijali	Razine poslova	Minimalni prazni hod	Raspoređivanje zadaća

## **5. RAČUNALNI ALATI ZA POTPORU OBLIKOVANJA KVALITATIVNIH POSLOVNIH MODELA.**

Pod računalnim alatima za oblikovanje kvantitativnih poslovnih modela podrazumijevaju se računalne aplikacije specijalizirane za rješavanje određene vrste problema kvantitativne analize. Primjerice, alat Decision Tree služi za automatsko crtanje stabla odlučivanja i sadrži unaprijed pripremljene formule za izračun optimalne vrijednosti i definiranje izbora najpovoljnijih varijanti (grana) u izračunu.

### **5.1. Značenje i principi funkcioniranja računalnih alata**

Alati za oblikovanje kvantitativnih poslovnih modela su računalne aplikacije za potporu kvantitativnih metoda. Računalni alati se koriste u obliku programiranih kvantitativnih modela za određeno kvantitativnu metodu (primjerice linearno programiranje, regresijsku analizu) ili u obliku modula (komponenti) koji se mogu koristiti za različite složene kvantitativne modele. Računalni alati mogu biti kreirani u obliku aplikacija za potporu cjelokupnog kvantitativnog modela ili u obliku modula (komponente). Primjerice model regresije može biti dio modela za prognoziranje. Računalni alati mogu biti kreirani u obliku potprograma (subrutina) koji predstavljaju manje specijalizirane aplikacije koje se mogu koristiti u različitim kvantitativnim modelima kao sastavni dijelovi tih modela. Primjerice potprogram za izračunavanje pomičnih prosjeka u modelu analize vremenskih nizova ugrađen je u proračunsku tablicu u obliku funkcije MOVAVG.

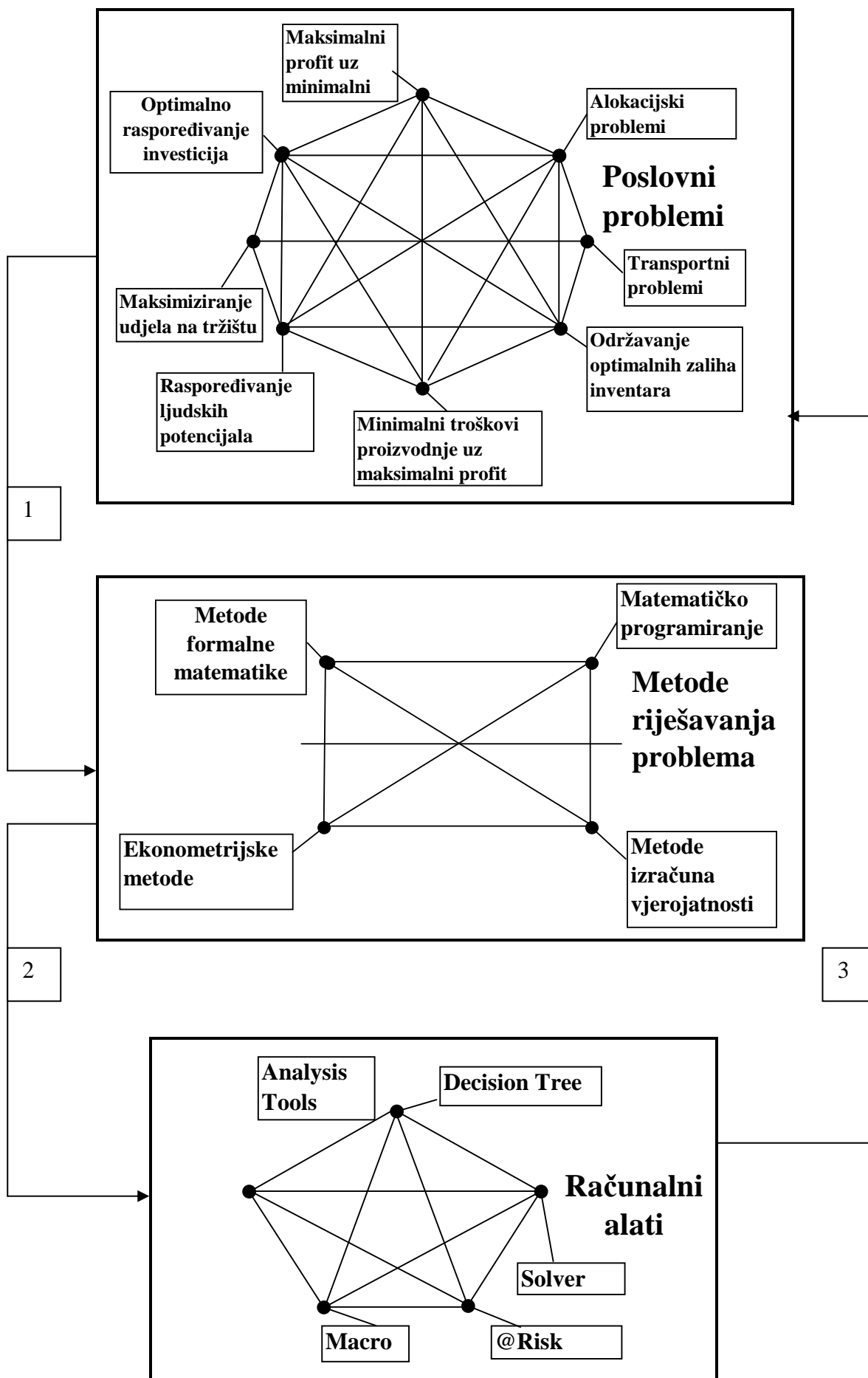
Računalni alat u cijelosti podržava ukupni proces rješavanja poslovnih problema za kvantitativne analize čiji je rezultat model koji može reprezentirati rješenje problema na visokoj razini objektivnosti, preciznosti i potpunosti i to od jednostavnih strukturiranih do kompleksnih slabo strukturiranih u minimalnom vremenu. Takav model temelji se računalnim alatima specijaliziranim za potporu određene metode kvantitativne analize s mogućnošću integriranja u sučelje korisnički orijentiranih proračunskih tablica (primjerice Excel) i programa za samostalno razvijanje i nadograđivanje aplikacija (Visual Basic).

Sučelje proračunske tablice Excel unutar kojeg su implementirane sofisticirane funkcije i makro naredbe omogućava modularno povezivanje više funkcija u kompleksne formule (6; 34). Korištenje sprege računalnih alata i naprednih funkcija proračunske tablice dolazi do nove paradigme proračunskih tablica koja se preusmjerava na oblikovanje fleksibilnih matematičkih modela i algoritama koji podržavaju uporabu različitih moćnih specijaliziranih funkcija i računalnih alata koji se mogu integrirano koristiti i fleksibilno kombinirati u oblikovanju složenih kvantitativnih modela. Promjena paradigme uporabe proračunske tablice ogleda se u preusmjeravanju od potpore strukturiranim matematičkim operacijama i modelima prema oblikovanju baze modela u funkciji sustavima za potporu odlučivanju. Integriranjem baza podataka baze modela proračunske tablice ostvaruju sposobnost preusmjeravanja kompleksnih i slabo strukturiranih problema.

Primjena suvremenih dostignuća razvoja računalnih alata koji uključuju robustne aplikacije s mogućnošću rješavanja složenih i opsežnih problema s velikim brojem varijabli u minimalnom vremenu omogućava kvalitativni pomak u razini rješavanja problema kvantitativne analize uz neprijeporni utjecaj na cjelokupni mikro i makro ekonomski sustav. U prilog ovoj činjenici može se navesti značenje metode induktivne logike (10; 12-3) čiji je smisao razvoj tehnološkog rješenja koje daje ideju i poticaj za stvaranje novog proizvoda ili usluge ili redefiniranje postojećih procesa s mogućnošću utjecaja na radikalni pozitivni pomak vrijednosti svih relevantnih ekonomskih pokazatelja (ekonomičnost, proizvodnost, rentabilnost...) Na shemi 1. su prikazane komponente oblikovanja aplikativnog modela i njihov redoslijed uporabe.



Schema 1. Metodološki okvir oblikovanja aplikativnih modela



Alati se mogu sistematizirati prema metodama kvantitativne analize na (2):

1. Alate za determinističko matematičko programiranje:

- ✓ Solver
- ✓ Scenario
- ✓ Goal Seek
- ✓ Podatkovne tablice

2. Alate za stohastičko matematičko programiranje

- ✓ RiskAnalysis Tools za simulacije
- ✓ Decision Tree za oblikovanje stabla odlučivanja

1. Ekonometrijske alate

- ✓ Analysis Toolpack za statističke analize
- ✓ Matematičke, statističke i financijske funkcije

Na shemi 1. su prikazane komponente oblikovanja aplikativnog modela i njihov redoslijed uporabe. Brojevi uz poveznice komponenti modela označavaju redoslijed uporabe komponenti. Primjerice poveznica 1. pokazuje da rješavanje problema počinje od analize zadane problemske situacije u kojoj se definiraju poslovna područja i ciljevi rješavanja poslovnog problema. Nakon toga se prelazi na drugu komponentu u kojoj se definira se matematički model problema na temelju kojeg se bira relevantna metoda za rješavanje. Poveznica 2 pokazuje da se temeljem izbora metode definira računalni alat koji predstavlja potporu izabranoj metodi. Prateći poveznicu 3 može se vidjeti da izabrani računalni alat predstavlja određeni vid povratne veze u rješavanju problemske situacije automatiziranjem postupka rješavanja problema i generiranjem optimalnih rješenja.

U nastavku će se opisati značenje i funkcioniranje računalnih alata ugrađenih u sučelje proračunskih tablica na primjeru alata Solver. Standardne proračunske tablice koje rješavaju probleme kvantitativne analize dodatno su osnažene specijaliziranim programima kako bi se proširile njegove mogućnosti. Ovakvi programi zovu se "add-in" programi. Takav program sastoji se od jednog ili više programa koji se izravno mogu pridodati na proračunsku tablicu kako bi se proširile njezine sposobnosti. Kada se jednom pridodaju, mogu se koristiti kao cjeloviti (integralni) dio proračunske tablice.

Solver je dodatak proračunskoj tablici Excel. Ako je izvedeno potpuno instaliranje Excela, tada u izborniku Tools postoji naredba Solver. Ako u tom izborniku nema naredbe Solver, tada se pokreće naredba Add-Ins i zatim iz popisa Add-Ins Available odabere Solver Add-In. Ako Solver nije na popisu, pokreće se program Microsoft Excel Setup i odabratu opciju Complete/Custom.. Solver se koristi u rješavanju problema koji uključuju mnoge varijabilne ćelije i pomaže u nalaženju kombinacija varijabli koje ciljnu ćeliju podižu na najveću ili najmanju vrijednost. Isto tako, Solver omogućava određivanje jednog ili više ograničenja – uvjeta koji moraju biti ispunjeni kako bi rješenje bilo zadovoljavajuće. (11; 404)

Solver je namijenjen rješavanju se koristi u oblikovanju determinističkih modela matematičkog programiranja kojima je zajedničko da se mogu rješavati simplex metodom. Značenje Solvera je u automatiziranju simpleks metode tako da dio linearnog programiranja koji se odnosi na iterativni postupak i koji je obuhvaćen simpleks metodom Solver automatski rješava. Korisnik aplikacije Solver treba oblikovati tablični model u kojem upisuje i raspoređuje podatke i formule, te upisati odgovarajuće parametre u obrazac kartice Solver Parameters na temelju kojih Solver izračunava optimalne vrijednosti. Također razvijene su i napredne inačice Solvera koje omogućavaju svođenje nelinearnih modela na modele simplex metode i potporu modelima koji uključuju velike količine varijabli.

## 6. RAČUNALNI ALATI I NOVA PARADIGMA SISTEMATIZACIJE KVANTITATIVNIH POSLOVNIH MODELA

Kvantitativni poslovni modeli mogu se sistematizirati na različite načine, prema različitim kriterijima. Sastavni dio svih sistematizacija sve više postaje promjena. Usporedno s ovim zaključkom nameće se i zaključak da je upravo stoga kontinuirano promišljati i stvarati sistematizaciju kvantitativnih modela koja je relevantna u datom prostoru i vremenu s aspekta potrebe razmatranja (istraživačke, znanstvene, poslovne(...)). U nastavku će biti predložena opća sistematizacija temeljena na analizi dosadašnjih klasifikacija i razmatranim mogućnostima uporabe i utjecaja suvremene aplikativne informacijske potpore na oblikovanje i funkcioniranje kvantitativnih poslovnih modela. Predložena sistematizacija predstavljat će metodološki okvir za analizu i relacijsko povezivanje kvantitativnih modela i metoda koje se temelji na mogućnostima računalnih alata.

Pri oblikovanju kvantitativnih poslovnih modela polazište će biti kriteriji izloženi u dosadašnjem tijeku rasprave:

- ✓ kvantitativni poslovni modeli temelje se na kvantitativnim metodama za poslovne analize
- ✓ kvantitativne metoda za poslovne analize sistematiziraju se na operacijska istraživanja, ekonometrijske metode i metode matematičke ekonomije
- ✓ metode operacijskih istraživanja mogu se izvoditi računalno podržanim modelima matematičkog programiranja i modelima stohastičkog programiranja
- ✓ ekonometrijske metode mogu se izvoditi računalno podržanim statističkim modelima
- ✓ metode matematičke ekonomije mogu se izvoditi računalno podržanim modelima matematičke analize
- ✓ kvantitativni poslovni modeli temelje se na modelima matematičkog programiranja koje se može definirati u užem i širem kontekstu
- ✓ uporaba računalnih alata koji integriraju metode i modele determinističkog i stohastičkog čime se afirmira širu definiciju matematičkog programiranja od jednostavnih i strukturiranih modela linearnog programiranja do kompleksnih modela dinamičkog i stohastičkog preprogramiranja

Temeljem navedenih kriterija kvantitativni poslovni modeli sistematizirat će se na modele matematičkog programiranja, modele stohastičkog programiranja, statističke modele i modele matematičke analize. Sistematizacija kvantitativnih poslovnih modela prikazana je na shemi 2.

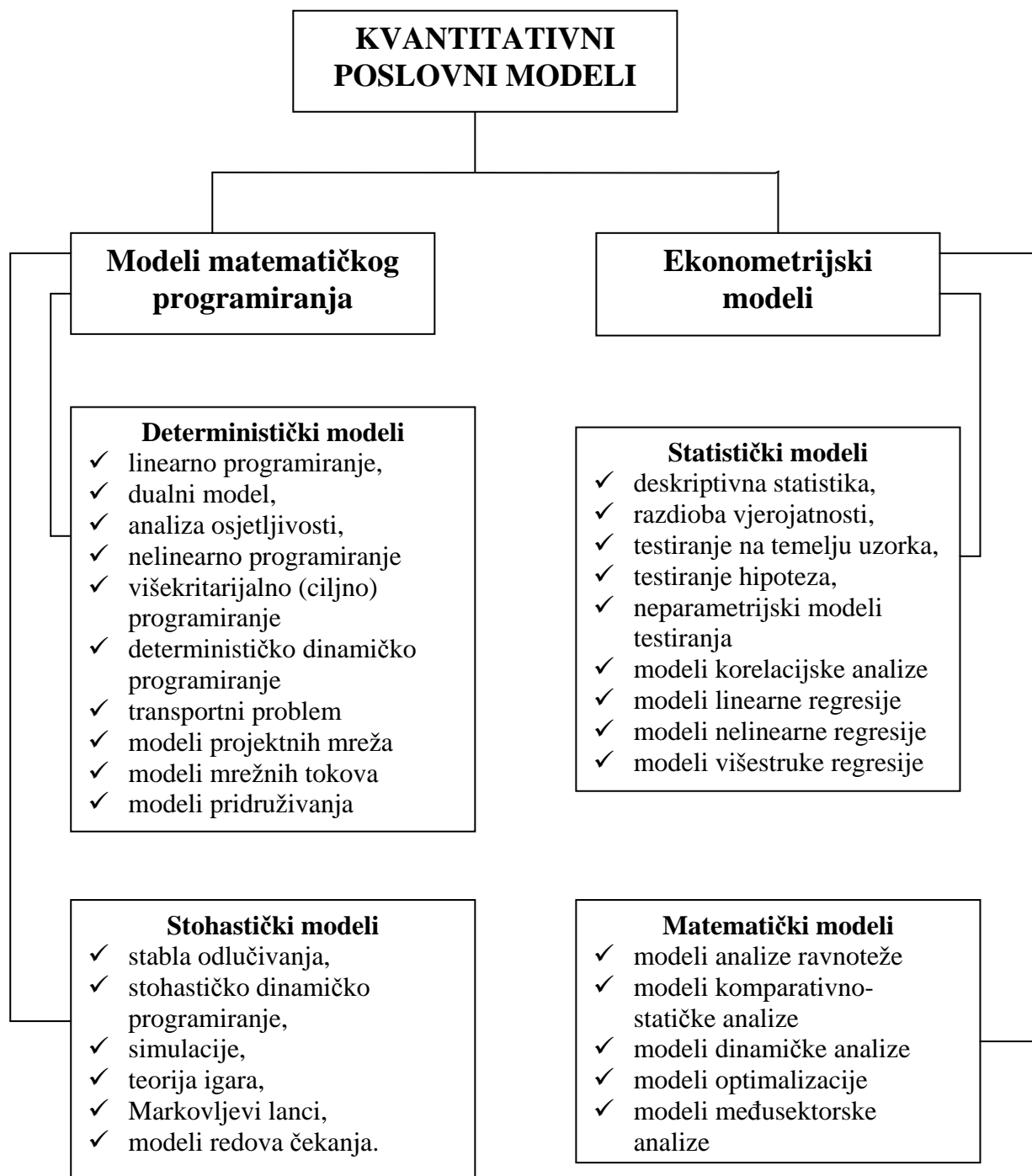
Na drugoj razini sistematizacije modeli matematičkog programiranja sistematizirani su na: linearno programiranje, dualni model, analiza osjetljivosti, nelinearno programiranje, višekriterijalno (ciljno) programiranje, cjelobrojno programiranje, determinističko dinamičko programiranje. Modeli stohastičkog programiranja sistematizirani su na: stabla odlučivanja, stohastičko dinamičko programiranje, simulacije, teorija igara, Markovljeve lance i modele redova čekanja.

U statističke modele ubrojeni su: deskriptivna statistika, razdioba vjerojatnosti, testiranje na temelju uzorka, testiranje hipoteza, neparametrijski modeli testiranja, modeli korelacijske analize, modeli linearne regresije, modeli nelinearne regresije i modeli višestruke regresije. Modeli matematičke analize su: modeli analize ravnoteže, modeli komparativnostatičke analize, modeli dinamičke analize, modeli optimalizacije i modeli međusektorske analize.

Predložena sistematizacija temelji se na dijalektičkoj klasifikaciji koja je elastičnija od formalnologističke, jer se ne može pridržavati formalnih pravila koja su neadekvatna predmetu. Ona uzima u obzir i specifične slučajeve, prijelazne slučajeve i dijalektički međusoban odnos kategorija, na jedinstvo općeg, posebnog i pojedinačnog. Također dijalektička klasifikacija dopušta i više

načina klasifikacije. Primjerice kod klasifikacije modela matematičkog programiranja ubrojani su linearno, cjelobrojno i dinamičko programiranje. Ova klasifikacija je zajednička u većini reprezentativne literature o operacijskima istraživanjima.

Shema 1. Sistematizacija kvantitativnih modela odlučivanja



Principi dijalektičke klasifikacije u oblikovanju i sistematizaciji kvantitativnih poslovnih modela mogu se ilustrirati na objektnom modeliranju koje se temelji na mogućnostima povezivanja različitih kategorija u fleksibilne modele koji se u svakom trenutku mogu mijenjati, reorganizirati ili povezivati u druge modele. Pri tome kategorije objekata koji čine model povezuju se potpuno neovisno o svojstvima. Primjerice u objektni model upravljanja zalihama mogu se povezati

sklopovska oprema, alat za simulacije RiskSimulation, razvojni alat oblikovanje baze podataka i skladište veleprodajne tvrtke. Podaci iz skladišta definiraju ulaze i izlaze roba koji se sistematiziraju u zapise u bazi podataka. Broj zapisa i dinamika ulaza i izlaza definira potrebne značajke računalnih simulacija. Opseg simulacija definira potrebe za sklopovskom opremom (processor, memorija).

Dijalektička klasifikacija ilustrirat će se na primjeru povezanosti i isprepletenosti modela linearnog, cjelobrojnog i dinamičkog programiranja. Cjelobrojno programiranje predstavlja oblik linearnog programiranja i koristi identičnu metodu, pri čemu metoda cjelobrojnog programiranja omogućava ograničenje varijabli odlučivanja na cjelobrojne vrijednosti (5; 21).

S druge strane dinamičko programiranje koristi različit teoretsko-matematički model u odnosu na cjelobrojno programiranje. Međutim korištenjem računalnih alata kao najpogodnije metode pokazale su se simpleks metoda i metoda binarnih varijabli koje na identičan način koristi i model cjelobrojnog programiranja. U dijelu literature (Marckland) dinamičko programiranje se i navodi kao poseban oblik cjelobrojnog programiranja, pri čemu se vidi da postoji dijalektički odnos između općeg i posebnog.

Vraćajući se na shemu 1. mogu se uočiti mogućnosti međusobne isprepletenost i povezanosti metoda i modela temeljenih na rastućim sposobnostima računalnih alata koji se također međusobno mogu integrirati i povezivati. Primjerice računalni alat RiskOptimizer integrira mogućnosti alata za determinističko matematičko programiranje Solver i alata @Risk za simulacije.

## 7. ZAKLJUČAK

Aplikativna programska potpora u obliku računalnih aplikacija i računalnih alate omogućava razvoj složenih kvantitativnih poslovnih modela koji opisuju veze između problemskog područja, odluka i ograničenja. Računalne aplikacije i računalni alati za automatiziraju i integriraju kvantitativne metode relevantne za bili koji proces odlučivanja temeljen na kvantitativnim poslovnim analizama. Primjerice u procesu odlučivanja u logističkom sustavu računalne aplikacije omogućavaju automatiziranje i integriranje metoda simulacije, matematičkog programiranja oblikovanje stohastičkih modela, financijsku matematiku, matematičke metode procjene rizika, i statističke metode.

Metode, modeli, podaci i korisnički orijentirani programi su ključne komponente računalno podržanih kvantitativnih poslovnih modela koji omogućavaju izračun optimalnog rješenja i oblikovanje smjernica za realiziranje zadaća, ciljeva i strategije poslovnog sustava. Računalno aplikacije za oblikovanje kvantitativnih modela osim automatiziranja složenih izračuna obuhvaćaju i veliki broj modela za pripremu podataka za izračun i izbor relevantne metode ili skupa metoda u postupku izračuna vrijednosti parametara zadane problemske situacije.

Primjena suvremenih dostignuća razvoja računalnih aplikacija u obliku programskih paketa, računalnih alata i specijaliziranih aplikacija koje podržavaju robustne modela s mogućnošću rješavanja složenih i opsežnih problema s velikim brojem varijabli u minimalnom vremenu omogućava kvalitativni pomak u razini rješavanja problema kvantitativne analize uz neprijeporni utjecaj na cjelokupni mikro i makro ekonomski sustav. U prilog ovoj činjenici može se navesti značenje metode induktivne logike čiji je smisao razvoj tehnološkog rješenja koje daje ideju i poticaj za stvaranje novog proizvoda ili usluge ili redefiniranje postojećih procesa s mogućnošću utjecaja na radikalni pozitivni pomak vrijednosti svih relevantnih ekonomskih pokazatelja (ekonomičnost, proizvodnost, rentabilnost...).

Brojnost i složenost kvantitativnih metoda i modela za poslovne analize u rješavanju problema odlučivanja ukazuje na potrebu istraživanja kvantitativnih poslovnih modela kao sustava koji integrira i koordinira metode i modele. U takvom istraživanju kvantitativnih poslovnih modela kao sustava neophodno je promišljati klasifikaciju i međuodnose modela i metoda. Sistematizacija predložena u ovom radu prvenstveno je izraz promišljanja metodološkog okvira i pristupa oblikovanju kvantitativnih poslovnih modela upravo u cilju što konzistentnijeg i sustavnijeg sagledavanja cjelokupne slike o prethodno navedenim metodama i modelima i njihovih međusobnih veza.

Pri razradi metodološkog okvira i oblikovanja kvantitativnih poslovnih modela izabrana je dijalektička klasifikacija koja je elastičnija od formalnologističke, jer se ne mora pridržavati formalnih pravila, već ih može prilagođavati problemu odlučivanja. Ona uzima u obzir i specifične slučajeve, prijelazne slučajeve i dijalektički međusoban odnos kategorija, te jedinstvo općeg, posebnog i pojedinačnog. Problemi odlučivanja koji se javljaju u poslovanju unutar i između poslovnih sustava prirodno su kompleksni i različiti tako da ne postoji univerzalni model koji se može sa sigurnošću definirati za neki budući problem. Međutim upravo na temelju poznavanja sustava kvantitativnih poslovnih modela sa svim njegovim metodama i modelima kao komponentama koje koristi moguć je znanstven i kreativan pristup rješavanju problema odlučivanja čije je polazište u odabiru prave kombinacije metoda i modela u određenom problemu odlučivanja.

#### **Literatura:**

1. Barković, Uvod u operacijski management, Ekonomski fakultet, Osijek, 1999.
2. Excel Add-in Solutions, <http://www.excelbusinessstools.com/solutions.htm>
3. Hillier, F., Lieberman, G.J., Introduction to Operation Research, McGraw Hill, International edition, New York, USA, 2001.
4. Kiš, M., Informatički rječnik, Naklada Ljevak, Zagreb, 2000.
5. Marckland, R., E., Topics in management science, Wiley, USA, 1989.
6. Nunez, F., An Extended Spreadsheet Paradigm For Data Visualisation Systems, and its implementation (2002), A Dissertation, [citeseer.nj.nec.com/nunez02extended.html](http://citeseer.nj.nec.com/nunez02extended.html)
7. Pašagić, H., Matematičko modeliranje i teorija grafova, Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 1998.
8. Sean, B. E., Decision support systems, <http://cstl-hcb.semo.edu/eom/iebmddssrweb.PDF>
9. Srića, V., Menedžerska informatika
10. Srića, V., Informatički inženjering i menadžment, DRIP, Zagreb, 1990
11. Walkenbach, J., Underdahl, B., Excel 2002 Biblija Mikro knjiga, Zagreb, 2002.

