



BUSINESS ANALYTICS SKILLS FOR THE FUTURE-PROOF SUPPLY CHAINS

NAPREDNE METODE TABELARNOG IZRAČUNAVANJA ZA ANALIZU PODATAKA U LOGISTICI– TEORIJSKI UVOD

Autori:

Katarzyna Grzybowska

Katarzyna Ragin-Skorecka

Katarzyna Siemieniak

Piotr Cyplik

Michał Adamczak

Jędrzej Jankowski-Guzy

Adrianna Toboła-Walaszczyk



Katarzyna Grzybowska, Katarzyna Ragin-Skorecka, Katarzyna Siemieniak, Piotr Cyplik,
Michał Adamczak, Jędrzej Jankowski-Guzy, Adrianna Toboła-Walaszczyk

NAPREDNE METODE TABELARNOG IZRAČUNAVANJA ZA ANALIZU PODATAKA U LOGISTICI - TEORIJSKI UVOD

Poznanj, 2025



Izdavač:

Wyższa Szkoła Logistyki
Estkowskiego 6
61-755 Poznań, POLSKA
www.wsl.com.pl

Uredništvo :

Stanisław Krzyżaniak (predsednik), Ireneusz Fechner, Marek Fertsch, Aleksander Niemczyk,
Bogusław Śliwczyński, Ryszard Świekatowski, Kamila Janiszewska

ISBN: 978-83-62285-64-8

Autorska prava © Wyższa Szkoła Logistyki

Poznań 2025, izdanje I

Recenzenti:

- prof. Agnieszka Tubis, University of Science and Technology, Wrocław, Poljska
- prof. Maciej Urbaniak, University of Lodzu, Łódź, Poljska

Prevod: doc. dr Dejan Mirčetić

Tehnički urednik: Katarzyna Grzybowska, Poznań University of Technology, Poznań, Poljska

Dizajn naslovne strane: Michał Adamczak, Poznań School of Logistics, Poznań, Poljska

Knjiga je napisana u sklopu projekta *Business Analytics Skills for Future-proof Supply Chains* (BAS4SC) [2022-1-PL01-KA220-HED-000088856] finansiranog od strane ERASMUS+ programa.

Sufinansirano od strane Evropske unije. Stavovi i mišljenja izraženi u ovoj publikaciji pripadaju isključivo autorima i ne odražavaju nužno stavove Evropske unije ili Nacionalne Agencije. Ni Evropska unija ni telo koje dodjeljuje sredstva ne mogu se smatrati odgovornima za njih.



Predgovor

Funkcionisanje modernih lanaca snabdevanja nije moguće bez informatičke podrške. Razvoj digitalnih tehnologija omogućava kompanijama da kontinuirano prate i unapređuju implementirane procese. Savremeni IT sistemi omogućavaju prikupljanje i skladištenje podataka, što posledično pruža gotovo neograničene mogućnosti za njihovu analizu. Uvažavajući razvoj visoko specijalizovanih analitičkih alata, po našem mišljenju ne možemo zaboraviti proračunske tabele (tabele za izračunavanje) kao najpristupačnije analitičke alate.

Sadržaj predstavljen u ovoj knjizi razvijen je na temelju rezultata istraživanja sprovedenog u sklopu projekta *Business Analytics Skills for Future-proof Supply Chains* (BAS4SC). Oni predstavljaju teorijski uvod u metode analize i optimizacije procesa koji se sprovode unutar lanaca snabdevanja. Knjiga, zajedno s nastavnim materijalima takođe razvijenim u projektu BAS4SC, čini celinu koja omogućava sticanje znanja i veština korišćenja analitičkih metoda i alata u obliku proračunske tabele za tu svrhu.

Nadamo se da će ova knjiga, koja predstavlja teorijski uvod u analizu i optimizaciju lanaca snabdevanja pomoću proračunskih tabela, biti važan izvor znanja i inspiracije za razvoj analiza i poboljšanje logističkih procesa.

Katarzyna Grzybowska
Katarzyna Ragin-Skorecka
Katarzyna Siemieniak
Piotr Cyplik
Michał Adamczak
Jędrzej Jankowski-Guzy
Adrianna Toboła-Walaszczyk



Sadržaj

Predgovor.....	3
UVOD.....	8
1. UVOD U ANALIZU PRORAČUNSKIH TABELA	11
1.1. Uvod.....	11
1.2. Analiza podataka.....	12
1.3. MS Excel Spreadsheet i njegova primena	13
1.4. Najvažniji alati koje pružaju proračunske tabele.....	15
Pitanja poglavlja.....	24
LITERATURA.....	25
2. METODE VIZUALIZACIJE PODATAKA	26
2.1. Uvod.....	26
2.2. Metode vizualizacije podataka	27
2.3. Vrste uporednih grafikona.....	37
Pitanja poglavlja.....	39
LITERATURA.....	39
3. OPTIMIZACIJA U UPRAVLJANJU LANCEM SNABDEVANJA	41
3.1. Uvod.....	41
3.2. Uloga skladišta u lancu snabdevanja.....	43
3.3. Određivanje skladišnog prostora.....	44
3.4. Odabrane metode upravljanja zalihama u lancu snabdevanja.....	51
3.5. Korišćenje alata Solver u rešavanju optimizacionih problema	62
3.6. Optimiziranje korišćenja skladišnog prostora – primer korišćenja alata Solver	63
Pitanja poglavlja.....	68



LITERATURA.....	68
4. KONTROLING U UPRAVLJANJU LANCEM SNABDEVANJA.....	72
4.1. Uvod.....	72
4.2. Ključni pokazatelji uspešnosti u lancu snabdevanja	75
Pitanja poglavlja.....	80
LITERATURA.....	80
5. ANALITIKA U PODRUČJU NABAVKE I KUPOVINE	82
5.1. Uvod.....	82
5.2. Strategije nabavke i kupovine – podela prema izvorima nabavke.....	84
5.3. Metode ocenjivanja i izbora dobavljača	86
5.4. Kriterijumi ocenjivanja dobavljača	87
5.5. Metoda ponderisane tačke	90
5.6. Višekriterijumska metoda.....	95
5.7. Otporni dobavljači	101
Pitanja poglavlja.....	103
LITERATURA.....	103
6. OUTSOURCING.....	106
6.1. Uvod.....	106
6.2. Osnov outsourcinga	107
6.3. Osnovne vrste outsourcinga.....	109
6.4. Prednosti i rizici korišćenja outsourcinga u savremenim preduzećima.....	111
6.5. Napravi ili kupi analiza.....	114
6.6. Outsourcing u logistici	123
Pitanja poglavlja.....	127
LITERATURA.....	127



7.	OPTIMIZACIJA DISTRIBUTIVNE MREŽE POMOĆU GRAVITACIONOG MODELA	129
7.1.	Uvod.....	129
7.2.	Logistička mreža	130
7.3.	Koncept korišćenja gravitacionog modela u logističkoj mreži	132
7.4.	Tipični proces donošenja odluka o lokaciji objekata u lancu snabdevanja	134
7.5.	Dezagregirani i agregirani modeli gravitacije.....	135
7.6.	Model uravnotežene gravitacije	136
7.7.	Gravitacioni model u međunarodnoj trgovini.....	138
7.8.	Gravitacioni model lociranja konkurentskih objekata.....	140
7.9.	Gravitacioni model za interkontinentalni lanac snabdevanja	140
	Pitanja poglavlja.....	141
	LITERATURA.....	142
8.	PREDVIĐANJE POTRAŽNJE	144
8.1.	Uvod.....	144
8.2.	Klasifikacija metoda predviđanja.....	149
8.3.	Predviđanje vremenskih serija	150
8.4.	Dekompozicija vremenskih serija	150
8.5.	Priprema podataka vremenskih serija.....	152
8.6.	Metode predviđanja vremenskih serija	155
8.7.	Greške prognoze.....	175
8.8.	Prednosti predviđanja u Excelu.....	176
8.9.	Veštačka inteligencija u predviđanju	178
	Pitanja poglavlja.....	180
	LITERATURA.....	180
9.	UPRAVLJANJE ZALIHAMA	184



9.1. Uvod.....	184
9.2. Nivo korisničke usluge	186
9.3. Funkcije i vrste zaliha	190
9.4. Osnovni sistemi popunjavanja	197
9.5. Troškovi zaliha.....	200
9.6. Osnovni modeli klasifikacije zaliha	205
Pitanja poglavlja.....	210
LITERATURA.....	211
10. OPTIMIZACIJA TRANSPORTA.....	214
10.1. Uvod.....	214
10.2. Priroda i značaj optimizacije transportnog sistema	215
10.3. Problemi optimizacije transporta u praksi	220
Pitanja poglavlja.....	234
LITERATURA.....	234
POPIS TABELA	238
POPIS SLIKA.....	239



UVOD

Knjiga Napredni programi tabelarnog izračunavanja za analizu logističkih podataka – teorijski uvod prva je u seriji od tri knjige nastale u sklopu projekta Business Analytics Skills for Future-proof Supply Chains (BAS4SC) sufinansiranog iz programa ERASMUS+. Ova knjiga se može koristiti kao akademski priručnik za razvoj analitičkih znanja i vještina na području logistike. Njen sadržaj je nastao je na temelju istraživanja sprovedenog u sklopu projekta BAS4SC. Identifikacija i izbor sadržaja koji bi trebao biti uključen u takav udžbenik sproveden je u tri faze. U prvoj fazi istraživanja analizirani su obrazovni programi iz područja poslovne analitike koji se sprovode na univerzitetima u Evropi i Severnoj Americi. Analizirani su obrazovni programi sa 66 univerziteta. Iz njih su odabrane ključne kompetencije koje trebaju imati poslovni analitičari, posebno oni koji obavljaju svoje poslove na području logistike. U drugoj etapi sprovedena su ankete među predstavnicima privrede (s posebnim naglaskom na logistička, proizvodna i trgovačka preduzeća), nastavnicima i studentima, čiji je cilj bio, prvo, utvrditi stepen značaja kompetencija izdvojenih u prvom stepenu studija za savremeno poslovanje a, drugo, utvrditi da li su te kompetencije već uključene u obrazovne ishode programa koji se sprovode na univerzitetima. Rezultati prve dve faze istraživanja omogućili su naznaku analitičkih kompetencija koje su ključne sa aspekta poslovne prakse. Na taj način izdvojeno je preko 100 ključnih kompetencija. U trećoj fazi istraživanja te su kompetencije sistematizovane i klasifikovane, a prema mišljenju stručnjaka izdvojene su 33 najvažnije. Zahvaljujući tome, bilo je moguće kreirati tri obrazovna programa. Prvi od njih je: Napredni programi tabelarnog izračunavanja za analizu logističkih podataka.

Ova knjiga je teorijski uvod u pitanja vezana uz metode i tehnike analize podataka koje se mogu implementirati korišćenjem proračunske tabele. Sadržaj priručnika dopunjen je nastavnim materijalima takođe razvijenim u sklopu projekta *Business Analytics Skills for Future-proof Supply Chains*, koji predstavlja praktične aspekte izvođenja pojedinačnih analiza u jednoj od najpopularnijih proračunskih tabela. Podela sadržaja na teoretski i praktični deo, takođe proizlazi iz činjenice da se funkcionalnosti proračunskih tabela menjaju vrlo dinamično kroz vreme. Sprovedenjem nastavnih programa želimo ponuditi savremena rešenja u obliku



datoteka dostupnih polaznicima obrazovnih programa. Najnovije verzije nastavnih materijala i datoteka za vežbe dostupne su na: enauka.put.poznan.pl.

Knjiga je podeljena u 10 poglavlja, od kojih svako predstavlja odabrani aspekt funkcionisanja lanca snabdevanja i moguće analitičke metode koje se unutar njega mogu koristiti. Prvo poglavlje posvećeno je uvodnim pitanjima. Opisuje savremeni način sagledavanja važnosti prikupljanja i analize podataka za funkcionisanje logističkih procesa. Takođe predstavlja proračunske tabele kao alat s mnogo funkcija koji se može koristiti u poslovanju, a posebno u logistici.

U drugom poglavlju predstavljene su metode vizualizacije podataka pomoću grafikona i upravljačkih panela (Dashboard). Autori iznose ne samo vrste grafikona, već i preporuke za korišćenje pojedinačnih grafikona za prikaz podataka specifične prirode. Ovo pitanje je posebno važno pri analizi velikih skupova podataka kada ih je potrebno predstaviti na način koji je s jedne strane pojednostavljen, a s druge strane odražava informacije sadržane u njima.

Treće poglavlje posvećeno je problematici optimizacije kao teorijskog pojma i primene ovih metoda u području upravljanja skladištima i zalihama. Prikazane su metode optimizacije i teorijske osnove problematike planiranja skladišnog prostora i odnosa između veličine zaliha i potražnje za skladišnim prostorom.

Četvrto poglavlje opisuje koncept kontrolinga lanca snabdevanja. Prikazan je opseg kontrolinga na području logistike. Koncept učinkovitosti takođe se navodi kao jedan od ključnih u optimizaciji procesa lanca snabdevanja. Opis je obogaćen merama performansi i pokazateljima koji se koriste u području logistike.

Peto poglavlje posvećeno je pitanjima vezanim uz analitiku u području nabavke i kupovine. Nakon teorijskog uvoda u funkcionisanje nabavke i kupovine u lancima snabdevanja, prikazane su metode ocenjivanja i izbora dobavljača. Fokus je na najpopularnijim metodama: ponderisanja (dopunjeno grafičkim ilustracijama) i AHP.

Šesto poglavlje posvećeno je pitanjima vezanim uz outsourcing. Prikazana je ideja outsourcinga, njegove prednosti i nedostaci. Outsourcing je predstavljen kao jedna od metoda koja omogućava optimizaciju troškova logističkih procesa u preduzeću. Sa analitičkog gledišta



opisana je metoda *Make or Buy* koja omogućava objektivni pokazatelj hoće li outsourcing smanjiti troškove implementacije odabranog logističkog procesa.

Sedmo poglavlje fokusirano je na optimizaciju logističke mreže, posebno na lokaciju čvorova ove mreže. Opisuje se uticaj lociranja skladišta u distributivnoj mreži ili proizvodnih pogona na funkcionisanje mreže i s tim povezani troškovi. Prikazana je metoda težišta kao osnovna metoda za optimizaciju položaja mrežnih čvorova.

Predmet osmog poglavlja je predviđanje, a posebno metode predviđanja bazirane na vremenskim serijama. Navedene su metode izračunavanja prognoza korišćenjem različitih metoda proseka (jednostavne, aritmetičke, pokretne i ponderisane), eksponencijalnog izravnjanja i regresije. Poglavlje je dopunjeno ukazivanjem na korišćenje veštačke inteligencije u predviđanju.

Deveto poglavlje u potpunosti je posvećeno problematici zaliha u preduzeću. Prikazana su teorijska pitanja i metode izračunavanja koje se koriste u proceni troškova vezanih uz zalihe, kao i vrednosti parametara sistema popunjavanja zaliha zavisno od planiranog nivoa usluge kupcima.

Poslednje poglavlje priručnika posvećeno je optimizaciji transporta. Ovo je posebno važno pitanje s mnogo dimenzija mogućeg poboljšanja. Raspon metoda optimizacije je vrlo širok. Sa tim u vezi, autori su se odlučili da prikažu matematičke modele za optimizaciju vremena realizacije transporta i broja pređenih kilometara, kao i metode traženja najboljeg rešenja unutar tih modela pomoću Solvera.



1. UVOD U ANALIZU PRORAČUNSKIH TABELA



Ovo poglavlje posvećeno je najvažnijim pitanjima vezanim uz analizu podataka pomoću Excel proračunske tabele, koja se takođe može koristiti za analizu logističkih podataka. Sadrži :

- osnovne definicije,
- analiza podataka,
- važnost podataka za logistiku,
- proračunsku tabelu i njenu primenu.

1.1. Uvod

Analiza i upravljanje informacijama u preduzeću obuhvata sve organizacione jedinice na različitim nivoima privrednog sistema (operativni, taktički, strateški), kao i upravljanje znanjem. Analiza i upravljanje podacima uključuje sledeće aktivnosti (Szymonik, 2010):

- koje čine informacionu funkciju preduzeća, tj. prikupljanje, skladištenje, obrada, deljenje i korišćenje informacija,
- unutar planova (tehnološki, organizacioni, ljudski resursi) koji utiču na sprovođenje ove funkcije.

Garancija uspeha svakog poduhvata je postizanje informacione prednosti, definisane kao sposobnost prikupljanja, obrade i širenja informacija, koje će omogućiti, na primer, dominaciju nad konkurencijom ili poboljšanje logističkog procesa. Informaciona prednost može se steći, između ostalog, na sledeći način: ispunjavanjem očekivanja specifičnih korisnika, npr. učesnika u lancu snabdevanja, pružanjem kvalitativnih karakteristika informacija iz kojih se može razmenjivati (Szymonik, 2015):



- relativnost – informacija zadovoljava potrebe i važna je za primaoca,
- točnost – informacija je primerena nivou znanja koje ima primalac, precizno i egzaktno odražava i definiše temu,
- ažuriranost – ciklus ažuriranja je u skladu sa sadržajem i tempom promena,
- celovitost – informacija sadrži optimalnu i dovoljnu količinu podataka za transformaciju informacije u konkretno znanje, a njena detaljnost zavisi od potreba primaoca,
- konzistentnost – pojedini podaci međusobno su usklađeni, forma odgovara sadržaju, ažurnost podataka je u skladu s ciljevima,
- primerenost – primeren prikaz informacija i opis za prikaz, koji omogućava ispravno tumačenje,
- dostupnost – informacije su dostupne s bilo kojeg mesta i u bilo koje vreme,
- verodostojnost – informacija potvrđuje istinitost podataka i sadrži elemente koji osiguravaju pouzdanost poruke,
- podudarnost – informacija je u skladu s drugom informacijom, interpretirana u odgovarajućem kontekstu, funkcioniše u poznatom komunikacionom sistemu.

1.2. Analiza podataka



Podaci su prikaz sirovih, nestrukturiranih činjenica, koncepata, uputa ili rezultata prikupljenih opažanjima ili zapisima o pojavama, objektima ili ljudima koji se mogu modelirati i oblikovati kako bi se stvorile informacije u obliku koji se može komunicirati, tumačiti, izvoditi, zaključivati ili obraditi od strane ljudi ili automatskih uređaja.

Analiza podataka je proces ispitivanja, tumačenja i prezentacije informacija prikupljenih iz različitih izvora. Koristeći razne tehnike i alate, stručnjaci za podatke pretvaraju sirove podatke u korisne informacije koje pomažu preduzećima u donošenju odluka, prepoznavanju trendova i rešavanju problema. U današnjem svetu, u kojem kompanije generišu ogromne količine podataka, učenje analize podataka postaje sve važnije, a ta veština postaje sve poželjnija na tržištu rada (www_1.1). Analitika podataka je ključni proces u nauci i



poslovanju za pretvaranje sirovih podataka u korisne i vredne informacije pomoću različitih metoda i analitičkih tehnika.

Korišćenje savremenih analitičkih tehnika u logistici omogućava pretvaranje podataka u vredne resurse, podržavajući inovacije i razvoj poslovne inteligencije, što je ključni element modernog poslovnog pristupa (Zhang i Shao, 2020; [www_1.2](#)).

U kontekstu logistike i lanaca snabdevanja, ključni izazovi u upravljanju ovim podacima spadaju u tri glavna područja. Prvo, tu je problem predobrade i kompresije podataka. Drugo, upravljanje logističkim podacima suočava se s poteškoćama zbog rascepanosti kompanija u mreži snabdevanja, kao što su nedostajući podaci ili prekidi u mrežnoj opremi, što povećava rizik i za dobavljače i za kupce. Treće, postoji nedovoljni nivo sofisticiranosti u analizi podataka i podršci odlučivanju. Nedostaci u tehnologiji modeliranja, metodama rudarenja podataka i sistemima za podršku odlučivanju ograničavaju mogućnost pružanja vrednih informacija za logističke operacije.

1.3. MS Excel Spreadsheet i njegova primena

Excel je jedan od najčešće korišćenih programa na računarima preduzeća jer se u njemu priprema većina korporativnih izvještaja. Osim toga, mnogi sistemi kompanija izvoze podatke u formate koji su kompatibilni s Excelom, što olakšava organizovanje i pregled informacija na jasan i strukturiran način. S programskim jezikom VBA, koji je sastavni deo Excela, program dobija još veće mogućnosti primene, poput automatizacije rutinskih zadataka, izrade naprednijih alata ili razvoja funkcija. VBA je ključni alat za automatizaciju proračunskih tabela, koji omogućava stvaranje makronaredbi za zadatke koji se ponavljaju i integraciju s drugim elementima Microsoft Officea, kao i s programima kao što je AutoCAD (Shinsato Jr i dr., 2023). Excel Spreadsheet je program za proračunske tabele u skupu aplikacija Microsoft Office. MS Excel nudi karakteristike kao što su proračuni, alati za crtanje dijagrama, pivot tabela i programski jezik makro-naredbi pod nazivom Visual Basic for Applications. Takođe nudi skup funkcija statističke analize i druge alate koji se mogu koristiti za pokretanje deskriptivne statistike i izvođenje nekoliko različitih statističkih testova.



Proračunska tabela je računarski program koji se koristi za izvođenje raznih vrsta izračunavanja, često vrlo složenih. U proračunskim tabelama podatke, uglavnom numeričke, možemo prikazati u obliku skupa tabela koje omogućavaju automatsku obradu tih podataka, njihovu analizu i prezentaciju na različite načine, npr. u obliku raznih vrsta grafikona, od jednostavnih linijskih grafikona, preko pita i stubičastih grafikona, do atraktivnih grafikona sa kružićima (mehurićima). Najvažnije mogućnosti koje proračunske tabele pružaju korisniku su (www_1.2): (1) analiza podataka, (2) izvođenje izračunavanja, (3) priprema ponuda, (4) prezentacija rezultata, (5) izrada grafikona, (6) izrada izveštaja i sažetaka.

U svaku ćeliju proračunske tabele možete uneti numeričke podatke, tekstualne podatke ili formulu na listu koja se naziva **formula**, što vam omogućava izračunavanje zadate vrednosti na osnovu sadržaja ćelija. U sadržaj ćelije mogu se uključiti **adrese** tih ćelija, matematički simboli i naprednije operacije poput **funkcija** – ne samo matematičkih, već i statističkih, finansijskih, datuma i vremena ili funkcija baze podataka, što su najvažniji i najčešće korišćeni alati koje proračunska tabela pruža. S druge strane, funkcija u proračunskoj tabeli je algoritam koji su posebno osmislili **kreatori** programa, formule spremne za korišćenje koje omogućavaju specijalizovana izračunavanja ili traženje specifičnih vrednosti. Primeri uključuju funkciju Average, koja izračunava aritmetičku sredinu zadatih brojeva, ili funkciju Maximum, koja traži najveći od zadatih brojeva, i mnoge druge. Uz pomoć ovih funkcija, podaci uneseni u program automatski se obrađuju i mogu se koristiti za izradu simulacija. Formule u radnom listu izgrađene su pomoću standardnih pravila za stvaranje matematičkih izraza. Ispred unosa formule uvek treba da stoji znak jednakosti, npr. =A8+C11 ili =(F14-E10)*12 itd. Formule se koriste za izračunavanje i analizu podataka u proračunskoj tabeli. Ako se broj u formuli promeni, program će automatski izvršiti promene i prikazati tačan rezultat. Na ovaj način ne morate sve menjati ručno. Dobre proračunske tabele, kao što je Excel, na primer, imaju ugrađene gotove funkcije (www_1.2).

Superiornost proračunskih tabela u odnosu na druge vrste softvera takođe leži u mogućnosti izvođenja vrlo velikog broja izračunavanja s puno podataka, bez potrebe za ručnom potvrđivanjem svake pojedinačne akcije. Ovako automatizovano izvođenje kalkulacija znatno skraćuje radno vreme i zahteva neuporedivo manje truda zaposlenih.



Osim toga, kao što je već spomenuto, proračunske tabele omogućavaju ilustraciju prikupljenih podataka i rezultata proračuna na način koji je jasan i privlačan primaocu, kao što su različite vrste grafikona i dijagrama. Sofisticirani programi za proračunske tabele mogu generisati mnogo različitih vrsta grafikona, koji se mogu koristiti u statističke svrhe, optimizaciju određenog procesa ili vizualizaciju promena koje treba sprovesti u organizaciji. Zbog toga se vrlo često koriste u raznim vrstama prezentacija planiranih projekata, gde se koriste za prikaz postignutih rezultata ili predviđanja za budućnost. I grafikoni i pivot tabele olakšavaju uvid u međuzavisnosti i trendove, a time i bolje određivanje uspešnosti pojedinih aktivnosti ili alata (www_1.2).

Proračunske tabele često se koriste kao višenamenski alat za unos, skladištenje, analizu i vizualizaciju podataka. Većina softvera za proračunske tabele omogućava korisnicima obavljanje svih ovih zadataka, ali proračunske tabele su najprikladnije za unos i skladištenje podataka, dok bi analizu i vizualizaciju trebalo raditi odvojeno. Analiza i vizualizacija podataka u zasebnom programu ili barem u zasebnoj kopiji datoteke podataka smanjuje rizik od kontaminacije ili uništenja neobrađenih podataka u proračunskoj tabeli (Broman i Woo, 2018).

1.4. Najvažniji alati koje pružaju proračunske tabele

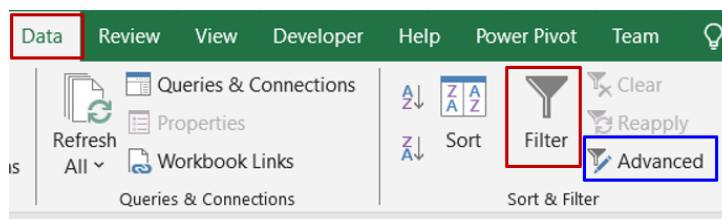
Proračunska tabela nudi širok raspon alata koji se mogu koristiti za analizu logističkih podataka i drugih vrsta podataka. Među alatima koje nudi proračunska tabela MS Excel treba spomenuti sledeće:

- filtriranje podataka,
- sortiranje podataka,
- funkcije statističke analize,
- alat za analizu linearne regresije,
- korelacioni dijagram,
- pivot tabele,
- rešavač (Solver),
- makronaredbe,



- Power Query,
- 3D karte.

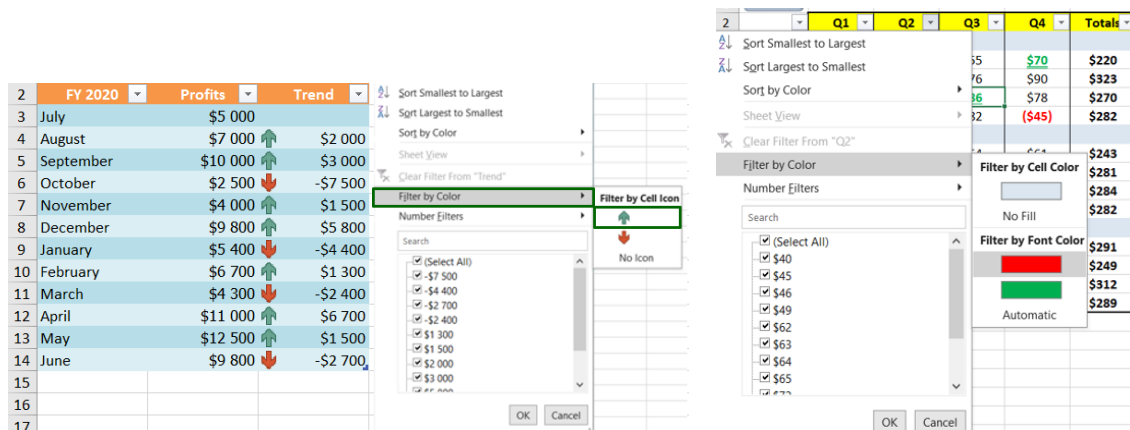
Prikupljanje informacija često uključuje velike skupove podataka, koje karakteriše redundantnost. Pre nego što se može sprovesti bilo kakva dalja analiza, iz baze podataka potrebno je izdvojiti samo one podatke koji zadovoljavaju specifične kriterijume, prilagođene informacionim potrebama donosioca odluka. U Excelu su dostupne dve metode filtriranja koje se nalaze na traci Podaci (engl. *Data*) i prikazani su na slici 1.1: autofilter (naredba Filter) i Napredni filter (naredba Napredno, engl. *Advanced*).



Slika 1. 1. Pogled na traku podataka s naredbama filtera

Izvor: sopstvena studija

Filtriranje podataka prema formatu (autofilter, opcija Filtriranje po boji) omogućava izbor vrednosti s određenom bojom fonta, bojom popunjavanja ćelije ili koje sadrže određenu ikonu ćelije, umetnutu putem uslovnog oblikovanja (Sl. 1.2).



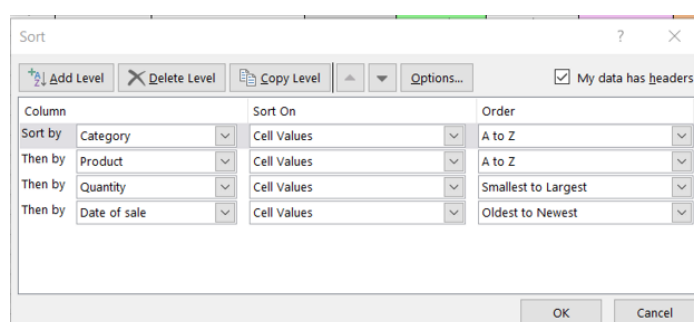
Slika 1. 2. Primer primene autofiltera po formatu (po ikonama ćelija i boji fonta)

Izvor: sopstvena studija



Ako je potrebno definisati više kriterijuma, treba koristiti napredni filter. Prilikom primene naprednog filtera mora se definisati tzv. kriterijum filtera.

Pri radu s bazama podataka često postoji potreba za organizovanjem podataka određenim redosledom prema kriterijumima koje definiše korisnik. Ovaj proces se može postići **sortiranjem**. Najjednostavniji oblik sortiranja je jednostavno sortiranje, odnosno po jednom kriterijumu. Takođe postoji mogućnost sortiranja na više nivoa, pri čemu se baza podataka sortira prema dva ili više kriterijuma (slika 1.3).



Slika 1. 3. Prikaz prozora Sortiranje s postavljenim kriterijumima za višestruko sortiranje

Izvor: sopstvena studija

Procena značenja skupova podataka može biti teška, posebno kako se količina podataka povećava. Probirati kroz redove neobrađenih podataka u proračunskim tabelama može biti praktično nemoguće uz bilo kakvu nadu da ćete videti dublje značenje. Numerički sažeci mogu biti od pomoći, ali još uvek mogu biti neadekvatni. Pretvaranje ovih numeričkih sažetaka u pivot tabelle i pivot grafikone često ih može učiniti razumljivijima s izvrsnim izgledom i vizualnim prikazom.

Excel korisnicima daje mogućnost izrade pivot tabela i povezanih pivot grafikona. Ovi korisni alati doprinose automatizaciji procesa analize podataka i dopuštaju gotovo trenutne promene u obrascima u kojima su podaci organizovani, kao i u delovima podataka koji se pregledaju. Izveštaji koji zadovoljavaju sve potrebe mogu se trenutno generisati kako bi se odgovorilo na pitanja koja se pojave u vezi s podacima. Pivot tabelle omogućavaju isticanje pojedinačnih podataka radi trenutnog poređenja s drugim podacima, omogućavajući jednostavno poređenje mnogih različitih varijabli.



Primer izveštaja zaokretne tabele koji prikazuje ukupnu vrednost (područje vrednosti) proizvoda koje je prodao svaki dobavljač (područje redova) pojedinačnim izvođačima (područje kolona) prema datom načinu transporta (područje filtera) prikazan je na slici 1.4.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
2	Transport type	(All)												
3	Sum of the value of sales	Column Labels												
4	Row Labels	Company 1	Company 2	Company 3	Company 4	Grand Total								
5	Dickinson	\$213.00	\$193.35	\$97.25		\$503.60								
6	Apples	\$213.00				\$213.00								
7	Apricots			\$97.25		\$97.25								
8	Carrot		\$48.00			\$48.00								
9	Cucumbers		\$145.35			\$145.35								
10	Johnson	\$106.50	\$59.60	\$232.24		\$398.34								
11	Apples	\$106.50				\$106.50								
12	Onion			\$177.19		\$177.19								
13	Pears			\$55.05		\$55.05								
14	Potatoes		\$59.60			\$59.60								
15	Johnson	\$465.00				\$465.00								
16	Plums	\$465.00				\$465.00								
17	Miller	\$247.10	\$180.00	\$465.00	\$58.35	\$950.45								
18	Apples				\$58.35	\$58.35								
19	Cherries	\$26.70				\$26.70								
20	Parsley	\$220.40				\$220.40								
21	Plums		\$465.00			\$465.00								
22	Raspberries		\$180.00			\$180.00								
23	Morisson	\$149.00	\$72.00	\$204.45		\$425.45								
24	Berries		\$72.00			\$72.00								
25	Onion			\$204.45		\$204.45								
26	Potatoes		\$149.00			\$149.00								
27	Morisson	\$251.60				\$251.60								
28	Strawberries	\$251.60				\$251.60								
29	Murphy			\$36.00		\$36.00								
30	Peaches			\$36.00		\$36.00								
31	Savage		\$110.20			\$110.20								
32	Parsley		\$110.20			\$110.20								
33	Savage	\$110.20	\$24.00	\$53.40	\$178.80	\$366.40								
34	Cherries		\$110.20			\$110.20								
35	Parsley			\$24.00		\$24.00								
36	Peaches				\$178.80	\$178.80								
37	Potatoes					\$178.80								
38	Smith	\$270.00	\$69.50	\$135.80		\$475.30								
39	Appicots			\$38.90		\$38.90								
40	Cucumbers			\$96.90		\$96.90								
41	Raspberries		\$270.00			\$270.00								
42	Tomatoes			\$69.50		\$69.50								
43	Smith		\$69.50			\$119.20								
44	Potatoes					\$119.20								
45	Grand Total	\$1 556.90	\$832.55	\$883.05	\$829.04	\$4 101.54								

Izvor: sopstvena studija



Budući da se polja u pivot tabeli mogu postaviti u bilo kojoj konfiguraciji, rezultat je svaki put drugačiji učinak izgleda izveštaja. Slika 1.5 prikazuje zaokretnu tabelu formiranu iz istog izvornog popisa kao pivot tabela na slici 1.4, ali ovaj put predstavlja izveštaj za analizu prosečne količine (područje vrednosti) prodatih proizvoda (područje redova) i isporučenih određenom kupcu (područje filtara) korišćenjem date vrste transporta (područje kolona).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Customer	(All)							
2									
3	Average of Quantity	Column Labels							
4	Row Labels	air	land	maritime	Grand Total				
5	Apples	15			15				
6	Apricots	12,5	12,5		12,5				
7	Berries	15			15				
8	Carrot		10		10				
9	Cherries	10	20		15				
10	Cucumbers	12,5			12,5				
11	Onion		13	15	14				
12	Parsley	10	10	20	13,33333333				
13	Peaches		12,5		12,5				
14	Pears			15	15				
15	Plums		30	30	30				
16	Potatoes	20	25		21,25				
17	Raspberries	10	15		12,5				
18	Strawberries	20			20				
19	Tomatoes			10	10				
20	Grand Total	14,64285714	15,72727273	18	15,6				

PivotTable Fields

Choose fields to add to report:

Search

- ☒ Product
- ☒ Quantity
- ☐ Price
- ☐ The value of sales
- ☒ Transport type
- ☐ Date of sale

More Tables...

Drag fields between areas below:

Filters	Columns
Customer	Transport type
Rows	Values
Product	Average of Quantity

Slika 1. 5. Pivot tabela koja prikazuje Prosečan broj prodatih proizvoda isporučenih pojedinom Kupcu korišćenjem pojedinih vrsta transporta

Izvor: sopstvena studija

Trenutno je među preduzetnicima povećan interes za 'što ako?' proračunske tabele s mogućnostima optimizacije, kao što je **EXCEL Solver** (Microsoft Co). Excel Solver prvenstveno se koristi za rešavanje i optimizaciju dizajna i integracije procesa. Inženjeri praktičari takođe koriste proračunske tabele za mnoge zadatke, budući da optimizacija procesa postaje sve češći zadatak u sintezi, dizajnu i integraciji procesa.

Solver se zbog svoje korisnosti vrlo često koristi u procesu donošenja odluka za optimizaciju pitanja kao što su: učinkovito korišćenje postojećih materijala, smanjenje troškova isporuke i transporta, određivanje obima proizvodnje ili određivanje najboljeg višesmernog rasporeda rada.

Solver je besplatni dodatak za proračunsku tabelu Microsoft Excel. Excel Solver ima dva nelinearna neograničena optimizatora, kvazi-Newton metodu i metodu smanjenog gradijenta. Oni se koriste unutar algoritma *Generalized Reduced Gradient* za rešavanje problema



ograničene optimizacije. Linearna simpleks metoda s ograničenjima na varijable i metoda grananja i povezivanja mogu se koristiti za rešavanje linearnih i celobrojnih problema. Pristup koji se koristi za dobijanje boljih početnih procena osnovnih varijabli u bilo kom jednodimenzionalnom pretraživanju može se odrediti u opcijama Solvera. Može se koristiti linearna ekstrapolacija iz tangentnog vektora ili kvadratna ekstrapolacija, što može poboljšati rezultate za izrazito nelinearne probleme. Takođe je moguće specificirati diferencijalnu metodu za procenu derivacija funkcija cilja i ograničenja: napred, kada se vrednosti ograničenja menjaju relativno sporo, ili središnju metodu, koja se koristi za probleme kada se ograničenja brzo menjaju, posebno blizu granica aktivnih ograničenja (Ferreira i dr., 2004).

Kako biste izvršili izračunavanje, prvo morate započeti s kodiranjem sadržaja Excel radnog lista i postaviti formulu koja izračunava funkciju u odabranu ćeliju. Vrednosti parametara funkcije, kao i argumenti koji se traže, moraju biti kodirani u ćelijama odabranog raspona radnog lista. Osim toga, treba spremiti formule potrebne za uključivanje varijabilnih ograničenja u izračunavanje. Zatim bi se trebao prikazati dijaloški okvir Solver, dizajniran da odredi odnose potrebne za postizanje rešenja. U prozoru, pozivajući se na adrese ćelija, treba označiti (Bomba i April, 2012):

- ciljna ćelija, npr. \$A\$2,
- tražene vrednosti funkcije cilja (Max, Min ili Value),
- raspon traženih varijabli, npr. \$H\$8:\$H\$13,
- relacije ograničenja,
- metoda rešenja (nelinearni GRG, LP simpleks ili evolucijski).

Solver će izvršiti izračunavanje optimizacije kada se pritisne dugme Reši, što će rezultovati prikazanim izveštajem s rezultatima.

Opis zadatka: Preduzeće proizvodi dva proizvoda: A i B. Svaki od njih stvara dobit, ali zahteva različitu količinu radnog vremena i materijala (ulazni podaci se nalaze u tabeli 1.1).

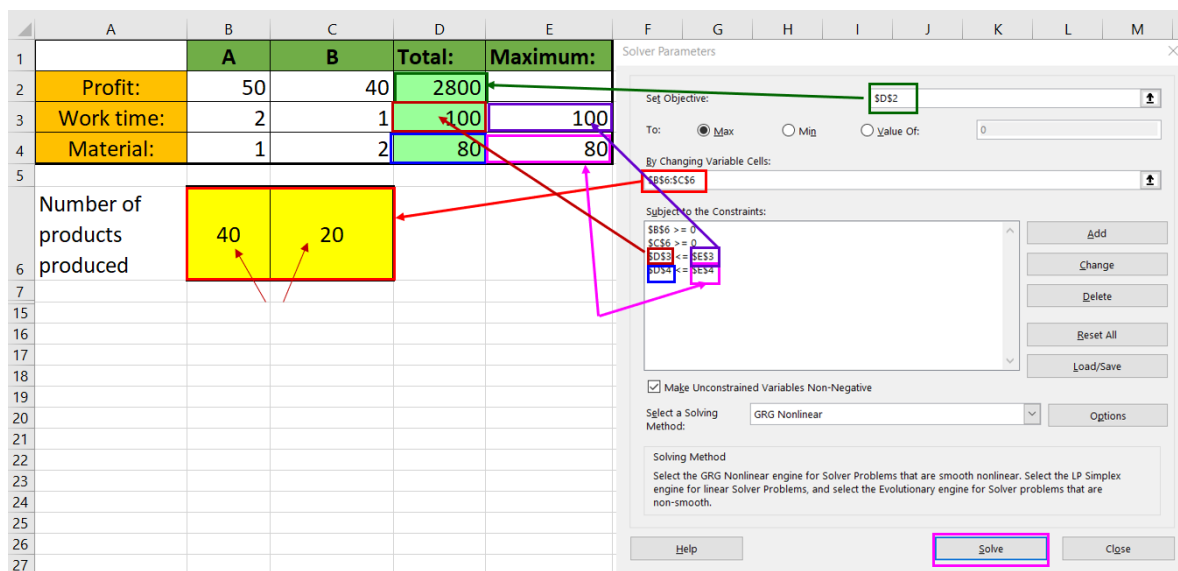


Tabela 1. 1. Ulazni podaci za zadatak optimizacije koji rešava Solver

Maximum	Product	Profit per unit	Work time (hours)	Material (kg)
	A	50	2	1
	B	40	1	2
Work time			100	
Quantity of materials				80

Izvor: sopstvena studija

Odredite koliko jedinica svakog proizvoda treba proizvesti kako bi se maksimizirao profit, uz ograničenja radnog vremena i dostupnosti materijala?



Slika 1. 6. Primena Solvera na primeru zadatka optimizacije

Izvor: sopstvena studija

Makronaredbe u Excelu su nizovi naredbi napisani u programskom jeziku Visual Basic for Applications (VBA), koje omogućavaju automatizaciju radnji koje se često izvode u proračunskoj tabeli. Zahvaljujući makronaredbama, niz zamornih i ponavljajućih operacija može se svesti na jedan klik dugmeta ili kombinaciju tipki. Ako se više istih operacija često izvodi na nekim podacima u preduzeću, verovatno je da se one mogu automatizovati pomoću makronaredbe. Očito je vredno stvoriti univerzalnu makronaredbu, sposobnu izvršiti sled specifičnih radnji ne samo na jednom podatku, već i ako se izgled podataka malo promeni ili ako se broj podataka poveća ili smanji. Iz tog razloga, prilikom dizajniranja makronaredbe,



važno je koristiti naredbu koja se može primeniti na više listova, a ne samo na jedan, u određenoj situaciji.

Primeri automatizacije rada pomoću makroa: (1) automatsko sortiranje podataka, (2) automatski unos podataka, (3) automatsko ispunjavanje obrazaca, (4) automatsko generisanje izveštaja, (5) automatsko kreiranje i obrada obrazaca i anketa, (6) automatska integracija s drugim sistemima.

Microsoft Power Query (PQ) je Microsoft Excel dodatak za proračunske tabele za verzije pre Excela 2016, dizajniran od strane Microsofta za podršku Self-Service Business Intelligence rešenja. Takođe treba naglasiti njegovu korisnost u radu s podacima, njihovom prikupljanju ili analizi. PQ omogućava preuzimanje podataka iz mnogo različitih područja; počevši od relacijskih baza podataka, preko podataka iz SharePointa i operativnog sistema, pa sve do podataka preuzetih s bilo koje web stranice. Dodatna prednost je što omogućava preliminarnu obradu podataka, kao i njihovu pripremu za dalju analizu ili vizualizaciju. Implementacija gore navedenih funkcija moguća je zahvaljujući posebnom jeziku "M", koji se koristi u Power Queryju za izradu formula i daje velike mogućnosti korišćenja naprednih funkcija za rad na podacima pomoću odabranih operatora.

Power Map je dodatak za Microsoft Excel Professional i Office 365 Professional koji vam omogućava stvaranje jasnih geoprostornih vizualizacija vaših podataka direktno iz Excela. U mnogim slučajevima vizualizacije podataka, Power Map potpuno eliminiše potrebu za programiranjem, omogućavajući vam da direktno radite s podacima u proračunskoj tabeli i prikazujete odnose direktno na karti. Kao koristan alat za otklanjanje grešaka, omogućava vam preuzimanje informacija iz baze podataka, njihov uvoz u Excel, vizualizaciju i izvođenje zaključaka bez potrebe za pisanjem koda za iscrtavanje podataka na karti (Au i Rischpater, 2015).

Power Map može pomoći u stvaranju 3D vizualizacija iscrtavanjem do milion podataka kao karata sa stubcima, kružićima i toplotnih karti na Bing karti. Ako podaci imaju vremenski žig, takođe mogu stvoriti interaktivne prikaze koji pokazuju promenu podataka tokom vremena i prostora (Clark, 2014).



1.5. Primene proračunskih tabela u raznim sektorima

Excel tabele se najčešće koriste kao alat u proizvodnim kompanijama koje nemaju integrisane informacione sisteme.

Prva asocijacija na korišćenje proračunskih tabela su naravno razne vrste kancelarijskih poslova. Koristi se za izradu popisa zaposlenih, izveštaja o prodaji i izračunavanje plata zaposlenih. Programi ove vrste takođe se široko koriste u računovodstvu, zahvaljujući naprednim funkcijama finansijskog izračunavanja. Grafikoni i pivot tabele dostupni u proračunskim tabelama takođe vam pomažu da vizualizujete kamate koje se nakupljaju prilikom prodaje finansijskih proizvoda, kako u bankarstvu, osiguravajućim društvima tako i u investicionom sektoru. Osim toga, proračunske tabele takođe se koriste za prikupljanje i obradu informacija potrebnih za optimizaciju procesa i mašina koje se koriste u industriji. Inherentna upotreba listova takođe uključuje izradu različitih vrsta uzoraka i predložaka za komercijalne ponude (www_1.2).

Excel se takođe koristi u području logistike. Logističari u svom radu vrlo često koriste proračunske tabele kao podršku odlukama na području logistike, kao što su :

1) Analiza kontrole zaliha:

- analizu strukture, dinamike i obima nabavke,
- analiza kompletnosti i prikladnosti zaliha,
- pokazatelji produktivnosti zaliha,
- analiza troškova vezanih uz zalihe.

2) Dinamička analiza razvoja logističkih mera tokom vremena pomoću pivot tabele:

- analiziranje i upoređivanje troškova nabavke,
- poređenje pokazatelja tokom vremena,
- viševalutne analize i proračuni,
- analiza opsežnih baza podataka pomoću pivot tabele,
- analiza u oblasti prometa.

3) Grafički prikaz podataka u izveštajima u obliku različitih vrsta grafikona.

4) Proračunski i operativni logistički izveštaji.



Excel tabela se koristi kao pouzdan alat za pripremu složenih izveštaja kada postoje problemi s čitanjem istih nakon što su ih generisali logistički sistemi kao što su ERP ili WMS, koji imaju sopstvene sisteme za izveštavanje. Pivot tabele su vrlo korisne jer se ne mogu kreirati u drugim informatičkim sistemima koji podržavaju logističke procese, a one kreirane u Excelu su jasne, razumljive i transparentne (www_1.3).

Logistika je područje menadžmenta gde se često susrećemo s merljivim vrednostima koje se mogu opisati matematičkim modelom, što Excel čini idealnim za analizu specifičnih pitanja donošenja odluka u području logistike. Evo primera nekih od njih:

- koordinacija protoka resursa u lancu snabdevanja,
- realizacija transportnih zadataka,
- minimizacija praznih vožnji u transportu,
- posrednički problemi,
- problem trgovačkog putnika,
- model ekonomske (optimalne) količine narudžbine,
- optimizacija proizvodnog asortimana za maksimiziranje profita,
- planiranje kapaciteta i potražnje materijala u proizvodnom preduzeću,
- optimizacija proizvodnje i distribucije proizvoda,
- optimizacija realizacije naloga,
- XYZ analiza u upravljanju zalihama,
- rešavanje problema kalkulacije cena logističkih usluga,
- višekriterijumska analiza i evaluacija.

Pitanja poglavlja

1. Koji su glavni izazovi vezani uz upravljanje informacijama i podacima u kontekstu dinamički promjenjivog okruženja organizacija i logističkog sistema?
2. Koje radnje organizacije mogu preduzeti kako bi osigurale visokokvalitetne informacije i ispunile očekivanja korisnika u kontekstu upravljanja lancem snabdevanja?
3. Koje su prednosti korišćenja proračunskih tabela u analizi podataka i prezentaciji rezultata u različitim projektima?



LITERATURA

Au, C. i Rischpater, R., (2015). Power Map for Excel. Microsoft Mapping, Geospatial Development in Windows 10 with Bing Maps and C#. Second Edition, Apress, 159-165.

Broman, K.W. i Woo, K.H. (2018). Data Organization in Spreadsheets, The American Statistician, Taylor i Francis Group, Vol. 72, No.1, 2–10.

Clark, D., (2014), Beginning Power BI with Excel 2013. Self-Service Business Intelligence Using Power Pivot, Power View, Power Query, and Power Map, Apress.

Ferreira, E., Lima, R. i Salcedo, R., (2004). Spreadsheets in Chemical Engineering Education – A Tool in Process Design and Process Integration, Int. J. Engng Ed. Vol. 20, No. 6, 928-938.

Shinsato Jr, Ch., de Mattos Veroneze G., da Costa Craveiro, J M., Neto, T M. (2023). Proposal of an inventory control system based on the flow of materials in a warehouse using Excel/VBA, E-tech-Vol.16, Iss:1

Szymczak, M. (ed) (2011). Decyzje logistyczne z Excelem, Difin S.A., Warszawa.

Szymonik, A. (2010). Technologie informatyczne w logistyce, Placet, Warszawa.

Szymonik, A. (2015). Informatyka dla potrzeb logistyka (I), Difin S.A., Warszawa.

Zhang, C. i Shao, X. (2020). Research on intelligent analysis of port logistics information based on dynamic data mining, Journal of Coastal Research, vol. 115.

(www_1.1) <https://blog.strefakursow.pl/wprowadzenie-do-analizy-danych-kluczowe-pojecia-i-narzedzia-dla-poczatkujacych/> , (pristup 2024.01.04)

(www_1.2) <https://www.xblue.pl/co-to-jest-i-do-czego-sluzy-arkusz-kalkulacyjny/> , (pristup 2024.01.04)

(www_1.3) <https://www.projektgamma.pl/strefa-wiedzy/wiki-eksperckie/microsoft-office-excel-w-logistyce/> , (pristup 2024.01.04)



2. METODE VIZUALIZACIJE PODATAKA

U poglavlju se govori o vizualizaciji podataka i njenoj upotrebi za efikasniju i precizniju analizu podataka. Najvažnija pitanja ovog poglavlja uključuju:



- potrebe za korišćenjem vizualizacije podataka i njene prednosti,
- vrste vizualizacije podataka – kada i koje vizualizacije koristiti,
- poređenje karata s obzirom na njihova svojstva,
- opisivanje upravljačkog panela,
- opisivanje koncepta kreiranja upravljačkog panela.

2.1. Uvod

U današnje vreme nemoguće je zamisliti funkcionisanje sveta bez analize podataka. Uz obilje dostupnih informacija, vizualizacija podataka je jedan od najvažnijih alata koji pomaže u njihovom razumijevanju, donošenju zaključaka i posledično donošenju poslovnih odluka (Buono, 2016). Metode vizualizacije pomažu analizi podataka i njihovoj transformaciji u informacije i znanje o poslovanju. Zahvaljujući vizualizaciji podataka, lakše je donositi poslovne odluke na osnovu činjenica, a ne samo osećaja (Graudina i Grundspenkis, 2005). Same metode vizualizacije podataka razvijaju se s razvojem tehnologije, uglavnom BI alata (alati poslovne inteligencije). Upravo je razvoj BI-a popularizovao upravljačke panele (Dashboard) koje korisnicima omogućavaju analizu i praćenje podataka u stvarnom vremenu (Tezel i dr., 2009).

Ovo poglavlje pokriva izbor različitih vrsta grafikona i raspravlja o procesu stvaranja upravljačkog panela. Postoje mnoge vrste grafikona, uključujući stubičaste grafikone, linijske grafikone, pita grafikone, površinske grafikone, berzanske grafikone, radarske karte ili polarni grafikoni, prstenaste grafikone, tačkaste grafikone, levkaste grafikone, raspršene grafikone, ali



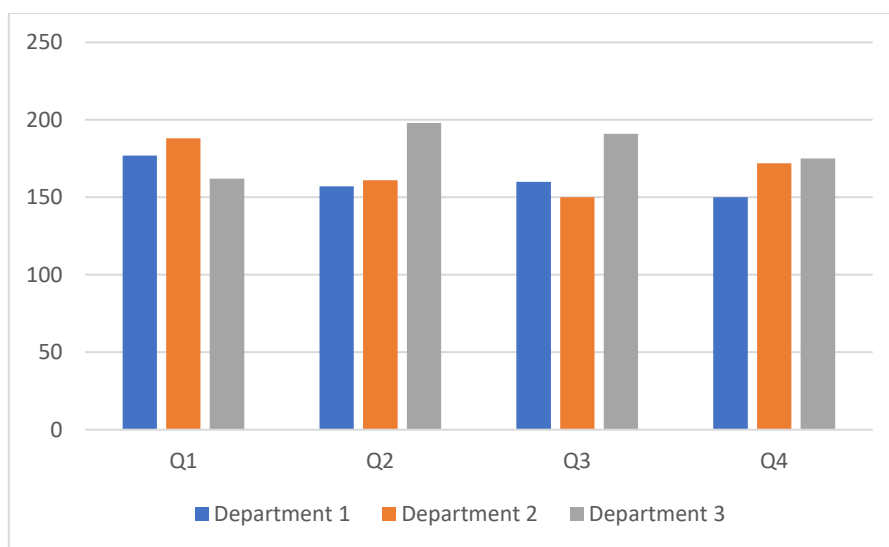
i histograme, toplotne karte i karte stabala. Izbor grafikona treba prilagoditi vrsti podataka koji se analiziraju i treba biti uvlovljen potrebom analize koja se sprovodi.

Sve vrste vizualizacija podataka omogućavaju bolje razumevanje. Vizualizacije omogućavaju obraćanje pažnje na najvažnije stvari, kao što su odstupanja i trendovi. Dodatno, predstavljanje podataka na grafikonima, kartama i upravljačkim panelima transformiše podatke u informacije, što može rezultovati približavanjem znanju potrebnom za donošenje poslovnih odluka (Hansoti, 2010).

2.2. Metode vizualizacije podataka

Stubičasti grafikoni

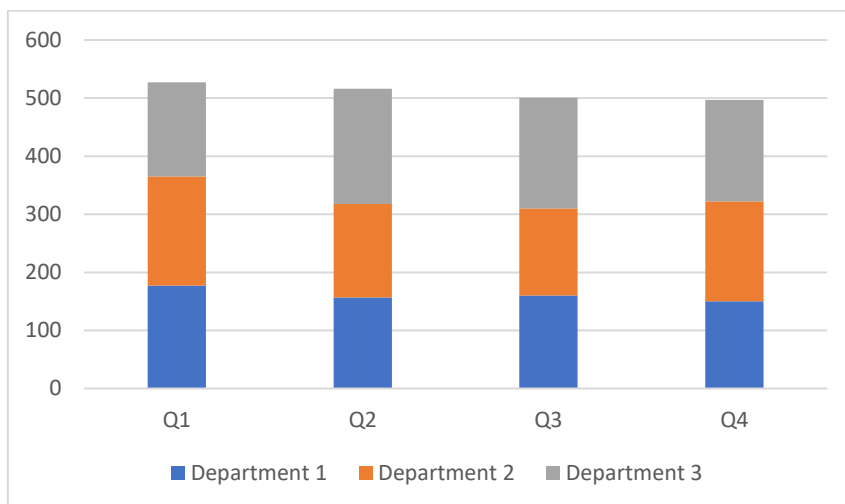
Stubičasti grafikoni (vertikalni raspored) i trakasti grafikoni (vodoravni raspored) neki su od najpoznatijih i najkorišćenijih grafikona. Oni koriste stubove za prikaz vrednosti podataka o kategoriji, gde dužina stubaca predstavlja vrednost podataka. Što je veća vrednost, to je stubac viši ili traka duža. Zahvaljujući stubičastim grafikonima možete uporediti veličinu kategorija i, pre svega, uporediti razlike među njima. Kategorije mogu biti vreme, merenje (npr. prodaja, troškovi, marža), mesto, lokacija. Grafikoni mogu biti složeni, gde će nekoliko kategorija biti u jednoj traci po vremenu, ili grupisani, gde će sve kategorije biti jedna pored druge. Pojedinačne kategorije mogu se grupisati zajedno (www_2.1).



Slika 2. 1. Grupisani stubičasti grafikon

Izvor: sopstvena studija

Na prikazanim slikama 2.1 i 2.2 možete uočiti razlike između naslaganog i grupisanog grafikona. Grafikoni se mogu grupisati na različite načine, tako da možemo gledati iste podatke iz različitih perspektiva. Stubičasti dijagrami često se koriste za prikaz prodajnih rezultata, marži po okrugu ili za prikaz podrške političkim strankama tokom izbora.



Slika 2. 2. Složeni stubičasti grafikon

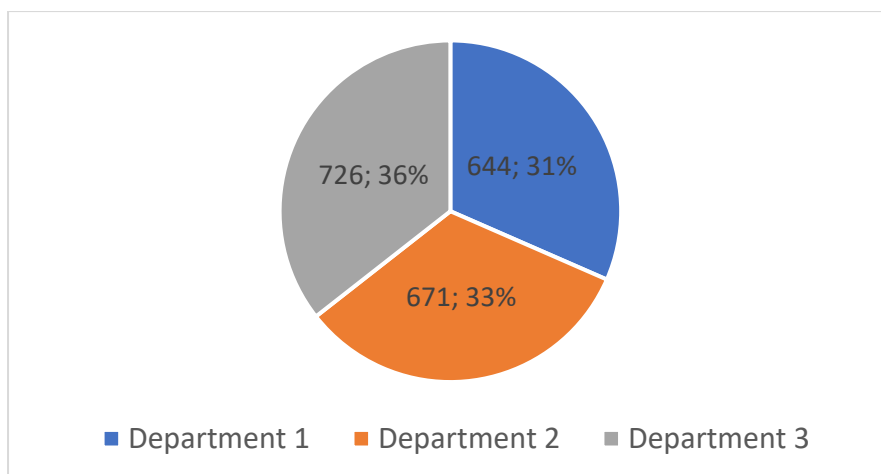
Izvor: sopstvena studija



Pita grafikoni

Pita grafikoni su još jedan popularan grafikon koji pokazuje doprinos različitih kategorija ukupnoj metrici. Grafikon se ne sme koristiti za vremenski osetljive podatke, ali вреди za agregatnu analizu (godina, kvartal, mjesec). Grafikon ističe dominantnu kategoriju u smislu npr. prodajne vrednosti (www_2.1).

Slika 2.3 prikazuje distribuciju prodaje u kružnom grafikonu. Što je veći udeo vrednosti ispitivane kategorije u celini, to je sektor kruga veći. Grafikon se može uspešno koristiti kada se prikazuje struktura proračuna ili struktura prodaje po odeljenju ili podružnici (www_2.2).

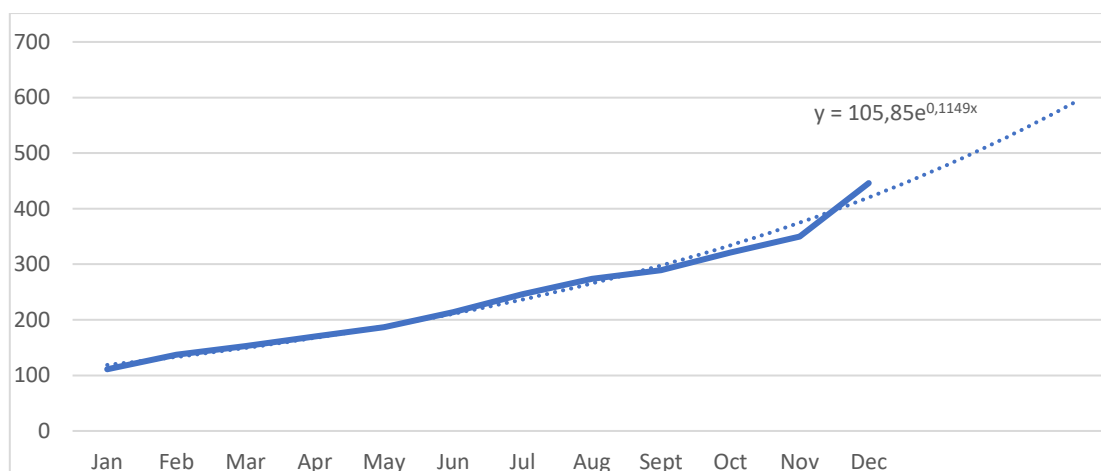


Slika 2. 3. Pita grafikon

Izvor: sopstvena studija

Linijski grafikoni

Linijski grafikoni su grafikoni koji se mogu koristiti za prikaz podataka tokom vremena. Zahvaljujući ovom pristupu, možemo jednostavno analizirati trend, dinamiku trenda ili čak prognozirati vrednosti u budućnosti (www_2.3).



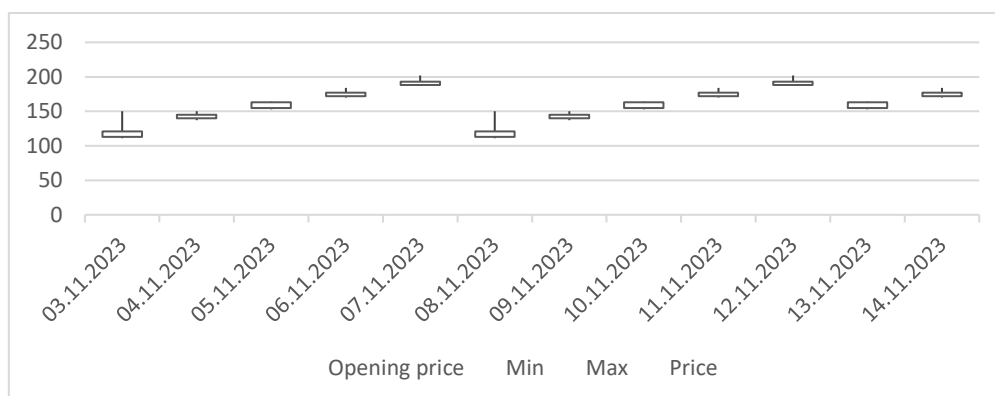
Slika 2. 4. Linijski grafikon

Izvor: sopstvena studija

Slika 2.4 prikazuje prodaju po mesecima, pokazujući eksponencijalni trend te prodaje. Linijski grafikon je kombinacija tačaka koje pokazuju veličinu određene kategorije tokom vremena. Grafikoni se mogu koristiti za prikaz kursa valuta ili za prikaz trenda prodaje određenog proizvoda (www_2.1).

Berzanski grafikoni

Berzanski grafikoni se koriste za prikaz cena deonica na berzi. Grafikon može prikazati cenu otvaranja, cenu zatvaranja te minimalne i maksimalne vrednosti u određeno vreme (www_2.4).



Slika 2. 5. Stock chart

Izvor: sopstvena studija



Slika 2.5 u nastavku prikazuje početnu i zaključnu cenu deonice od 3. do 14. novembra 2023. godine, zajedno s maksimalnim i minimalnim vrednostima u ovom rasponu. Grafikon se koristi za prikaz cena deonica i valuta (www_2.2).

Površinske karte

Površinski grafikoni daju vam mogućnost predstavljanja trodimenzionalnih podataka na dvodimenzionalnom grafikonu. Omogućavaju vam da prikazete dve nezavisne varijable s jednom zavisnom varijablom. Zavisna varijabla prikazana je različitim bojama ili visinama. Grafikon se može koristiti, na primer, za modeliranje topografije terena (www_2.5).

Polarni grafikoni

Polarni grafikoni (još se nazivaju i raderski grafikoni) koriste se za prikaz više varijabli za odabrane kategorije. Grafikon se ne koristi u vremenskoj perspektivi, već se koristi za procenu zadate kategorije, npr. za procenu sposobnosti sportskog igrača i njegovih veština, ali i za procenu da li ponuđač usluga ispunjava kriterijume (www_2.4).



Slika 2. 6. Radarska karta

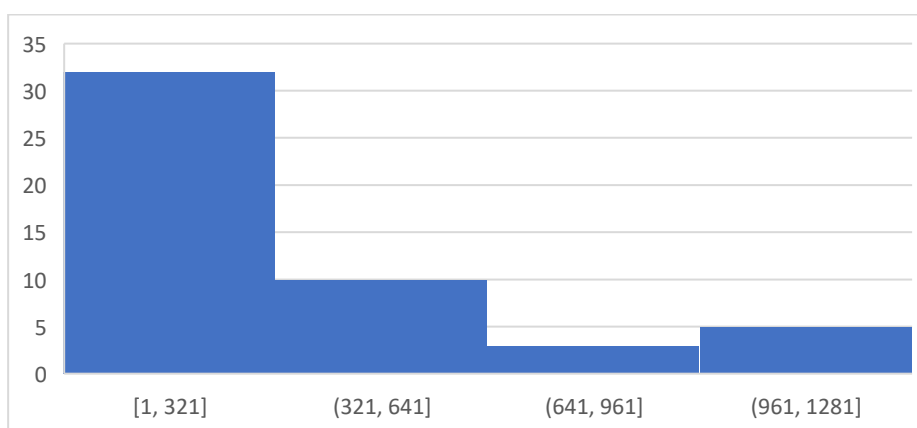
Izvor: sopstvena studija

Slika 2.6 prikazuje radarsku kartu koja ocenjuje pojedinačne karakteristike svakog dobavljača. Grafikon omogućava međusobno upoređivanje kako bi se odabrao dobavljač koji najbolje odgovara potrebama subjekta koji analizira.



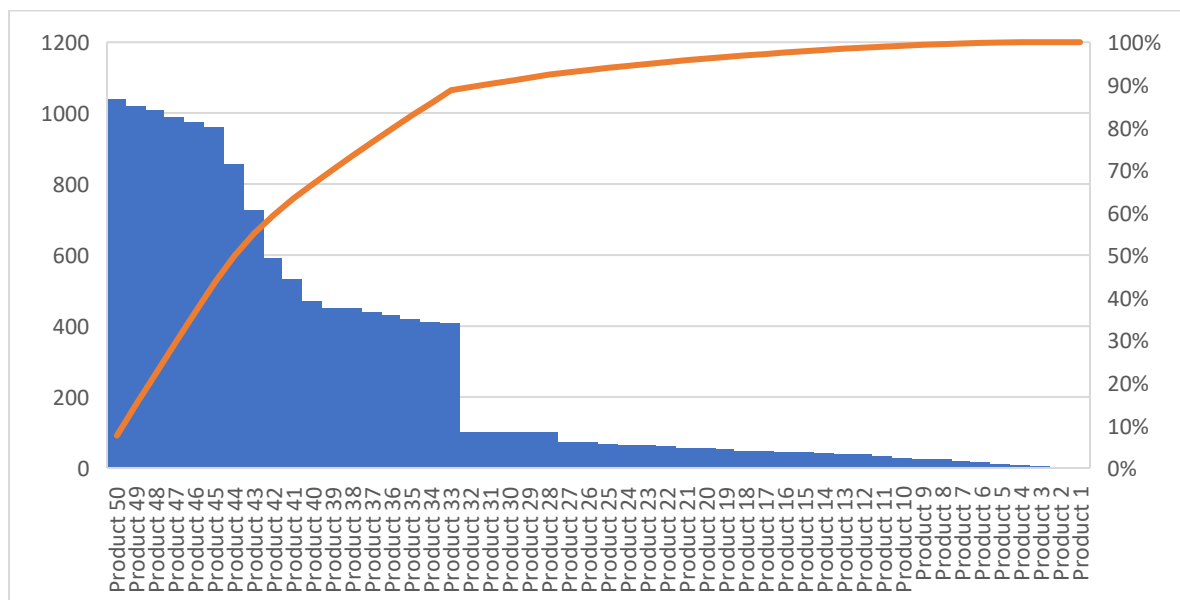
Histogrami

Histogrami se mogu koristiti za prikaz distribucije numeričkih podataka, što poboljšava razumevanje distribucije oko srednje vrednosti i omogućava prepoznavanje veličina grupa. Histogrami se koriste za statistička istraživanja, uključujući ispitivanje distribucija u određenoj populaciji (www_2.2).



Slika 2. 7. Histogram

Izvor: sopstvena studija



Slika 2. 8. Pareto dijagram

Izvor: sopstvena studija

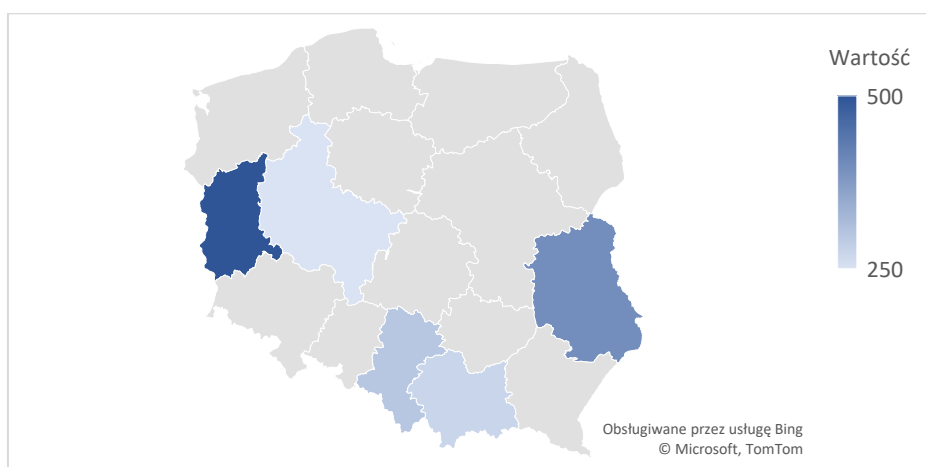


Slike 2.7 i 2.8 prikazuju distribuciju prodaje koristeći histogram, Pareto i Lorenzovu krivu. Vidljive su tri grupe, gde najveći skup čine najmanji kupci. Koristeći Pareto grafikon možete obratiti pažnju na to koliko je najvećih kupaca odgovorno za koji procenat prodaje.

Toplotne karte

Toplotne karte se koriste za vizualizaciju podataka uzimajući u obzir geolokaciju ili teritorijalne jedinice. Označena područja postaju sve tamnija s višim vrednostima. Karte takođe mogu sadržavati različite vrste grafikona. Takođe možete iscrtati vremensku osu na kartama, tako da možete posmatrati promene vrednosti za odabranu lokaciju ([www_2.4](#)).

Slika 2.9 prikazuje toplotnu kartu koja ističe prodaju po regionima. Vidi se da je najveća prodaja u Lubuskom vojvodstvu u Poljskoj.

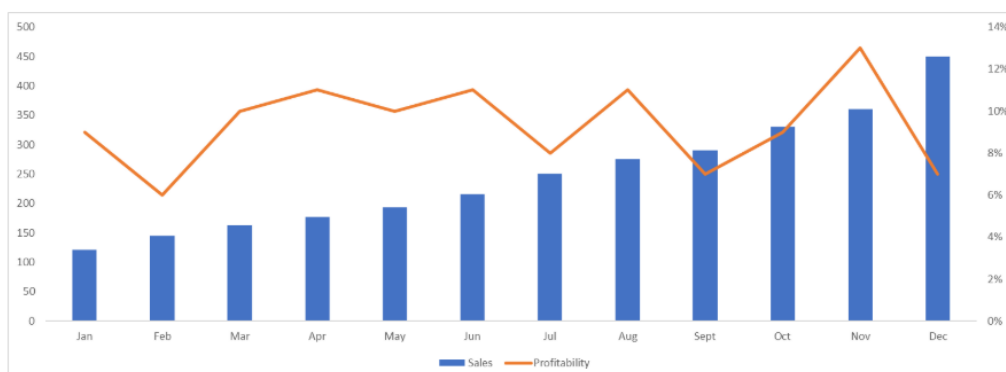


Slika 2. 9. Toplotna karta

Izvor: sopstvena studija

Kombinovani grafikon

Kombinovani grafikon su kombinacija nekoliko gore navedenih grafikona. Mogu se koristiti za vizualizaciju raznih podataka. U takvim grafikonima možete koristiti pomoćnu osu (sa podacima) za praktičniju vizualizaciju podataka. Takav se grafikon može koristiti za analizu, na primer, prodaje i profitabilnosti ([www_2.2](#)).



Slika 2. 10. Kombinovani grafikon

Izvor: sopstvena studija

Slika 2.10 prikazuje prodaju s profitabilnošću korišćenjem sekundarne ose. Grafikon se može koristiti za mnoge analize gde postoji potreba za korišćenjem različitih grafikona.

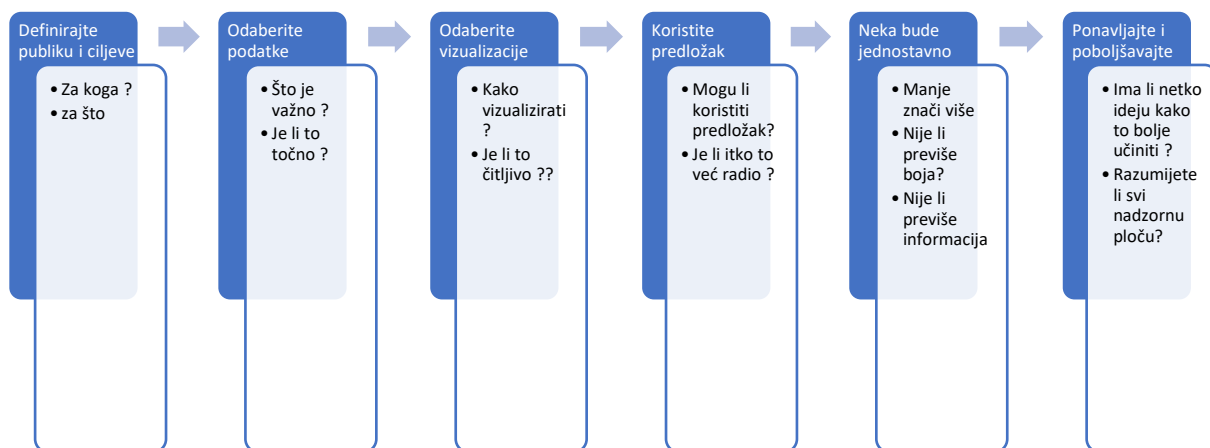
Upravljački panel (Dashboard)

Upravljački paneli su skup mnogih dijagrama, mapa i tabela koje omogućavaju praćenje i analizu podataka, KPI-ja te operativnih i finansijskih rezultata. Upravljački paneli mogu prikazati rezultate u stvarnom vremenu i mogu biti potpuno fleksibilne i kaskadne. Interaktivnost nadzornih ploča omogućava produbljivanje analize i prelazak s opšteg na specifično. Svrha upravljačkih panela je podrška upravljanju poslovanjem, odnosno podaci moraju pružiti informacije potrebne za donošenje poslovnih odluka (www_2.2).

Upravljačke panele možemo uporediti, kao što ime govori, s upravljačkom tablom automobila koja sadrži najvažnije informacije, indikatore, merače i trendove u odnosu na podatke koji se ispituju (www_2.6). Interaktivnost, odnosno filtriranje podataka, mogućnost prelaza od opšteg prema specifičnom, glavna je karakteristika nadzornih ploča. Bilo koja vrsta interaktivne tipke/filtera trebala bi biti jednostavna za korišćenje i s kojom bi se svakodnevno radilo (www_2.6).

Upravljački paneli omogućavaju brzo i efikasno donošenje odluka analitičarima i menadžerima pružajući informacije o realizaciji procesa, tako da svi primaoci upravljačkih panela mogu bolje razumeti poslovanje. Dodatna pogodnost je praćenje ostvarenja ciljeva i fokusiranje na najvažnije informacije. Još jedna prednost je što možete jednostavno izolovati

najmanje učinkovite faze procesa ili najveća odstupanja od ciljeva, što vam omogućava puno brže uvođenje korektivnih mera. Upravljački paneli imaju prednost u odnosu na tradicionalne izveštaje u tome što prikazuju podatke u praksi u stvarnom vremenu (www_2.7).



Slika 2. 11. Kako kreirati upravljački panel

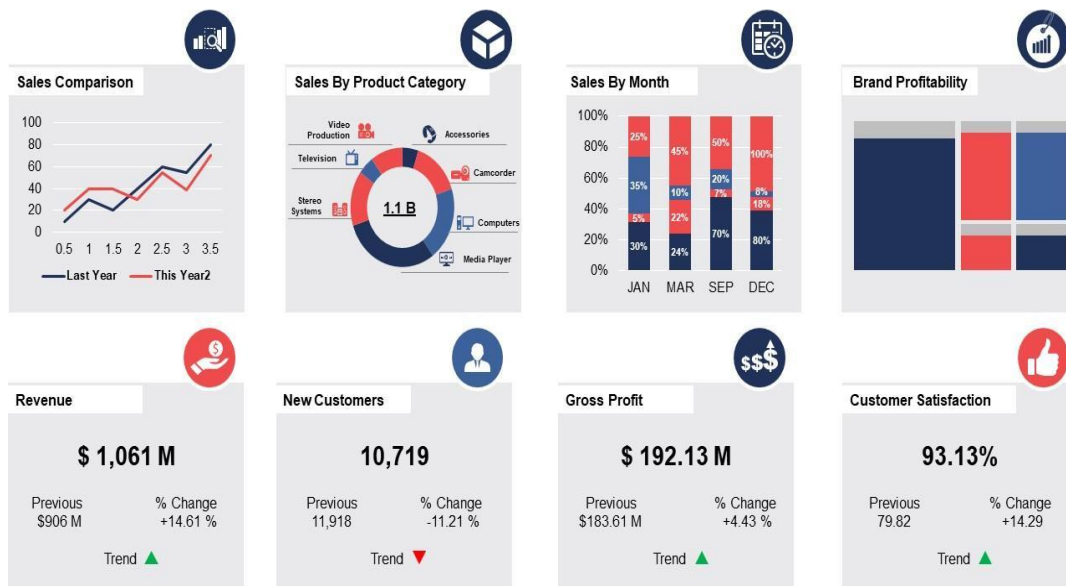
Izvor: sopstvena studija na temelju: (www_2.8)

Slika 2.11 prikazuje korake u izradi upravljačkog panela. Najvažnije je znati razlog izrade izveštaja, kome on treba pomoći da bolje radi svoj posao i šta želimo postići. Sledeći korak je znati koje podatke koristiti i proveriti jesu li tačni. Sledeći korak je odgovarajuće prilagođavanje vizualizacije podacima ili korišćenje dostupnih predložaka. Poslednji su koraci najvažniji, jer pri izradi upravljačkog panela moramo imati na da a trebala biti korisan korisniku. To znači da mora biti čitljiva, transparentna, oku prijatna kao i da je kreator nadzorne ploče treba modifikovati ako to primalac zahteva (www_2.8).

Slika 2.12 prikazuje primer upravljačkog panela prodaje, koja prikazuje prodaju najvećim kupcima i upoređuje ih s prošlom godinom. Takođe je uzeto u obzir ostvarenje prodajnih ciljeva i podela prodaje po regionima. Upravljački paneli prodaje omogućavaju praćenje prodaje i brzu intervenciju u slučaju neočekivanih padova ili neispunjenja proračuna.



Sales Performance Dashboard Template 1 of 2



Slika 2. 12. Primer upravljačkog panela prodaje

Izvor: (www_2.9)

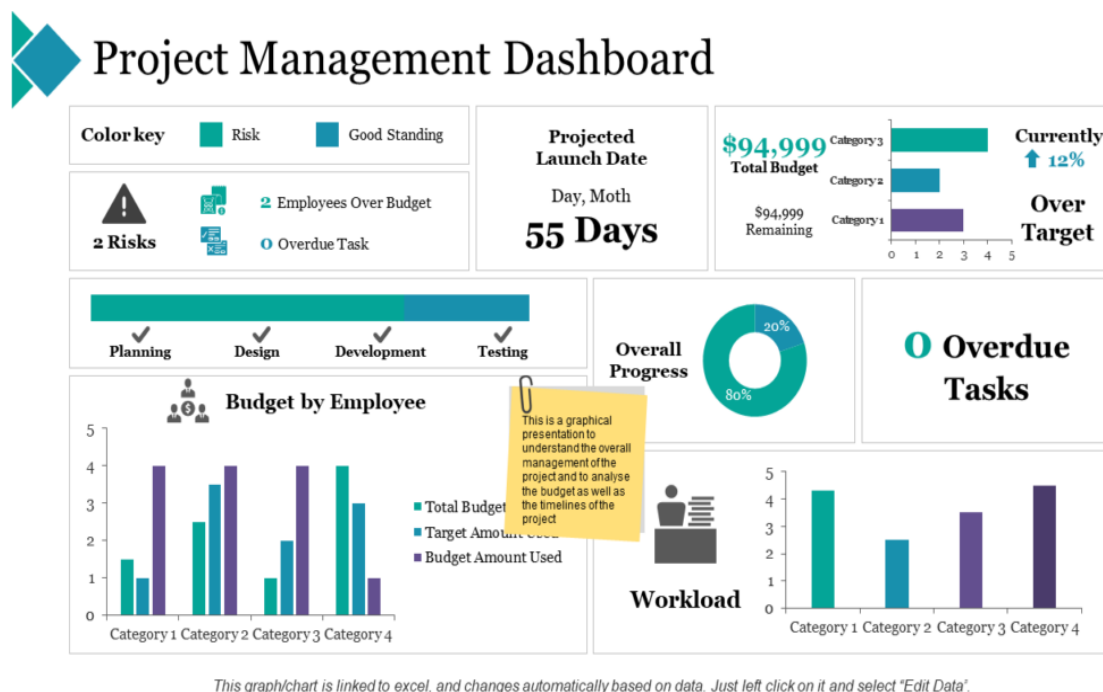


Slika 2. 13. Upotreba upravljačkih panela

Izvor: sopstvena studija na osnovu: (www_2.8)



Slika 2.13 prikazuje moguće upotrebe upravljačkog panela. Praktično ne postoji polje u kojem se upravljački paneli ne mogu koristiti za poboljšanje procesa i donošenje ispravnih poslovnih odluka. Vizualizacija podataka pomoću upravljačkih panela gradi svest zaposlenih o aktivnostima u svim mogućim procesima.



Slika 2. 14. Primer operativnog upravljačkog panela

Izvor: (www_2.10)

Slika 2.14 prikazuje primer upravljačkog panela koji podržava upravljanje projektima. Vizualizacija podržava pregled napretka rada i ukazuje na rizične faze. Vizualizacija koristi nekoliko vrsta grafikona koji su međusobno grafički konzistentni.

Upravljačke panele je najlakše izraditi pomoću programa kao što su Power BI, Qlik, Tableau, Google Data Studio i drugih alata Business Intelligence. Dodatno, alternativna opcija je korišćenje najpopularnijeg "spreadsheeta", tj. MS Excela.

2.3. Vrste uporednih grafikona

Vizualizacija podataka je mogućnost upoznavanja podataka i izvlačenja znanja iz njih koja podržavaju vođenje poslovanja. Odgovarajući izbor grafikona, karata ili sveobuhvatno



kreiranih upravljačkih panela može izgraditi konkurentsku prednost. Alati bi trebali omogućiti ulazak u detalje analize, tako da primalac vizualizacije može izvući zanimljive zaključke.

Tabela 2.1 upoređuje svojstva tipova grafikona koji se mogu koristiti za analizu podataka. Na osnovu tabele možete odabrati odgovarajuću vrstu grafikona za svoje potrebe.

Tabela 2. 1. Tabela koja upoređuje vrste grafikona prema njihovim svojstvima

Vrsta grafikona	Prikladno za analizu trendova	Ispravno pokazuje meru vremena	Savršeno za upoređivanje veličina kategorija	Učinkovito u prikazivanju procentualnih podataka	Dobar za predstavljanje odnosa između varijabli	Dostupno široj zajednici
Stubičasti	Ne	Da	Da	Da	Ne	Da
Linija	Da	Da	Ne	Ne	Da	Da
Pita	Ne	Ne	Da	Da	Ne	Da
Površina	Ne	Ne	Da	Da	Ne	Da
Zalihe	Da	Da	Ne	Ne	Da	Da
Površinski	Ne	Ne	Ne	Ne	Da	Da
Radar	Ne	Ne	Da	Ne	Da	Ne
Rasipanje	Ne	Ne	Ne	Ne	Da	Da
Histogram	Ne	Ne	Da	Ne	Ne	Da
Toplotna karta	Ne	Ne	Da	Da	Ne	Da
Kombinacija	Da	Da	Da	Da	Da	Da

Izvor: sopstvena studija



Pitanja poglavlja

1. Koji su neki od izazova koji se mogu pojaviti prilikom izrade upravljačkih panela?
2. Da li izbor vrste grafikona utiče na tumačenje podataka i donošenje odluka? Obrazložite svoj odgovor.

LITERATURA

Buono, P. (2016). Visualizing Transportation Routes for Data Analysis in Logistics, 210-215. 10.18293/DMS2016-040.

Graudina, V. i Grundspenkis, J. (2005). Technologies and Multi-Agent System Architectures for Transportation and Logistics Support: An Overview. s.l., International Conference on Computer Systems and Technologies.

Hansoti B. (2010). Business Intelligence Dashboard in Decision Making (Unpublished master thesis). College of Technology Directed Projects. Paper 15. <http://docs.lib.purdue.edu/techdirproj/15>

Tezel, A. i Koskela, L. i Tzortzopoulos, P. (2009). The Functions of Visual Management. Presented at International Research Symposium, Salford, UK.

(www_2.1) <https://www.ibm.com/docs/en/planning-analytics/2.0.0?topic=charts-chart-types> , (pristup 2023.11.09)

(www_2.2) <https://powerbi.microsoft.com/en-us/excel-and-power-bi/> , (pristup 2023.11.09)

(www_2.3) <https://www.simplilearn.com/types-of-data-visualization-article> , (pristup 2023.11.09)

(www_2.4) <https://datavizcatalogue.com/> , (pristup 2023.11.09)

(www_2.5) <https://visme.co/blog/data-visualization-types/> , (pristup 2023.11.09)

(www_2.6) <https://www.arimetrics.com/en/digital-glossary/dashboard> , (pristup 2023.11.09)

(www_2.7) <https://insightsoftware.com/encyclopedia/dashboards-dashboarding/> , (pristup 2023.11.09)



(www_2.8) <https://www.tableau.com> , (pristup 2023.11.09)

(www_2.9) <https://www.slideteam.net/sales-performance-dashboard-sales-comparison-sales-by-product-category.html> , (pristup 2023.11.09)

(www_2.10) <https://www.slideteam.net/blog/operational-dashboard-templates-ppt-presentation> (pristup 2023.11.09)



3. OPTIMIZACIJA U UPRAVLJANJU LANCEM SNABDEVANJA

U poglavlju su prikazana najvažnija pitanja vezana uz upravljanje zalihama. Poseban naglasak stavljen je na analizu logističkih podataka, za šta se može koristiti proračunska tabela. Ovde je opisano sledeće :



- koncept optimizacije u logistici,
- uloga skladišta u lancu snabdevanja,
- određivanje skladišnog prostora,
- odabrane metode upravljanja zalihama u lancu snabdevanja,
- alat Solver.

3.1. Uvod

Optimizacija u logistici je proces pronalaženja najučinkovitijeg načina organizovanja protoka robe, informacija i resursa kroz ceo lanac snabdevanja, od početne do konačne tačke, uz minimiziranje operativnih troškova uz istovremeno osiguranje visokog kvaliteta i ispunjavanje zahteva kupaca (Reszka, 2012). Cilj optimizacije u logistici je poboljšati različite aspekte aktivnosti, kao što su (Antoniuk i dr., 2021; Gupta i dr., 2022):

- smanjenje vremena protoka robe,
- optimizacija troškova transporta, skladištenja i rukovanja,
- poboljšanje kvaliteta logističke usluge,
- povećana fleksibilnost i osetljivost na promene potražnje,
- smanjenje nivoa zaliha uz osiguranje kontinuiteta snabdevanja,
- poboljšano upravljanje skladišnim prostorom i transportnim resursima,
- integracija i automatizacija logističkih procesa.



Modeli logističke optimizacije primenjuju se u odnosu na (Smyk, 2023): (1) dizajn distributivne mreže (određivanje lokacija distributivnih centara) – opisano u poglavlju Optimizacija logističke mreže, (2) projektovanje transportnih sistema (optimizacija transportnih zadataka, minimiziranje praznih vožnji, određivanje ruta isporuke) – opisano u poglavlju Optimizacija transporta, (3) upravljanje zalihama (raspodela zalihe, procena njihove veličine, određivanje vremena slanja narudžbina) – opisano u poglavlju Analitika snabdevanja i nabavke u pododjeljku Odabrane metode upravljanja zalihama u lancu snabdevanja, (4) projektovanje i upravljanje skladišnim aktivnostima (maksimiziranje učinkovitosti skladišnog prostora) – opisano u pododjeljku Određivanje skladišnog prostora.

U kontekstu optimizacionih modela postoji mnogo optimizacionih metoda gde se glavna klasifikacija ovih metoda bazira na vrsti optimizacionog zadatka koji treba rešiti. Sledeće **metode optimizacije** mogu se razlikovati prema (Jayarathna i dr., 2021; Kusiak i dr., 2021):

- vrsta problema koji se rešava: metode linearnog programiranja, metode nelinearne optimizacije,
- ograničenja: metode neograničene optimizacije, metode ograničene optimizacije,
- dimenzija problema (broj optimizacionih varijabli): univarijatne metode, multivarijatne metode (više optimizacionih varijabli),
- kriterijumi optimizacije: jednokriterijumske metode; višekriterijumske metode.

U logistici se često razmatra broj kriterijuma, a zadaci optimizacije se formuliraju kao jednokriterijumski ili višekriterijumski. U praksi se obično rešavaju zadaci jednokriterijumske optimizacije, uglavnom zbog jednostavnosti modela i lakoće njihove primene. Zadaci optimizacije s više kriterijuma zahtevaju složene modele, što često dovodi do situacija u kojima optimalno rešenje prema jednom kriterijumu može negativno uticati na ishod koji je usklađen s ciljem drugog kriterijuma. Kao rezultat toga, višekriterijumska rešenja zahtevaju postizanje kompromisa između različitih ciljnih funkcija, komplikujući određivanje nedvosmisleno najboljeg, optimalnog rešenja (Smyk, 2023). Stoga je u traženju parcijalnih kriterijuma i ciljeva za optimizaciju logističkih zadataka važno osigurati da oni budu (Silva i dr., 2005):

- potpuni (utičući na određeni problem odlučivanja),



- nesuvišni,
- minimizirani (s ciljem smanjenja veličine problema odlučivanja),
- operativni (merljivi),
- diferenciranje rešenja (omogućava identifikaciju najboljeg – optimalnog rešenja).

U poslovnim aktivnostima ključno je da kriterijum optimizacije bude jasno definisan, a model optimizacije treba odgovarati fundamentalnoj prirodi analiziranog problema (Smyk, 2023). Ovaj kriterijum se naziva funkcija cilja i bira se u kontekstu odluke koja se donosi ili u početnoj fazi logističkog planiranja. Ova funkcija služi kao mera za ocenu kvaliteta rešenja, pri čemu se optimalno rešenje postiže kada funkcija poprimi ekstrem (minimum ili maksimum) (Gupta i dr., 2022).

3.2. Uloga skladišta u lancu snabdevanja

U modernom logističkom sistemu svaka manipulacija materijalom podleže detaljnoj proverbi već u fazi projektovanja. Čak i manji prenos robe na kratkim udaljenostima, koji se obično događaju unutar zgrade ili između objekata i transportnog posrednika, počinju igrati vrlo važnu ulogu. Skladište je namenjeno skladištenju materijalnih dobara u za to predviđenom prostoru skladišne zgrade, prema utvrđenoj tehnologiji, opremljeno odgovarajućim uređajima i tehničkim sredstvima, kojim upravlja i servisira tim ljudi opremljen potrebnim veštinama (Miszewski, 2019). Najbolji mogući smeštaj robe u određenom prostoru omogućava potpunije iskorišćenje ograničenog kapaciteta objekata i smanjuje broj manipulacija određenom robom (Ghiani, 2004; Muller, 2002).

U kontekstu lanca snabdevanja, skladište ima izuzetno važnu ulogu, služeći kao ključno središte za koordinaciju i skladištenje robe, što je neophodno za nesmetan protok proizvoda od proizvođača do potrošača. Njegov rad je od suštinske važnosti za učinkovito upravljanje zalihama, omogućavajući minimiziranje rizika nedostataka (manjkova) i viškova zaliha, čime se održava ravnoteža između potražnje i ponude. Štaviše, skladište ima važnu ulogu u procesu kontrole kvaliteta, nudeći mogućnost provere i pripreme proizvoda za dalju distribuciju, osiguravajući

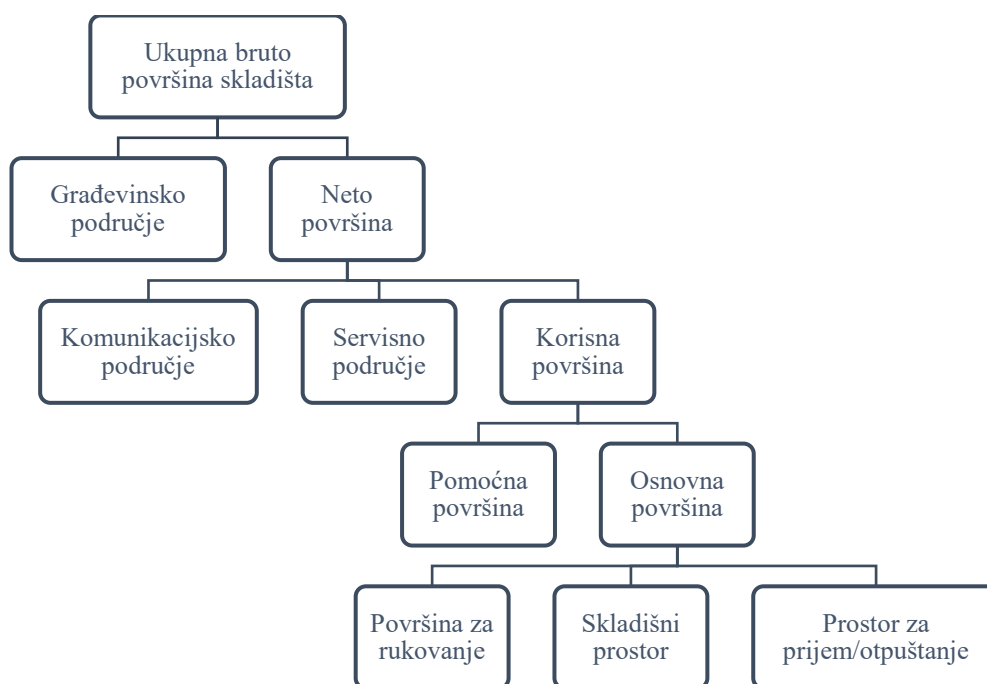


njihovu usklađenost sa standardima i očekivanjima kupaca. Uvođenje savremenih **sistema upravljanja skladištem** (engl. *Warehouse Management System, WMS*) doprinosi značajnoj optimizaciji logističkih procesa, što zauzvrat povećava učinak poslovanja i omogućava smanjenje operativnih troškova. Konačno, skladišta su izuzetno važna u prilagođavanju lanca snabdevanja tržišnim uslovima koji se dinamički menjaju, omogućavajući organizacijama da brzo odgovore na evoluciju potražnje i promenjive preferencije potrošača, što je ključno u održavanju tržišne konkurentnosti (Gu i dr., 2007; Ramaa i dr., 2012).

3.3. Određivanje skladišnog prostora

Osnovni zahtevi u skladišnim procesima uključuju primanje **jedinica za čuvanje zaliha** (engl. *Stock Keeping Unit, SKU*) od dobavljača, skladištenje SKU-ova, primanje narudžbina od kupaca, odabir SKU-ova i njihovo sastavljanje za otpremu te slanje kompletiranih narudžbina kupcima. Projektovanje i rad skladišta koje ispunjava te zahteve uključuje mnoga pitanja. Resursi kao što su prostor, radna snaga i oprema moraju se rasporediti između različitih skladišnih funkcija, a svaka funkcija mora biti pažljivo implementirana, upravljana i koordinirana kako bi zadovoljila zahteve sistema u smislu kapaciteta, protoka i usluge uz minimalnu cenu resursa. Skladištenje se bavi organizacijom robe u skladištu kako bi se postigla visoka iskorišćenost prostora i omogućio učinkovit transport materijala (Gu i dr., 2007).

Funkciju skladištenja oblikuju tri osnovne odluke: koliko zaliha određenog SKU-a treba biti čuvano u skladištu; koliko često i u koje vreme treba popunjavati zalihe za SKU; i gde se unutar skladišta SKU treba skladištiti, raspoređivati i premeštati između različitih skladišnih područja. Prva dva pitanja dovode do problema povezanih s veličinom serije i problema koji spadaju u tradicionalno područje kontrole zaliha (Hariga i Jackson, 1996). Dva glavna kriterijuma za donošenje odluka o raspodeli skladišnih zona su efikasnost skladištenja, koja odgovara skladišnom kapacitetu, i efikasnost pristupa, koja odgovara resursima potrošenim prodajom i ispunjavanjem narudžbina (Gu i dr., 2007).



Slika 3. 1. Podela skladišnog prostora

Izvor: (Dudziński i Kizyn, 2002).

Izračunavanje skladišnog prostora zahteva razmatranje njegovih različitih vrsta (slika 3.1). U preduzeću je korisna površina podeljena na zone koje odgovaraju fazama skladišnog procesa: prijem, skladištenje (kratkoročno i dugotrajno), komisioniranje, otprema, kao i manipulativni i pomoćni prostor. Veličina i oblik skladišta zavise od sledećih varijabli:

- vrsta, broj i dimenzije mesta na kojima se obavljaju skladišni poslovi u prihvatnoj i otpremnoj zoni,
- dimenzije i broj skladišnih polja u skladišnom prostoru,
- dimenzije i veličina površina za odlaganje,
- parametri redova polica i broj stubaca u redovima,
- širina radnog prolaza za odabrani viljuškar,
- širina komunikacionih puteva za opremu i osoblje.

Ukupna površina skladišta S može se izraziti formulom:

$$S = f_s + f_p = f_s + f_w + f_d + f_a$$

gde:



f_s – skladišni prostor,

f_{str} – pomoćni prostor,

f_w – prostor namenjen za prijem, sortiranje i otpremu materijala,

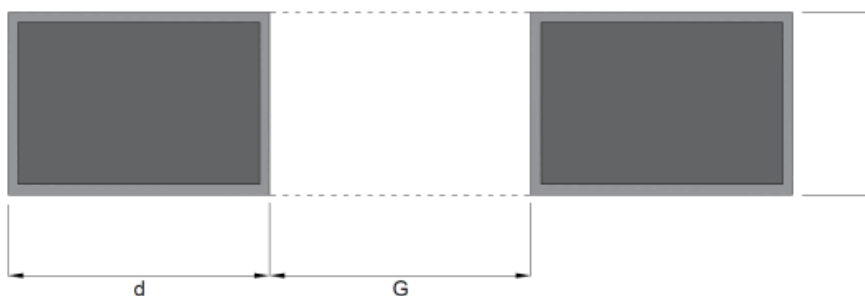
f_d – površina koju zauzimaju prolazi i prilazi,

f_a – upravno i društveno područje.



Formula koja se koristi u Excelu:

$S = [\text{skladišni prostor}] + [\text{pomoćni prostor}] = [\text{skladišni prostor}] + [\text{prostor za prijem, sortiranje i otpremu materijala}] + [\text{prostor koji zauzimaju prolazi i prilazi}] + [\text{administrativni i društveni prostor}]$



Slika 3. 2. Skladišni modul za skladištenje u nizu bez opreme s vertikalnim rasporedom paletizovanih LU

Izvor: sopstvena studija

Deo skladišnog prostora koji uključuje horizontalnu projekciju najmanjeg ponovljivog dela dva reda ili blokova jedinica tereta (engl. *Load Unit*, LU) zajedno s prostorima za rukovanje za skladištenje i manipulativnim putem između njih je skladišni modul. Usvajanje ove veličine omogućava procenu veličine skladišnog prostora. Skladišni moduli za skladištenje u nizu bez opreme mogu se postaviti na dva načina (sl. 3.2 i sl. 3.3).



Slika 3. 3. Skladišni modul za redno skladištenje bez opreme s paralelnim rasporedom paletizovanih LU

Izvor: sopstvena studija

Površina skladišnog modula za skladištenje u nizu bez opreme izračunava se po formuli:

$$M = (2 \times d + G) \times l$$

gde je:

d – širina odlagališta [m],

G – širina puta za rukovanje [m],

l – dužina skladišnog polja [m].

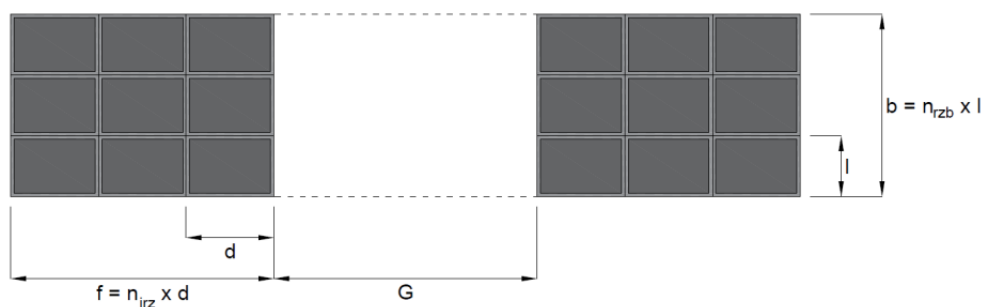
Kapacitet modula jednak je 2 paletizovane jedinice tereta za jednoetažno skladištenje i $2 \times n$ paletizovanih jedinica tereta za složeno skladištenje pri slaganju u n nivoa.



Formula koja se koristi u Excelu :

$$M = (2 * [\text{širina površine za odlaganje}] + [\text{širina puta za rukovanje}]) * [\text{dužina skladišnog polja}]$$

Skladišni moduli za blok skladištenje bez opreme mogu se rasporediti kao što je prikazano na slici 3.4.



Slika 3. 4. Skladišni modul za blok skladištenje bez opreme

Izvor: sopstvena studija

Površina skladišnog modula za blok skladištenje bez opreme izračunava se po formuli:

$$Mb = (2xf + G) \times b = (2 \times n_{LUz} \times d + G) \times n_{LUb} \times l$$

gde je:

f – širina bloka [m],

G – širina puta rukovanja [m],

b – dužina bloka [m],

n_{LUz} – broj tovarnih jedinica u redu bloka,

d – širina skladišnog prostora [m],

n_{LUb} – broj redova u bloku,

l – dužina skladišnog polja [m].

Kapacitet modula jednak je $2 \times n_{LUz} \times n_{LUb}$ paletizovanih tovarnih jedinica za jedan nivo skladištenje i $2 \times n_{LUz} \times n_{LUb} \times n$ paletizovanih teretnih jedinica za naslagano skladištenje pri slaganju u n nivoa.



Formula koja se koristi u Excelu :

$$Mb = (2 * [\text{širina bloka}] + [\text{širina puta rukovanja}]) * [\text{dužina bloka}]$$



Dodatno, volumen se može izračunati za module za skladištenje – uzimajući u obzir visinu jedinice za utovar ili kada su jedinice za utovar složene. Volumen **skladišnog modula** (kapacitet modula) zavisi od njegove površine (Mb) i visine formirane tovarne jedinice (h). Volumen modula izračunava se prema formuli :

$$V_M = [(2 \times f + G) \times b] \times h$$

$$h = n_{rh} \times h_o + h_{str}$$

gde:

f – širina bloka [m],

G – širina puta rukovanja [m],

b – dužina bloka [m],

h – visoko paletizirano opterećenje jedinice [m],

n_{rh} – broj slojeva po jedinici paletizovanog tereta,

h_o – visina zbirne ambalaže [m],

h_p – visina [m].

Prvi deo formule je formula za površinu modula, a drugi deo je visina formirane jedinice opterećenja.



Formula koja se koristi u Excelu:

$$V_M = \{(2 * [\text{širina bloka}] + [\text{širina puta rukovanja}]) * [\text{dužina bloka}]\} * [\text{visina paletnog opterećenja}]$$

Volumen **skladišnog modula** (kapacitet modula) zavisi od njegove površine (Mb) i visine do koje je formirana jedinica tereta (H). Volumen modula izračunava se pomoću formule:

$$V_M = [(2 \times f + G) \times b] \times H$$

$$H = n \times h = n \times (n_{rh} \times h_o + h_p)$$

gde:

f – širina bloka [m],



G – širina puta rukovanja [m],
 b – dužina bloka [m],
 H – visina bloka [m],
 n – broj nagomilanih jedinica,
 h – visina jedinica paletizovanog tereta [m],
 n_{rh} – broj slojeva po jedinici paletizovanog tereta,
 h_o – visina zbirne ambalaže [m],
 h_p – visina medija [m].



Formula koja se koristi u Excelu:

$$V_M = \{(2 * [\text{širina bloka}] + [\text{širina puta rukovanja}]) * [\text{dužina bloka}]\} * [\text{visina bloka}]$$

Iskorišćenost skladišnog prostora procenjuje se omerom iskorišćene površine prema ukupno raspoloživoj površini. U skladištima u kojima se ne koriste paletni regali, postizanje najveće vrednosti ovog pokazatelja osigurava se skladištenjem materijala u blok rasporedu, s vrednostima iskorišćenja prostora od 0,6 do 0,8. Za poređenje, ovaj pokazatelj za redni raspored skladišta kreće se od 0,25 do 0,6. Težnja ka optimizaciji iskorišćenosti prostora kod ovakvog tipa skladišta dovodi do ograničenja u uslovima slaganja materijala i nedostupnosti asortimana koji se nalazi u sredini blokova, te je primenjiv samo za homogeni asortiman, bez dodatnih finansijskih izdataka za opremanje skladišta. U slučajevima kada je jedini kriterijum vrednovanja povećanje količine uskladištenog asortimana, kao dobro rešenje se pokazuje korišćenje protočnih paletnih regala. Omogućavaju visoku stopu iskorišćenja zbog ograničenja broja transportnih puteva, ali istovremeno omogućavaju FIFO (engl. *First In, First Out*) principa. Maksimalna iskorišćenost raspoloživog skladišnog prostora moguća je zahvaljujući korišćenju metode skladištenja slobodnog prostora, koja pretpostavlja da se asortiman može odložiti – smestiti, u bilo koji slobodni regalni prostor (Kisielewski i Talarek, 2020).



3.4. Odabrane metode upravljanja zalihama u lancu snabdevanja

Upravljanje zalihama u lancu snabdevanja je ključni element koji osigurava operativnu fluidnost, smanjenje troškova i utiče na zadovoljstvo kupaca. Postoje mnoge metode upravljanja zalihama, od kojih svaka može biti pogodna u zavisnosti od specifičnosti industrije, karakteristika proizvoda, dinamike potražnje i drugih operativnih faktora (Cyplik i Hadaś, 2012).

Klasični koncept upravljanja zalihama omogućava upravljanje zalihama u distributivnoj mreži, gde se one obično nalaze na različitim mestima. Rešavanje problema zaliha smeštenih na više lokacija prvenstveno se fokusira na analizu veličine sigurnosnih zaliha (Masclé i Gosse, 2014). Sigurnosne zalihe zavise od varijabilnosti potražnje u ciklusa popunjavanja zaliha, izražene kao standardna devijacija potražnje u tom periodu i faktora sigurnosti koji zavisi od usvojenog nivoa usluge. Ako se pretpostavi isti nivo usluge za različite lokacije skladištenja zaliha, tada nivo sigurnosnih zaliha zavisi od varijabilnosti potražnje koja se opslužuje s date lokacije. U formulama se pretpostavlja da je na svim servisnim tačkama tržišta usvojen isti nivo usluge ($\omega_{MR1} = \omega_{MR2} = \omega_{MR3} = \dots = \omega_{MC}$) i isti sistem popunjavanja zaliha (Cyplik i Hadaś, 2012).

Sigurnosne zalihe zavise od varijabilnosti potražnje u ciklusa popunjavanja zaliha, izraženo standardnom devijacijom potražnje u tom periodu i faktorom sigurnosti zavisnom od usvojenog nivoa usluge. Ako se pretpostavi isti nivo usluge za različite lokacije skladištenja zaliha, nivo sigurnosnih zaliha zavisi od varijabilnosti potražnje koja se opslužuje s date lokacije. Problem nije izračunavanje ukupne potražnje u slučaju više lokacija potražnje (ukupna potražnja je zbir prosečnih potražnji na svakoj lokaciji). Za izračunavanje standardne devijacije zbira zahteva treba koristiti zakon kvadratnog korena, koji pretpostavlja da je standardna devijacija zbira zahteva jednaka kvadratnom korenu zbira njihovih standardnih odstupanja. Ispod su formule koje omogućavaju ove proračune. Dobijeni rezultati biće tačni pod pretpostavkom da su isti nivo usluge ($\omega_{L1} = \omega_{L2} = \omega_{L3} = \dots = \omega$) i isti sistem popunjavanja zaliha usvojeni u svim servisnim tačkama na tržištu (Cyplik i Hadaś, 2012).



Formula za izračunavanje sigurnosnih zaliha:

$$S_S = \omega \times \sigma_{DT}$$

Formula za izračunavanje standardne devijacije zbira zahteva:

$$\sigma_{(D1+D2+D3+...Dn)} = \sqrt{\sigma_{D1}^2 + \sigma_{D2}^2 + \sigma_{D3}^2 + \dots + \sigma_{Dn}^2}$$

gde:

n – broj lokacije,

D_n – vrednost individualne potražnje u n -toj lokalizaciji.

Ukupne sigurnosne zalihe za potražnju kojom se upravlja npr. iz centralnog skladišta može se izračunati kao:

$$\begin{aligned} S_{ST} &= S_{S(D1+D2+D3+...+Dn)} = \omega \times \sigma_{(D1+D2+D3+...Dn)} = \\ &= \omega \times \sqrt{\sigma_{P1}^2 + \sigma_{P2}^2 + \sigma_{P3}^2 + \dots + \sigma_{Pn}^2} = \\ &= \sqrt{\omega^2 \times \sigma_{P1}^2 + \omega^2 \times \sigma_{P2}^2 + \omega^2 \times \sigma_{P3}^2 + \dots + \omega^2 \times \sigma_{Pn}^2} = \\ &= \sqrt{S_{SL1}^2 + S_{SL2}^2 + S_{SL3}^2 + \dots + S_{SLn}^2} \end{aligned}$$

gde:

S_{ST} – ukupne sigurnosne zalihe,

S_{SLn} – sigurnosne zalihe na n -toj lokaciji.

U posebnom slučaju, ako su sigurnosne zalihe na svim lokacijama iste (uopšteno kao rezultat iste potražnje koju opslužuje svaka od ovih lokacija) i jednake S_{STn} , tada je centralizovana zaliha S_{STD} jednaka :

$$S_{STD} = S_{STn} \times \sqrt{n}$$

gde je n broj točaka lokacija skladišta.



Formula koja se koristi u Excelu:

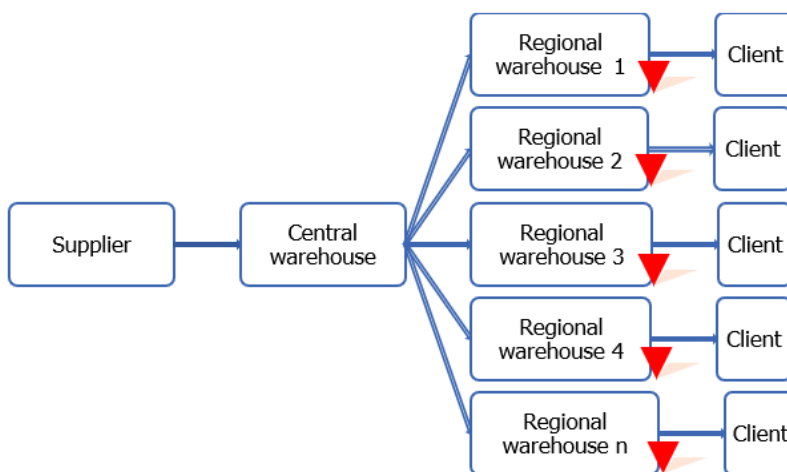
$$SST = [\text{faktor sigurnosti}] * [\text{standardna devijacija zbira zahteva u tačkama D1-Dn u ciklusu popunjavanja}] = [\text{faktor sigurnosti}] *$$

$$\text{SQRT}[(\text{STDEV.P}([\text{raspon } \text{ćelija za D1}])^2) + (\text{STDEV.P}([\text{raspon } \text{ćelija za D2}])^2) + \dots + (\text{STDEV.P}([\text{raspon } \text{ćelija za Dn }])^2)]$$

Jedno od pitanja koje zahteva analizu u kontekstu optimizacije lanca snabdevanja je lokacija skladišta, uzimajući u obzir odnos između značajnih parametara. Način razmeštaja zaliha može se posmatrati na dva načina – kao disperzovane zalihe ili centralizovane zalihe.

U slučaju disperzovanih (decentralizovanih) zaliha (slika 3.5), kupci se opslužuju direktno iz zaliha koje se nalaze u regionalnim skladištima (engl. Regional Warehouse, RW), gde se održavaju sigurnosne zalihe. U svrhu izračunavanja, napravljene su sledeće pretpostavke (Krzyżaniak, 2006):

- potražnja je ravnomerno raspoređena na n regionalnih skladišta,
- nedeljna potražnja u svakom od ovih skladišta može se opisati distribucijom s prosečnom potražnjom od D_{RW} i standardnom devijacijom σ_{DRW} ,
- nabavna cena od dobavljača jednaka je P_i ,
- koeficijent nedelnog knjigovodstvenog troška zaliha je u t i isti je u svim skladištima,
- vreme ciklusa popunjavanja u regionalnim skladištima je jednako za svako skladište i iznosi T_I (bez značajnijih odstupanja).



Slika 3. 5. Ilustracija slučaja disperzovanih zaliha

Izvor: (Krzyżaniak, 2006).



S obzirom na pretpostavke, ukupni nedeljni trošak održavanja sigurnosnih zaliha u mreži jednak je:

$$C_1 = \sum_{i=1}^n HCSS_{RW}$$

Ravnomernom raspodelom potražnje po svim skladištima dobijamo:

$$C_1 = n \times SS_{RW} \times P \times u_t = n \times \omega \times \sigma_{DRW} \times \sqrt{T_1} \times P \times u_t$$

gde:

ω – faktor sigurnosti, zavisao od odabranog nivoa usluge i vrste distribucije koja opisuje zadatu frekvencijsku distribuciju potražnje,

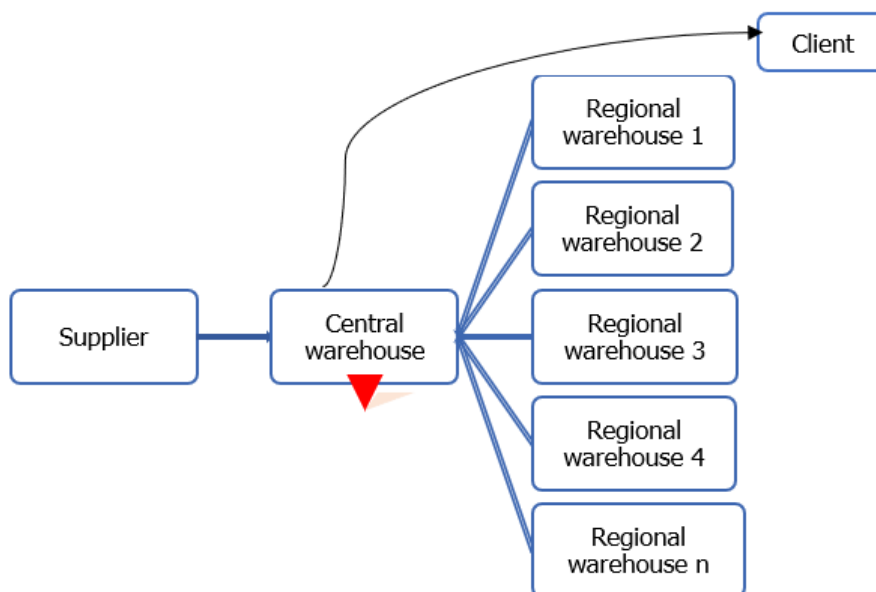
SS_{RW} – sigurnosne zalihe u svakom regionalnom skladištu.

Budući da je $\sigma_{DRW} = V \times D_{RW}$, gde je V koeficijent varijacije $V = \frac{\sigma_D}{D}$, formula ima oblik:

$$C_1 = n \times \omega \times V \times D_{RW} \times \sqrt{T_1} \times P \times u_t$$

U opštem modelu za centralizovane zalihe (Sl. 3.6), kupci se opslužuju iz centralnog skladišta (engl. Central Warehouse, CW) direktnim isporukama, kao što su kurirske pošiljke. U svrhu izračunavanja, napravljene su sledeće pretpostavke (Kzyžaniak, 2006):

- nedeljna potražnja u centralnom skladištu je zbir potražnje posmatrane na tržištima povezanim s pojedinačnim regionalnim skladištima i može se opisati distribucijom s prosečnom $D_{CW} = n \cdot D_{RW}$ i standardnom devijacijom $\sigma_{DCW} = \sigma_{DRW} \times \sqrt{n}$ (prema zakonu kvadratnog korena),
- koeficijent nedelnog knjigovodstvenog troška zaliha u_t je isti kao za regionalna skladišta,
- vreme ciklusa popunjavanja u centralnom skladištu je T_2 ,
- u slučaju zahteva kupaca, proizvod se isporučuje direktno kupcu u obliku kurirske pošiljke s jediničnim troškom c_{cs} , čime se održava slično vreme izvršenja narudžbine kupca kao i u slučaju usluge iz regionalnih skladišta.



Slika 3. 6. Ilustracija slučaja centralizovanih zaliha

Izvor: (Krzyżaniak, 2006)

Nedeljni trošak održavanja sigurnosnih zaliha u centralnom skladištu jednak je:

$$C_{2(SS)} = SS_{CW} \times P \times u_t = \omega \times \sigma_{DCW} \times \sqrt{T_2} \times P \times u_t.$$

Jer, kako je zamišljeno $T_2 = \alpha \times T_1$:

$$C_{2(SS)} = \omega \times \sigma_{DCW} \times \sqrt{\alpha \times T_1} \times P \times u_t = \omega \times \sigma_{DRW} \times \sqrt{n \times \alpha \times T_1} \times P \times u_t$$

Budući da se događa $\sigma_{DRW} = V \times D_{RW}$, gde je V takozvani koeficijent varijacije $V = \frac{\sigma_p}{D}$, tada uzorak ima oblik:

$$C_{2(SS)} = \omega \times V \times D_{RW} \times \sqrt{n \times \alpha \times T_1} \times P \times u_t$$

Važno je napomenuti da pretpostavka $T_2 = \alpha \times T_1$ uzima u obzir različita rešenja za organizovanje dostava u oba slučaja. Na primer, u slučaju disperzovanih zaliha, isporuke regionalnim skladištima mogu se sprovoditi prema sistemu periodičnog pregleda, a u centralizovanom sistemu koji se bazira na tzv. tački ponovnog naručivanja (informacioni nivo). Može se pretpostaviti da će se to obično dogoditi $T_2 < T_1$.



Ukupni nedeljni direktni kurirski troškovi za kupca jednaki su:

$$C_{2(supplies)} = n \times D_{RW} \times c_{cs}$$

Postavljajući pitanje kada je isplativo disperzovati zalihe, odnosno kada će biti troškovno povoljnije održavati sigurnosne zalihe u n regionalnih skladišta i iz njih opsluživati lokalne kupce nego koncentrisati zalihe u centralno skladište i ispunjavati narudžbine kupaca direktnim isporukama, odgovor se svodi na rešavanje nejednakosti:

$$C_1 < C_{2(ss)} + C_{2(zalihe)}$$

da je :

$$n \times \omega \times V \times D_{RW} \times \sqrt{T_1} \times P \times u_t < \omega \times V \times D_{RW} \times \sqrt{n \times \alpha \times T_1} \times P \times u_t + n \times D_{RW} \times c_{cs}$$

Nakon transformacije dobijamo:

$$V < \frac{n \times c_{cs}}{\omega \times \sqrt{T_1} \times P \times u_t \times (n - \sqrt{n \times \alpha})}$$

Iz ovog oblika dobijamo zavisnosti čije ispunjenje garantuje ispunjenje nejednakosti $C_1 < C_{2(ss)} + C_{2(zalihe)}$ i nametnuti uvlov:

$$V < \frac{\left[\frac{c_{cs}}{P \times u_t} \right]}{\omega \times \sqrt{T_1} \times \left[1 - \sqrt{\frac{\alpha}{n}} \right]}$$

ili

$$\omega < \frac{\left[\frac{c_{cs}}{P \times u_t} \right]}{V \times \sqrt{T_1} \times \left[1 - \sqrt{\frac{\alpha}{n}} \right]}$$

No, najinformativniji je sledeći odnos jer kombinuje sve troškovne elemente u izrazu na levoj strani nejednakosti, a na desnoj strani parametre koji se odnose na implementaciju i traženi nivo usluge:

$$\left[\frac{c_{cs}}{P \times u_t} \right] > V \times \omega \times \sqrt{T_1} \times \left[1 - \sqrt{\frac{\alpha}{n}} \right]$$

Snage klasičnog koncepta upravljanja zalihama su sledeće:



- jednostavnost i jasnoća – lako ih je razumeti i implementirati,
- pomoć u minimiziranju ukupnih troškova upravljanja zalihama balansiranjem troškova naručivanja i držanja zaliha, s ciljem ekonomske količine narudžbine,
- jasni i definisani procesi donošenja odluka koji pomažu u upravljanju narudžbinama i zalihama na osnovu izračunaproračuna i unapred definisanih pravila.

Slabosti klasičnog koncepta upravljanja zalihama uključuju:

- potreba za pretpostavkom stalne i predvidljive potražnje, koja ne odgovara uvek dinamičnoj i promjenljivoj tržišnoj stvarnosti.
- ne uzima u obzir varijabilnost potražnje i rizik u lancu snabdevanja (npr. kašnjenja isporuke, tržišne promene),
- nedostatak fleksibilnosti u odgovoru na brze promene na tržištu ili lancu snabdevanja, budući da se baziraju na fiksnim parametrima i ne predviđaju dinamičko prilagođavanje novim uslovima.

Klasični koncept upravljanja zalihama ima svoje mesto u teoriji i praksi operativnog menadžmenta, no u savremenom poslovnom svetu koji se brzo menja često se nadopunjuje naprednijim i fleksibilnijim metodama i analitičkim alatima.

DRP (Planiranje distributivnih potreba, engl. *Distribution Requirements Planning*) – koordinira potražnju s nivoima zaliha na različitim lokacijama. To je jedna od metoda optimiziranja upravljanja isporukama finalnih proizvoda u distributivnoj mreži i koristi se za planiranje nivoa i lokacije skladištenja zaliha kroz lanac snabdevanja. Svrha korišćenja metode planiranja distributivne potražnje je smanjenje zaliha u distributivnoj mreži (Nugroho, 2019). Na nivou prodajnih mesta, zbog rizika od fluktuacije potražnje, za svaki proizvod u svakom od njih kreira se sigurnosna zaliha, izračunata pomoću formula iz klasične teorije upravljanja zalihama (Magdalena i Suli, 2019).

Planiranje potražnje počinje na najnižom nivou (npr. na maloprodajnom mestu) i završava na najvišem nivou (npr. u proizvodnom skladištu). Potrebe na nižem nivou su ulazni podaci za sledeći nivo. Potražnja s najvišeg nivoa može se koristiti kao ulazni podatak za rad na rasporedu proizvodnje (Fertsch, 2006). Potražnja iz distributivnih centara koristi se za izradu



rasporeda potražnje zaliha i prosleđuje se u proizvodnju. Nakon poređenja s prethodnim predviđanjima, razvija se proizvodni plan, materijalni zahtevi i distribucija s rasporedom isporuke pojedinačnim distributivnim centrima (Ngatilah i dr., 2020). Zahvaljujući DRP-u, određuje se nivo usluge za karike lanca snabdevanja koje imaju direktan kontakt s kupcem (veličina serije, dostupnost zaliha, rokovi isporuke) (Fechner, 2007).

DRP sistem omogućava procenu rasporeda isporuke za svaku jedinicu zaliha (SKU) do prodajnih mesta i pri tome zahteva posedovanje sledećih informacija (Mukhsin i Sobirin, 2022):

- struktura distributivnog kanala kroz koji teče SKU,
- predviđanje potražnje za pojedinačnim SKU-ovima na nivou prodajnog mesta,
- trenutni nivo zaliha (zalihe u ruci) danog SKU-a,
- ciljni nivo sigurnosnih zaliha,
- iznos preporučenog popunjavanja,
- vreme dostave za popunjavanje.



DRP algoritam (Ngatilah i dr., 2020):

1. Netiranje – projektovana on-hand zaliha (zaliha u ruci). Može se izračunati pomoću sledeće formule:

$$\text{Projektovano stanje}_{(t)} = (\text{u ruci}_{(t-1)} + \text{Planirani prijem}_{(t)} + \text{Planirani prijem narudžbine}_{(t)} - \text{Bruto potreba}_{(t)})$$

Neto zahtev može se izračunati pomoću formule ispod:

$$\text{Neto potrebe}_{(t)} = (\text{Bruto potrebe}_{(t)} + \text{Sigurnosne zalihe}) - (\text{Planirani primijem}_{(t)} + \text{Projektovano stanje}_{(t-1)})$$

2. Lotiranje je postupak za pronalaženje veličine narudžbine ili proizvodne serije u svakoj mrežnoj distribuciji. Postoji nekoliko metoda lotiranja. Lotiranje u DRP-u prikazano planiranim prijemom narudžbine (engl. *Plan Order Receipt* - Porec). Planirani prijem narudžbine (Porec) je neto potreba koja je prilagođena prema veličini narudžbine ili proizvodnji.



3. Kompenzacija je količina narudžbine koja se planira naručiti u planiranom vremenskom periodu. Kompenzacija u DRP-u predstavljena planiranim izdavanjem narudžbine (engl. Plan Order Release, Porel). Porel je Porec koji je prilagođen u skladu s nalogom za vreme dostave ili proizvodnje.

4. Eksplozija – ukupni trošak zaliha i distribucije može se dobiti koristeći sledeću formulaciju:

$$\text{Ukupni trošak zaliha i distribucije} = \text{trošak naručivanja} + \text{trošak držanja zaliha} + \text{trošak isporuke}$$

DRP model posebno je koristan u velikim, složenim organizacijama gde je upravljanje protokom proizvoda kroz distributivnu mrežu ključno za operativnu efikasnost i zadovoljstvo kupaca. Snage DRP modela uključuju:

- poboljšana koordinacija u lancu snabdevanja kroz bolji protok informacija i robe od proizvođača do potrošača, što dovodi do učinkovitije distribucije,
- povećana tačnost predviđanja, budući da uzima u obzir stvarne podatke o narudžbini i nivou zaliha u celom lancu, što pomaže optimizaciji nivoa zaliha i smanjenju troškova,
- poboljšana dostupnost proizvoda osiguravanjem da su zalihe smeštene tamo gde su najpotrebnije, čime se smanjuje rizik od nestašica i prekida proizvodnje.

Slabosti DRP modela povezane su sa sledećim elementima:

- složenost implementacije, posebno u velikim organizacijama s razgranatim lancima snabdevanja, što zahteva precizno planiranje i koordinaciju,
- visoki početni troškovi vezani uz kupovinu softvera, hardvera i obuku zaposlenih,
- zavisnost od tačnosti i pravovremenosti ulaznih podataka, netačnosti u podacima mogu dovesti do grešaka u predviđanju i planiranju, što može prouzrokovati prekomerne ili nedovoljne zalihe.

Uprkos svojim prednostima, DRP model zahteva precizno izvršenje i kontinuirano upravljanje kako bi se učinkovito podržale operativne odluke unutar lanca snabdevanja.



EOQ (Ekonomična količina narudžbine, engl. *Economic Order Quantity*) je matematički model koji se koristi za određivanje optimalne količine narudžbine koja minimizira ukupne troškove povezane s naručivanjem i držanjem zaliha. Ova metoda je idealna za proizvode sa stabilnom i predvidivom potražnjom. Metoda podrazumeva sledeće pretpostavke (Battani i dr., 2015):

- mesečna ili godišnja potražnja za naručenim proizvodom je poznata i predvidiva,
- proizvod se isporučuje vrlo brzo nakon narudžbine,
- trošak jedne narudžbine je fiksni.

Wilsonova formula koristi se za izračunavanje ekonomične količine narudžbine (Krzyżaniak, 2005; Muckstadt, 2010).

Formula za izračunavanje EOQ:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 \times D \times C_s}{C_K}}$$

gde:

D – očekivana potražnja u dužem vremenskom periodu,

C_s – trošak naručivanja – kupovina jedne serije, nezavisno od njene veličine,

C_K – trošak držanja jedne jedinice određenog proizvoda na zalihama tokom određenog vremenskog perioda, najčešće definisan kao određeni deo nabavne cene, pa prema tome:

$$C_K = \mu_o \times P$$

P – nabavna cena,

μ_o – procenat troška održavanja u nabavnoj ceni.



Formula koja se koristi u Excelu:

$$EOQ = \text{SQRT}((2 * [\text{očekivana potražnja}] * [\text{trošak naručivanja}]) / [\text{trošak čuvanja jedne jedinice}])$$



EOQ model posebno je koristan u upravljanju zalihama za standardne proizvode sa stabilnom potražnjom. To je analitički alat koji pomaže u donošenju odluka o količinama narudžbina, ali zahteva tačne podatke o troškovima i potražnji. Snage EOQ modela su:

- minimiziranje ukupnih troškova – EOQ identifikuje količinu narudžbine koja optimizira ravnotežu između troškova narudžbine i troškova skladištenja, s ciljem minimiziranja ukupnih troškova povezanih sa zalihama,
- povećana operativna učinkovitost – uspostavljanjem optimalnog rasporeda narudžbina, EOQ model omogućava bolje planiranje i upravljanje resursima, što dovodi do ujednačenijih procesa i manje verovatnosti prekida proizvodnje uzrokovane nedostatkom ili viškom zaliha,
- pojednostavljenje procesa donošenja odluka u upravljanju zalihama – EOQ daje jasne smernice o tome kada i koliko naručiti, što pomaže u standardizaciji procesa nabavke i može smanjiti potrebu za kontinuiranim praćenjem i donošenjem odluka u vezi s nivoma zaliha.

Međutim, EOQ model zahteva usvajanje određenih pretpostavki koje su povezane sa sledećim nedostacima:

- pretpostavka potrebe za stalnom potražnjom – EOQ pretpostavlja da je potražnja za proizvodom konstantna i predvidiva u svakom trenutku; u stvarnosti, potražnja je često promenjiva i pod uticajem sezonalnosti, tržišnih trendova, konkurentskih prodavnica i drugih eksternih faktora, koji tačnu primenu EOQ modela mogu učiniti izazovnom u dinamičnim tržišnim uslovima,
- potreba za pretpostavkom fiksnih troškova naručivanja i držanja – u praksi ti troškovi mogu varirati na osnovu mnogih faktora, kao što su promene u cenama materijala, troškovi transporta, cene najma skladišta, promene stope rada ili inflacija,
- nedostatak fleksibilnosti u odgovoru na promene – EOQ model generiše fiksni broj narudžbina za određeni period i ne predviđa automatska prilagođavanja tržišnim ili operativnim uslovima koji se brzo menjaju; to znači da je potrebno ručno pregledati i prilagoditi EOQ narudžbine kako bi se izbeglo prekomerno nakupljanje zaliha ili rizik od zaliha, što može biti dugotrajno i komplikovano.



S obzirom na ta ograničenja, mnoge kompanije koriste EOQ model kao početnu tačku ili preliminarnu smernicu, dok prilagođavaju svoje strategije upravljanja zalihama kako bi se prilagodile dinamici tržišta i operativnim specifičnostima.

3.5. Korišćenje alata Solver u rešavanju optimizacionih problema

Solver je dodatak za Microsoft Excel koji se koristi za naprednu analizu i rešavanje optimizacionih problema. Korisnicima omogućava definisanje višestrukih varijabli odlučivanja, ograničenja i ciljeva, a zatim koristi različite matematičke metode za pronalaženje optimalnih rešenja (vidi poglavlje Uvod u analizu proračunskih tabela). Posebno je koristan u situacijama koje zahtevaju složene proračune, kao što je planiranje logističkog puta, raspodela resursa ili optimizacija bzdžeta (Bomba i Kwiecień, 2012; Mason, 2013).

Solver se koristi za rešavanje jednokriterijumskih zadataka optimizacije gde broj varijabli odlučivanja ne prelazi 200. Njegova primena zahteva izradu matematičkog modela unutar radnog prostora proračunske tabele. Optimizacioni model sastoji se od tri elementa (Baj-Rogowska, 2013; Mason, 2012):

- ciljne ćelije (ciljna funkcija) – to su ćelije u modelu proračunske tabele koje, kada se primijeni Solver, trebaju minimizirati, maksimizirati ili postaviti na određenu vrednost realnog broja,
- varijabilne ćelije (varijable odluke) – to su ćelije koje sadrže tražene vrednosti, koje se dodatkom Solver iterativno menjaju i supstituišu u funkciju cilja dok se ne pronađe optimalno rešenje,
- ćelije ograničenja (mogu se primeniti na vrednost ćelije cilja i ćelija varijable) – uvedeni uslovi ograničenja u obliku formula unutar ćelija proračunske tabele, gde vrednost mora biti unutar zadanih granica ili doseći ciljane vrednosti.

Solver u Excelu koristi različite metode optimizacije kako bi pronašao najbolja rešenja za definisane probleme. Svaka metoda ima svoje specifične primene i bira se na osnovu prirode problema optimizacije. Solver omogućava korisniku izbor odgovarajuće metode zavisno od



karakteristika problema koji se rešava. Glavne metode uključuju (Baj-Rogowska, 2013; Delgado-Aguilar i dr., 2018):

- Simpleks metodu (Simplex LP) – ovo je najčešće korišćena metoda za rešavanje problema linearnog programiranja (LP); uspešna je u situacijama gde su funkcija cilja i sva ograničenja linearna,
- GRG metodu (Generalisani redukovani gradijent) – to je napredna metoda koja se koristi za rešavanje nelinearnih problema; posebno je korisna kada su ciljna funkcija ili ograničenja nelinearna, ali još uvek kontinuirani i diferencijabilni,
- Evolucionarna metoda – koristi se za rešavanje problema globalne optimizacije, posebno kada je ciljna funkcija složena, nelinearna i diskontinualna; evolucionarna metoda koristi tehnike slične genetskim algoritmima, istražujući različita moguća rešenja kako bi pronašla najbolje,
- Celobrojna ograničenja – Solver se može koristiti za rešavanje problema u kojima neke ili sve varijable odluke moraju imati celobrojne vrednosti; ovo je korisno u situacijama kada rešenja zahtevaju diskretne vrednosti, kao što je broj jedinica za proizvodnju ili broj zaposlenih za raspoređivanje na ra posao.

Solver doprinosi optimizaciji lanca snabdevanja kada postoji potreba za optimizacijom složenih problema, kao što je minimiziranje troškova transporta, optimiziranje planiranja rute isporuke ili upravljanje zalihama. Posebno je koristan u situacijama koje zahtevaju analizu višestrukih varijabli i ograničenja, gde tradicionalne metode mogu biti nedovoljne ili oduzimati previše vremena.

3.6. Optimiziranje korišćenja skladišnog prostora – primer korišćenja alata Solver

Sadržaj zadatka

Kompanija Alfa ima skladište ukupne površine 10.000 m², koje mora primiti tri vrste proizvoda: A, B i C. Svaki od ovih proizvoda ima različite zahteve za skladišnim prostorom, ima svoje specifične sigurnosne zalihe i generiše različitu dobit po jedinici proizvoda:



- proizvod A: zahteva 14 m² po jedinici, sigurnosna zaliha je 40 kom., stvara profit od 30 eura,
- proizvod B: zahteva 12 m² po jedinici, sigurnosna zaliha je 60 kom., stvara profit od 32 eura,
- proizvod C: zahteva 18 m² po jedinici, sigurnosna zaliha je 90 kom., stvara profit od 23 eura.

Proizvodi A, B i C idu na tržišta X, Y i Z. Ukupna potražnja za svim proizvodima na tržištima je:

- tržište X: 220 kom.,
- tržište Y: 230 kom.,
- tržište Z: 332 kom.

Koliko jedinica svakog proizvoda treba držati u skladištu da bi se maksimizirao ukupni profit od korišćenog skladišnog prostora bez prekoračenja ukupno raspoloživog skladišnog prostora, pod pretpostavkom da Alfa zadovoljava svu potražnju?

Rešenje:

Ciljna funkcija: maksimiziranje ukupne dobiti od proizvoda.

Ograničenje: veličina skladišnog prostora, skladišni prostor za jedinicu proizvoda, obim tržišne potražnje.



- [1] priprema liste podataka,
- [2] definisanje varijabli odlučivanja,
- [3] izračunavanje pomoćnih varijabli,
- [4] određivanje funkcije cilja,
- [5] konfiguriranje Solvera,
- [6] indikacija metode optimizacije,
- [7] pokrenite Solver,
- [8] ocena dobijenog rešenja.



Primer u Excelu:

- [1] Pripremiti i popuniti tabelu s ulaznim podacima iz zadatka: sigurnosne zalihe za svaki proizvod, jedinični skladišni prostor, jedinična dobit, potražnja na svakom tržištu, ukupni skladišni prostor

		Market			Safety stock	Unit warehouse space	Profit individual
		X	Y	Z			
Product	A				40	14	30
	B				60	12	32
	C				90	18	23
		220	230	332			

Total warehouse area
10000

- [2] Definišite varijable odluke – broj proizvoda svake vrste na skladištu

		Market			Safety stock	Unit warehouse space	Profit individual
		X	Y	Z			
Product	A				40	14	30
	B				60	12	32
	C				90	18	23
		220	230	332			

Total warehouse area
10000

- [3] Izračunajte pomoćne varijable

- **Broj jedinica na skladištu:** = SUM([raspon ćelija za svako tržište i pojedinačni proizvod])
- **Zauzet skladišni prostor:** = [Jedinica površine Skladište] * [Broj jedinica na skladištu]
- **Dobit za x jedinica:** = [Broj jedinica na skladištu] * [Jedinična dobit]
- **Ostvarena potražnja:** = SUM([raspon ćelija za svako tržište])



- Suma skladišnog prostora: = SUM([Zauzet skladišni prostor])

		Market			Safety stock	Unit warehouse space	Profit individual	Number of units in a warehouse	Occupied warehouse space	Profit for x units
		X	Y	Z						
Product	A				40	14	30	0	0	0
	B				60	12	32	0	0	0
	C				90	18	23	0	0	0
		220	230	332				Total warehouse space	0	
Realized demand		0	0	0						
						Total warehouse area				
						10000				

[4] Odredite ciljnu funkciju - maksimiziranje dobiti od prodaje proizvoda

Ciljna funkcija: =SUM([Dobit za x jedinica])

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													

[5] Konfigurirajte Solver

Postavite cilj – ćelija s funkcijom cilja i maksimizacijom funkcije cilja

Set Objective:

To: ☒ Max ☐ Min ☐ Value Of:

Označite ćelije čije vrednosti želite postaviti – broj proizvoda svake vrste na skladištu

By Changing Variable Cells:

Dodajte ograničenja:

- zauzeti skladišni prostor = maksimalni skladišni prostor

Cell Reference: Constraint:



- ostvarena potražnja na tržištu X $\leq$ potražnja na tržištu X

		Market			Safety stock	Unit warehouse space	Profit individual
		X	Y	Z			
Product	A	0	0	0	40	14	30
	B	0	0	0	60	12	22
	C	0	0	0	80	10	18
		220	200	250			
Realized demand		0	0	0			

- ostvarena potražnja na tržištu Y $\leq$ potražnja na tržištu Y
- ostvarena potražnja na tržištu Z $\leq$ potražnja na tržištu Z
- broj jedinica proizvoda A na zalihi $\geq$ sigurnosna zaliha za proizvod A

Safety stock	Unit warehouse space	Profit individual	Number of units in a warehouse
40	14	30	0
60	12	22	0
80	10	18	0

- broj jedinica proizvoda B na zalihi $\geq$ sigurnosna zaliha za proizvod B
- broj jedinica proizvoda C na zalihi $\geq$ sigurnosna zaliha za proizvod C

[6] Navedite metodu optimizacije – npr. LP Simplex

Select a Solving Method:

[7] Pokreni Solver – pritisnite naredbu Rešavanje

[8] Procenite rešenje koje ste dobili



		Market			Safety stock	Unit warehouse space	Profit individual	Number of units in a warehouse	Occupied warehouse space	Profit for x units
		X	Y	Z						
Product	A	0	0	40	40	14	30	40	560	1200
	B	220	140	292	60	12	32	652	7820	20853
	C	0	90	0	90	18	23	90	1620	2070
		220	230	332				Total warehouse space	10000	
Realized demand		220	230	332						

Total warehouse area	10000
----------------------	-------

Objective function - maximum profit:	24123
--------------------------------------	-------

Pitanja poglavlja

1. Kako dodatak Solver u Microsoft Excelu može podržati procese donošenja odluka u preduzeću?
2. Kako izbor odgovarajuće metode optimizacije utiče na rezultate analize?

LITERATURA

Antoniuk, I., Svitek, R., Krajčovič, M., i Furmannová, B. (2021). Methodology of design and optimization of internal logistics in the concept of Industry 4.0. *Transportation Research Procedia*, 55, 503-509.

Baj-Rogowska, A. (2013). Planowanie tras z wykorzystaniem narzędzia Solver, jako zadanie logistyczne w małej firmie. *Optymalizacja systemów i procesów logistycznych*, 169-178.

Battini, D., Persona, A., i Sgarbossa, F. (2014). A sustainable EOQ model: Theoretical formulation and applications. *International Journal of Production Economics*, 149, 145-153.

Bomba, I., i Kwiecień, K. (2012). Zastosowanie dodatku SOLVER aplikacji MS Excel w projektowaniu jednostki paletowej. *TTS Technika Transportu Szynowego*, 19.

Cyplik, P., i Hadaś, Ł. (2012). Zarządzanie zapasami w łańcuchu dostaw. *Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej*.

Delgado-Aguilar, M., Valverde-Som, L., i Cuadros-Rodríguez, L. (2018). Solver, an Excel application to solve the difficulty in applying different univariate linear regression methods. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 178, 39-46.

Dudziński, Z., i Kizyn, M. (2002). *Vademecum gospodarki magazynowej. Ośrodek Doradztwa i Doskonalenia Kadr*.



- Fechner, I. (2007). Zarządzanie łańcuchem dostaw. Poznań: Wyższa Szkoła Logistyki.
- Fertsch, M. (ed). (2006). Słownik terminologii logistycznej. Poznań: Instytut Logistyki i Magazynowania.
- Ghiani, G. (2004). Introduction to Logistics Systems Planning and Control. Chichester: John Wiley i Sons Ltd.
- Gu, J., Goetschalckx, M., i McGinnis, L. F. (2007). Research on warehouse operation: A comprehensive review. European journal of operational research, 177(1), 1-21.
- Gupta, P., Mehlawat, M. K., Aggarwal, U., i Khan, A. Z. (2022). An optimization model for a sustainable and socially beneficial four-stage supply chain. Information Sciences, 594, 371-399.
- Hariga, M.A., i Jackson, P.L. (1996). The warehouse scheduling problem: Formulation and algorithms. IIE Transactions 28, 115-127.
- Jayarathna, C. P., Agdas, D., Dawes, L., i Yigitcanlar, T. (2021). Multi-objective optimization for sustainable supply chain and logistics: A review. Sustainability, 13(24), 13617.
- Kisielewski, P., i Talarek, P. (2020). Optymalizacja procesu magazynowania wysokoskładowego. (ed) Sosnowski Z. Symulacje komputerowe w badaniach i rozwoju. Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej. Białystok. DOI: 10.24427/978-83-66391-28-4_11
- Krzyżaniak, S. (2005). Podstawy zarządzania zapasami w przykładach (Wydanie III). Poznań: Instytut Logistyki i Magazynowania.
- Krzyżaniak, S. (2006). Lokalizacja zapasów w sieci dystrybucji. LogForum, 2(1), 2.
- Kusiak, J., Danielewska-Tułęcka, A., i Oprocha, P. (2021). Optymalizacja. Wybrane metody z przykładami zastosowań. Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Magdalena, R., i Suli, T. (2019). Forecasting Methods and Implementation of DRP (Distribution Requirement Planning) Methods in Determining the Master Production Schedule. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 528(1).
- Masclé, C., i Gosse, J. (2014). Inventory management maximization based on sales forecast: case study. Production Planning i Control, 25(12), 1039-1057.



- Mason, A. J. (2012). OpenSolver-an open source add-in to solve linear and integer programmes in Excel. In Operations Research Proceedings 2011: Selected Papers of the International Conference on Operations Research (OR 2011), August 30-September 2, 2011, Zurich, Switzerland (401-406). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Mason, A.J. (2013). SolverStudio: A new tool for better optimisation and simulation modelling in Excel. *INFORMS Transactions on Education*, 14(1), 45-52.
- Miszewski, P. (2019). Rola nowoczesnych rozwiązań technologicznych w optymalizacji pracy współczesnego magazynu. *Journal of TransLogistics*, 5(1), 175-182.
- Muckstadt, J.A., Sapra, A., Muckstadt, J.A., i Sapra, A. (2010). EOQ model. *Principles of Inventory Management: When You Are down to Four, Order More*, 17-45.
- Mukhsin, M., i Sobirin, M.T. (2022). Scheduling Process Analysis Distribution of Product Using the Distribution Requirement Planning (DRP) Method. *AFEBI Management and Business Review*, 7(2), 78-89.
- Muller, M. (2019). *Essentials of inventory management*. HarperCollins Leadership.
- Ngatilah, Y., Rahmawati, N., Pujiastuti, C., Porwati, I., i Hutagalung, A.Y. (2020). Inventory control system using distribution requirement planning (drp)(case study: Food company). In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1569, No. 3, p. 032005). IOP Publishing.
- Nugroho, M., Ellianto, M.S.D., i Nurcahyo, Y.E. (2019). Planning and Implementation Enterprise Resource Planning Module Distribution Management Using the Methods of Distribution Requirement Planning in MSMEs UD Adhi Teknik. *International Review of Management and Marketing*, 9(6), 179.
- Ramaa, A., Subramanya, K.N., i Rangaswamy, T.M. (2012). Impact of warehouse management system in a supply chain. *International Journal of Computer Applications*, 54(1).
- Reszka, L. (2012). Koniunkcja logistyki i optymalizacji. *Acta Universitatis Nicolai Copernici. Zarządzanie*, 39, 109-118.
- Silva, C.A., Sousa, J. M. C., Runkler, T., i Palm, R. (2005). Soft computing optimization methods applied to logistic processes. *International Journal of Approximate Reasoning*, 40(3), 280-301.



Smyk, S. (2023). Optymalizacja jako wyzwanie dla menedżerów ds. logistyki. Gospodarka Materiałowa i Logistyka.



4. KONTROLING U UPRAVLJANJU LANCEM SNABDEVANJA



U ovom poglavlju prikazana su ključna pitanja vezana uz kontroling u upravljanju lancem snabdevanja. Poseban naglasak je stavljen na analizu logističkih podataka, koja se može sprovesti pomoću proračunske tabele. Ovde ćete pronaći :

- koncept kontrolinga,
- ciljevi i opseg kontrolinga u lancu snabdevanja,
- osnovni ključni pokazatelji uspešnosti (KPI) u lancu snabdevanja.

4.1. Uvod

Kontroling se može definisati identifikovanjem njegovog glavnog zadatka, a to je osigurati planiranje, kontrolu i praćenje aktivnosti preduzeća usmereno na rezultate na osnovu računovodstvenih i finansijskih podataka (Hahn, 1987). Kontroling se može opisati kao "sistem međusobno dogovorenih mera, principa, ciljeva, metoda i tehnika koji služi internoj kontroli i upravljanju ciljevima povezanim s ishodom" (Nowak, 2015). **Kontroling u lancu snabdevanja** je proces upravljanja i optimizacije finansijskih, materijalnih i informacionih tokova kroz lanac snabdevanja (Chopra i Meindl, 2007). Kontroling lanca snabdevanja **uključuje** analizu podataka, predviđanje, praćenje učinka i korektivne intervencije, što omogućava kontinuirano prilagođavanje aktivnosti promenjivim tržišnim i operativnim uslovima (Cigolini i dr., 2004). Postoje razlike između kontrolinga lanca snabdevanja i kontrolinga preduzeća, kao što je prikazano u tabeli 4.1.

**Tabela 4. 1. Razlike između kontrolinga u lancu snabdevanja i u preduzeću**

Razlikovanje kriterijuma	Kontroling u lancu snabdevanja	Kontroling u preduzeću
Raspon aktivnosti	uključuje upravljanje i koordinaciju aktivnosti u mnogim nezavisnim organizacijama koje sarađuju u proizvodnji i isporuci proizvoda krajnjem primaocu	fokusira se na unutarnje procese jedne organizacije, fokusirajući se na optimizaciju i operativnu učinkovitost unutar samog preduzeća
Strateški cilj	nastoji optimizirati celi proces od dobavljača do kupaca, fokusirajući se na integraciju i sinhronizaciju aktivnosti između različitih subjekata	fokusiran je na postizanje finansijskih i operativnih ciljeva samog preduzeća, kao što su profitabilnost, operativna učinkovitost i usklađenost s budžetom
Područja intervencije	bavi se aspektima kao što su vreme realizacije narudžbine, troškovi logistike, kvalitet saradnje između partnera i upravljanje zalihama na nivou celog lanca	može se fokusirati na kontrolu internih troškova, analizu profitabilnosti proizvoda ili odeljenja i optimizaciju poslovnih procesa unutar kompanije
Korišćeni alati i metodologije	često koristi napredne IT sisteme koji integrišu podatke iz različitih preduzeća, kao što su ERP ili SCM sistemi	mogu koristiti više alate i sisteme usmjerene na kompaniju koji ne moraju nužno biti integrirani s spoljnim poslovnim partnerima

Izvor: (Mazur i dr., 2021; Nesterak i dr., 2020; Vollmuth, 2000).

Ukratko, kontroling u lancu snabdevanja zahteva više holistički pristup upravljanju i koordinaciji aktivnosti od kontrolinga usmerenog na jedno preduzeće, gde je prioritet optimizacija internih poslovnih procesa.

U kontrolingu detaljne informacije o prošlosti nisu dovoljne; takođe je bitno razviti i implementirati nove koncepte, instrumente i alate koji daju precizne informacije o budućem razvoju preduzeća u lancu snabdevanja. Stoga je jedna od karakteristika kontroling sistema prisutnost dve vrste povratne sprege (Nesterak, 2002):

- Davanje povratnih informacija (engl. *feed-back*) – propis koji omogućava prepoznavanje odstupanja u sistemu plan-realizacija i preduzimanje



odgovarajućih korektivnih i preventivnih radnji kako bi se izbeglo odstupanje od postavljenog cilja,

- davanje povratne informacije unapred (engl. *feed-forward*) – shvaćen kao kontrola koja se odnosi na korišćenje predviđenih količina i informacija o prošlim radnjama kako bi se odredilo koje vrste akcija treba preduzeti u budućnosti.

U ovoj perspektivi kontroling usmerava buduće aktivnosti preduzeća stvaranjem sistema "ranog upozorenja". Ovaj sistem identifikuje signale koji mogu značajno uticati na budućnost kompanije i celokupnog lanca snabdevanja, što pak utiče na postizanje postavljenih ciljeva.

Kontroling lanca snabdevanja ima za cilj postići ciljeve kroz integrisane analitičke, strateške i operativne aktivnosti koje obuhvataju unutrašnje funkcije preduzeća i njegove interakcije sa spoljnim partnerima u lancu snabdevanja. **Ključni ciljevi kontrole lanca snabdevanja** uključuju (Chopra i Meindl, 2007):

- Povećanje operativne efikasnosti analizom procesa, optimizacijom toka rada i smanjenjem otpada, što poboljšava ukupni učinak lanca snabdevanja,
- Smanjenje troškova, budući da kontrola i kontinuirano praćenje troškova unutar lanca snabdevanja pomaže identifikaciji područja u kojima se mogu postići uštede bez ugrožavanja kvaliteta,
- Osiguravanje usklađenosti i kvaliteta praćenjem i osiguravanjem poštovanja propisa i standarda kvaliteta u celom lancu snabdevanja,
- Poboljšanje suradnje između partnera kroz bolje planiranje, komunikaciju i koordinaciju aktivnosti,
- Povećanje fleksibilnosti i otpornosti lanca snabdevanja razvijanjem sposobnosti brzog prilagođavanja tržišnim promenama ili operativnim okruženjima i smanjenjem rizika od zastoja ili prekida,
- Optimiziranje upravljanja zalihama, koje uravnotežuje potrebe za smanjenjem troškova sa zahtevima za dostupnošću proizvoda,
- Poboljšanje procesa donošenja odluka pružanjem ključnih podataka i analiza koje podržavaju strateške i taktičke upravljačke odluke,



- Osiguravanje kontinuiranog poboljšanja promovisanjem kulture stalnog poboljšanja unutar lanca snabdevanja putem redovnih pregleda, procena i ažuriranja procesa.

Ukratko, kontroling podržava sprovođenje strategija lanca snabdevanja pružanjem preciznih podataka i analiza koje pomažu u strateškom planiranju i optimizaciji procesa. Praćenjem pokazatelja u stvarnom vremenu omogućava brze odgovore na promenljive tržišne uslove i potrebe kupaca. Dodatno, kontroling podržava upravljanje rizicima u lancu snabdevanja identifikujući potencijalne pretnje i predlažući rešenja koja minimiziraju njihov uticaj na postizanje postavljenih ciljeva.

4.2. Ključni pokazatelji uspešnosti u lancu snabdevanja

U literaturi se problematika kontrolinga lanca snabdevanja najčešće analizira iz perspektive korišćenih alata. Bibliografski izvori pokazuju da najefikasniji alati za kontrolu uključuju obračun troškova na osnovu aktivnosti, ciljni obračun troškova, sisteme pokazatelja, uravnotežene tabele rezultata i uporednu analizu (Dobroszek, 2011; Guersola i dr., 2018). S obzirom kako se ova knjiga fokusira na korišćenje proračunskih tabela u analizi logističkih podataka, ujedno i naglašava analizu pokazatelja zbog njene primenljivosti u ovom alatu.

Ključni pokazatelji uspešnosti (engl. *Key Performance Indicators*, KPI) koji se koriste u lancima snabdevanja bitan su alat za merenje i praćenje učinkovitosti i delotvornosti aktivnosti unutar lanca snabdevanja. KPI-jevi se mogu kategorizovati na osnovu stuba koji pokrivaju (Dobroszek, 2011):

- stub lanca snabdevanja – na ovom nivou se koriste pokazatelji koji se odnose na ceo lanac snabdevanja, kao što je ukupno vreme realizacije narudžbine u lancu snabdevanja, ukupni troškovi lanca snabdevanja i ciklus od gotovine do gotovine,
- stub partnerskih odnosa – na ovom nivou se izračunavaju pokazatelji koji odražavaju saradnju između poslovnih partnera i proizašle učinke, kao što je



odnos između dobavljača i trgovca; karakteristični pokazatelji u ovom području uključuju sposobnost ispunjenja isporuka i pouzdanost plaćanja trgovaca,

- pojedinačni privredni subjekti u lancu snabdevanja – iako subjekti u lancu snabdevanja deluju međusobno povezani i teže zajedničkom cilju, svaki bi trebao zasebno procenjivati svoju privrednu aktivnost.

Najčešće korišćeni ključni pokazatelji uspešnosti u lancima snabdevanja uključuju (Dias i Silva 2021; Lehyan i dr., 2018; Rasool i dr., 2023; Yurtay i dr., 2023):

- OTIF (engl. *On-Time In-Full*) – meri procenat narudžbina isporučenih kupcu na vreme i u celosti, prema njihovim specifikacijama.

Formula:



$$OTIF = \left(\frac{\text{broj narudžbina isporučenih na vreme i u punoj količini}}{\text{ukupan broj narudžbina}} \right) \times 100\%$$



Visoki nivo implementacije OTIF-a ukazuje na učinkovitost upravljanja zalihama, planiranja proizvodnje, upravljanja vremenom transporta i točnosti u procesu prihvatanja narudžbina.

Formula u Excelu:



$$OTIF = ([\text{broj narudžbina isporučenih na vreme i u punoj količini}] / [\text{ukupan broj narudžbina}]) * 100\%$$

- vreme realizacije narudžbine LT (engl. *Lead Time, Order Fulfillment Time*) – meri vreme od prihvatanja narudžbine do njene isporuke kupcu.



Formula:

$$LT = \text{datum isporuke} - \text{datum prihvatanja narudžbe}$$



Vreme isporuke uključuje:



- vreme pripreme narudžbine – vreme potrebno za obradu narudžbine u sistemu,
- vreme izrade – vreme potrebno za izradu ili pripremu naručenih proizvoda,
- vreme dostave – vreme koje protekne od trenutka kada je proizvod poslan kupcu do trenutka kada je proizvod zaprimljen.



Formula u Excelu:

$$LT = [\text{datum isporuke}] - [\text{datum prihvatanja narudžbine}]$$

- nivo korisničke usluge – meri sposobnost organizacije da ispunji zahteve kupaca, često se definiše kao procenat narudžbina ispunjenih bez grešaka (pogledajte poglavlje Upravljanje zalihama),
- Stopa raspoloživosti zaliha (engl. *Inventory Availability*, IA) – procenat vremena u kojem su zalihe raspoložive kupcima bez kašnjenja.

Formula:



$$IA = \left(\frac{\text{broj dana kada je zaliha bila raspoloživa}}{\text{ukupan broj dana u periodu}} \right) \times 100\%$$

ili

$$IA = \left(\frac{\text{raspoloživa količina zaliha}}{\text{željena količina zaliha}} \right) \times 100\%$$



Indikator meri procenat dana ili slučajeva u kojima je zaliha bila dostupna za trenutno ispunjenje u odnosu na ukupnu potražnju ili broj dana u određenom periodu. To omogućava procenu koliko kompanija učinkovito upravlja svojim zalihama u kontekstu ispunjavanja očekivanja kupaca.



Formula u Excelu:



$$IA = ([\text{broj dana kada je zaliha bila dostupna}] / [\text{ukupan broj dana u periodu}]) * 100\%$$

ili

$$([\text{raspoloživa količina zaliha}] / [\text{željena količina zaliha}]) * 100\%$$

- odnos obrta zaliha (engl. *Inventory Turnover*) – meri koliko često kompanija koristi i zamenjuje zalihe u određenom periodu, pokazuje koliko uspešno organizacija upravlja svojim resursima i odgovara na potražnju tržišta.

Formula:



$$IT = \left(\frac{\text{cena prodane robe}}{\text{prosečni nivo zaliha}} \right) \times 100\%$$



Previsok pokazatelj može ukazivati na rizik od manjka zaliha. Prenizak pokazatelj može značiti prevelike zalihe ili slabu prodaju. Idealna vrednost obrta zaliha zavisi od delatnosti i specifičnosti kompanije, kao i od strategije upravljanja lancem snabdevanja.



Formula u Excelu:

$$IT = ([\text{cena prodane robe}] / [\text{prosečni nivo zaliha}]) * 100\%$$

- Stopa povrata (engl. *Rate of Return*, RoR) – procenat proizvoda koje su kupci vratili u odnosu na ukupan broj prodatih proizvoda.

Formula:



$$RoR = \left(\frac{\text{broj vraćenih jedinica}}{\text{ukupan broj prodatih jedinica}} \right) \times 100\%$$



Visoka stopa povrata može ukazivati na probleme s kvalitetom proizvoda, odstupanja u opisima ili neispravno ispunjenje očekivanja kupaca, što negativno utiče na njihovo zadovoljstvo.



Ovaj pokazatelj pomaže kompanijama u prepoznavanju problema u proizvodima ili procesima koje je možda potrebno poboljšati. Analiza razloga povrata može dovesti do promena u proizvodnim procesima, poboljšane kvaliteta proizvoda ili usluga te boljeg upravljanja zalihama i predviđanja.

Formula u Excelu:



$$\text{RoR} = ([\text{broj vraćenih jedinica}] / [\text{ukupan broj prodatih jedinica}]) * 100\%$$

- Indeks učinka dobavljača (engl. *supplier performance index*, SPI) – procena i praćenje učinka dobavljača unutar lanca snabdevanja; utvrditi koliko dobavljači zadovoljavaju utvrđene kriterijume, kao što su kvalitet isporučenih proizvoda, isporuka na vreme ili sposobnost izvršavanja narudžbina bez grešaka (pogledajte poglavlje Analitika u području nabavke i kupovine). Formula:

$$SPI = \left(\frac{\text{zbir bodova za sve kriterijume}}{\text{maksimalni mogući broj bodova}} \right) \times 100\%$$

SPI se obično izračunava na osnovu nekoliko pojedinačnih pokazatelja učinka, kao što su kvalitet isporuke, pravovremenost i fleksibilnost. Bodovi se dodeljuju na osnovu ispunjavanja određenih kriterijuma, a najveći ukupni broj bodova odgovara idealnim performansama dobavljača.





Formula u Excelu:

$$\text{SPI} = ([\text{zbir bodova za sve kriterijume}] / [\text{maksimalni mogući broj bodova}]) * 100\%$$

Pitanja poglavlja

1. Koji su ključni ciljevi kontrolinga u lancu snabdevanja?
2. Koje se mere preduzimaju unutar kontrolinga kako bi se smanjili troškovi u lancu snabdevanja?
3. Kako kontroling osigurava usklađenost i kvalitet u lancu snabdevanja?

LITERATURA

Chopra, S., i Meindl, P. (2007). Supply chain management: Strategy, planning i operation, 265-275.

Cigolini, R., Cozzi, M., i Perona, M. (2004). A new framework for supply chain management: Conceptual model and empirical test. International Journal of Operations i Production Management, 24(1), 7-41.

Dias, G. P., i Silva, M. E. (2021). Revealing performance factors for supply chain sustainability: A systematic literature review from a social capital perspective. Brazilian Journal of Operations i Production Management, 19(1), 1-18.

Dobroszek, J. (2016). Rachunkowość zarządcza w zarządzaniu łańcuchem dostaw w świetle wyników badań literaturowych i ankietowych. Zeszyty Teoretyczne Rachunkowości, (89), 29-54.

Guersola, M., Lima, E.P.D., i Steiner, M.T.A. (2018). Supply chain performance measurement: A systematic literature review. International Journal of Logistics Systems i Management, 31(1), 109-131.

Hahn, D. (1987). Controlling—Stand und entwicklungstendenzen unter besonderer berücksichtigung des CIM-konzeptes. In Rechnungswesen und EDV: Controlling· Anwenderberichte· Neue Konzepte· Controlling-Systeme· Systemerfahrungen, 3-39.



Lehyani, F., Zouari, A., Ghorbel, A., i Tollenaere, M. (2021). Defining and measuring supply chain performance: A systematic literature review. *Engineering Management Journal*, 1-31.

Mazur, N., Khrystenko, L., Pásztorová, J., Zos-Kior, M., Hnatenko, I., Puzyrova, P., i Rubezhanska, V. (2021). Improvement of controlling in the financial management of enterprises. *TEM Journal-Technology, Education, Management, Informatics*.

Nesterak, J. (2002). Controlling-zarys idei. *Zeszyty Naukowe Akademia Ekonomiczna w Krakowie*, 560, 73-88.

Nesterak, J., Jabłoński, M., i Kowalski, M. J. (2020). Controlling procesów w praktyce przedsiębiorstw działających w Polsce. Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie.

Nowak, M. (2015). Controlling–koncepcja oraz metoda wspomagająca współpracę międzyorganizacyjną. *Studia Ekonomiczne*, 224, 173-184.

Rasool, F., Greco, M., i Strazzullo, S. (2023, September). Understanding the future KPI needs for digital supply chain. In *Supply Chain Forum: An International Journal*, 1-12.

Vollmuth, H.J. (2000). Controlling, planowanie, kontrola, kierowanie. Podstawy budowy systemu controllingu. Agencja Wydawnicza Placet, Warszawa.

Yurtay, Y., Yurtay, N., Demirci, H., Zaimoglu, E. A., i Göksu, A. (2023). Improvement and implementation of sustainable key performance indicators in supply chain management: The case of a furniture firm. *IEEE Access*.



5. ANALITIKA U PODRUČJU NABAVKE I KUPOVINE



U poglavlju se govori o nabavci i strategiji nabavke. Jedan od najvažnijih izazova u ovom području je procena i izbor pravih dobavljača. Najvažnija pitanja o kojima se govori u ovom poglavlju uključuju :

- uloga i značaj nabavke i kupovine,
- podela nabavke i strategija nabavke,
- odabrane metode ocenjivanja i izbora dobavljača.

5.1. Uvod

Nabavka (logistika nabavke) je dodeljena i osnovnim i pomoćnim funkcijama. Doprinosi sticanju konkurentске prednosti, između ostalog, izborom dobavljača koji:

- nude visokokvalitetne sirovine po najnižoj mogućoj ceni, doprinoseći povećanom zadovoljstvu kupaca,
- garantuju inovativne tehnologije, što znači uvođenje novih rešenja i proizvoda na tržište,
- primenjuju održive prakse koje smanjuju otpad i poboljšavaju imidž kompanije.

Nabavka omogućava nabavku opreme, materijala i komponenti potrebnih za proizvodnju sopstvenog gotovog proizvoda ili za prodaju robe sledećim karikama u lancu snabdevanja. Logistika nabavke takođe povezuje učesnike u lancu snabdevanja i osigurava željeni kvalitet koji stvaraju dobavljači u tom lancu (Coyle, i dr., 2002). Nabavka takođe uključuje aktivnosti vezane uz analizu raspoloživih (trenutnih) zaliha materijala i komponenti kojima kompanija raspolaže. Jednako važna aktivnost koja se obavlja u području logistike nabavke je planiranje potreba za materijalima na osnovu proizvodnih planova ili narudžbina kupaca te na osnovu strukture (specifikacije) proizvoda koje kompanija proizvodi. Nabavka



takođe uključuje nadzor i reagovanje na promene uslova isporuke (promene datuma, asortimana, količine i sl). Dakle, to znači dobiti nešto na planski način.

Kupovina je, s druge strane, jedna od faza logistike nabavke. To znači kupovina dobara i usluga. No, radi se o prilično uskoj percepciji nabavke, koja nabavku tretira na način koji je odvojen od ostalih funkcija koje se obavljaju u preduzeću. Koncept kupovine treba shvatiti kao transakciju razmene koja počinje kada su poznate materijalne potrebe (Kowalska, 2005). Prethodi mu izbor izvora nabavke (dobavljač ili podizvođač) i aktivnosti koje se sastoje u pregovaranju cena i rokova izvršenja narudžbine. Kupovina je transakcija u kojoj kupac kupuje proizvod ili uslugu i za to plaća dobavljaču. Stoga uključuje četiri faze: (1) određivanje vrste kupovine; (2) određivanje potrebnog nivoa izdataka; (3) sprovođenje stvarnog procesa kupovine; (4) procena efikasnosti završenog procesa kupovine.

Pojmovi kupovina i nabavka često se tretiraju kao sinonimi. Međutim, treba imati na umu da se ovi pojmovi međusobno razlikuju – njihov opseg je različit. Nabavka je uži pojam od kupovine. Kupovina, s druge strane, odnosi se na nabavku dobara i usluga potrebnih za proizvodni proces.

Uloga i važnost kupovine i nabavke u preduzeću uveliko zavisi od dostupnosti industrijske i komercijalne robe. Što su problemi i poteškoće u pronalasku i kupovini robe veći (npr. nestabilno tržište podložno sezonskim ciklusima, nestašicama i nestabilnostima cena), to nabavka i kupovina postaju više strateški. S druge strane, što je roba standardnija i za nju postoji visoka dostupnost na tržištu, nabavka i kupovina su manje važni. Ta uloga je drugačija ako preduzeće ima značajan deo kapitala vezan za materijalna dobra. Povezani trošak znači da će efikasnije upravljanje nabavkom i kupovinom uticati na bolje upravljanje kapitalom preduzeća i veće uštede. To znači da će se uloga nabavke i kupovine povećati u preduzećima gde je visok stepen kapitalne intenzivnosti (udeo troškova materijalnih dobara i povezanih operacija u gotovom proizvodu) ovog procesa.



5.2. Strategije nabavke i kupovine – podela prema izvorima nabavke

S obzirom na moguće izvore nabavke, može se razlikovati nekoliko različitih strategija nabavke i kupovine. Mogu se razlikovati prema broju izvora nabavke i sa tog aspekta, mogu se razlikovati sledeće strategije (Grzybowska, 2011):

- jedan izvor nabavke (jedan dobavljač, engl. *single sourcing*) znači da se na osnovu utvrđenih kriterijuma bira jedan dobavljač koji je odgovoran za snabdevanje određenih stavki asortimana ili asortimanske grupe. Ovo rešenje osigurava održavanje bliskih kontakata između primaoca i jednog dobavljača kojeg kompanija izabere i preferira. Omogućava izgradnju trajnih veza i odnosa između poslovnih partnera, često na osnovu dugoročnog partnerstva i dogovora. Trajni odnosi, stabilnost saradnje i ujednačen kvalitet isporučene robe ili usluge nedvosmisleno su prednosti ovog rešenja. Nedostatak primenjene strategije je rizik vezan za postojanje samo jednog dobavljača. To je pre svega rizik gubitka kontinuiteta snabdevanja, što može biti uzrokovano poremećajima u lancu snabdevanja i rizikom da kupac postane zavisn od jednog dobavljača. To je posebno slučaj kada dobavljač ima monopol. U posebnim slučajevima može postojati monopol dobavljača kada na tržištu ne postoje alternativni izvori nabavke.
- dva izvora nabavke (dva dobavljača, engl. *dual sourcing*) što znači nabavku od dva jednaka dobavljača koji snabdevaju istom vrstom proizvodnog asortimana ili grupe proizvoda. Saradnja između kupca i dva dobavljača odvija se po principu 50-50 – podela narudžbina i nabavke ravnomerno je raspoređena između njih. Strategija nabavke iz dva izvora takođe može imati oblik neravnomerne podele i diferencijacije saradnje između dva odabrana dobavljača. Ovo je strategija klackalice. Kao što naziv sugeriše, ova strategija koristi princip klackalice distribucije narudžbina. Podela nabavke je neravnomerna (npr. 70% jedan dobavljač, 30% drugi dobavljač). Odnos narudžbina dodeljenih dobavljačima može se mijenjati zavisno od predložene cene proizvoda koji se nabavlja i



njegovog kvaliteta. Iako te kompanije imaju ista prava, među njima postoji natecanje za veće učešće. To je nedvosmisleno pokretačka snaga ove strategije.

- više izvora nabavke (više dobavljača, engl. *multiple sourcing*) znači korišćenje usluga više dobavljača i podizvođača. Ova strategija osigurava visoku sigurnost snabdevanja. Karakteriše je trijada: više dobavljača – višestruki odnosi – višestruke strategije. Obično se radi o komponentama za gotov proizvod, koje nisu strateške. Strategija više dobavljača ukazuje da je potrebno koristiti i sarađivati s relativno velikim brojem dobavljača, s kojima preduzeće stvara različite vrste odnosa, nivoa saradnje i ostvaruje različite transakcije. Strategija garantuje kontinuitet i pouzdanost snabdevanja. Takođe omogućava da ne postanete zavisni od jednog dobavljača. Konkurencija između dobavljača takođe osigurava stalno podizanje zahteva i očekivanja kupaca. Mogu se pojaviti problemi s održavanjem jednakog nivoa kvaliteta i tehničkih parametara kako kupljene robe tako i pružene usluge. Nemoguće je sprovoditi zajednički istraživački i razvojni rad s tako velikim brojem alternativnih dobavljača.

Drugi primer strategije nabavke i kupovine je podela prema predmetu nabavke. Mogu se razlikovati sledeće strategije (Grzybowska, 2011):

- nabavke pojedinačnih elemenata (engl. *unit sourcing*), koja se usmerava prema proizvodnim kompanijama koje predmet nabavke nabavljaju u obliku jednostavnih komponenti (delovi, detalji i sl), od kojih zatim proizvode gotov proizvod. U ovom rešenju stepen odvojanja proizvodnih aktivnosti od spoljašnjih (outsourcing) je mali. Pretpostavlja visok stepen vertikalne integracije proizvodnje. Vrlo je verovatno da će proizvodno preduzeće (kupac) oko sebe okupiti mnogo ili vrlo mnogo dobavljača za razna materijalna dobra od kojih se proizvodi gotov proizvod.
- modularne nabavke (engl. *modular sourcing*), što znači odmak od nabavke pojedinačnih elemenata u korist gotovih montažnih modula ili složenih komponenti koje se sklapaju u finalni proizvod.



5.3. Metode ocenjivanja i izbora dobavljača

Ocenjivanje kandidata za dobavljače zasniva se na kriterijumima utvrđenim za izbor dobavljača. Stručnjaci sprovode ove procene koristeći različite metode donošenja odluka. Izbor dobavljača je jedna od najkritičnijih aktivnosti povezanih s upravljanjem nabavkom u lancu snabdevanja (Amid i dr., 2006). Izbor dobavljača osnov je dugoročnih partnerstava s dobavljačima koji mogu značajno doprineti uspehu ili neuspehu preduzeća (Ali i dr., 2023). Na proces donošenja odluke o ocenjivanju i izboru dobavljača utiču sledeći elementi: (1) korišćena metoda ocenjivanja; (2) minimalna količina narudžbine; (3) strategija pronalaženja izvora; (4) proizvodni kapacitet dobavljača; (5) vrsta proizvoda; (6) vrsta ocene dobavljača; (7) postavke lokacije dobavljača; (8) kriterijumi izbora dobavljača; (9) proizvodna strategija; i (10) proizvodni kapacitet dobavljača (Nowakowski i Werbińska-Wojciechowska, 2012; de Boer i dr., 2001).

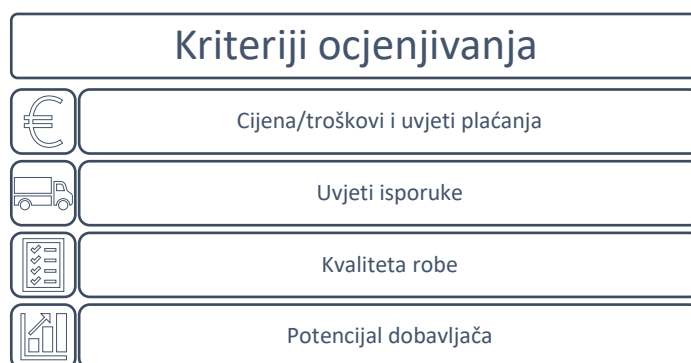
Poznat je niz metoda i tehnika za procenu i izbor dobavljača. Ispod su neke od klasifikacija (Benyoucef i dr., 2003):

- metode eliminacije, koje pomažu kompanijama u procesu izbora dobavljača postupnim eliminisanjem onih koji ne zadovoljavaju određene kriterijume. Jedna od metoda eliminacije je bodovna metoda, pri kojoj se svaki dobavljač ocenjuje na osnovu skupa kriterijuma kao što su cena, kvalitet, pravovremenost isporuke i sl. Dobavljači koji ne ostvare minimalni broj bodova se eliminišu. Potkategorija u ovoj grupi je metoda ponderisane procene dobavljača.
- metode optimizacije, koje pomažu kompanijama u donošenju odluka o izboru najboljih dobavljača na osnovu različitih kriterijuma. Jedna od popularnijih metoda optimizacije je višekriterijumska metoda analitički hijerarhijski proces (engl. *Analytic Hierarchy Process*, AHP), koja se sastoji od hijerarhijskog poređenja kriterijuma i ocenjivanja dobavljača na osnovu tih kriterijuma. AHP dopušta uključivanje i kvantitativnih i kvalitativnih kriterijuma.
- probabilističke metode, koje uzimaju u obzir nesigurnost i varijabilnost podataka u procesu donošenja odluka. Jedna od metoda ove grupe je TOPSIS metoda s probabilističkim informacijama.

Trenutno se puno pažnje posvećuje problemima vezanim uz izbor i raspodelu dobavljača, koje je s vremenom sve teže rešiti (Khazaei i dr., 2023). Izbor dobavljača na današnjem konkurentnom tržištu najvažnija je funkcija za uspeh ukupne učinkovitosti ciklusa i organizacije lanca snabdevanja (Dweiri i dr., 2016).

5.4. Kriterijumi ocenjivanja dobavljača

Određivanje pravih kriterijuma za ocenu dobavljača omogućava da se kasnije donese najbolji mogući izbor. Ovi kriterijumi utiču i određuju ocenu ponuda podizvođača. Važno je spomenuti detaljne kriterijume za ocenjivanje dobavljača (Slika 5.1) i njihovo proširenje važnim parametrima (Tabele 5.1-5.4).



Slika 5. 1. Odabrani kriterijumi ocenjivanja dobavljača

Izvor: (Midor i Biały, 2019)

Na primer, Ha i Krishnan (2008) navode da su cena, kvalitet i isporuka tri najčešće korišćena atributa. Slično tome, Koul i Verma (2012) takođe smatraju cenu, kvalitet, trošak i uslugu glavnim kriterijumima za izbor dobavljača.

Jedan od ključnih kriterijuma za ocenu dobavljača je cena (troškovi) i uslovi plaćanja (tabela 5.1). Cena i troškovi dostave direktno utiču na ukupne troškove proizvodnje. Od njih zavisi i visina profitne marže. Takođe je vredno zapamtiti da uslovi plaćanja i dostupnost kredita, utiču na finansijsku likvidnost preduzeća. Stoga fleksibilni uslovi plaćanja mogu pomoći u upravljanju protokom novca i izbegavanju problema s likvidnošću.



Tabela 5. 1. Razvoj kriterijuma ocenjivanja dobavljača – Cena/troškovi i uslovi plaćanja

Kriterijum ocenjivanja	Karakteristični parametri
Cena/troškovi i uslovi plaćanja	▪ cenovna konkurentnost ▪ stabilnost ili varijabilnost cena tokom dužeg vremenskog perioda ▪ uslovi plaćanja ▪ mogućnost kreditiranja dostave ▪ opseg popusta koji se odobrava za veće narudžbine ▪ opseg popusta koji se odobravaju za dugoročnu saradnju ▪ spremnost na pregovore o cenama ▪ troškovi dostave; transportni troškovi ▪ skriveni (dodatni) troškovi koji nisu direktno vidljivi u cenovnoj ponudi ▪ troškovi povezani s kvalitetom koji se odnose na reklamacije, povrate, popravke

Izvor: sopstvena studija

Tabela 5. 2. Razvoj kriterijuma ocenjivanja dobavljača – Isporuke

Kriterijum ocenjivanja	Karakteristični parametri
Isporuke	▪ pravovremenost isporuka ▪ pravilnost; učestalost isporuka ▪ kompletnost isporuka ▪ tačnost/asortimanska doslednost isporuka ▪ način pakovanja i obezbeđivanja robe ▪ kvantitativna fleksibilnost; vremenska fleksibilnost isporuka ▪ pogodnost postavljanja narudžbine ▪ mogućnost upravljanja logistikom isporuka od strane dobavljača (npr. transport, skladištenje) ▪ pouzdanost isporuka

Izvor: sopstvena studija



Tabela 5. 3. Razvoj kriterijuma ocenjivanja dobavljača – Kvalitet proizvoda

Kriterijum ocenjivanja	Karakteristični parametri
Kvalitet proizvoda	▪ tehnički kvalitet proizvoda ▪ garancija kvaliteta ▪ pouzdanost proizvoda ▪ sigurnost proizvoda ▪ tehničke usluge ▪ usklađenost proizvoda s normama i standardima ▪ funkcionalnost proizvoda ▪ izdržljivost proizvoda ▪ sistem upravljanja kvalitetom ▪ jednostavnost popravka ili održavanja proizvoda ▪ uticaj proizvoda na prirodu (ekološki karakter)

Izvor: sopstvena studija

Tabela 5. 4. Razvoj kriterijuma ocenjivanja dobavljača – Potencijal dobavljača

Kriterijum ocenjivanja	Karakteristični parametri
Potencijal dobavljača	▪ proizvodni kapacitet ▪ tehnološka dostupnost ▪ dostupnost tehničkih, ljudskih i materijalnih resursa ▪ potencijal za inovacije ▪ logistička i operativna učinkovitost ▪ iskustvo dobavljača ▪ upravljačke i organizacione mogućnosti ▪ tržišni položaj dobavljača (tržišni udeo; ugled) ▪ mogućnosti uvođenja novih tehnologija, proizvoda ili procesa

Izvor: sopstvena studija



No, cena nije jedini kriterijum za ocenu dobavljača. Jednako važan kriterijum su i rokovi isporuke (tabela 5.2). Sposobnost dobavljača da isporučuje na vreme, redovno ili fleksibilno ključna je za izbegavanje zastoja u proizvodnji i osiguravanje kontinuiteta rada.

Još jedan važan kriterijum za ocenu dobavljača je kvalitet isporučene robe (tabela 5.3). Visokokvalitetna roba (sirovine, materijali, komponente) utiče na kvalitet proizvedenog, finalnog proizvoda, a posledično dovodi do zadovoljstva kupaca. To pak povećava lojalnost i ponovljivost kupovine i utiče na reputaciju kompanije koja kupuje.

Pri oceni i izboru dobavljača može se obratiti pažnja i na potencijal dobavljača za dalji razvoj (tabela 5.4). Ovaj kriterijum odnosi se na parametre koji pomažu da se odredi može li dobavljač odgovoriti na buduće izazove i tržišne zahteve kratkoročno/dugoročno.

5.5. Metoda ponderisane tačke

Najčešće korišćena metoda kvantitativnog ocenjivanja dobavljača je metoda ocenjivanja koja se bazira na ponderisanoj oceni (Burdzik, 2017). Kod ove metode prvo se utvrđuje redosled odabranih kriterijuma ocenjivanja dobavljača i dodeljuje im se težinski faktor (ponder). Ponderisani faktor odnosi se na važnost odabranog kriterijuma ocenjivanja.

Kompanije često koriste sistem ponderisanih bodova jer je vrlo pouzdan, a troškovi njegove implementacije su umereni. Osim toga, kombinuje kvalitativne i kvantitativne faktore u zajednički sistem. Budući da donosioci odluka mogu promeniti ponderisane faktore dodeljene svakom kriterijumu ili ih promeniti nezavisno od strateških prioriteta kompanije. Dakle, sistem je fleksibilan (Arsan i Shank, 2011; Maláková i dr., 2020).

Ocena dobavljača dobija se množenjem svake ocene kriterijuma s unapred određenim ponderisanim faktorom. Zatim se dobijene vrednosti sabiraju. Ocena preferencija (P_S) označava procenu dobavljača.

Gore navedeno prikazano je formalnim modelom:

$$P_S = \sum_{i=1}^n (O_i \cdot w_i)$$

Gde je

P_S – rezultat preferencija



O – kriterijumsko vrednovanje

ϖ – težinski koeficijent.

Ponderisani koeficijent treba:

- biti u rangui $< 0,1 >$,
- svaki sledeći korišćeni ponderisani koeficijent je manji od prethodnog $\varpi_i > \varpi_{i+1} > \varpi_{i+2}$,
- zbir svih težinskih koeficijenata mora biti jednak 1: $\sum_1^n \varpi_i = 1$,
- broj ponderisanih koeficijenata zavisi od broja analiziranih kriterijuma.

Gore navedeno, objašnjeno je formulom koja se koristi u Excelu za ponderisani prosek s pet odabranih kriterijuma ocenjivanja dobavljača:



preferencijalni rezultat (dobavljač 1) = (ocena (kriterijum 1) * ω (1)) + (ocena (kriterijum 2) * ω (2)) + (ocena (kriterijum 3) * ω (3)) + (ocena (kriterijum 4) * ω (4)) + (ocena (kriterijum 5) * ω (5))

Predloženi postupak i opis procesa izračunavanja prikazani su u nastavku.

Sadržaj zadatka

Ocenite dobavljače za izabranu stavku asortimana.



- [1] Izrada liste podataka; navođenje kriterijuma i dodjeljivanje težinskih koeficijenata.
- [2] Uspostavljanje lestvice procene pojedinih kriterijuma.
- [3] Uspostavljanje skupa dobavljača koji podležu proceni; dodjeljivanje ocena pojedinim kriterijumima i dobavljačima.
- [4] Izračunavanje ponderisanog proseka za svakog dobavljača koji je predmet procene.
- [5] Crtanje grafa koji sadrži kriterijume i njihovu ocenu od strane dobavljača.



[6] Izvođenje analize i na osnovu nje izbor najpovoljnijeg dobavljača;
određivanje dobavljača koji će dobiti najbolju ocenu

Odabrani kriterijumi su:

- Kvalitet dela za bicikl (delovi se ne lome, izdržljivi su, nema zamerki),
- Cena dela za bicikl (što manja to bolja),
- Pravovremenost isporuka (isporuke se realizuju na vreme),
- Pouzdanost isporuke (proizvodi stižu netaknuti, bez oštećenja),
- Usklađenost robe s očekivanjima (roba stiže tačno onako kako je naručena),
- Postupak naručivanja (jednostavno i intuitivno naručivanje).

Dodeljeni ponderisani koeficijenti su sledeći:

- Kvalitet dela za bicikl – 30%,
- Cena dela za bicikl – 25%,
- Pravovremenost isporuke – 15%,
- Pouzdanost isporuke – 10%,
- Usklađenost robe s očekivanjima – 10%,
- Postupak naručivanja – 10%.

Navedeno je da će se ocena pojedinih kriterijuma vršiti na osnovu ocene od 10 bodova (1-10), pri čemu:

- 10 – Vrlo dobar (savršeno ispunjen kriterijum),
- 7–9 – Dobro (manji problemi),
- 4–6 – Prosek (delomično ispunjenje, nekoliko problema),
- 2–3 – Loše (brojni problemi),
- 1 – Vrlo loše (ne ispunjava kriterijum).

Navedeno je da je za procenu dobavljača odabrano pet kompanija koje isporučuju delove za bicikle. Reč je o preduzećima s oznakama: A1, B2, C3, D4, E5.



Excel primer:

[1] Pripremite proračunsku tabelu s podacima; navesti kriterijume i dodeliti težinske koeficijente.

Assessment criteria	Criterion weight	Supplier assessment				
		A1	B2	C3	D4	E5
Quality	30%					
Price	25%					
Punctuality	15%					
Reliability	10%					
Compatibility	10%					
Ordering procedure	10%					

[2] Definišite lestvicu ocenjivanja pojedinih kriterijuma prema utvrđenoj lestvici i dodelite je svakom dobavljaču koji je predmet ocenjivanja.

Assessment criteria	Criterion weight	Supplier assessment				
		A1	B2	C3	D4	E5
Quality	30%	9	4	6	10	8
Price	25%	7	9	6	9	7
Punctuality	15%	8	9	7	8	8
Reliability	10%	9	8	4	9	9
Compatibility	10%	10	8	7	10	5
Ordering procedure	10%	8	7	6	10	8

[3] Izračunajte ponderisane proseke za svakog dobavljača koji se procenjuje; Formula za izračunavanje ponderisanog proseka za jednog dobavljača prikazana je u nastavku.

		=D4*C4+D5*C5+D6*C6+D7*C7+D8*C8+D9*C9				
B	C	D	E	F	G	H
Assessment criteria	Criterion weight	Supplier assessment				
		A1	B2	C3	D4	E5
Quality	30%	9	4	6	10	8
Price	25%	7	9	6	9	7
Punctuality	15%	8	9	7	8	8
Reliability	10%	9	8	4	9	9
Compatibility	10%	10	8	7	10	5
Ordering procedure	10%	8	7	6	10	8
Preference score		8,35	7,1	6,05	9,35	7,55

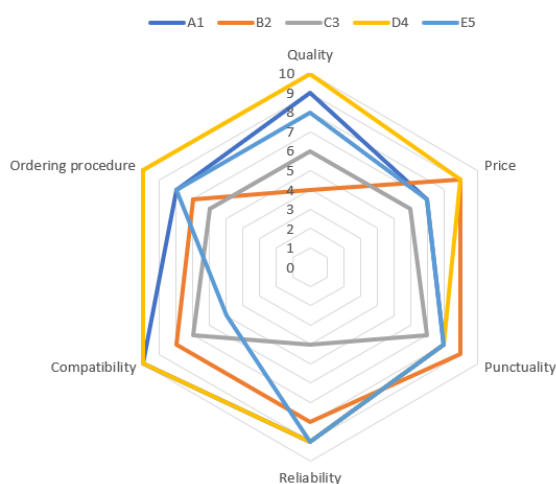
Za svakog dobavljača izračunajte ponderisani prosek koji uzima u obzir ocene i pondere za određeni kriterijum. Da biste to učinili, izračunajte zbir proizvoda



ocene i težine za svaki kriterijum za svakog dobavljača. Kopirajte formulu s apsolutnim adresama za preostale dobavljače;

Za kopiranje formule koristiti apsolutne adrese za ćelije koje sadrže težinu zadanog kriterijuma.

- [4] Nacrtati grafikon koji sadrži kriterijume i njihove ocene od strane dobavljača; Za vizualizaciju rezultata, napraviti radiogram koji će prikazati ocenu svakog kriterijuma (ose karte) prema dobavljaču (obojene linije).



Savršeno stanje odabranih kriterijuma za dobavljača biće figura "krug", dok će nesavršeno stanje biti tačka 0 "centar".

- [5] Napraviti analizu i na osnovu nje odabrati najboljeg dobavljača; utvrditi koji je dobavljač dobio najbolju ocenu.

Assessment criteria	Criterion weight	Supplier assessment				
		A1	B2	C3	D4	E5
Quality	30%	9	4	6	10	8
Price	25%	7	9	6	9	7
Punctuality	15%	8	9	7	8	8
Reliability	10%	9	8	4	9	9
Compatibility	10%	10	8	7	10	5
Ordering procedure	10%	8	7	6	10	8
Preference score		8,35	7,1	6,05	9,35	7,55

Kako bi se odredio dobavljač koji najbolje zadovoljava kriterijume usvojene tokom analize, bira se dobavljač s najvišom ocenom preferencija.

Nakon sprovedene analize moguće je naznačiti koji dobavljač najbolje zadovoljava kriterijume koje je kompanija definisala. S ovim dobavljačem



treba uspostaviti saradnju. U slučaju da strategija nabavke ukazuje da bi trebala postojati dva dobavljača za datu stavku nabavke, treba odabrati sledećeg dobavljača s najvišom ocenom preferencija.

Rezultati dobijene analize ocene dobavljača metodom ponderisanog proseka mogu se na pregledan način prikazati na grafikonu. Najviša ocena preferencija takođe znači najveći zbir ponderisanih ocena odabranih kriterijuma.

5.6. Višekriterijumska metoda

Analitički hijerarhijski proces (AHP) često je korišćen postupak za rešavanje problema vezanih uz strateške odluke, takođe i za ocenjivanje i izbor dobavljača (Ossadnik i Lange, 1999). AHP je uobičajena višekriterijumska metoda odlučivanja. Razvijen je kako bi pomogao u rešavanju složenih problema donošenja odluka. Uzima u obzir i subjektivne i objektivne mere procene (Dweiri i dr., 2016). AHP koristi upoređivanje parova kriterijuma ocenjivanja s obzirom na cilj. Ovo poređenje parova omogućava određivanje relativne važnosti kriterijuma u odnosu na glavni cilj. Ako su dostupni kvantitativni podaci, upoređivanje se može lako izvršiti na osnovu definisane lestvice. Time rezultat analize garantuje izvrsnu ocenu. AHP metoda je intuitivna metoda za formulisanje i analizu odluka. Bazira se na subjektivnoj metodologiji. Sastoji se od tri glavna načela: (1) hijerarhijske strukture, (2) analize prioriteta i (3) provere doslednosti (Cheng i dr., 2007).

Predloženi postupak i opis procesa izračunavanja prikazani su u nastavku.

Sadržaj zadatka

Ocenite dobavljače za odabranu stavku asortimana.



- [1] Izrada liste podataka; navođenje kriterijuma.
- [2] Uporedite kriterijume u parovima (lestvica 1, 2, 3, 4, 5).
- [3] Izračunajte zbir za svaki kriterijum.
- [4] Izračunajte učešće svake ćelije u zbiru za svaki kriterijum.
- [5] Izračunajte globalne preferencije za svaki kriterijum.



- [6] Prikaži globalne postavke za svaki kriterijum.
- [7] Navedite dobavljače (A1, B2, C3, D4).
- [8] Izračunajte lokalne preferencije za svaki kriterijum i dobavljača.
- [9] Izračunajte učešće svake ćelije u zbiru za svaki kriterijum i dobavljača.
- [10] Izračunajte lokalne preferencije za svaki kriterijum i dobavljača.
- [11] Prikažite lokalne postavke za svakog dobavljača za određeni kriterijum.
- [12] Upostavite poredak dobavljača.
- [13] Odaberite dobavljača.

Odabrani kriterijumi su:

- Kvalitet dela za bicikl (delovi se ne kvare, izdržljivi su, nema zamerki),
- Cena dela za bicikl (što manja to bolja),
- Pravovremenost isporuka (isporuke se realizuju na vreme),
- Pouzdanost isporuke (proizvodi stižu netaknuti, bez oštećenja).

Odabrana je lestvica za poređenje kriterijuma:

- 1 – jednako dobro / važno,
- 2 – nešto bolje/važnije,
- 3 – definitivno bolje / važnije,
- 4 – puno bolje / važnije,
- 5 – izuzetno bolje / važnije.

Navedeno je da je za ocenu dobavljača odabrano četiri kompanija dobavljača delova za bicikle. Reč je o preduzećima pod šiframa: A1, B2, C3, D4.



Excel primer:

- [1] Pripremite liste podataka; navesti kriterijume.
- [2] Uporedite kriterijume u parovima (lestvica 1, 3, 5).

Upoređivanje kriterijuma u parovima omogućava vam da odredite koji je od njih važniji. Poređenje se vrši prema usvojenoj lestvici.



Na primer: kvalitet je izuzetno važniji od cene, što znači odabrati ocenu 5. Za poređenje kriterijuma u narudžbnii cena i kvalitet se uzimaju obrnuto od prethodne ocene, tj. 1/5.

	Quality	Price	Punctuality	Reliability
Quality	1	5	3	2
Price	1/5	1	3	1
Punctuality	1/3	1/3	1	1/5
Reliability	1/2	1	5	1

[3] Izračunajte zbir za svaki kriterijum u koloni.

Zatim saberite bodove dobijene poređenjem parova kriterijuma u kolonama.

=SUM(C12:C15)					
	Quality	Price	Punctuality	Reliability	
Quality	1,00	5,00	3,00	2,00	
Price	0,20	1,00	3,00	1,00	
Punctuality	0,33	0,33	1,00	0,20	
Reliability	0,50	1,00	5,00	1,00	
Sum	=SUM(C12:C15)	7,33	12,00	4,20	

[4] Izračunajte učešće svake ćelije u zbiru za svaki kriterijum.

Zatim morate izračunati učešće određenog kriterijuma u ukupnom iznosu za taj kriterijum. Primer prikazuje odgovarajuće ćelije u traci formule, ovako izgledaju vrednosti za kriterijum kvaliteta: $1 : 2,03 = 0,49$; $0,20 : 2,03 = 0,10$; $0,33 : 2,03 = 0,16$; $0,50 : 2,03 = 0,25$. Suma učešća mora biti 1.

=C12/\$C\$16					
	Quality	Price	Punctuality	Reliability	
Quality	0,49	0,68	0,25	0,48	
Price	0,10	0,14	0,25	0,24	
Punctuality	0,16	0,05	0,08	0,05	
Reliability	0,25	0,14	0,42	0,24	
Sum	1,00	1,00	1,00	1,00	

[5] Izračunajte globalne preferencije za svaki kriterijum.

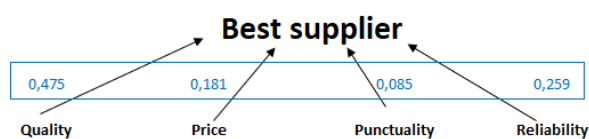


Izračunavanje globalnih preferencija za svaki kriterijum je izračunavanje prosečnih učešća u redovima za svaki kriterijum. Ovaj proračun omogućava određivanje globalnog učešća ovog kriterijuma u celokupnom ocenjivanju kojem će dobavljači biti podvrgnuti.

	Quality	Price	Punctuality	Reliability	W (average)
Quality	0,49	0,68	0,25	0,48	=average(
Price	0,10	0,14	0,25	0,24	0,181
Punctuality	0,16	0,05	0,08	0,05	0,085
Reliability	0,25	0,14	0,42	0,24	0,259
Sum	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

[6] Prikaži globalne postavke za svaki kriterijum.

Grafički oblik omogućava bolji prikaz preferencija zadatog kriterijuma u odnosu na izbor dobavljača.



[7] Navedite dobavljače (A1, B2, C3, D4).

[8] Uporedite dobavljače u parovima prema svakom kriterijumu (lestvica 1-7).

Upoređivanje dobavljača u parovima omogućava vam da odredite koji od njih bolje zadovoljava zadati kriterijum. Upoređivanje se vrši prema usvojenoj lestvici. Usvojena lestvica za poređenje dobavljača je 1-7, gde 1 znači da su dobavljači jednako dobri, 7 - dobavljač je izrazito bolji, a ostale vrednosti su između.

Upoređivanje dobavljača se vrši za svaki kriterijum posebno.

Na primer: za kriterijum kvaliteta dobavljač A1 jednako je dobar kao dobavljač B2 (ocena 1), dobavljač A1 nešto je bolji od dobavljača C3 i D4 (ocena 3). Za poređenje dobavljača obrnutim redosledom (B2 i A1, C3 i A1, D4 i C3), uzima se obrnuto od prethodnog rezultata (tj. 1/1, 1/3, 1/3, respektivno).

Zatim se u kolonama sabiraju bodovi dobijeni poređenjem dobavljača u paru.



[9] Izračunajte učešće svake ćelije u ukupnom iznosu za svaki kriterijum i dobavljača.

Treba izračunati učešće određenog dobavljača u ukupnom iznosu za tog dobavljača s obzirom na svaki kriterijum.

U primeru u prvoj tabeli za kriterijum kvaliteta, traka formule prikazuje odgovarajuće ćelije, ovako izgledaju vrednosti za dobavljača A1: $1 : 2,66 = 0,38$; $1 : 2,66 = 0,38$; $0,33 : 2,66 = 0,12$; $0,33 : 2,66 = 0,12$. Suma učešća mora biti 1.

NAPREDNE METODE TABELARNOG IZRAČUNAVANJA ZA ANALIZU PODATAKA U LOGISTICI– TEORIJSKI UVOD



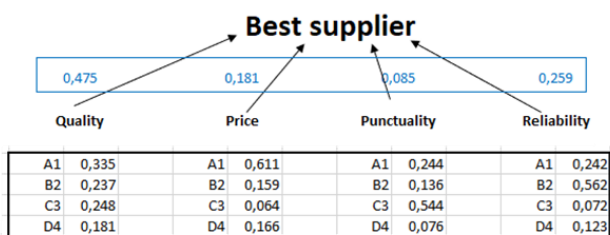
[10] Izračunajte lokalne preferencije za svaki kriterijum i dobavljača.

Izračunavanje lokalnih preferencija za svakog dobavljača za svaki kriterijum je izračunavanje prosečnih učešća za svakog dobavljača u redovima. Ovakav proračun omogućava određivanje lokalnog učešća ovog dobavljača za određeni kriterijum u ocenjivanju.

fx	=average(I3:L3)					
	H	I	J	K	L	M
Quality	A1	B2	C3	D4	U(Quality)	
A1	0,38	0,14	0,42	0,41	=average(I3:L3)	
B2	0,38	0,14	0,03	0,41	0,237	
C3	0,12	0,68	0,14	0,05	0,248	
D4	0,12	0,05	0,42	0,14	0,181	
Sum:	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Price	A1	B2	C3	D4	U(Price)	
A1	0,63	0,68	0,50	0,63	0,611	
B2	0,13	0,14	0,21	0,16	0,159	
C3	0,09	0,05	0,07	0,05	0,064	
D4	0,16	0,14	0,21	0,16	0,166	
Sum:	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Punctuality	A1	B2	C3	D4	U(Punctuality)	
A1	0,21	0,32	0,19	0,25	0,244	
B2	0,07	0,11	0,12	0,25	0,136	
C3	0,64	0,54	0,58	0,42	0,544	
D4	0,07	0,04	0,12	0,08	0,076	
Sum:	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Reliability	A1	B2	C3	D4	U(Reliability)	
A1	0,15	0,13	0,25	0,44	0,242	
B2	0,77	0,63	0,42	0,44	0,562	
C3	0,05	0,13	0,08	0,03	0,072	
D4	0,03	0,13	0,25	0,09	0,123	
Sum:	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	

[11] Prikažite lokalne preferencije za svakog dobavljača s obzirom na zadati kriterijum.

Grafički oblik omogućava bolji prikaz preferencija pojedinih dobavljača po svakom kriterijumu.





[12] Upostavite rang dobavljača.

Uspostavljanje poretka dobavljača uključuje izračunavanje zbira umnožaka težine za svaki kriterijum za svakog dobavljača i ocene dobavljača za taj kriterijum.

=K3*N3+K4*P3+K5*R3+K6*T3												
I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	
	Global Preference	W			Quality		Price		Punctuality		Reliability	
	Quality	0,475			A1	0,335	A1	0,611	A1	0,244	A1	0,242
	Price	0,181			B2	0,237	B2	0,159	B2	0,136	B2	0,562
	Punctuality	0,085			C3	0,248	C3	0,064	C3	0,544	C3	0,072
	Reliability	0,259			D4	0,181	D4	0,166	D4	0,076	D4	0,123
supplier 1		A1	0,353									
supplier 2		B2	0,299									
supplier 3		C3	0,194									
supplier 4		D4	0,154									

[13] Odaberite dobavljača.

Dobijeni rezultati mogu se prikazati grafički. U analiziranom primeru najviši rezultat ocene dobio je dobavljač A1.

5.7. Otporni dobavljači

Dobavljači i podizvođači smatraju se glavnim izvorima rizika koji uzrokuju masovne poremećaje u lancima snabdevanja (Pramanik i dr., 2017). Štaviše, mnogi procesi lanca snabdevanja zavise od dobavljača. Stoga izbor otpornih dobavljača može značajno smanjiti troškove nabavke, vremena kašnjenja i povećati konkurentnost kompanije i zadovoljstvo kupaca (Davoudabadi i dr., 2020). Procena otpornosti dobavljača stoga je jedan od najvažnijih načina za ulazak u svet otpornosti lanca snabdevanja, budući da su dobavljači jedan od glavnih izvora ranjivosti u lancu snabdevanja.

Prema Sheffi i Blayney Rice (2005), otpornost u preduzećima i lancima snabdevanja može se izgraditi na tri opšta načina: (1) stvaranjem otpornosti u celom lancu snabdevanja (npr. dodatne zalihe, niska iskorišćenost kapaciteta, više izvora), (2) povećanjem fleksibilnosti lanca snabdevanja (npr. fleksibilna transportna sredstva u slučaju prekida, paralelni procesi umesto sekvencijalnih, strategije nabavke prilagođene odnosima s dobavljačima), i (3)



menjanjem korporativne kulture (npr. stalna komunikacija između informisanih zaposlenih, priprema za poremećaje).

Tabela 5. 5. Kriterij otpornosti

Kriterijumi otpornosti	Obrazloženje
Inicijative za kontrolu zagađenja	Napori povezani s inicijativama za smanjenje zagađenja u vezi s čvrstim otpadom, rasipanjem vode, emisijama u vazduh itd.
Ulaganje u prenosne kapacitet	Nivo sigurnosnih zaliha koja se uzima u obzir kako bi se smanjio rizik nestašice zbog neizvesnosti.
Brzina odgovora	Sposobnost dobavljača da odgovore na tržišne fluktuacije u najkraćem mogućem vremenu.
Sposobnost održavanja strateških zaliha za hitne slučajeve	Prikazuje nultu dostupnost, gubitke, popunjavanje i rotaciju zaliha. Strateške zalihe moraju biti na određenom nivou jer uvek postoje neizvesne potražnje.
Sklapanje ugovora s rezervnim dobavljačima	Ugovaranje rezervnih dobavljača je proces kojim kompanija sklapa ugovore s dobavljačima koji mogu pružiti proizvode ili usluge kada primarni dobavljači nisu u mogućnosti to učiniti. To je strategija za povećanje otpornosti lanca snabdevanja na prekide i minimiziranje rizika od prekida snabdevanja.
Strategija izravnjanja	Strategije izravnjanja su aktivnosti koje se preduzimaju kako bi se smanjile negativne posledice prekida lanca snabdevanja.
Rezervisane zalihe	Rezervisane zalihe je strategija upravljanja zalihamu u kojoj kompanija održava određeni nivo zaliha koja se namerava koristiti u hitnim slučajevima ili kada dođe do iznenadnog povećanja potražnje.

Izvor: (Davoudabadi i dr., 2020; Suryadi i Rau, 2023)

Hosseini i dr. (2019) takođe su naglasili da je u proceni dobavljača važno uvesti elemente analize zasnovane na sposobnosti otpornosti dobavljača, koja uključuje tri nivoa sposobnosti:

- apsorpcijska (npr. višak zaliha povećava otpornost cele mreže snabdevanja na poremećaje),
- prilagodljivost (npr. alternativni rezervni dobavljači za brzo prilagođavanje mreže snabdevanja),
- korektivna (npr. brzi oporavak dobavljačevog izgubljenog kapaciteta snabdevanja uz minimalne troškove).



Davoudabadi i dr. naveli su i proširili kriterijume izbora dobavljača kako bi uključili održive aspekte (na primer: ekološki prihvatljivi materijali; tehnologija zasnovana na ekološki prihvatljivoj tehnologiji; usklađenost s politikom zaštite životne sredine; zeleni projekti istraživanja i razvoja) i aspekte otpornosti (Tabela 5.5).

Stoga bi otporni dobavljači trebali (1) imati mogućnost povratka u stanje ravnoteže, (2) imati snagu i osigurati određeni kapacitet međuskladišta (bafera) za sistem pre nego što poremećaj dovede sistem iz stabilnog u nestabilno stanje i (3) imati sposobnost da odgovori na poremećaj.

Pitanja poglavlja

1. Koje kriterijume ocenjivanja dobavljača smatrate najvažnijima u kontekstu upravljanja finansijskom likvidnošću preduzeća i zašto?
2. Koje su glavne prednosti korišćenja AHP metode u procesu ocenjivanja i izbora dobavljača?
3. Koji su glavni nedostaci korišćenja AHP metode u procesu ocenjivanja i izbora dobavljača?

LITERATURA

Ali M.R., Nipu S.M.A. i Khan S.A. (2023) A decision support system for classifying supplier selection criteria using machine learning and random forest approach. *Decision Analytics Journal*, 7, 100238.

Amid A., Ghodsypour S. H., i O'Brien C. (2006) Fuzzy multiobjective linear model for supplier selection in a supply chain. *International Journal of production economics*, 104(2), 394-407.

Arsan A. i Shank A. (2011) Performance measurement and metrics: An analysis of supplier evaluation.

Benyoucef L., Ding H. i Xie X. (2003) Supplier selection problem: selection criteria and methods. *Rapotr de recherche No. 4726, INRIA Lorraine, Nancy France.*



- Burdzik R. (2017) Parametryczna ważona ocena dostawców (PWOD), cz. 1–podstawowe założenia metody. *Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej. Transport*, (117).
- Cheng S.C., Chen M.Y., Chang H.Y. i Chou T.C. (2007) Semantic-based facial expression recognition using analytical hierarchy process. *Expert Systems with Applications*, 33(1), 86-95.
- Coyle J.J., Bardi E.J., i Langley C.J. Jr. (2002) *Zarządzanie logistyczne*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa.
- Davoudabadi R., Mousavi S.M. i Sharifi E. (2020) An integrated weighting and ranking model based on entropy, DEA and PCA considering two aggregation approaches for resilient supplier selection problem. *Journal of Computational Science*, 40, 101074.
- de Boer L., Labro E. i Morlacchi P. (2001) A review of methods supporting supplier selection. *European Journal of Purchasing and Supply Management* 7, 75-89.
- Dweiri F., Kumar S., Khan S.A. i Jain V. (2016) Designing an integrated AHP based decision support system for supplier selection in automotive industry. *Expert Systems with Applications*, 62, 273-283.
- Grzybowska K. (2011) *Strategie zakupowe*. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań.
- Ha S.H. i Krishnan R. (2008) A hybrid approach to supplier selection for the maintenance of a competitive supply chain. *Expert systems with applications*, 34(2), 1303-1311.
- Hosseini S., Tajik N., Ivanov D., Sarder M.D., Barker K. i Al Khaled A. (2019) Resilient supplier selection and optimal order allocation under disruption risks. *International Journal of Production Economics*, 213, 124-137.
- Khazaei M., Hajiaghaei-Keshteli M., Rajabzadeh Ghatari A., Ramezani M., Fooladvand A. i Azar A. (2023) A multi-criteria supplier evaluation and selection model without reducing the level of optimality. *Soft Computing*, 27(22), 17175-17188.
- Kowalska K. (2005) *Logistyka zaopatrzenia*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej im. Karola Adamieckiego w Katowicach, Katowice.
- Maláková S., Frankovský P., Neumann V., i Kurylo P. (2020). Evaluation of suppliers' quality and significance by methods based on weighted order. *Acta logistica*, 7(1), 1-7.



Midor K. i Biały W. (2019) Metody oceny dostawców dla przedsiębiorstw. Systemy Wspomagania w Inżynierii Produkcji, 8.

Nowakowski T. i Werbińska-Wojciechowska S. (2012) Przegląd metod oceny i wyboru dostawców w przedsiębiorstwie. Logistyka, (2, CD 2), 944-955.

Ossadnik W. i Lange O. (1999) AHP-based evaluation of AHP-Software. European journal of operational research, 118(3), 578-588.

Pramanik D., Mondal S.C. i Haldar A. (2020) Resilient supplier selection to mitigate uncertainty: Soft-computing approach. Journal of Modelling in Management, 15(4), 1339-1361.

Sheffi Y. i Rice Jr. J.B. (2005) A supply chain view of the resilient enterprise. MIT Sloan management review.

Suryadi A. i Rau H. (2023) Considering region risks and mitigation strategies in the supplier selection process for improving supply chain resilience. Computers i Industrial Engineering, 181, 109288.

Verma R. i Koul S. (2012) Dynamic Vendor selection: a fuzzy AHP approach. International Journal of the Analytic Hierarchy Process, 4(2).



6. OUTSOURCING

Ovo poglavlje posvećeno je najvažnijim pitanjima vezanim uz outsourcing i *make-or-buy* analizu koja se koristi u procesu donošenja odluka o outsourcingu. Sadrži :



- osnovne definicije,
- vrste outsourcinga,
- prednosti i nedostaci outsourcinga,
- opis make-or-buy analize,
- outsourcing logistike.

6.1. Uvod

U današnjim tržišnim uslovima logistički procesi, koji uključuju protok proizvoda, materijala i informacija unutar preduzeća i između organizacija, značajno utiču na ispunjenje očekivanja i zahteva potrošača. Logistika određuje postizanje i održavanje konkurentske dominacije postojećih privrednih subjekata. Logistički procesi odvijaju se unutar logističkog sistema koji je svaka kompanija postavila na drugačiji način. Kako bi zadovoljile promjenjiva i rastuća očekivanja i preferencije kupaca, kompanije razvijaju vrlo složene logističke sisteme zasnovane na saradnji mnogih preduzeća iz različitih zemalja. Logistički procesi postaju sve složeniji, opterećeni neizvesnošću i zahtevaju velike finansijske izdatke. Kompanije ne bi trebale samo da garantuju odgovarajuću korisničku uslugu i minimiziraju troškove, već i da pokušaju da smanje uticaj poremećaja u logističkim procesima (König i Spinler, 2016). Logistički sistem preduzeća trebao bi biti prilagođen spoljnim i unutrašnjim uslovima date organizacije i trebao bi garantovati delotvornu i učinkovitu realizaciju njenih ciljeva. Neodgovarajući raspored logističkih procesa može dovesti do povećanja finansijskih izdataka logističkih aktivnosti i pada kvaliteta usluge potrošačima, što rezultuje padom konkurentske pozicije organizacije (Bzeziński, 2015).



Savremene kompanije sve više uvode promene unutar svoje organizacije, posebno na području upravljanja, zbog težnje za visokom učinkovitošću svojih aktivnosti, postizanju ciljeva i tržišnog uspeha, jer je učinkovitost alat za stvaranje njihove konkurentske prednosti. Konstantno rastući tržišni pritisak uz konkurentnost drugih preduzeća onemogućava poslovnim subjektima integraciju svih resursa na svim nivoma njihovog delovanja. Stoga se postavlja pitanje da li je potrebno sve aktivnosti obavljati *in-house* za određenu organizaciju i razmisliti o korišćenju outsourcinga, odnosno usluga spoljne kompanije specijalizovane za određenu industriju, kako bi se fokusirala na svoje osnovne aktivnosti?

Henry Ford je rekao da "Ako postoji nešto što ne možemo učiniti učinkovitije, jeftinije i bolje od naše konkurencije, nema smisla da to radimo, i trebali bismo angažovati nekoga ko može da obavi taj posao bolje od nas" (Ford, 1923).

6.2. Osnov outsourcinga



Generalno, **outsourcing** je metoda (koncept) upravljanja koja se sastoji u ograničavanju opsega aktivnosti koje neposredno obavlja određena kompanija (koja se naziva matična kompanija) i njihovu eksteralizaciju za trajnu realizaciju spoljnim preduzećima (koja se nazivaju uslužna preduzeća) (Trocki, 2001).

Koncept outsourcinga pretpostavlja da za gotovo svaki proces, područje ili funkciju koja se može obavljati unutar tipične organizacione strukture preduzeća postoji alternativa u obliku usluga koje nude spoljni (eksterni) dobavljači (partneri) specijalizovani za određenu industriju. Zbog toga se outsourcing definiše kao metoda stalne eksterne usluge od strane specijalizovanih preduzeća, eksteralizacija, eksterno upravljanje ili čak dekoncentracija funkcionisanja organizacije.

Područja koja se mogu uspešno prepustiti eksternim kompanijama prikazana su u tabeli 6.1.

**Tabela 6. 1. Primeri područja koja se mogu preneti na uslužnu kompaniju u sklopu outsourcinga**

Područje	Primeri eksternih poslova, funkcija ili procesa
Proizvodnja i snabdevanje	proizvodnja komponenti, poluproizvoda pa čak i gotovih proizvoda, montaža proizvoda, pakovanje, dizajn,
Transport i logistika	transport i distribucija proizvoda, kurirske usluge, skladištenje,
Istraživanje i razvoj	istraživačko-razvojni rad, naučno-istraživački rad, implementacioni rad,
Računarstvo i informacione tehnologije	podrška računarskoj mreži, podrška centru podataka, usluge održavanja IT infrastrukture, podrška IT aplikacijama, podrška krajnjim korisnicima, sigurnosne usluge ili internetske usluge,
Finansijske, računovodstvene i poresko-računovodstvene usluge	računovodstvo, upravljanje dugom, kontroling, revizija, finansijske i analitičke usluge, izrada poslovnih planova, poresko savetovanje, zastupanje poreskih obveznika pred poreskim telima,
Pravna podrška	pravni saveti iz raznih oblasti, odnosno zastupanje u pravnim stvarima,
Služba za korisnike	telemarketing, vođenje recepcije, sekretarijati, telefonske linije ili pozivnog centra,
Marketing	praćenje promena koje se događaju na tržištu, istraživanje očekivanja kupaca, kreiranje koncepata novih proizvoda, definisanje promotivnih, reklamnih i distributivnih strategija, oblikovanje sfere odnosa s javnošću,
Osoblje i ljudski resursi,	regrutacija i selekcija kandidata, obuka zaposlenih, izrada motivacionih sistema, upravljanje kadrovima, vođenje kadrovske dokumentacije, zapošljavanje na određeno vreme i obračun plata,
Menadžment i administracija	održavanje objekata i čistoće, čuvanje arhiva, zaštita ljudi i imovine, usluge upravljanja.

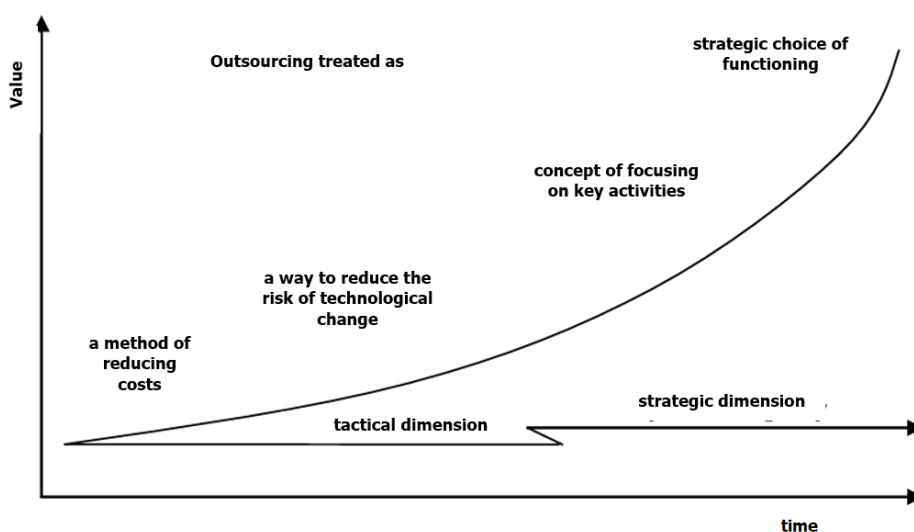
Izvor: (Matejun, 2007)



Prema drugoj definiciji, "**outsourcing** je metoda organizacije i upravljanja koja se sastoji u relativno trajnom, dugoročnom, ugovornom prenosu odgovornosti za realizaciju specifičnih područja poslovnih aktivnosti (zadataka, funkcija ili procesa) na specijalizovanog spoljnog partnera, uzimajući u obzir dinamičnu, interaktivnu i partnersku prirodu saradnje usmerenu na postizanje ekonomskih i kvalitativnih koristi te istovremeno mogućnost razvoja

ključnih kompetencija matičnog preduzeća, što omogućava jačanje njegovih ključnih aktivnosti, izgradnju konkurentske prednosti i razvoj preduzeća" (Matejun, 2015).

Dijagram evolucije i porasta važnosti outsourcinga za savremena preduzeća prikazan je na slici 6.1.



Slika 6. 1. Evolucija koncepta outsourcinga

Izvor: (Matejun, 2015)

6.3. Osnovne vrste outsourcinga

Outsourcing se u poslovnoj praksi može odvijati u dva glavna oblika: razdvajanje ili provizija. **Razdvajanje** se odnosi na situaciju kada se određena sfera aktivnosti (proces, zadatak, funkcija) obavlja unutar organizacione strukture preduzeća, ali ne spada u glavne nadležnosti organizacije, a analize vezane uz troškove organizovanja, kvaliteta, koordinacije i pravovremenosti aktivnosti pokazuju da ne učestvuju u procesu stvaranja vrednosti usluga ili proizvoda. Tada je moguće određeno područje aktivnosti ukloniti iz organizacione strukture i njegovu realizaciju prepustiti uslužnoj kompaniji (Matejun, 2015).

Provizija nastaje kada se određeno područje aktivnosti još nije obavljalo unutar organizacione strukture preduzeća, a analiza pokazuje da bi bilo potrebno zbog određenih strateških koristi. Ovo područje ne uključuje ključne kompetencije kompanije, a njegovo direktno



dodavanje organizacionoj strukturi rezultovalo bi uključivanjem značajnih resursa koji bi se mogli alocirati za jačanje osnovne sfere delovanja. To će omogućiti saradnju sa spoljnim dobavljačem koji pruža željene usluge outsourcinga (Matejun, 2015).

Tabela 6. 2Varijante kapitalnog i ugovornog outsourcinga zavisno od oblika prenosa delatnosti na uslužnu kompaniju

Outsourcing Oblik prenosa poslovne aktivnosti	Kapitalni outsourcing	Ugovorni outsourcing
	stalna saradnja s kapitalno i vlasnički povezanim subjektom	trajna saradnja s kapitalno nezavisnim subjektom
Odvajanje područja	Odvajanje kapitala stvaranje nove podružnice na osnovu resursa, koja započinje svoje samostalno tržišno postojanje; pruža usluge matičnoj kompaniji kao i spoljnim subjektima.	Ugovorno razdvajanje likvidacija dotadašnje funkcije u preduzeću i uspostavljanje formalne saradnje sa spoljnim, nezavisnim dobavljačem koji osigurava sprovođenje zadataka; mogućnost delomičnog prenosa osoblja i drugih resursa na dobavljača.
Provizija područja	Kapitalna provizija kupovina udela u društvu koje pruža potrebne usluge ili obavlja određene poslove; kao rezultat toga dolazi do preuzimanja kapitala i osnivanja podružnice	Ugovorna provizija uspostavljanje saradnje s kapitalno i vlasnički nezavisnim dobavljačem čime započinje sprovođenje određene funkcije.

Izvor: (Matejun, 2015)

Takođe je moguće izdvojiti i pripremiti usluge u ugovornoj ili kapitalnoj varijanti. U **ugovornoj varijanti**, spoljni dobavljač, odnosno uslužno preduzeće, kapitalno je nezavisno specijalizovano preduzeće koje je s matičnim preduzećem povezano samo na osnovu ugovora. Pretpostavka kapitalne varijante je ulazak u saradnju s vlasnički i kapitalno zavisnim preduzećem. To se može učiniti stvaranjem nove organizacije (ćerke kompanije) ili kupovinom udela u preduzeću koje već posluje na tržištu i obavlja aktivnosti potrebne matičnom društvu. Kombinacijom kapitalnog i ugovornog outsourcinga s dve osnovne metode outsourcinga usluga



spoljnoj uslužnoj kompaniji mogu se dobiti četiri osnovne varijante ove metode, prikazane u tabeli 6.2.

Tabela 6. 3. Osnovne vrste outsourcinga

Kriterijum podele	Vrste outsourcinga
Vrsta odvojenih funkcija	▪ outsourcing pomoćnih funkcija, ▪ funkcija upravljanja, ▪ outsourcing osnovnih funkcija
Vrsta odvojenih aktivnosti	▪ outsourcing stranih aktivnosti, ▪ outsourcing pomoćnih aktivnosti, ▪ outsourcing ključnih aktivnosti
Vrsta outsourcinga prema funkciji	▪ outsourcing IT usluga, ▪ outsourcing finansijskih usluga, ▪ logistike, ▪ outsourcing ljudskih resursa i drugi
Složenost odvojenih funkcija	▪ outsourcing individualnih funkcija, ▪ procesa (BPO), ▪ outsourcing funkcionalnih područja.
Svrha odvajanja	▪ popravaka, ▪ prilagođavanje, ▪ outsourcing razvoja
Postojanost odvojenosti	▪ strateški outsourcing, ▪ taktički outsourcing
Mesto izvršenja usluge outsourcinga	▪ centralno pružene usluge, ▪ lokalno pružene usluge
Opseg razdvajanja	▪ totalni outsourcing, ▪ delomični (selektivni) outsourcing

Izvor: (Matejun, 2006).

Osim gore navedenih tipova outsourcinga, u poslovnoj praksi postoje mnoge druge vrste outsourcinga, zavisno od usvojenog kriterijuma, a koji su prikazani u tabeli 6.3.

6.4. Prednosti i rizici korišćenja outsourcinga u savremenim preduzećima

Iako su koristi dobijene kao rezultat outsourcing saradnje često određene faktorima koji se odnose na veličinu preduzeća, njegovu industriju, vrstu eksternalizovane aktivnosti ili opseg poslovanja, treba obratiti pažnju na mnoge pozitivne aspekte za matičnu kompaniju koji se mogu videti nakon implementacije outsourcinga, bez obzira na gore spomenute faktore. Najčešće se



iznose sledeće prednosti outsourcinga, razmatrane na više nivoa (Trocki, 2001; Lachiewicz i Matejun, 2012).

I. Neposredne koristi

1. Pravne koristi

- osećaj sigurnosti koji proizlazi iz stalne saradnje s eksternom kompanijom,
- deljenje rizika između uslužne kompanije i matične kompanije,
- prenos odgovornosti za pružanje usluga na dobavljača.

2. Motivacione koristi

- veća tržišna orijentacija menadžmenta i zaposlenih,
- povećano zadovoljstvo i psihološki komfor u upravljanju organizacijom,
- povećanje motivacije menadžmenta i zaposlenih.

3. Tehničko- tehnološke koristi

- uspostavljanje saradnje s partnerskim kompanijama s odgovarajućim kvalifikacijama potvrđenim sertifikatima,
- povećanje nivoa korišćenja resursa preduzeća,
- dostupnost spoljnih tehnoloških resursa (*know how*),
- poboljšanje parametara uspešnosti sfera delovanja spoljnih kompanija (njihova implementacija, troškovi, uloženi resursi, kvalitet, vreme itd).

4. Prednosti za organizacione i ljudske resurse

- pojednostavljenje organizacione strukture i organizacionih procedura koje se primenjuju u preduzeću,
- brži protok informacija i bolja komunikacija unutar organizacije,
- oslobađanje unutrašnjih resursa i ušteda vremena upravljanja, koja se može utrošiti na razvoj ključnih aktivnosti,
- smanjenje potrebe za angažovanjem sopstvenih radnika za obavljanje određenih zadataka.

5. Ekonomske i finansijske koristi

- povećanje finansijske discipline i povećanje kontrole troškova i prihoda,



- minimiziranje finansijskih izdataka za realizaciju zadataka (prvenstveno smanjenjem broja zaposlenih i drugih sredstava potrebnih za njihovo obavljanje),
- bolja struktura troškova preduzeća,
- pretvaranje fiksnih troškova u varijabilne zahvaljujući plaćanju samo usluge spoljne kompanije, bez potrebe za fiksnim troškovima njenog sprovođenja.

6. Operativne koristi

- poboljšanje kvaliteta i efikasnosti operativnih procesa u preduzeću,
- smanjenje operativnih problema.

7. Strateške koristi

- povećana strateška fleksibilnost poslovanja,
- razvoj pojedinih područja organizacije bez potrebe za ulaganjem – davalac usluga sam ulaže u tehnologiju i resurse potrebne za obavljanje određenih funkcija,
- pristup resursima ili kvalifikacijama koje kompanija nema u svojoj strukturi ili ih nije u mogućnosti finansirati,
- usmerenost privrednog subjekta na osnovnu delatnost i razvoj ključnih kompetencija (područja delovanja).

II. Indirektne koristi

- diversifikacija ili obogaćivanje tržišne ponude preduzeća,
- povećanje tržišnog udela,
- sticanje novih potrošača,
- veće zadovoljstvo postojećih kupaca,
- bolji takmičarski položaj.

Međutim, outsourcing nije bez rizika. Najčešći rizici povezani s implementacijom outsourcinga prema (Clements i dr., 2004; Click i Duening, 2005) uključuju rizike:

- upravljanje ljudskim kapitalom – odnosi se kako na motivaciju zaposlenih koji prelaze u spoljna preduzeća i njihovu sposobnost brzog prilagođavanja novim uslovima, tako i na gubitak njihovih znanja, kompetencija i potencijala;



- kontrola odnosa s klijentima – outsourcing poslovnih procesa može dovesti do privremenih poremećaja u odnosima s klijentima, posebno kada promene uključuju ključna područja usluga;
- u izboru i oceni davalaca usluga – uključuju poteškoće u izboru odgovarajućih spoljnih kompanija, proceni njihove kompetentnosti i potrebi prilagođavanja svojih resursa potrebama organizacije;
- vezano za kvalitet i pravovremenost usluga – mogu postojati poteškoće u osiguravanju da isporučeni proizvodi i usluge zadovoljavaju tražene standarde i da se poštuju dogovoreni rokovi;
- ograničena fleksibilnost dobavljača – problemi mogu nastati zbog poteškoća u prilagođavanju aktivnosti spoljnih kompanija promenama u matičnoj organizaciji;
- pad kvaliteta korisničke usluge – kratkoročno može doći do smanjenja brzine i efikasnosti kojom se zadovoljavaju potrebe kupaca;
- povezana s razlikama u ciljevima organizacije i dobavljača – može postojati neusklađenost između strategije i ambicija kompanije i onih outsourcing partnera;
- povezano s reorganizacijom procesa – odnosi se na potrebu za prilagođavanjem organizacionih struktura kako bi se izbegao gubitak efikasnosti i produktivnosti;
- gubitak učinkovite razmene informacija – outsourcing može usporiti protok informacija i sprečiti njihovo široko širenje;
- povećanje troškova u kratkom roku – iako je eksternalizacija često namenjena smanjenju troškova, u početku može stvoriti dodatne troškove povezane sa sprovođenjem promena;
- pravne – proizilaze iz potencijalnih ugovornih netačnosti, regulatornih problema i pravnih sporova.

6.5. Napravi ili kupi analiza

Jedan od najvažnijih koncepata koji opravdavaju korišćenje outsourcinga je koncept ***make or buy*** dileme, koji je vezan uz osnovne probleme funkcionisanja svakog preduzeća: napraviti, napraviti sam (engl. *make*), ili kupiti, outsource-ovati posao spoljnoj kompaniji (engl.



buy), ali i hoće li dati projekt izvesti sam ili zajedno s drugim organizacijama (Perechuda, 2000)?

Make (proizvodnja) – omogućava organizaciji da kontroliše svoje aktivnosti. Posebno se preporučuje kada kompanija ima sopstvene proizvode ili procese. Preporučuje se kada (www_6.1):

- je proizvod vredan i nije ga lako ponoviti,
- tržište dobavljača nije dobro razvijeno,
- okruženje je stabilno.

Buy (kupovina) – nabavka usluga i proizvoda od spoljnih kompanija u lancu snabdevanja doprinosi povećanju fleksibilnosti kompanije i omogućava joj pristup najsavremenijim proizvodima. Ovaj koncept se preporučuje kada (www_6.1):

- nestabilnost okruženja uzrokuje visok rizik internih ulaganja,
- se bavimo konkurencijom na tržištu dobavljača,
- se proizvod ne tretira kao strateški važan.

Make-or-buy je ključna strategija kompanije koja između ostalog uključuje:

- uvođenje novog proizvoda na tržište,
- kontrola proizvodnje,
- sistemi kvaliteta,
- ljudski resursi,
- proizvodni proces,
- veličina preduzeća i njegova lokacija,
- efikasnost merenja.

Početna tačka *make-or-buy* su ukupni troškovi proizvodnje i nabavke izračunati za uporedive serije proizvoda. Osnovna ekonomska premisa daje se jednostavnim poređenjem jedinične nabavne cene s jediničnim varijabilnim troškom proizvodnje. Ako se utvrdi da jedinični varijabilni trošak proizvodnje premašuje ili je jednak ceni nabavljenog proizvoda, odluka o proizvodnji nije ekonomski opravdana (www_6.1).

U ukupnoj analizi, osim varijabilnih troškova proizvodnje, potrebno je analizirati i koji deo fiksnih troškova preduzeća treba dodati za podmirenje ukupnih troškova proizvodnje? U



nastavku je prikazana komparativna analiza koja predstavlja premisu za donošenje odluke "proizvesti" ili "kupiti"? (www_6.1).

Proračuni troškova proizvodnje pokazuju da:

$$K_{str} = K_s + X * k_v$$

gde:

K_p – ukupni trošak proizvodnje x jedinica robe,

K_s – fiksni troškovi proizvodnje,

X – očekivani obim proizvodnje,

k_v – jedinični varijabilni troškovi.

Za kupovinu:

$$K_z = c * x$$

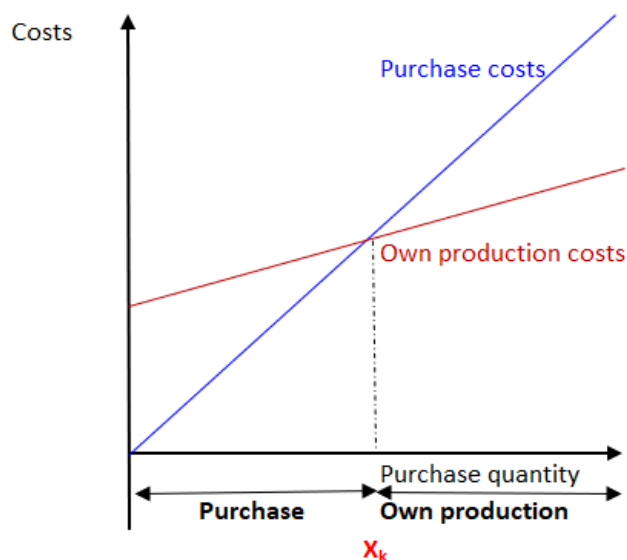
gde:

K_z – trošak nabavke,

c – jedinična cena,

x – obim nabavke (proizvodnje).

X_k definiše se kao kritični obim proizvodnje za koji je trošak nabavke jednak trošku sopstvene proizvodnje. To je vrednost ispod koje nije isplativo krenuti u proizvodnju. Tek kada se prekorači vrednost X_k opravdana je odluka o pokretanju proizvodnje. Prethodni proračuni bazirani su na pretpostavci da je samo cena proizvoda važna za opciju kupovine. Međutim, ako je kupovina praćena dodatnim finansijskim izdacima (npr. troškovi transporta), tada se uzorak mora modifikovati tako da se proširi odgovarajućim komponentama (slika 6.2).



Slika 6. 2. Kritični obim proizvodnje

Izvor: (www_6.1)

Takođe se možete suočiti s dilemom: isplati li se ulagati u proizvodni proces s proizvodnim kapacitetom? U ovom slučaju, nakon uzimanja u obzir svih bitnih premisa koje podržavaju investiciju, a ne eliminišu razumnost kupovine – analiza troškova treba da uključi komponente investicionog računa (www_6.1).

$$k_i = \frac{r * (1 + r)^m + k_d}{(1 + r)^m - 1}$$

gde:

a_0 – obim investicionih izdataka,

r – kamatna stopa,

m – rok korišćenja investicije,

k_d – dodatni godišnji troškovi vezani za upravljanje investicijom,

k_i – investicioni troškovi,

K_p – trošak proizvodnje.

Stoga će se trošak proizvodnje izračunati prema formuli:

$$K_{str} = k_i + x + k_v$$

i trošak nabavke

$$K_z = c * x$$

Ako je ispunjena nejednakost $K_z < K_p$, postoji osnova za donošenje odluke o kupovini određenog proizvoda.

Zbog mogućnosti promene i obima potražnje x i tržišne cene, preporučuje se da se odredi **kritična cena** c_k i **kritični obim proizvodnje** X_k kao vrednosti kod kojih su troškovi sopstvene proizvodnje i troškovi nabavke jednaki.

$$c_k = \frac{k_i + x * k_v}{x}$$

U situaciji kada su početni proračuni sugerisali preporučljivost kupovine, vrednost kritične cene je pokazatelj do kog nivoa se tržišna cena može povećati bez ugrožavanja odluke o kupovini.

$$X_k = \frac{k_i}{c - k_v}$$

Analiza *make-or-buy* može se podeliti u četiri faze, koje su ilustrovane na slici 6.3.



Slika 6. 3. Faze outsourcinga

Izvor: (www_6.2)

Korak 1: Priprema (www_6.2)

Najpre treba definisati logističke procese, područja preduzeća koja će biti predmet posmatranja u *make-or-buy* analizi, kao i aspekte na koje se treba posebno fokusirati u ovoj analizi. Postoje standardni logistički procesi, kao što su transport, skladištenje, otprema, uvoz, izvoz i carinjenje, kao i prateći logistički procesi, koji uključuju, na primer, pripremu, puštanje



u rad, pakovanje, povrate i popis. Ova je podela nužna za donošenje odluke o opsegu outsourcinga kao i o operativnom modelu.

Prilikom izbora projektnog tima treba uzeti u obzir i – osim rukovodećeg osoblja, stručnjaka iz područja operativne logistike, kao i pitanja vezanih uz procene – zaposlene iz susednih odeljenja, poput proizvodnje ili ljudskih resursa, pa čak i radničko veće, jer će odluka o outsourcingu imati ključni uticaj na funkcionisanje kompanije. Nakon toga, tokom početnog sastanka, raspravljaće se o ciljevima i koristima te će se pripremiti koncept projekta.

2. korak: prikupljanje podataka (www_6.2)

Kvalitet naknadnih rezultata analize zavisi samo od tačnosti podataka. Zbog toga je potrebno prikupiti ili sačuvati u preduzeću sve potrebne podatke o zaposlenima i onima koji odgovaraju na pitanje moraju li se logistički sistemi, npr. industrijski kamioni ili upravljanje skladištem, preneti ili izvoditi od strane spoljnih subjekata. Katalog pitanja koja se mogu podeliti na važna, svakako može biti od pomoći pri donošenju odluke o outsourcingu i objašnjenju logističke situacije određene organizacije, npr. koliki su bruto troškovi zapošljavanja i od čega se tačno sastoje? Koje je nedeljno radno vreme? itd. i za informativna pitanja, npr. Da li postoji sistem za podnošenje predloga poboljšanja zaposlenima?

Korak 3: Analiza (www_6.2)

U sledećoj fazi podaci se procenjuju i analiziraju. Rezultati *make-or-buy* analize najčešće se sprovede korišćenjem skupa vrednosti indikatora iz komparativne analize (*benchmark*), koji se prikupljaju tokom operativnog izvršavanja naloga za klijente.

Korak 4: Upoređivanje ukupnih troškova (www_6.2)

Konačno, napravljeno je jasno poređenje između logističkih troškova unutar kompanije i logističkih troškova eksternog davaoca usluga. Što se tiče zaposlenih, na primer, ukupni troškovi osoblja organizacije upoređuju se s ukupnim troškovima osoblja eksternog subjekta. Obično su troškovi davaoca usluga niži zbog fleksibilnijih propisa o radnom vremenu. Outsourcing kompanija ima mogućnost da izvrši isti zadatak s manje osoblja. Njeno stručno znanje doprinosi i optimizaciji procesa, čime se smanjuju troškovi osoblja. Međutim, cilj outsourcinga ne bi se trebao bazirati na težnji za uštedama na radnicima. U vremenima



nedostatka kvalifikovanog osoblja, važnije je učinkovito dodeliti odgovarajuća radna mesta radnicima ili povećati produktivnost uz zadržavanje istog broja zaposlenih.

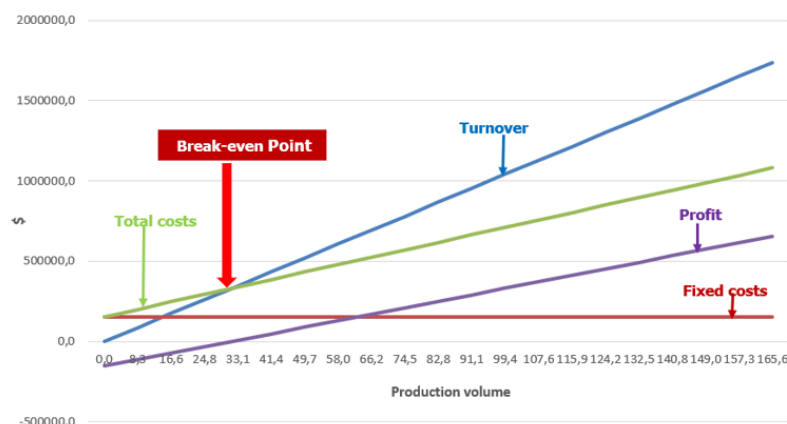
Pri izračunavanju ukupnih troškova mora se uzeti u obzir da odluka o outsourcingu obično uključuje prenos dela organizacije. To znači da će odabrano osoblje matične kompanije preći u tim eksternog entiteta u određenom vremenskom roku. To može biti povezano s otpremninom ili drugim troškovima konverzije. Tu činjenicu takođe treba uzeti u obzir pri poređenju ukupnih troškova. Nakon što izvršite celokupni proračun i analizu, možete doneti odluku za ili protiv outsourcinga.

	A	B	C	D	E	F	G
1	Production (Sales)	92	pcs				
2	Unit price:	10480	\$		Break-even point:	31,5	Mg
3	Variable costs:	5600	\$			$(0+B4)/(B2-B3)$	
4	Fixed costs:	153600	\$				
5							
6		$=B2*A8$	$=B3*A8$	$=B4*B3$	$=B5*B4$	$=D8+E8$	$=C8-F8$
7	Coefficient	Production / Sales	Turnover	Variable costs	Fixed costs	Total costs	Profit
8	0,00	0,0	0,0	0,0	153600,0	153600,0	-153600,0
9	0,09	8,3	86774,4	46368,0	153600,0	199968,0	-113193,6
10	0,18	16,6	173548,8	92736,0	153600,0	246336,0	-72787,2
11	0,27	24,8	260323,2	139104,0	153600,0	292704,0	-32380,8
12	0,36	33,1	347097,6	185472,0	153600,0	339072,0	8025,6
13	0,45	41,4	433872,0	231840,0	153600,0	385440,0	48432,0
14	0,54	49,7	520646,4	278208,0	153600,0	431808,0	88838,4
15	0,63	58,0	607420,8	324576,0	153600,0	478176,0	129244,8
16	0,72	66,2	694195,2	370944,0	153600,0	524544,0	169651,2
17	0,81	74,5	780969,6	417312,0	153600,0	570912,0	210057,6
18	0,90	82,8	867744,0	463680,0	153600,0	617280,0	250464,0
19	0,99	91,1	954518,4	510048,0	153600,0	663648,0	290870,4
20	1,08	99,4	1041292,8	556416,0	153600,0	710016,0	331276,8
21	1,17	107,6	1128067,2	602784,0	153600,0	756384,0	371683,2
22	1,26	115,9	1214841,6	649152,0	153600,0	802752,0	412089,6
23	1,35	124,2	1301616,0	695520,0	153600,0	849120,0	452496,0
24	1,44	132,5	1388390,4	741888,0	153600,0	895488,0	492902,4
25	1,53	140,8	1475164,8	788256,0	153600,0	941856,0	533308,8
26	1,62	149,0	1561939,2	834624,0	153600,0	988224,0	573715,2
27	1,71	157,3	1648713,6	880992,0	153600,0	1034592,0	614121,6
28	1,80	165,6	1735488,0	927360,0	153600,0	1080960,0	654528,0
29							

Slika 6. 4. Izračunavanje podataka za grafičko određivanje prelomne tačke

Izvor: sopstvena studija

MS Excel proračunska tabela je alat za podršku odlukama o eksternalizaciji u analizi *Make-or-Buy*. U studiji slučaja kompanije prirodne kozmetike prikazana su dva pristupa. Prvi se odnosi na određivanje **tačke rentabilnosti** korišćenjem grafičkih i analitičkih metoda. Ova tačka označava minimalni nivo proizvodnje za pokrivanje troškova (slika 6.4).



Slika 6. 5. Grafikon tačke rentabilnosti

Izvor: sopstvena studija

Koristeći podatke treba izraditi grafikon zavisnosti fiksnih troškova, ukupnih troškova, prometa i dobiti u zavisnosti od obima proizvodnje. Analizom linije dobiti otkriva se tačka preseka, a analitičko određivanje tačke preloma sastoji se u određivanju tačke preseka linija prometa i ukupnih troškova (sl. 6.5), čime se definiše tačka pokrića.

Na osnovu rezultata može se proceniti da li je poslovanje ekonomski isplativo pri sadašnjim nivoma proizvodnje? Promene u parametrima kao što su obim prodaje (x), cena (c), fiksni troškovi (K_s) i jedinični varijabilni troškovi (k_v) mogu se zatim odrediti kako bi se postigla prelomna ili planirana dobit, pomoću formule:

$$z = x (c - k_v) - K_s,$$

gde:

x – nivo proizvodnje,

c – cena,

k_v – jedinični varijabilni troškovi,

K_s – fiksni troškovi.

Drugi način analize odnosi se na odluku o izradi ili kupovini. Uprava je smatrala da je proizvodnja prirodnih eteričnih ulja preskupa, što utiče na cenu kozmetike. Kako bi se odlučilo hoće li se proizvodnja nastaviti u sopstvenoj kompaniji ili će se proizvodnja prepustiti spoljnim



saradnicima, sprovedena je dodatna analiza uzimajući u obzir kvantitativne i kvalitativne kriterijume.

Identifikovani su ključni kriterijumi (slika 6.6, kolona A) i dodeljeni su ponderi (q_i , kolona B). Vrednosne procene (s_i) napravljene su za obe opcije (*Make* i *Buy*) korišćenjem lestvice od šest tačaka cene (kolone C i D). Izračunati su indeksi relativne važnosti: za sopstvenu proizvodnju ($R_M = 4,24$) i za spoljnu nabavku ($R_B = 5,0$). Negativna konačna razlika od -0,76 potvrdila je superiornost kupovne opcije (*Buy*).

Radi jasnoće analize primenjeni su logični uslovi:

- Ako su troškovi sopstvene proizvodnje niži od troškova kupovine eksterne usluge ($K_M < K_B$), a istovremeno je indeks važnosti kriterijuma kvaliteta manji za sopstvenu proizvodnju ($R_M < R_B$), treba odabrati opciju *Kupi*,
- Ako su troškovi sopstvene proizvodnje viši od troškova nabavke ($K_M > K_B$), a indeks važnosti kriterijuma kvaliteta viši je za sopstvenu proizvodnju ($R_M > R_B$), treba odabrati opciju proizvodnje (*Proizvodnja*)
- inače odluka zahteva dalju analizu.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Make-or-buy decision criteria	Significance of q	Score		Indicator or cost		Decision or make-buy differences	
2			Own production (make)	Purchase (buy)	Own production (make)	Purchase (buy)		
3	Quantitative Costs [\$]				K_M Cost	K_B Cost		
4		1			80000	72000	Buy	
5	Jakościowe		Score s_i		Indicator r_i		$=IF(E4<=F4;"Make";"Buy")$	
6	Time, $s_i=1$ to max.	20,0%	4	5	0,8	1	-0,2	
7	Jakość, $s_i=1$ to min.	19,0%	5	4	$=B6*C6$ 0,95	$=B6*D6$ 0,76	$=E6-F6$ 0,19	
8	Production capacity, $s_i=1$ to min.	15,0%	3	6	0,45	0,9	-0,45	
9	Flexibility, $s_i=1$ to min.	8,0%	4	6	0,32	0,48	-0,16	
10	Financial capacity, $s_i=1$ to min.	12,0%	4	6	0,48	0,72	-0,24	
11	Maintaining jobs, $s_i=1$ to min.	7,0%	6	4	0,42	0,28	0,14	
12	Work organisation, $s_i=1$ to min.	5,0%	5	5	0,25	0,25	0	
13	Risk, $s_i=1$ to max.	5,0%	6	5	0,3	0,25	0,05	
14	Environmental protection, $s_i=1$ to min.	9,0%	3	4	0,27	0,36	-0,09	
15	TOTAL, R	100,0%			4,24	5	-0,76	
16	Conclusion: use the BUY option							
17								
18	$=IF(AND(G3="Buy";G16="Buy");"use the BUY option";IF(AND(G3="Make";G16="Make");"Own production must be carried out";"A difficult decision"))$							
19								
20								

Slika 6. 6. Procena problema *Make-or-Buy* uzimajući u obzir kvantitativne i kvalitativne faktore

Izvor: sopstvena studija



Kao što pokazuje prethodna analiza, odluke o proizvodnji ili kupovini mogu se pokazati strateškim odlukama vezanim za poslovanje, pa čak i buduću sudbinu kompanije. Danas, u vreme velike konkurencije, kada se kompanije bore za kupce, nastoje da proizvode vrlo kvalitetne proizvode što jeftinije. To znači da velike korporacije često prestaju proizvoditi poluproizvode za male kompanije (www_6.1).

Pristup problemu *make-or-buy* bazira se kako na kvalitativnim tako i na ekonomskim i finansijskim faktorima i vezan je uz odgovor na pitanje može li drugi poslovni subjekt izvršiti zadati zadatak po nižoj ceni i/ili bolje od matičnog preduzeća. Pogrešno doneta odluka po ovom pitanju može doprineti povećanju operativnih i proizvodnih troškova, gubitku operativne efikasnosti, kao i neefikasnom korišćenju resursa (Platts, Probert i Canez, 2002).

6.6. Outsourcing u logistici

U sklopu outsourcinga najčešće se outsoursuju područja koja nisu ključne kompetencije kompanije, već je samo prate. Ukoliko logistika nije osnovna delatnost preduzeća, delegiranje organizacije i/ili sprovođenje svih ili dela logističkih procesa kompetentnim dobavljačima specijalizovanim za pružanje logističkih usluga može značajno povećati učinkovitost logističkih procesa, što se odražava na povećanje učinkovitosti organizacije. Ideja logističkog outsourcinga je izdvajanje resursa i korišćenje logističkih usluga koje pružaju kvalifikovane spoljne kompanije, koje, preuzimajući rizik i najčešće koristeći sopstvene resurse, preuzimaju upravljačke i izvršne funkcije. Logistički outsourcing takođe uključuje kupovinu različitih logističkih usluga od spoljnih dobavljača bez ispunjavanja uslova prenosa resursa (Witkowski, 2008).

Prvi i najvažniji zadatak kompanije pre nego što se odluči za outsourcing logistike je definisanje glavnih ciljeva koje planira postići prenosom logistike izvan kompanije. Najčešće je prvi i ključni željeni cilj smanjenje troškova (www_6.3). Odluka o opsegu logističkog outsourcinga u velikoj meri zavisi od cena logističkih usluga, koje pak određuju logističke troškove privrednog subjekta i cene proizvoda koji se proizvode i/ili prodaju. Kao rezultat saradnje između organizacije i logističkog operatera moguće je postići sledeće ciljeve (Gąsowska, 2016):



- poboljšanje kvaliteta usluge kupcima,
- kraće vreme izvršenja ciklusa naloga,
- bolji kvalitet i garanciju isporuke,
- brži protok i veća transparentnost informacija,
- učinkovitije korišćenje sredstava.

Outsourcing logističkih procesa takođe se odnosi na sfere ključnih logističkih aktivnosti kompanije. Preduzeća naručuju od ponuđača logističkih usluga uspostavljanje logističkog sistema, modeliranje logističkih procesa, kreiranje i implementaciju logističke strategije. Upućivanje na logistički subjekt kao na strateškog partnera može doprineti dobijanju i stabilizaciji konkurentске prednosti (Jeszka, 2013).

Strategija matične kompanije utiče na modeliranje logističkih procesa ponuđača logističkih usluga. Garancija uspešne saradnje između organizacije i eksternog preduzeća specijalizovanog za logističke usluge je komunikacija između preduzeća koja sarađuju. IT sistemi se sve više koriste za podršku odlukama vezanim za tokove u logističkom sistemu preduzeća i lancima snabdevanja. To dovodi do brzih akcija koje dalje dovode do optimizacije ili transformacije logističkih procesa, a kao rezultat toga, do uklanjanja povezanih rizika, minimiziranja troškova, kraćeg vremena implementacije logističkih procesa, povećane fleksibilnosti i učinkovitosti preduzeća (Gąsowska, 2016; Liu i dr., 2015).

Logistički outsourcing poboljšava učinkovitost preduzeća ako logističke usluge stvaraju očekivanu korelaciju troškova s rezultatima logističkih usluga. Ključna odrednica u procesu odlučivanja o logističkom outsourcingu trebala bi biti precizna procena outsourcinga u smislu finansijskih ušteda, ne-troškovnih koristi i procene rizika (Gąsowska, 2016).

Za procenu učinkovitosti logističkog outsourcinga koriste se četiri kategorije pokazatelja (Szukalski, 2016):

- promene u troškovima – upoređivanjem njihovih promena možete proceniti uštede na području operativnih troškova koje proizilaze iz outsourcinga logistike,
- promene u profitabilnosti – njihova analiza omogućava procenu uticaja outsourcinga logistike na dobit koju poslovni subjekt ostvaruje,



- promene u prometu – omogućavaju procenu učinkovitosti logističkog outsourcinga, ako razdvajanje logističkih procesa rezultuje promenom vrednosti imovine,
- promene u tački pokrića – njihova analiza pre i nakon logističkog outsourcinga omogućava procenu isplativosti outsourcinga. Profitabilna promena je smanjenje tačke rentabilnosti.

Analizu rizika za logistički outsourcing treba sprovesti u sledećim područjima (Gašowska, 2016):

- operativni rizik, koji proizlazi iz straha od gubitka kontrole nad logističkim procesima ili pristupa eksterne kompanije poverljivim informacijama,
- rizike povezane s izborom ponuđača logističkih usluga,
- rizik kvaliteta logističkih usluga i posledice nepravilnosti u pojedinim logističkim procesima,
- rizike povezane sa osiguravanjem poverljivih informacija kompanije,
- rizik povezan s uvođenjem organizacionih promena u preduzeću.

Generalno, proces outsourcinga može se podeliti u tri faze (www_6.3):

1. **Interne pripreme** kompanije – svrha ove faze je započeti razgovore s ponuđačima logističkih usluga. Zavisí pre svega od toga da li je kompanija koja planira preneti skladišne funkcije na uslužnu kompaniju sposobna prikupiti sve informacije o skladišnim zalihama za period od najmanje nekoliko meseci te jesu li definisani procesi donošenja odluka primenjivi u organizaciji, kao i uslovi za izbor ponuđača logističkih usluga. Zavisno od stepena složenosti logističkih procesa i veličine preduzeća, treba pretpostaviti da vreme internih priprema za početak pregovora s logističkim stručnjacima može biti od jednog do šest meseci. Ova faza trebala bi da se završi raspisivanjem konkursa za logističke usluge sa svim potrebnim podacima koji bi bili povereni određenoj grupi logističkih provajdera.
2. **Pozivanje eksternih kompanija** da dostave svoje predloge logističkih usluga, trgovinski pregovori i izbor organizacije koja će preuzeti logističke usluge. Drugi deo procesa, uključujući razgovore i pregovore s odabranim ponuđačima logističkih usluga,



može trajati od tri meseca do oko pola godine. To je razdoblje potrebno za izradu ponuda i sve ostale aktivnosti koje prate ovaj zadatak: komercijalne rasprave, postupno sužavanje kruga ponuđača usluga u narednim fazama konkursa, do izbora pobjednika.

3. **Implementacija**, odnosno rad s odabranim poslovnim subjektom na realizaciji projekta i fizičkom prenosu uskladištenih zaliha na upravljanje operateru. Treća faza obično traje četiri do šest meseci. Naravno, period sprovođenja operacije rezultat je mnogih faktora, a u projektima s više aspekata realizacije može trajati puno duže. Uvek je važno dodati malo vremena u slučaju nepredviđenih okolnosti.

Tabela 6. 4. Osnovne vrste outsourcinga

Prednosti logističkog outsourcinga	Nedostaci logističkog outsourcinga
Optimizacija troškova i smanjenje rizika ulaganja	Strah zaposlenih od otkaza i demotivacija
Sposobnost fokusiranja na pravi posao	Delimičan gubitak kontrole nad izvršenjem naloga
Poboljšanje toka procesa i podele odgovornosti	Izbor partnera s nedostatkom kompetencija
Poboljšanje kvaliteta usluga potrošačima	Postati zavisn od davaoca usluga
Povećava se konkurentnost	Mogući problemi s koordinacijom i internom komunikacijom

Izvor: (www_6.4)

Povećanje učinkovitosti logističkih procesa dobijeno zahvaljujući logističkom outsourcingu utiče na učinkovitost upravljanja u preduzeću i lancu snabdevanja (Kowalska, 2011). Saradnja preduzeća s kompanijama koje pružaju logističke usluge može doprineti smanjenju troškova, poboljšanju finansijske likvidnosti, povećanju profitabilnosti prodaje, povratu na imovinu, povratu na kapital, poboljšanju pokazatelja (Gąsowska, 2016).



Pitanja poglavlja

1. Koji su potencijalni rizici povezani s outsourcing procesima u kompaniji?
2. Koji su glavni faktori koji utiču na odluku o izboru strategije "napravi" ili "kupi" u kontekstu poslovanja kompanije?
3. Koji su ključni podaci koje treba prikupiti kako bi se ispravno procenila potreba za outsourcingom logističkih sistema?

LITERATURA

Brzeziński, M. (2015) Inżynieria systemów logistycznych. WAT, Warszawa.

Gąsowska, M. (2016). Outsourcing logistyczny jako narzędzie doskonalenia efektywności przedsiębiorstwa, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Seria: Organizacja i Zarządzanie, z.97.

Jeszka, A.M.(2013). Sektor usług logistycznych w teorii i w praktyce, Difin, Warszawa.

König A. i Spinler S. (2016). The effect of logistics outsourcing on the supply chain vulnerability of shippers in The International Journal of Logistics Management, no. 1.

Kowalska, K. (2011). Efektywność procesów logistycznych w strategii zarządzania przedsiębiorstwem, [in:] Witkowski J., Baraniecka A. (ed): Strategie i logistyka w sektorze usług. Logistyka w nietypowych zastosowaniach. Wyd. Uniwersytetu Ekonomicznego, Wrocław.

Lachiewicz, S. i Matejun, M. (2012). Ewolucja nauk o zarządzaniu, [in:] Zakrzewska-Bielawska A. (ed), Podstawy zarządzania, Oficyna a Wolters Kluwer business, Warszawa.

Liu, Ch., Huo, B. i Liu S., Zhao X. (2015). Effect of information sharing and process coordination on logistics outsourcing. Industrial Management i Data Systems, no. 1.

Matejun M. (2015). Outsourcing, [in:] Szymańska K. (ed), Kompendium metod i technik zarządzania. Teoria i ćwiczenia, Oficyna a Wolters Kluwer business, Warszawa.

Matejun, M. (2006). Rodzaje outsourcingu i kierunki jego wykorzystania, Zeszyty Naukowe Politechniki Łódzkiej, Organizacja i Zarządzanie, 42.



Matejun, M. (2007). Zakres wykorzystania wybranych obszarów outsourcingu w sektorze MŚP, [in:] Otto J., Stanisławski R., Maciaszczyk A. (ed), Innowacyjność jako czynnik podnoszenia konkurencyjności przedsiębiorstw i regionów na Jednolitym Rynku Europejskim, Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, Łódź.

Perechuda, K. (ed) (2000). Zarządzanie przedsiębiorstwem przyszłości. Koncepcje, modele, metody, Agencja Wydawnicza Placet, Warszawa.

Platts, K.W., Probert, D.R. i Canez, L. (2002). Make vs. Buy Decisions: A Process Incorporating Multi-attribute Decision-making, *International Journal of Production Economics*, 77(3).

Szukalski, S.M. (2016). Metody oceny efektywności rozwiązań outsourcingowych. *Ekonomika i Organizacja Przedsiębiorstwa*, nr 2.

Trocki, M. (2001). Outsourcing, PWE, Warszawa.

Witkowski, J. (2008). Uwarunkowania i perspektywy rozwoju outsourcingu logistycznego w Europie, [in:] Gołemska E., Schuster M. (ed): *Logistyka międzynarodowa w gospodarce światowej*. Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Poznaniu, Poznań.

(www_6.1) https://mfiles.pl/pl/index.php/Analiza_make-or-buy, (access 2024.01.07)

(www_6.2) <https://www.lila-logistik.com/pl/make-or-buy>, (access 2024.01.07)

(www_6.3) <https://log24.pl/news/proces-zarzadzania-outsourcingiem-logistycznym>, (access 2024.01.07)

(www_6.4) <https://wareteka.pl/blog/outourcing-logistyczny-co-to-jest-jakie-ma-wady-i-zalety/>, (access 2024.01.07)

7. OPTIMIZACIJA DISTRIBUTIVNE MREŽE POMOĆU GRAVITACIONOG MODELA



U poglavlju se raspravlja o problemu optimizacije logističke mreže korišćenjem Gravitacionog modela (engl. *Gravity Model*). Mreža lanca snabdevanja transformiše sirovine u finalne proizvode i, naravno, isporučuje ih krajnjim kupcima (potrošačima). Uključuje različite vrste objekata. Projektovanje mreže lanca snabdevanja (SCND) je važno pitanje povezano s upravljanjem lancem snabdevanja (SCM). Najvažnija pitanja o kojima se govori u ovom poglavlju uključuju:

- Mreža lanca snabdevanja,
- Distributivna mreža,
- Tačka gravitacije.

7.1. Uvod

Dizajniranje mreže lanca snabdevanja (engl. *Supply Chain Network Design*, SCND) važno je pitanje povezano s upravljanjem lancem snabdevanja (SCM). Lanac snabdevanja se shvata kao složena mreža preduzeća i objekata, od kojih je većina raspoređena na velikom geografskom području. Ovaj lanac snabdevanja trebao bi sinhronizovati niz međusobno povezanih aktivnosti kroz mrežu.

Mreža lanca snabdevanja transformiše sirovine u finalne proizvode i, naravno, isporučuje ih krajnjim kupcima (potrošačima). Uključuje različite vrste objekata. Planiranje i projektovanje mreže lanca snabdevanja stoga se fokusira na prepoznavanje broja i vrste pojedinačnih veza i koordinaciju aktivnosti među njima. Tipične karike u mreži lanca snabdevanja sastoje se od dobavljača i podizvođača, proizvodnih i montažnih pogona,



distributivnih centara, skladišta i kupaca (Govindan i dr., 2017). Tipični tokovi materijala odvijaju se od dobavljača do kupaca. Mogu se razlikovati i obrnuti tokovi (tzv. obrnuta logistika). Takođe, važno je uzeti u obzir i potrebu planiranja i projektovanja tokova i rešavanja problema povezanih s mnogim varijantama/vrstama proizvoda. Važno pitanje za rad i troškove lanca snabdevanja je analiza vezana za lokaciju određenog objekata u lancu snabdevanja.

7.2. Logistička mreža

Složenost mreže lanca snabdevanja je važna i utiče na odluke o planiranju zajedno s klasičnim odlukama o dodeli lokacije za postizanje integrisanog sistema (Govindan i dr., 2017).

S obzirom na tri nivoa odlučivanja, na **strateškom nivou** potrebno je doneti odluke o lancu snabdevanja kao što su: (1) broj, (2) lokacija i (3) kapacitet objekata. Strateške odluke obično imaju vremenski horizont od otprilike tri do pet godina. Strateške odluke koje se tiču dizajna logističke mreže utiču na učinkovitost usluge isporuke kupcima. Odluke o dizajnu ne mogu se doneti bez razmatranja uicaja na operativne odluke. **Taktičke odluke** obično traju od tri meseca do tri godine. Na primer, odluke o cenama obično se postavljaju na nivou taktičkog planiranja. **Operativne odluke** (npr. odluke o ruti vozila) često se kreću od jednog sata do jednog tromesečja (Govindan i dr., 2017). Naravno, opseg donetih odluka može zavisi od prirode lanca snabdevanja.

Izbor najbolje lokacije za poslovni objekat može se posmatrati u smislu opšte ili specifične lokacije. Opšta lokacija definiše određeni prostor na kojem će se locirati određeni privredni objekat.

Mnogo je faktora koji utiču na mesto objekata u lancu snabdevanja. To su između ostalog:

- izvori sirovina i lokacija tržišta za materijale za proizvodnju (uglavnom sirovine, komponente),
- regioni s industrijskom tradicijom, uključujući dostupnost dobavljačima i kupcima (posebno važno za delatnosti posredničkih veza),



- radna snaga (mogućnosti zapošljavanja, naknada, dostupnost, nivo kvalifikacija),
- mogućnosti snabdevanja energentima,
- poreski propisi i administrativna ograničenja,
- klima i terenski uslovi,
- dostupnost saobraćajnica i saobraćajnih čvorišta,
- karakteristike stanovništva, društveno-politički odnosi,
- karakteristike infrastrukture (putevi, škole, komunikacije),
- mogućnost proširenja objekta.

Međutim, detaljna lokacija označava određenu nekretninu ili područje na kojem će se objekat graditi. Izbor detaljne lokacije vezan je uz, npr. njenu tehničku infrastrukturu, dostupnost saobraćajne infrastrukture (lokalni putevi), kao i lokalni razvojni plan.

Detaljnije, takođe biste trebali uzeti u obzir:

- nivo plata u susednim pogonima,
- mogućnosti komunikacije za posadu i putne naknade,
- mogućnost kupovine željenog zemljišta u odabranom regionu,
- putevi, autoputevi i razvoj zemljišta s vodovodnom i mrežom gasovoda,
- sigurnosne zone za mirise, buku i zagađenje,
- teren koji omogućava izgradnju proizvodnih i pomoćnih objekata, parking prostora,
- mogućnost budućeg proširenja u skladu s potrebama proizvodnog procesa i zahtevima arhitektonsko-građevinskih tela.

Opseg detaljne lokalizacije nije obuhvaćen ovom studijom.

Važno je zapamtiti da lanci snabdevanja funkcionišu u promjenjivom okruženju. Često se događa da se objekti zatvaraju, otvaraju ili ponovno otvaraju više puta unutar utvrđenog planskog horizonta. Dinamika tržišta tera na donošenje druge odluke, odnosno na pitanje povećanja, smanjenja ili prenosa proizvodnih kapaciteta objekata u logističkoj mreži. Drugo važno pitanje je kakva vrsta **poremećaja** može poremetiti funkcionisanje lanaca snabdevanja. Prekid lanca snabdevanja je događaj koji se može dogoditi u delu lanca snabdevanja zbog,



npr. prirodnih katastrofa (npr. potresa i poplava) i namernih ili nenamernih ljudskih aktivnosti (npr. ratovi i teroristički napadi). Identifikuje se kao događaj koji prekida protok materijala u lancu snabdevanja, uzrokujući iznenadni prekid protoka robe. Čak i mali poremećaj može imati razoran učinak na funkcionisanje lanaca snabdevanja jer se proteže kroz lanac (Grzybowska i Stachowiak, 2022). A budući da su lanci snabdevanja složene i heterogene strukture, osetljivi su na pretnje i njima je teško upravljati.

Distributivna mreža, često nizvodni deo mreže snabdevanja, sastoji se od tokova proizvoda od skladišta do kupaca ili trgovaca na malo. Projektovanje takve mreže zahteva rešavanje dva teška problema kombinatorne optimizacije, uključujući određivanje lokacije objekata i rute vozila koja će opsluživati korisnike.

7.3. Koncept korišćenja gravitacionog modela u logističkoj mreži

Izgradnja racionalne logističke mreže ključ je razvoja regionalne logistike. Gravitacioni model izveden je iz Newtonove gravitacije – podsetimo: zakon gravitacije je zakon univerzalne gravitacije, čija je svrha da opiše silu kojom se tela međusobno privlače.

Postepeno se koncept gravitacionog modela primenio i na druga istraživanja, područja i polja po analogiji s fizikom. U svojoj kasnijoj ekspanziji, osim što je dokazano postojanje same teorije gravitacionog modela, primena je proširena na mnoge discipline. Među njima su najrazvijenija istraživanja vezana uz trgovinu, urbano prostorno povezivanje i logistiku:

- Reilly je prvi upotrebio gravitacioni model za proučavanje odnosa između gradova (1929),
- Stewart je predložio koncept gravitacionog modela (1948),
- Tinbergen je uveo gravitacioni model (GM) u međunarodnu trgovinu (1962),
- Huff je predložio korišćenje gravitacionog modela za procenu tržišnog učešća (1963),



- Bergstrand je razjasnio stranu privredne ponude, ukazujući na teorijske osnove odnosa između ponude i potražnje s konstantnom elastičnošću transformacije (CET) (1989),
- Kong i saradnici ispitivali su dizajn mreža zelenih površina koristeći gravitacioni model (2010),
- Duanmu i saradnici razvili su model spregnute gravitacije i genetski algoritam za proučavanje distribucije naboja (2012),
- Puertas i saradnici su koristili gravitacioni model za analizu logističke mreže - procena indeksa učinkovitosti logistike (2014),
- Zhu i Fan koristili su gravitacioni model za proučavanje intenziteta logističkih veza u unutrašnjoj regionalnoj logistici (2017).

Udaljenost je u Newtonovom modelu aproksimacija otpora kretanju, odnosno faktor koji slabi silu privlačenja. To znači da što su partneri udaljeniji jedni od drugih, to je njihova međusobna trgovina manje intenzivna. Glavni razlog za to je postojanje troškova trgovinskih transakcija, koji rastu s povećanjem geografske udaljenosti. Ovi troškovi uključuju, između ostalog: troškove transporta ili osiguranje tereta (Bułkowska, 2018).

Geografski položaj oduvek je bio faktor koji je određivao poslovne aktivnosti. Promenili su se smisao i mogućnosti transporta. Geografija je jedan od glavnih izvora troškova trgovine, odnosno prostorne karakteristike zemalja koje utiču na njihove troškove domaćeg i međunarodnog transporta. Karakteristike koje se uzimaju u obzir uključuju geografsku udaljenost između objekata ili zemalja. U slučaju analize država, analiza uključuje odgovore na pitanja: imaju li države zajedničku granicu?, da li su države bez izlaza na more?, da li su ostrvske države? Intuicija sugerise da veća geografska udaljenost, nepostojanje zajedničke granice i/ili veća udaljenost od trgovačkog partnera negativno utiču na troškove transporta. Stoga ima negativan uticaj na međunarodnu trgovinu. Te se posledice mogu ublažiti razvojem infrastrukture kao što je izgradnja autoputeva, tunela, aerodroma i luka (Azmi i dr., 2024).

Jedan od faktora lokacije poslovnih objekata je i blizina prodajnog tržišta. Ovo susedstvo dobija novo i ključno značenje. Ponovo postaje prednost nakon iskustva s pandemijom COVID-19 i u vezi s poboljšanjem otpornosti lanaca snabdevanja na poremećaje.



Ovo se posebno odnosi na kompanije koje:

- proizvode ili isporučuju kvarljivu robu,
- karakteriše visoka cenovna elastičnost ponude ili ponuđenih usluga,
- proizvode proizvode koji se odlikuju velikom varijabilnošću potražnje,
- proizvode ili prevoze robu koja je teška za transport.

7.4. Tipični proces donošenja odluka o lokaciji objekata u lancu snabdevanja

Kratkoročno, menadžer mora delovati unutar ograničenja koja nameće lokacija. Međutim, dugoročno gledano, lokacija postaje varijabla i menadžer može doneti odluku o promeni lokacije kako bi zadovoljio zahteve kupaca, dobavljača ili promene koje nameću konkurenti.

Spoljni faktori koji utiču na motivaciju za analizu lokacije novog objekta ili promenu lokacije objekata su:

- širenje na nova tržišta,
- premeštanje stambenih sektora,
- pretnje konkurencije,
- pojava novih tržišta snabdevanja.

Lokacija mora zadovoljiti dva kriterijuma: kvantitativni (cena) i kvalitativni. Prvo se razmatraju kvantitativni kriterijumi. Izraz lokacije objekta ima oblik:

$$C = \frac{\sum r_i \cdot d_i \cdot S_i + \sum R_i \cdot D_i \cdot M_i}{\sum r_i \cdot S_i + \sum R_i \cdot M_i}$$

gde:

C – centar mase

d_i – udaljenost od tačke 0 na mreži do mesta izvora sirovine j

D_i – udaljenost od tačke 0 na mreži do tačke lokacije tržišta prodaje i

S_i – težinski volumen sirovina kupljenih od dobavljača i



M_i – težinski volumen gotovih proizvoda prodanih na tržištu i

r_i – transportna stopa za gotov proizvod i

R_i – transportna stopa za sirovinu i .

To je objašnjeno formulom koja se koristi u Excelu:

centar mase = a + b / c+d

a = SUM [transportna stopa za sirovinu (i) * udaljenost od tačke 0 na mreži do tačke lokacije izvora sirovine (i) * težina volumen sirovine (i)]



b = SUM [transportna stopa za gotov proizvod (i) * udaljenost od tačke 0 na mreži do tačke lokacije izvora tržišta (i) * težina volumen gotovog proizvoda (i)]

c = SUM [transportna brzina za sirovinu (i) * težina volumen sirovine (i)]

d = SUM [transportna stopa za gotov proizvod (i) * udaljenost od tačke 0 na mreži do tačke lokacije izvora tržišta (i)]

7.5. Dezagregirani i agregirani modeli gravitacije

Postoje mnoge varijante gravitacionog modela koje se mogu koristiti za simulaciju tokova između trgovaca i potrošača. Izbor modela zavisi od svrhe njegove uporabe i podataka koji su dostupni za uklapanje u model. Pri izboru gravitacionog modela bitan faktor je i stepen agregacije. Interakcije kupovine između potrošača i trgovaca na malo mogu se predstaviti **raščlanjenim modelom** koji procenjuje ponašanje potrošača. Takođe se može prikazati u **agregiranom modelu**. U ovoj varijanti se maloprodajna mesta u zoni ocenjuju zajedno (Schlaich, 2020). U agregiranim modelima nestaju karakteristike pojedinačnih trgovina i tačne udaljenosti između potrošača i trgovca. S druge strane, agregacija u zone značajno smanjuje složenost modela kako se skup odredišta smanjuje.



Od svih modela prostorne interakcije u maloprodaji, Huffov (1963) gravitacioni model jedan je od najčešće korišćenih. U svom početnom obliku, ovaj model izračunava verovatnost veza zavisno od obima trgovine i udaljenosti transporta.

U gravitacionim modelima važno je odrediti varijablu koja opisuje "snagu međusobnog privlačenja" trgovinskih partnera, odnosno modelski objašnjenu (zavisnu) varijablu. Gravitacioni modeli geografima i ekonomistima pružaju fleksibilan alat za analizu.

7.6. Model uravnotežene gravitacije

Model uravnoteženog težišta koristi se za određivanje lokacije pojedinačnih privrednih objekata (npr. skladišta). Uzima u obzir izvore potražnje različite važnosti i lokacije. Lokacija se određuje pomoću koordinata (X, Y), koje označavaju položaj tačke na karti. Važnost je povezana sa npr. količinom isporuka, brojem ljudi koji žive na određenoj lokaciji ili prodajnom vrednošću. Mogu se koristiti i drugi indikatori, važno je da su pravilno prilagođeni situaciji. Opisana metoda koristi ponderisane koeficijente tačke isporuke, čime se generiše tačka na karti označena koordinatama.

Za metodu ponderisanog težišta upotrebite model:

$$X^* = \frac{\sum W_i \cdot X_i}{\sum W_i}$$
$$Y^* = \frac{\sum W_i \cdot Y_i}{\sum W_i}$$

gde,

X_i, Y_i – koordinate i-tog izvora potražnje

W_i – težina i-tog izvora potražnje

Ponderisane koordinate (X^*, Y^*) izračunate pomoću modela pokazuju odgovarajuću lokaciju tačke isporuke, uzimajući u obzir važnost pojedinih izvora potražnje.



To je objašnjeno formulom koja se koristi u Excelu:



koordinate tačke isporuke (X) = SUM [(ponderisani pokazatelj izvora potražnje $_{(i)}$ * koordinate X $_{(i)}$)] / SUM koordinate X $_{(i)}$

koordinate tačke isporuke (Y) = SUM [(ponderisani pokazatelj izvora potražnje $_{(i)}$ * Y koordinate $_{(i)}$)] / SUM Y koordinate $_{(i)}$

Metoda uravnoteženog težišta omogućava određivanje položaja jednog privrednog objekta na odabranom geografskom području. Metoda je jednostavna za korišćenje i svodi se na određivanje dva parametra na geografskoj mreži.

Proširenje ove metode je model:

$$Koordinate_{(X,Y)} = \frac{\sum r_i \cdot d_i \cdot S_i + \sum R_i \cdot D_i \cdot M_i}{\sum r_i \cdot S_i + \sum R_i \cdot M_i}$$

gde,

$Koordinate_{(X,Y)}$ – težište

r_i – transportna stopa za gotov proizvod i

d_i – udaljenost od tačke 0 na mreži do mesta izvora sirovine i

S_i – težinski volumen sirovina kupljenih od dobavljača i

R_i – transportna stopa za sirovinu i

D_i – udaljenost od tačke 0 na mreži do lokacije prodaje i

M_i – težinski volumen gotovih proizvoda prodatih na tržištu i

Izračunavanja se izvode za upravne i vodoravne koordinate.

To je objašnjeno formulom koja se koristi u Excelu:



Brojilac (X) = SUM (stopa transporta za gotov proizvod $_{(i)}$ * udaljenost od tačke 0 na mreži do tačke lokacije izvora sirovina $_{(xi)}$ * volumen mase sirovina kupljenih od izvora snabdevanja $_{(i)}$) + SUM (stopa transporta za sirovinu $_{(i)}$ * udaljenost od tačke 0 na mreži do lokacije prodaje $_{(xi)}$ * volumen mase gotovih proizvoda prodatih na tržištu $_{(i)}$)



Imenilac = SUM (vozarina za gotov proizvod $_{(i)}$ * težina volumena sirovina kupljenih od izvora snabdevanja $_{(i)}$) + SUM (vozarina za sirovinu $_{(i)}$ * težina volumena gotovih proizvoda prodatih na tržištu $_{(i)}$)

koordinate tačke isporuke (X) = brojilac $_{(x)}$ / imenilac

Brojilac $_{(Y)}$ = SUM (stopa transporta za gotov proizvod $_{(i)}$ * udaljenost od tačke 0 na mreži do tačke lokacije izvora sirovina $_{(Yi)}$ * volumen mase sirovina kupljenih od izvora snabdevanja $_{(i)}$) + SUM (stopa transporta za sirovinu $_{(i)}$ * udaljenost od tačke 0 na mreži do tačke lokacije izvora tržišta $_{(Yi)}$ * volumen mase gotovih proizvoda prodatih na tržištu $_{(i)}$)

Imenilac = SUM (vozarina za gotov proizvod $_{(i)}$ * težina volumena sirovina kupljenih od izvora snabdevanja $_{(i)}$) + SUM (vozarina za sirovinu $_{(i)}$ * težina volumena gotovih proizvoda prodatih na tržištu $_{(i)}$)

koordinate tačke isporuke (Y) = brojilac $_{(Y)}$ / imenilac

7.7. Gravitacioni model u međunarodnoj trgovini

Tinbergen (1962) je prvi dao intuitivno objašnjenje bilateralnih trgovinskih tokova u međunarodnoj trgovini. Njegova su otkrića postavila temelje za moderni model gravitacije, koji pretpostavlja da je trgovina među nacijama direktno proporcionalna veličini njihovih privreda i obrnuto, proporcionalna troškovima trgovine. Ovo treba shvatiti na sledeći način:

- očekuje se da će veće zemlje više trgovati,
- očekuje se da će zemlje koje su udaljenije manje trgovati (verovatno zbog viših troškova trgovine).

Od tada se model na široko koristi u industrijskoj literaturi za objašnjenje međunarodnih trgovinskih tokova. Zbog efikasnosti modela gravitacije u istraživanju trgovine, postoji značajan porast njegove upotrebe za procenu različitih aspekata međunarodne trgovine (Azmi i dr., 2024).



$$X_{ij} = \alpha_i + \beta_1 \cdot GDP_i + \beta_2 \cdot GDP_j + \beta_3 \cdot TC_{ij} + \mu_i$$

gde:

X_{ij} – tok u međunarodnoj trgovini iz zemlje I u zemlju J

GDP_i i GDP_j – bruto domaći proizvod zemlje porekla i zemlje odredišta

TC_{ij} – trošak trgovine između dve zemlje, procenjen geografskom udaljenošću između glavnih gradova

μ_i – slučajna greška

α_i – secište modela

$\beta_1, \beta_2, \beta_3$ – koeficijenti koji mere uticaj eksplanatornih varijabli.

To je objašnjeno formulom koja se koristi u Excelu:



trgovinski tok = odsečak + koeficijent ₍₁₎ * prihod zemlje izvoznice + koeficijent ₍₂₎ * prihod zemlje uvoznice + koeficijent ₍₃₎ * trošak trgovine između dve zemlje + slučajna greška

Poznate su i razne varijante predstavljenog modela. Ispod je jedna od njih:

$$X_{ij} = \beta_0 + \beta_1 \cdot y_i + \beta_2 \cdot y_j + \beta_3 \cdot n_j + \beta_4 \cdot n_i + \beta_5 \cdot d_{i,j} + \beta_6 \cdot D_{ij} + \mu_{ij}$$

gde je:

X_{ij} – tok robe (izvoz ili uvoz iz zemlje i u zemlju j)

y_i – prihod zemlje izvoznice i

y_j – prihod zemlje uvoznice j

n_j – broj stanovnika zemlje i, j

$d_{i,j}$ – udaljenost između zemalja i i j

D_{ij} – lažna varijabla s vrednošću 1 ako su zemlje i i j članice određenih povlašćenih trgovinskih područja, a 0 u suprotnom

β_0 – predstavlja tačku preseka

$\beta_1 - \beta_6$ – koeficijenti $y_i, y_j, n_j, n_i, d_{i,j}, D_{ij}$ respektivno

μ_i – slučajna greška.



To je objašnjeno formulom koja se koristi u Excelu:



trgovinski tok = odsečak + koeficijent ₍₁₎ * prihod zemlje izvoznice + koeficijent ₍₂₎ * prihod zemlje uvoznice + koeficijent ₍₃₎ * stanovništvo zemlje j + koeficijent ₍₄₎ * stanovništvo zemlje i + koeficijent ₍₅₎ * udaljenost između zemalja + koeficijent ₍₆₎ * lažna varijabla + slučajna greška

7.8. Gravitacioni model lociranja konkurentskih objekata

Većina modela lokacije konkurentnih objekata pretpostavlja da se sva raspoloživa kupovna moć deli među konkurentskim objektima.

Lajtmotiv svih konkurentskih lokacijskih modela je postojanje međupovezanosti između četiri varijable: kupovna moć (potražnja), udaljenost, atraktivnost objekata i tržišno učešće. Prve navedene varijable su nezavisne varijable, dok je tržišno učešće zavisna varijabla.

Svaki konkurentski objekat, npr. poslovni objekat, ima "sferu uticaja" koja je određena njegovim nivoom privlačnosti. Atraktivniji objekti imaju veći radijus svoje sfere uticaja. Kupovna moć potrošača u sferi uticaja nekoliko objekata ravnomerno se deli između konkurentskih objekata (Drezner i Drezner, 2016).

Konkurentski lokacijski modeli imaju niz primena, npr. omogućavaju lociranje trgovačkih centara, trgovina (npr. trgovine mešovitim robom, specijalizovane trgovine - kućnih aparata, obuće, knjižare, računara, nakita..), restorana (fast food, kafići, poslastičarnice...), benzinskih stanica, poslovnica banaka i drugo.

7.9. Gravitacioni model za interkontinentalni lanac snabdevanja

Gravitacioni modeli mogu poslužiti kao prikladni alati za procenu isporuke tereta u luke, pri čemu troškovi vremena i udaljenosti igraju važnu ulogu (Wang i Li, 2021). Kako bi analizirao



obrasce interakcije maloprodajnih regiona povezanih s različitim aglomeracijama, Reilly je postavio gravitacioni model tokova robe kao:

$$X_{ij} = \alpha \frac{P_i \cdot P_j}{d_{ij}^2}$$

gde:

X_{ij} – tok u lancu snabdevanja

d_{ij} – prostorna udaljenost

P_i, P_j – stanovništvo u mestu porekla i i odredišta j

α – koeficijent gravitacije, konstanta jednaka 1.

To je objašnjeno formulom koja se koristi u Excelu:



protok u lancu snabdevanja = koeficijent gravitacije * stanovništvo u mestu (i) * stanovništvo u mestu (j) / prostorna udaljenost ²

U ovom modelu poznata je lokacija svih čvornih gradova. Gravitaciona sila između gradova može se odrediti veličinom grada i prostornom udaljenošću.

Pitanja poglavlja

1. Koji spoljni faktori utiču na odluku o preseljenju objekata?
2. Koje su glavne prednosti i ograničenja korišćenja različitih varijanti gravitacionog modela za simulaciju tokova između trgovaca i potrošača?



LITERATURA

- Azmi, S. N., Khan, K. H., i Koch, H. (2024). Assessing the effect of INSTC on India's trade with Eurasia: an application of gravity model. *Cogent Economics i Finance*, 12(1). <https://doi.org/10.1080/23322039.2024.2313899>
- Bergstrand J.H. (1989) The generalized gravity equation, monopolistic competition, and the factor-proportions theory in international trade, *Review of Economics and Statistics*, 71(1), 143-153.
- Bułkowska M. (2018) Model grawitacyjny w handlu zagranicznym: wybrane aspekty teoretyczne i metodyczne. *Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu*, (529), 39-47.
- Drezner, T., i Drezner, Z. (2016). Sequential location of two facilities: Comparing random to optimal location of the first facility. *Annals of Operations Research*, 246, 1-15.
- Duanmu J., Foytik P., Khattak A. i Robinson R.M. (2012) Distribution analysis of freight transportation with gravity model and genetic algorithm. *Transportation research record*, 2269(1), 1-10.
- Govindan K., Fattahi M. i Keyvanshokoo E. (2017) Supply chain network design under uncertainty: A comprehensive review and future research directions, *European Journal of Operational Research*, 263(1), 108-141.
- Grzybowska K. i Stachowiak A. (2022) Global changes and disruptions in supply chains – preliminary research to sustainable resilience of supply chains. *Energies*, 15 (art. 4579), 1-15.
- Huff, D. L. (1963). A probabilistic analysis of shopping center trade areas. *Land economics*, 39(1), 81-90.
- Kong F., Yin H., Nakagoshi N. i Zong Y. (2010) Urban green space network development for biodiversity conservation: Identification based on graph theory and gravity modeling. *Landscape and urban planning*, 95(1-2), 16-27.
- Puertas R., Martí L. i García L. (2014) Logistics performance and export competitiveness: European experience. *Empirica*, 41, 467-480.



Reilly, W. J. (1929). Methods for the study of retail relationships (Vol. 44). Austin: University of Texas, Bureau of Business Research.

Schlaich T., Horn A.L., Fuhrmann M. i Friedrich H.(2020) A Gravity-Based Food Flow Model to Identify the Source of Foodborne Disease Outbreaks. International Journal of Environmental Research and Public Health. 17(2):444. <https://doi.org/10.3390/ijerph17020444>

Stewart J.Q. (1948) Demographic gravitation: evidence and applications. Sociometry 11(1/2), 31-58.

Tinbergen J. (1962) Shaping The World Economy Suggestions for an International Economic Policy, The Twentieth Century Fund, New York.

Wang H. i Li M. (2021) Improved gravity model under policy control in regional logistics. Measurement and Control, 54(5-6), 811-819. doi:10.1177/0020294020919849

Zhu X. i Fan Y. (2017) Research on the construction of regional hub-and-spoke logistics network in Guangxi under the gravity model. Bus Econ Res, 9, 214-217.



8. PREDVIĐANJE POTRAŽNJE



U poglavlju se govori o teoriji predviđanja. Posebna pažnja posvećena je predviđanju potražnje. To je predviđanje budućih događaja vezanih za potražnju čiji je cilj minimiziranje rizika povezanih s donošenjem poslovnih odluka. Najvažnija pitanja o kojima se govori u ovom poglavlju uključuju:

- principi i trendovi predviđanja,
- predviđanje pomoću vremenskih serija,
- postupak za izradu prognoza na osnovu vremenskih serija,
- metode predviđanja i greške,
- pitanje veštačke inteligencije u predviđanju.

8.1. Uvod

Predviđanje je široko korišćena, multidisciplinarna naučna oblast. To je važna aktivnost koja se koristi za donošenje poslovnih odluka u mnogim područjima planiranja: ekonomskom, industrijskom i naučnom (Chatfield, 2001). Prognoza podržava donošenje mikro i makroekonomskih odluka. Takođe podržava preduzimanje radnji za aktiviranje ili suprotstavljanje nekom fenomenu. Prognoza je izvor važnih informacija. Predviđanje se može nazvati i prognoziranjem; prognoziranje buduće potražnje, prognoziranje prodaje ili novog trenda. Stoga se mogu predvideti promene tržišnih uslova kojima se kompanija mora prilagoditi.

Međutim, predviđanje se ne može bazirati samo na intuiciji menadžera, već se mora bazirati na **racionalnim, obično naučnim osnovama**.

Predviđanje je zaključivanje o nepoznatim događajima na osnovu poznatih događaja (Cieślak, 2005). Na primer, može se predvideti da će se: (1) događaj dogoditi jer se dogodio u



prošlosti; (2) događaj će se dogoditi jer njegova učestalost to ukazuje; (3) događaj će se dogoditi jer je povezan s drugim događajima koji su se dogodili (Dittmann, 2003).

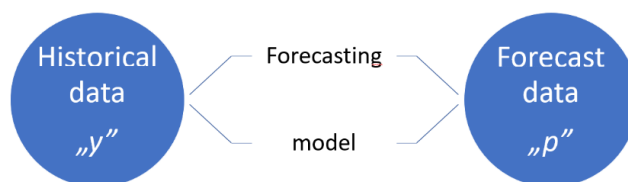
Prognoze se razvijaju (izrađuju) na temelju premisa vrlo različite prirode. Međutim, s obzirom na njihovu naučnu prirodu, konstruisani su prvenstveno na osnovu statističkih i ekonometrijskih modela te uporabom operacionih istraživanja. Prognoze se pripremaju korišćenjem istorijskih podataka – onih koji su se dogodili u prošlosti. A s logističkog aspekta oni se odnose na podatke iz nedavne prošlosti. Posebno u industrijama složenih proizvoda (npr. automobilske industriji), ali ne samo, predviđanja potražnje su presudna za prodajno područje i takođe za učinkovitost proizvodnog sistema.

Prognoza se uvek odnosi na određeni horizont predviđanja. Horizont predviđanja je interval $(T, T_i]$, gde je: T – sadašnji trenutak, T_i – konačni trenutak.

Zavisno od vremenskog horizonta, problem predviđanja generalno se deli na tri područja: kratkoročno, srednjoročno i dugoročno predviđanje. Kao što je ranije spomenuto, sa aspekta logističkog menadžera, **kratkoročno predviđanje** je ključno. Pokriva horizonte predviđanja od jednog sata do nedelju dana. Sa aspekta rada menadžera logistike zanimljivo je i srednjoročno predviđanje, koje se odnosi na predviđanja od jednog meseca do najviše godine. Na kraju, možemo razlikovati dugoročne prognoze, koje karakteriše horizont predviđanja duži od jedne godine. Oni su manje važni za operativne aktivnosti vezane uz logistiku. Teorija haosa je u velikoj meri pokazala da dugoročno predviđanje predstavlja uzaludan trud. Stoga se može pretpostaviti da za široko shvaćene logističke aktivnosti, što je duži horizont prognoze, to je manja verovatnoća izrade prognoze. Njena pouzdanost opada. Takođe, prognoziranje proizvoda na rok duži od životnog ciklusa proizvoda nema smisla.

Vrednost (važnost) modela predviđanja bazira se na njihovoj sposobnosti da proizvedu tačne prognoze. Stoga su prognoze dobre onoliko koliko su dobre pretpostavke korišćenog modela. Važno je biti svestan i znati koje su te pretpostavke. Ako se bilo koja od ovih pretpostavki pokaže netačnom, prognoze se mogu ponovno proceniti, modifikovati i poboljšati. Glavni problem tačnosti prognoza je nepredvidivost privrednih kretanja i spoljnih događaja i kriza. Stoga treba jasno navesti da su određene prognoziranje vrednosti podložne **greškama**

i **nesigurnostima**. Dakle, budućnost je određena na osnovu znanja koje imamo o prošlosti (slika 8.1).



Slika 8. 1. Generalizovani model predviđanja

Izvor: (Dittmann, 2003)

Ne treba zaboraviti na potrebu razmene informacija u upravljanju lancem snabdevanja, što je ključno za uspeh predviđanja potražnje (Altendorfer i Felberbauer, 2023). Što su tačniji podaci o potražnji, tačnija će biti i prognoza. Takođe je ključno stalno ažuriranje informacija o potražnji (podrazumeva promenu prethodnih informacija, npr. o veličini narudžbine), zahvaljujući tome potražnja se ažurira u vremenskom horizontu i eliminiše se informaciona asimetrija. Ali i dr. ističu da je deljenje potpune prognoze potražnje, a ne konačne količine narudžbine, korisno za realizaciju lanca snabdevanja (Ali i dr., 2012).

Izazovi uspešnog predviđanja više su od tehničkih poteškoća u razvoju tačnog modela predviđanja. Modeli predviđanja moraju se razviti s jasnim razumevanjem prirode situacije za koju je potrebna prognoza i raspoloživih resursa za izradu prognoze. Važno je osigurati da se odabrana varijabla direktno odnosi na potrebne podatke prognoze (Sheldon, 1993). To ne znači da su prognoze beskorisne, već da oni koji ih koriste trebaju stalno pratiti svoje operativno okruženje kako bi otkrili sve faktore koji ukazuju na nedosledne ili nepravilne obrasce.

Iako je prognoza podložna netačnostima, ona predstavlja važnu smernicu za buduće operativne aktivnosti kompanije. Opravdanje za izradu prognoza u preduzeću je i cikličnost koja se javlja u poslovanju preduzeća. Predviđamo da ako se događaj dogodio u prošlosti, može se dogoditi i u budućnosti. Međutim, ako se događaj dogodio u prošlosti s određenom učestalošću, povećava se verovatnoća da će se ponoviti. Uprkos brojnim neizvesnostima, prognoza kreirana korišćenjem naučnih metoda preduslov je za donošenje racionalne odluke o poslovanju kompanije.



Privredna praksa takođe pokazuje da **jednostavna metoda predviđanja ne znači automatski i lošiju metodu** (Kucharski, 2013). Kako ističe Kucharski, jednostavne metode mogu prognozirati iste podatke sa sličnom tačnošću. Puno ih je lakše koristiti. Kao rezultat aktivnosti vezanih uz predviđanje potražnje, za organizaciju je moguće ostvariti mnoge koristi (tabela 8.1).

Tabela 8. 1. Prednosti predviđanja potražnje

Identifikovane koristi predviđanja	Obrazloženje
Bolja proizvodna organizacija	Poznajući predviđeni obim prodaje gotovih proizvoda, organizacija može unapred planirati odgovarajući obim proizvodnje i odgovarajuću potražnju za sirovinama i ambalažom, čime se eliminišu nedostaci na proizvodnoj liniji
Veća kontrola sigurnosnih zaliha	Znajući prognozirani obim prodaje gotovih proizvoda, možete planirati sigurnosne zalihe koje će garantovati pokrivanje tržišne potražnje
Uspešnije smanjenje zastarelog asortimana	Znajući predviđeni obim prodaje gotovih proizvoda, možete se fokusirati na servisiranje samo asortimana potrebnog za pokrivanje potražnje; zastareli proizvodi mogu se eliminisati i, kao rezultat, troškovi vezanog kapitala u zalihama i troškovi skladištenja mogu se optimizirati
Veće zadovoljstvo kupaca i poboljšanje imidža organizacije	Poznavanje predviđenog obima prodaje gotovih proizvoda može osigurati održavanje odgovarajućeg nivoa zaliha u skladištu
Efikasnije korišćenje skladišnog prostora	Znajući predviđeni obim prodaje gotovih proizvoda, možete prikupiti samo potrebne zalihe proizvoda; takođe možete značajno smanjiti iskorišćeni prostor za skladištenje
Efikasnija kontrola i smanjenje troškova	Znajući predviđeni obim prodaje gotovih proizvoda, možete tačnije planirati budžet organizacije i poduzeti korake za tačniju kontrolu troškova

Izvor: (Wojciechowski i Wojciechowska, 2015; Wolny i Kmiecik, 2020)

Treba navesti nekoliko svojstava prognoza, kao što su:

1. Prognoze su formulisane korišćenjem naučnih dostignuća (razvijeni i verifikovani matematički modeli).
2. Prognoze se odnose na određenu budućnost.
3. Prognoze se proveravaju empirijski (nakon određenog vremenskog perioda).
4. Prognoze su prihvatljive osobi koja priprema prognozu.



Prognoze podržavaju proces donošenja odluka u preduzeću i istovremeno ispunjavaju različite funkcije. (Gajda, 2001):

- pripremna – prognoza je podsticaj za preduzimanje određenih radnji, ali nema uticaja na prognoziranu pojavu. Na osnovu njih se samo donose ekonomske odluke,
- aktivirajuće – prognoza je podsticaj za preduzimanje određenih radnji i ujedno utiče na prognoziranu pojavu. Stoga se preduzimaju aktivnosti koje su usmerene na to da prognoza bude realna (samoispunjavajuće ili povoljne prognoze, koje pokreću aktivnosti koje odgovaraju ostvarenju prognoza) ili poništavaju prognoze (prognoze upozorenja, koje pokreću akcije koje se suprotstavljaju njihovom ostvarenju).

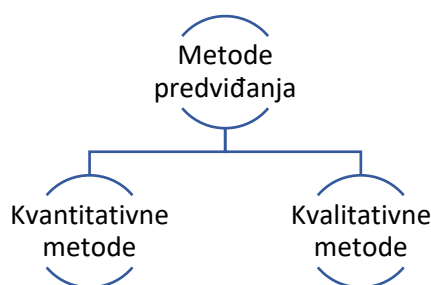
Međutim, važno je napomenuti da se urađene prognoze mogu lako poremetiti zbog slučajnih varijabli koje se ne mogu uključiti u model ili jednostavno mogu biti pogrešne od samog početka. Iz tog razloga predviđanje može biti opasno za organizacije. Postoje tri problema vezana uz predviđanje:

- podaci na osnovu kojih se rade prognoze uvek će biti stari, odnositi se na periode iz prošlosti. Dakle, nikad nema garancije da će uslovi iz prošlosti trajati i u budućnosti,
- ne mogu se uzeti u obzir vanredni ili neočekivani događaji ili spoljni efekti (primer pandemije COVID-19; uticaj rata i oružanih sukoba; uticaj nepredviđenih privrednih kriza),
- prognoze ne mogu uzeti u obzir sopstveni uticaj.

Ispravno sprovedeno predviđanje omogućava poduzetnicima i menadžerima da unapred planiraju svoje aktivnosti, čime se povećavaju šanse da ostanu konkurentni na tržištima.

8.2. Klasifikacija metoda predviđanja

Postoje dve osnovne grupe metoda predviđanja: kvantitativne i kvalitativne (slika 8.2). Prognoze klasifikovane kao kvantitativne metode predviđanja imaju oblik određenog broja (tačkasta prognoza) ili, alternativno, numerički raspon (intervalna prognoza).



Slika 8. 2. Metode predviđanja – vrste

Izvor: (Dittmann, 2000)

Kvalitativne prognoze poprimaju nenumerički oblik. Odnose se na analizirani fenomen u budućnosti i procenu njegovog rasta, opadanja ili je bez promene. Za kvalitativne prognoze se smatra da se baziraju na mišljenjima tržišnih stručnjaka.

Sa gledišta logističara, međutim, ključne prognoze su one koje se mogu definisati brojkama, tj. **kvantitativne prognoze**. Kvantitativno predviđanje zaobilazi faktor stručnjaka i pokušava ukloniti ljudski element iz analize. Ovi pristupi fokusiraju se isključivo na podatke.

Kvantitativne prognoze	Modeli vremenskih serija
	Ekonometrijski modeli
	Analogni modeli
	Modeli vodećih varijabli
	Modeli kohortne analize
	Tržišni testovi

Slika 8. 3. Metode kvantitativne prognoze

Izvor: (Dittmann, 2000).



Kvantitativne prognoze mogu se klasifikovati prema korišćenim modelima (sluka 8.3). Za potrebe ove knjige fokus je na **modelima vremenskih serija**.

8.3. Predviđanje vremenskih serija

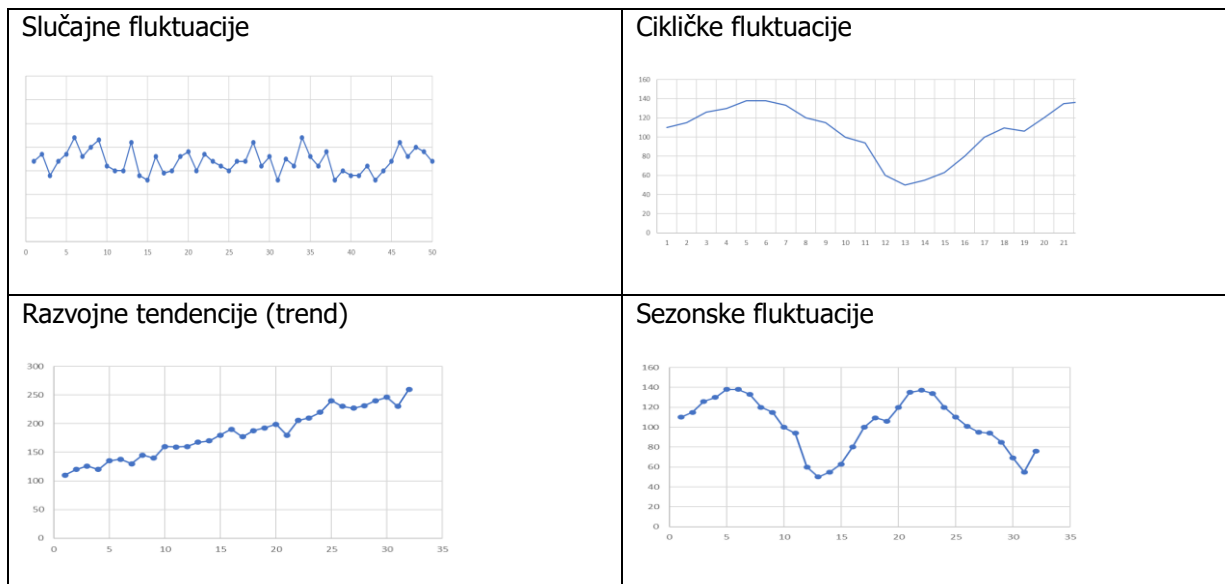
Jedna od najčešće korišćenih prognostičkih metoda za predviđanje potražnje su metode bazirane na modelima vremenskih serija. Vremenske serije su metodologija za istraživanje složenih i sekvencijalnih vrsta podataka. U modelima vremenskih serija, sekvencijalni podaci, koji se sastoje od nizova numeričkih podataka, beleže se u pravilnim intervalima (npr. po minutu, po satu ili po danu). Popularnost ovih metoda proizlazi iz mogućnosti dobijanja podataka o budućem toku posmatrane pojave putem predviđanja. Stoga nema potrebe dalje prikupljati i analizirati podatke iz drugih izvora. Predviđanje pomoću vremenskih serija često se koristi i zbog velike verovatnoće njegove pojave. Privredna praksa takođe pokazuje da prognoze pripremljene pomoću modela vremenskih serija nisu ništa lošije od prognoza dobijenih na osnovu komplikovanijih modela. Iskustvo takođe pokazuje da **modeli vremenskih serija imaju razvojni potencijal**. Svaka sledeća izmena metode ili sledeća metoda predviđanja vremenskih serija trebala bi, po definiciji, poboljšati kvalitet svojih rezultata.

8.4. Dekompozicija vremenskih serija

Prognoze se izrađuju pomoću podataka vremenskih serija. To se događa bez obzira na usvojenju metodu predviđanja. Podaci vremenskih serija (varijable) poređani su hronološki, od najstarijih prema najnovijim podacima. Treba naglasiti da poslednji podatak ne odgovara trenutku izrade prognoze. U naučnim publikacijama i studijama pretpostavlja se da y_t uvek određuje određenu vrednost niza y u periodu (trenutku) t .

Komponente vremenske serije su slučajne fluktuacije, tendencija razvoja (trend), ciklične fluktuacije i sezonske fluktuacije (tabela 8.2).

Tabela 8. 2. Vizualizacija vremenskih serija



Izvor: sopstvena studija

Svaka od njih može se ukratko okarakterisati (Cieslak, 1997):

- slučajne fluktuacije – to su nasumične i slučajne nepredvidive promene niza varijabli različite jačine, koje se posmatraju tokom vremena i ne pokazuju jasnu tendenciju. Povezani su s greškama statističke ili prognostičke prirode,
- razvojne tendencije (trend) – to su dugoročne tendencije serija podataka prema jednosmernim (monotonim) promenama prognozne varijable. One imaju rastući ili opadajući smer. Najčešće se tiču trajnog fenomena koji utiče na analizirane podatke. Podaci vremenskih serija mogu sadržati i razvojne trendove i slučajne fluktuacije. Kako bi se izolovali razvojni trendovi, obično je potrebno više istorijskih podataka. Stoga se pridržavamo opšteg pravila: što je duže razdoblje promatranja istorijskih podataka, veća je mogućnost preciznog određivanja vrste trenda. Trend se prikazuje pomoću linearne ili nelinearne matematičke funkcije;
- ciklične fluktuacije – to su dugoročne, ritmične fluktuacije vrednosti varijable oko trenda ili konstantnog nivoa, koje traju dugo (duže od godinu dana). Oni su rezultat poslovnih ciklusa. Mogu se posmatrati različite dužine ciklusa i njihova dinamika. Ciklične fluktuacije su stoga povezane s promenama u



privrednoj aktivnosti preduzeća, krizama ili privrednim oporavkom ili bogatstvom društva. Za analizu cikličnih fluktuacija i izradu prognoze buduće potražnje potrebni su mesečni, tromesečni ili godišnji istorijski podaci iz poslednjih nekoliko godina;

- sezonske fluktuacije – to su fluktuacije u vrednosti varijable vremenske serije oko trenda ili konstantnog nivoa, koje se ponavljaju u redovnim (sezonskim) intervalima, ne dužim od godinu dana. U takvom slučaju, tačnost urađenih prognoza zavisiće od vrste i opsega sezonskih fluktuacija, broja i vrste praznina u dostupnim podacima i horizonta prognoze.

Identifikacija i analiza naznačenih komponenti vremenske serije naziva se **dekompozicija vremenske serije**.

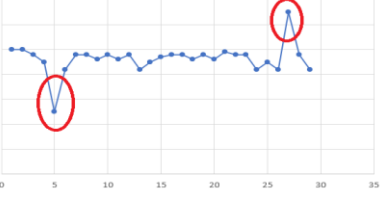
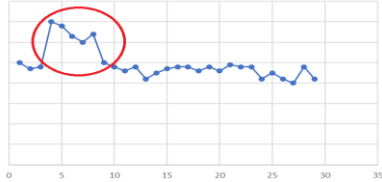
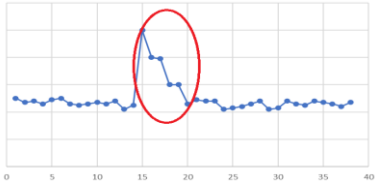
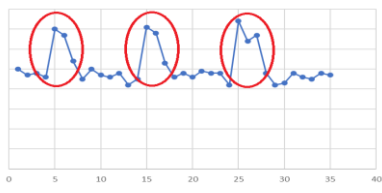
8.5. Priprema podataka vremenskih serija

Pre preduzimanja koraka za izradu predviđanja, važno je izvršiti preliminarnu obradu podataka, takođe poznatu kao **čišćenje podataka**. Potrebno ih je proveriti kako bi se uklonile greške ili odstupanja. Preskakanje ovog koraka može dovesti do iskrivljenja rezultata predviđanja i, kao rezultat toga, grešaka u zaključcima. Treba imati na umu da su podaci koji se odnose na neuobičajene slučajeve (atipični ili retki slučajevi) istinite informacije u koje prognostičar ne sumnja. Provereni su i pouzdani.

Postoje različite strategije za rešavanje ekstremnih podataka. Neke od njih su:

- nema akcije – uključuje ignorisanje atipičnih podataka, jer su neke metode predviđanja otporne na pojavu atipičnih podataka,
- filtriranje slučajeva s posebnim (vanrednim) podacima – to uključuje uklanjanje tih podataka; međutim, to nije najbolja strategija,
- zamena neobičnih podataka – ovo je popularna strategija u kojoj se autlajeri zamenjuju: (1) vrednošću 0, (2) prosečnom vrednošću; (3) najveću/minimalnu vrednost filtera ili (4) drugu vrednost utvrđenu na osnovu materijalnog kriterijuma.

Tabela 8. 3. Odabrane vrste autlajeri

Aditivni autlajeri Čini se kao iznenađujuće velika ili iznenađujuće mala vrednost za jedno opažanje. To nema uticaja na naknadna posmatranja – vrednost niza više ne odstupa.	
Inovativni autlajeri Javlja se kao odstupanje sa daljim efektina na opažanja. Može se uočiti početni (prvi) efekat s efektom odlaganja i produženja na kasnija opažanja (smanjenje ili povećanje). Taj se uticaj s vremenom može smanjiti ili povećati.	
Odstupanje od prolazne promene To se događa kada uticaj eksponencijalno opada s naknadnim opažanjima. Na kraju se serija vraća na normalni nivo.	
Sezonski aditivni autlajeri Čini se kao iznenađujuće velika ili iznenađujuće mala vrednost koja se javlja periodično (u pravilnim intervalima).	

Izvor: sopstvena studija

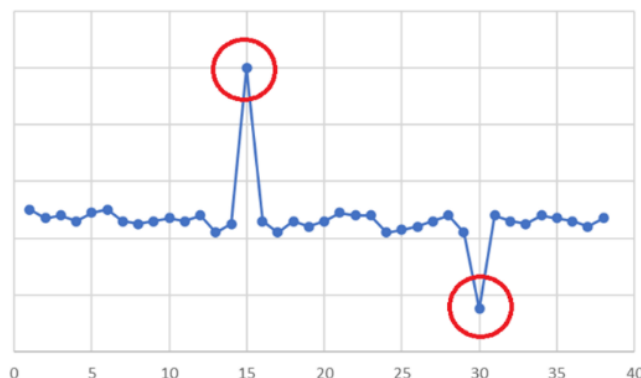
Ostavljanje atipičnih podataka u vremenskoj seriji iskrivljuje rezultat njihove analize i otežava formulisanje zaključaka, jer su atipični podaci izrazito male ili izrazito velike vrednosti. Zbog nedoslednosti, te se vrednosti nazivaju **vanrednim vrednostima**. Kao rezultat toga, povećavaju raspon u vremenskoj seriji (minimalni-maksimalni raspon). Stoga netipični podaci imaju veliki uticaj na iskrivljivanje prognozirane vrednosti (tabela 8.3).

Odluka o promeni atipične veličine ili njenog uklanjanja uvek je vrlo subjektivna za prognostičara, pa zahteva oprez. Smanjenje subjektivnosti prognostičara pri uklanjanju atipičnih slučajeva moguće je kvantitativnim podacima. Na primer, možete primeniti **pravilo standardnog odstupanja**. To znači da ako su istorijski podaci neubičajeni (npr. izvan raspona srednje vrednosti grupe ($\bar{x}$) plus ili minus 2 ili 3 standardne devijacije), menjaju se ili uklanjaju.

Važno je svaku seriju podataka podvrgnuti postupku dekompozicije, koji se može sprovesti u više koraka:

1. Identifikovanje funkcionalnog oblika serije, što znači određivanje vrste trenda.
2. Traženje atipičnih opažanja i zamena prosečnim vrednostima ili takozvanim gornjim i/ili donjim filterima.
3. Provera da li se poslednji posmatrani podatak u nizu ponaša tipično; ako ne - čišćenje.
4. Identifikacija koeficijenta nagiba trenda, kako bi se odredila stabilnost glavnog trenda posmatranog u seriji.
5. Isptivanje stabilnosti trenutnog kratkoročnog trenda.

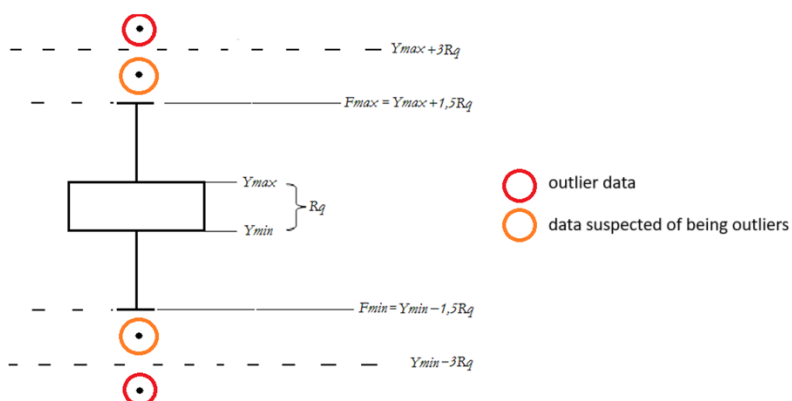
Filteri (minimalni ili maksimalni) su dobro rešenje kada se pojave odstupanja (Sl. 8.4).



Slika 8. 4. Jasno nedosledne vrednosti s opštom pravilnošću vremenske serije

Izvor: sopstvena studija

Filter se koristi za ispravljanje podataka pre izrade sledeće prognoze. Vrednost koja odstupa od ispravne serije zamenjuje se minimalnim ili maksimalnim filterom (slika 8.5). Ekstremna odstupanja nalaze se iznad $y_{max} + 3R_q$ ili ispod $y_{min} - 3R_q$. Vrednosti za koje se sumnja da su spoljne vrednosti uključene su u raspone $(y_{min} - 1,5R_q; y_{min} - 3R_q)$ i $(y_{max} + 1,5R_q; y_{max} + 3R_q)$.



Slika 8. 5. Filtriranje vrednosti i autlajera

Izvor: (Grzybowska, 2009)

Ovo je predstavljeno modelom:

$$F_{min} = y_{min} - 1,5R_q$$

$$F_{max} = y_{max} + 1,5R_q$$

$$R_q = y_{max} - y_{min}$$

gde:

F_{min} – minimalna vrednost filtera

F_{max} – maksimalna vrednost filtera

y_{min} – minimalna vrednost određena iz vremenske serije

y_{max} – maksimalna vrednost određena iz vremenske serije

R_q – interkvartil domet.

8.6. Metode predviđanja vremenskih serija

Metode predviđanja vremenskih serija podeljene su prema trendu podataka. Prognoze se mogu specificirati za stalnu potražnju, potražnju nalik trendu (rastuću ili opadajuću) i sezonsku potražnju (slika 8.6).



Konstantna potražnja	Jednostavne metode
	Prosečne metode
	Metoda eksponencijalnog izravnjanja (Brownov model)
	Model ARMA
Potražnja poput trenda	Linearno eksponencijalno izravnjanje LES (Holtov model)
	Metoda jednostavne linearne regresije
	Model ARIMA
	Model RW
Sezonska potražnja	Holt-Wintersova sezonska metoda (Holt- Wintersov model)

Slika 8. 6. Kvantitativne metode za predviđanje vremenskih serija

Izvor: sopstvena studija

U prikazanim modelima parametar y uvek se odnosi na stvarne vrednosti potražnje, a $\hat{y}_t$ parametar uvek na konstruisanu prognozu.

Naivne metode

Naivne metode predviđanja karakterišu se kao jednostavne, brze i jeftine. Omogućavaju razvoj predviđanja iz male količine istorijskih podataka. Naivne metode takođe služe kao referentna tačka za druge metode predviđanja (Kucharski, 2013).

Naivne metode su najjednostavnije mehaničke metode. Razvijene su pod pretpostavkom da u budućnosti neće biti značajnih promena u potražnji. Vrlo su pogodne tamo gde nema velikih fluktuacija u prognoznoj varijabli. Baziraju se isključivo na istorijskim opažanjima. Naivni modeli imaju samo memoriju za jedno (poslednje) opažanje, tako da neće filtrirati šum u podacima, već ga kopirati u budućnost.

Naivni modeli sastoje se od jednostavno projektovanih modela. To znači da su im potrebni podaci iz nedavnih opažanja i da se ne sprovodi nikakva statistička analiza. Izrazito su jednostavni, a istovremeno iznenađujuće učinkoviti. Prednost ovih metoda je brza odluka o predviđenoj vrednosti. Međutim, nedostatak je nemogućnost analize uzročno-posledičnih odnosa koji su u osnovi varijable prognoze.

Za potrebe ove studije biće predstavljene 3 naivne metode: (1) Naivna prognoza; (2) Sezonska naivna metoda; (3) Metoda drifta.



Naivna prognoza

Naivna prognoza je ona u kojoj je vrednost prognoze za određeni period jednostavno jednaka vrednosti posmatranoj u prethodnom periodu. Ovo je predstavljeno formalnim modelom:

$$\check{y}_t = y_{t-1}$$

gde:

$\check{y}_t$ – prognoza za budući period

y_{t-1} – stvarna vrednost potražnje iz prethodnog perioda.



Formula koja se koristi u Excelu:

prognoza (t) = **potražnja** (t-1)

Sezonska naivna metoda

Takođe, naivna metoda korisna je za podatke s malim sezonskim fluktuacijama. U ovoj situaciji svaka prognoza je jednaka poslednjoj posmatranoj vrednosti iz iste sezone (npr. iz istog meseca prethodne godine). Prognoze pretpostavljaju vrednost zabeleženu u prethodnoj sezoni. Model je koristan kada postoje male slučajne fluktuacije i dodatna sezonalnost. Ovo je predstavljeno formalnim modelom:

$$\check{y}_{t+h|T} = y_{t+h-m(k+1)}$$

gde:

$\check{y}_{t+h|T}$ – prognoza za budući period

m – sezonski period

k – ukupno učešće $(h-1)/m$ (tj. broj punih godina u periodu prognoze koje prethodi $T+h$).

Model izgleda komplikovanije nego što zapravo jeste. Na primer, ako je prognoza urašena na osnovu mesečnih podataka, ona se odnosi na sve buduće mesečne vrednosti i



jednaka je poslednjoj posmatranoj vrednosti za taj mesec prethodne godine. Za tromesečne podatke, prognoza svih budućih $Q2$ vrednosti jednaka je poslednjoj posmatranoj $Q2$ vrednosti (gde $Q2$ predstavlja drugo tromesečje). Slična pravila važe i u drugim mesecima i tromesečjima te u ostalim sezonskim periodima.



To je objašnjeno formulom koja se koristi u Excelu:

$$\text{prognoza}_{(t)} = \text{potražnja}_{(t, \text{prethodna godina})}$$

Prognoza za period t jednaka je potražnji iz odgovarajućeg perioda prethodne godine. Sezonska naivna metoda će zahtevati jednogodišnji odmak.

Metoda drifta

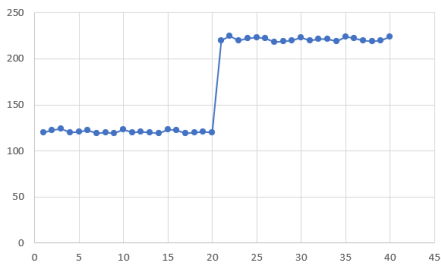
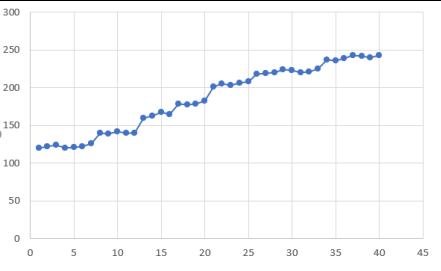
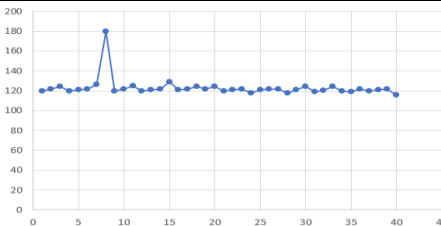
Varijacija sezonske naivne metode, metoda drifta uključuje dopuštanje prognozama da se povećavaju ili smanjuju tokom vremena, gde je veličina promene tokom vremena (zvana drift) postavljena na prosečnu promenu vidljivu u istorijskim podacima. Metoda koristi dodatnu komponentu koja se naziva drift.

Drift se odnosi na pad izvedbe modela zbog promena podataka i odnosa između ulaznih i izlaznih varijabli. To, međutim, može rezultovati pogoršanjem kvalitete modela predviđanja, što će rezultovati netačnim predviđanjima.

Varijabilno pomeranje odnosi se na promene u ulaznim vrednostima, npr. kao rezultat naglih promena u trendovima prodaje. Promena ulaznih podataka može biti:

- nasilno (iznenadno), npr. zbog zatvaranja tokom pandemije COVID-19,
- povećanje (spora promena),
- impuls (jednokratno), npr. u slučaju neispravnih podataka.

Tabela 8. 4. Vrste zanošenja

Promena ulaznih podataka – brza (iznenadna)	
Promena ulaznih podataka – inkrementalna	
Promjena ulaznih podataka – impuls	

Izvor: sopstvena studija

Ovo je predstavljeno formalnim modelom:

$$\check{y}_{t+h|T} = y_t + h \left(\frac{y_t - y_1}{t-1} \right)$$

gde:

$\check{y}_{t+h|T}$ – prognoza za budući period

$h \left(\frac{y_t - y_1}{t-1} \right)$ – komponenta zanošenja.

To je jednako povlačenju linije između prvog i poslednjeg opažanja i njegovom ekstrapoliranju u budućnost.



To je objašnjeno formulom koja se koristi u Excelu:

$$\text{prognoza } (t) = \text{potražnja (iz poslednjeg perioda prethodne godine)} + [h * (\text{potražnja (iz poslednjeg perioda prethodne godine)} - \text{potražnja (iz prvog perioda prethodne godine)})] / n-1$$



Prognoza za period t jednaka je potražnji iz poslednjeg perioda prethodne godine + komponenta pomaka. Komponenta pomaka sadrži broj h koji se odnosi na sledeći broj urađenih prognoza, a t određuje broj ispitivanih perioda u godini.

Metode za utvrđivanje proseka

Metode pokretnog proseka deluju kao filter jer eliminišu kratkoročne fluktuacije iz serije podataka. Za izradu prognoze, metode pokretnog proseka koriste određeni broj susednih podataka o potražnji.

Kako se broj istorijskih podataka na osnovu kojih se vrši prognoza povećava, učinak izravnjanja se povećava. To znači da korišćenje više podataka u modelu više ublažava niz. Takođe uzrokuje sporiju reakciju na promene na nivou prognozne varijable. I obrnuto. Korišćenje manjeg broja istorijskih podataka utiče na brže odražavanje promena u potražnji iz nedavnih perioda. Prognoza tada postaje osetljivija na nasumične fluktuacije. Za potrebe ove studije biće predstavljene četiri prosečne metode: (1) Globalni prosek; (2) Jednostavni pokretni prosek, SMA; (3) Eksponecijalni pokretni prosek, EMA; (4) Ponderisani pokretni prosek, WMA.

Globalni prosek

Prognoza, koristeći metodu globalnog proseka, izgrađena je na svim dostupnim istorijskim opažanjima uključenim u niz. Ova metoda određuje središnju tendenciju, a to je mesto središta niza podataka u statističkoj distribuciji.

Vrednost prognoze metodom globalnog proseka izračunava se kao zbir vrednosti svih istorijskih podataka i deljenjem izračunate vrednosti s brojem analiziranih perioda.

Ovo je predstavljeno formalnim modelom:



$$\bar{y}_t = \frac{\sum_{t=1}^n y_t}{n}$$

gde:

n – broj analiziranih perioda.



To je objašnjeno formulom koja se koristi u Excelu:

$$\text{prognoza}_{(t)} = \Sigma d \text{ potražnja} / n$$

Korišćenje aritmetičke sredine celog niza podataka iskrivljuje rezultat prognoze koja se kreira. Podaci korišćeni u metodi su previše zastareli, što iskrivljuje ispravnu sliku buduće potražnje.

Jednostavni pokretni prosek, SMA

Metoda jednostavnog pokretnog proseka koristi tipični aritmetički prosek, ali samo određene količine istorijskih podataka. Odabrani podaci pomažu ublažavanju podatke o potražnji, smanjujući uticaj nasumičnih fluktuacija i zastarelih podataka. Naziv pokretni prosek znači da se svaka prognoza izračunava na bazi podataka iz prethodnih x perioda. Jednostavni pokretni prosek ne razlikuje istorijske podatke i ne teži tim podacima.

Jednostavni pokretni prosek je aritmetički pokretni prosek izračunat dodavanjem najnovijih podataka o potražnji, a zatim deljenjem dobijene vrednosti s brojem perioda u izračunatom proseku. Ovo je predstavljeno formalnim modelom:

$$\bar{y}_t = \frac{\sum_{t+1-m}^t y}{m}$$

gde:

m – broj analiziranih perioda.



To je objašnjeno formulom koja se koristi u Excelu:

za prosek od 3 elementa:



prognoza_(t) = AVERAGE(potražnja_(t-1) ; potražnja_(t-2) ; potražnja_(t-3) ;)

Za izračunavanje pokretnog proseka možete koristiti jednostavnu formulu zasnovanu na funkciji *AVERAGE* s relativnim referencama.

Kako se formule kopiraju duž kolone, raspon se menja u svakom redu kako bi se uzele u obzir vrednosti potrebne za svaki prosek.

Što je pokretni prosek duži, to je **kašnjenje veće**. To se može objasniti na sledeći način:

- Prognoza zasnovana na 3 istorijska podatka je kratkoročni pokretni prosek; on je poput motornog čamca – okretan i brzo se menja.
- Prognoza zasnovana na 50 istorijskih podataka je dugoročni pokretni prosek; to je poput okeanskog tankera – tromo i sporo se menja.

Stoga pri izboru odgovarajućeg broja istorijskih perioda treba imati na umu faktor kašnjenja (nemojte koristiti previše podataka).

Eksponencijalni pokretni prosek, EMA

Metoda eksponencijalnog pokretnog proseka omogućava smanjenje kašnjenja obraćanjem više pažnje na nedavne istorijske vrednosti podataka. To čini metodu osetljivijom na nedavne vrednosti podataka. Eksponencijalni pokretni prosek obično je osetljiviji na nedavne promene potražnje u poređenju s jednostavnim pokretnim prosekom. Ovo je predstavljeno formalnim modelom:

$$\tilde{y}_t = p_{t-1} + \alpha(y_{t-1} - p_{t-1})$$

$$\alpha = \frac{2}{n + 1}$$

gde:

α – multiplikator



n – odabrani vremenski period.

Izračun eksponencijalnog pomičnog prosjeka uključuje tri koraka:

1. Izračunavanje jednostavnog pokretnog proseka za period (preliminarna prognoza). SMA je potreban samo za pružanje početne vrednosti za dalja izračunavanja.
2. Izračunavanje multiplikatora za ponderisanje eksponencijalnog pokretnog proseka.

Primer: ako je prognoza sastavljena od 3 perioda, multiplikator će se izračunati na sledeći način: $\text{multiplikator} = \alpha = \frac{2}{n+1} = \frac{2}{3+1} = 0,5$

3. Izračunavanje trenutne prognoze prema eksponencijalnom pokretnom proseku

Podsetnik: prva izračunata prognoza naziva se preliminarna prognoza.



To je objašnjeno formulom koja se koristi u Excelu:

prognoza_(t) = prognoza_(t-1) + multiplikator * (potražnja_(t-1) – prognoza_(t-1))

EMA metoda koristi se za hvatanje kraćih kretanja trenda zbog fokusa na najnovije podatke i nedavne prognoze.

Ponderisani pokretni prosek, WMA

Ovo je varijanta jednostavnog pokretnog proseka (SMA). Metoda ponderisanog pokretnog proseka (WMA) je pokretni prosek koji daje težinu najnovijim vrednostima potražnje. To znači da najnoviji podaci imaju jači uticaj na prognoziranu vrednost od starijih podataka. To je moguće korišćenjem ponderisanog faktora. Korišćenje ponderisanih koeficijenata omogućava tačnije prognoze. Metoda se smatra osetljivijom na promene potražnje.

Prognoze ponderisanog pokretnog proseka dobijaju se množenjem svake vrednosti potražnje s unapred određenim ponderisanim faktorom i sabiranjem dobijenih vrednosti. Ovo je predstavljeno formalnim modelom:



$$\tilde{y}_t = \sum_{i=t+1-m}^t (y_i \cdot \varpi_i)$$

gde:

ϖ – težinski koeficijent.

Da biste odredili njihovu vrednost, zapamtite nekoliko pravila:

- Vrednosti ponderisanih koeficijenata su u rasponu $< 0,1 >$,
- Svaki sledeći korišćeni ponderisani koeficijent veći je od svog prethodnika $\varpi_i < \varpi_{i+1} < \varpi_{i+2}$. Ovo je vrlo važno načelo jer razlikuje važnost korišćenih istorijskih podataka. Stariji imaju manji ponderisani faktor, noviji podaci su važniji i imaju veći ponderisani faktor,
- Zbir svih težinskih koeficijenata mora biti jednak 1: $\sum_1^n \varpi_i = 1$,
- Broj ponderisanih koeficijenata zavisi od broja analiziranih istorijskih perioda iz vremenske serije.

To je objašnjeno formulom koja se koristi u Excelu

za ponderisani prosek od 3 elementa:



prognoza_(t) = (potražnja_(t-3) * $\omega_{(1)}$) + (potražnja_(t-2) * $\omega_{(2)}$) + (potražnja_(t-1) * $\omega_{(3)}$)

za ponderisani prosek od 5 elemenata:

prognoza_(t) = (potražnja_(t-5) * $\omega_{(1)}$) + (potražnja_(t-4) * $\omega_{(2)}$) + (potražnja_(t-3) * $\omega_{(3)}$) + (potražnja_(t-2) * $\omega_{(4)}$) + (potražnja_(t-1) * $\omega_{(5)}$)

U metodi ponderisanog pokretnog proseka treba odrediti vrednost konstante izravnjanja (koliko istorijskih perioda treba koristiti) i odrediti nivoe pojedinačnih pondera ponderisanih koeficijenata.



Metode eksponencijalnog izravnanja

Metode eksponencijalnog izravnanja na široko se koriste (Chatfield i dr., 2001). Postoji 15 različitih metoda. Svaka varijanta navedena je za različiti scenarij predviđanja. Najpoznatije varijante metode eksponencijalnog izravnanja su Jednostavno eksponencijalno izravnanje (SES) (bez trenda, bez sezonalnosti), Holtova linearna metoda (aditivni trend, bez sezonalnosti), Holt-Wintersova aditivna metoda (aditivni trend, aditivna sezonalnost) i Holt-Wintersova multiplikativna metoda (aditivni trend, multiplikativna sezonalnost) (De Gooijer i Hyndman, 2006). Istraživači su predložili brojne varijante izvornih metoda eksponencijalnog izravnanja, npr. Carreno i Madinaveitia (1990) predložili su modifikacije za rešavanje diskontinuiteta, a Rosas i Guerrero (1994) posmatrali su predviđanja eksponencijalnog izravnanja sa jednim ili više ograničenja. Za potrebe ovog istraživanja biće predstavljene tri metode eksponencijalnog izravnanja: (1) Jednostavno eksponencijalno izravnanje, SES (model Browna); (2) Linear Exponential Smoothing, LES (model Holta); (3) Holt-Wintersova sezonska metoda (Model Holt-Winters).

Jednostavno eksponencijalno izravnanje, SES (Brownov model)

Jednostavno eksponencijalno izravnanje je osnovni oblik eksponencijalnog izravnanja. Metoda eksponencijalnog izravnanja (Brownov model) je relativno tačna metoda predviđanja potražnje. Uzima u obzir eksponencijalni faktor izravnanja (α). Ovaj koeficijent kontroliše brzinu kojom podaci utiču na predviđanja koja se izrađuju. U isto vreme, metoda daje veću težinu novijim podacima. Dodjeljuje eksponencijalno opadajuće težine kako podaci postaju udaljeniji.

Da biste odredili vrednost eksponencijalnog faktora izravnanja, zapamtite sledeća pravila:

- vrednost eksponencijalnog koeficijenta izravnanja je u rasponu od $\langle 0,1 \rangle$;
- vrednost eksponencijalnog koeficijenta izravnanja bira se eksperimentalno. Treba koristiti sledeću pretpostavku: što je koeficijent bliži nuli, to su podaci više izravnani (prognoza je manje osetljiva na promene u potražnji), a prognostičar više veruje prognozi napravljenoj u prethodnom periodu; pokazatelj bliži 1 znači da je prognoza osetljivija na promene u potražnji, a prognostičar se bazira na stvarnom stanju koje se dogodilo u prethodnom periodu.



Ovo je predstavljeno formalnim modelom:

$$\hat{y}_t = \alpha \cdot y_{t-1} + (1 - \alpha) \cdot p_{t-1}$$

gde:

α – eksponencijalni faktor izravnjanja.

Izračunavanje prognoze korišćenjem jednostavne metode eksponencijalnog izravnjanja uključuje tri koraka:

1. Izračunavanje naivne prognoze za prvi period (početna prognoza). Preliminarna prognoza potrebna je samo za pružanje početne vrednosti za dalja izračunavanja.
2. Određivanje eksponencijalnog faktora izravnjanja; eksponencijalni faktor izravnjanja $\alpha = \langle 0,1 \rangle$.
3. Izračunavanje prognoze metodom jednostavnog eksponencijalnog izravnjanja.



Formula koja se koristi u Excelu:

prognoza_(t) = alfa * potražnja_(t-1) + [(1 – alfa) * prognoza_(t-1)]

Jednostavna metoda eksponencijalnog izravnjanja koristi se za predviđanje na osnovu podataka bez ikakvog značajnog trenda ili sezonalnosti.

Linearno eksponencijalno izravnjanje, LES (Holtov model)

Metoda dvostrukog eksponencijalnog izravnjanja (tzv. Holtov model) beleži linearne trendove u podacima. To je pravi model za potražnju u kojem se može uočiti stalni uzlazni ili silazni trend. Međutim, nema sezonalnosti.

Model dvostrukog eksponencijalnog izravnjanja bazira se na dva faktora izravnjanja. Jedan se odnosi na izravnjanje nivoa varijable (slučajne fluktuacije), a drugi na njegovo povećanje (fluktuacije trenda). Oba koeficijenta treba da budu unutar raspona: $\langle 0,1 \rangle$. Ovo je predstavljeno formalnim modelom:



$$\check{y}_t = L_{t-1} + T_{t-1}$$

$$L_t = \alpha y_{t-1} + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1})$$

$$T_t = \beta(L_{t-1} - L_{t-2}) + (1 - \beta)T_{t-1}$$

gde:

α – faktor izravnanja promenljivog nivoa

β – faktor izravnanja rasta.

Prema modelu, dve početne vrednosti L_t i T_t su potrebne:

$L_t = y_{t-1}$ – prema naivnoj metodi

$T_t = y_{t-1} - y_{t-2}$

Formula koja se koristi u Excelu:



prognoza_(t) = [alfa * potražnja_(t-1) + (1 – alfa)(slučajna fluktuacija_(t-1) + fluktuacija trenda_(t-1))] + [beta * (slučajna fluktuacija_(t-1) – (slučajna fluktuacija_(t-2)) + (1 – beta) * fluktuacija trenda_(t-1)]

Holt-Wintersova sezonska metoda (Holt-Wintersov model)

Metoda sezonskog eksponencijalnog izravnanja, koja se naziva i Holt-Wintersov model, vrlo je pogodna za predviđanje potražnje sa podacima koje karakteriše i trend i sezonalnost (www_8.1). Međutim, potrebno je dobiti duge nizove podataka o potražnji jer je potrebno verifikovati ponovljene ciklične fluktuacije (potvrđujući da u nizu postoji sezonska potražnja). Sezonska kolebanja javljaju se u aditivnoj ili multiplikativnoj verziji (Kucharski, 2013).

Do aditivnih fluktuacija dolazi kada se u pojedinim potperiodima sezonskog ciklusa mogu uočiti odstupanja nivoa analizirane pojave od prosečnog nivoa ili trenda, izraženo u apsolutnoj vrednosti.

Ovo je predstavljeno formalnim modelom:

$$\check{y}_t = L_{t-1} + T_{t-1} + S_{t-p}$$

$$L_t = \alpha(y_t - S_{t-p}) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1})$$



$$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}$$

$$S_t = \delta(y_t - L_t) + (1 - \delta)S_{t-p}$$

gde:

α – faktor izravnjanja promenjive nivoa

β – faktor izravnjanja trenda

δ – koeficijent sezonske komponente

L_t – komponenta nivoa u trenutku t

T_t – komponenta trenda u trenutku t

S_t – sezonska komponenta u trenutku t

p – sezonski period.

Formula koja se koristi u Excelu:

**prognoza_(t) = komponenta nivoa_(t-1) + komponenta trenda_(t-1) +
komponenta sezonalnosti_(tp)**

**komponenta nivoa_(t) = alfa * [potražnja_(t) – komponenta
sezonalnosti_(t)] + (1 – alfa) * (komponenta nivoa_(t-1) +
komponenta trenda_(t-1))**

**komponenta trenda_(t) = beta * (komponenta nivoa_(t) - komponenta
nivoa_(t-1)) + [(1 – beta) * komponenta trenda_(t-1)]**

**komponenta sezonalnosti_(t) = gama * (potražnja_(t) – komponenta
nivoa_(t)) + (1 – gama) * komponenta sezonalnosti_(tp)**

komponenta sezonalnosti_(tp) za četiri kvartala

komponenta sezonalnosti₍₁₎ = potražnja₍₁₎ / prosečna potražnja₍₁₋₄₎

komponenta sezonalnosti₍₂₎ = potražnja₍₂₎ / prosečna potražnja₍₁₋₄₎

komponenta sezonalnosti₍₃₎ = potražnja₍₃₎ / prosečna potražnja₍₁₋₄₎

komponenta sezonalnosti₍₄₎ = potražnja₍₄₎ / prosečna potražnja₍₁₋₄₎



Multiplikativne fluktuacije nastaju kada se u pojedinim potperiodima ciklusa može uočiti odstupanje od prosečnog nivoa ili trenda za određeni stalni relativni iznos (Sobczyk, 2006). Ovo je predstavljeno formalnim modelom:

$$\check{y}_t = (L_{t-1} + T_{t-1})S_{t-p}$$

$$L_t = \alpha \left(\frac{y_t}{S_{t-p}} \right) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1})$$

$$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}$$

$$S_t = \delta \left(\frac{y_t}{L_t} \right) + (1 - \delta)S_{t-p}$$

gde:

α – faktor izravnjanja promenjive nivoa

β – faktor izravnjanja trenda

δ – koeficijent sezonske komponente

L_t – komponenta nivoa u trenutku t

T_t – komponenta trenda u trenutku t

S_t – sezonska komponenta u trenutku t

p – sezonski period.

Važno je zapamtiti da je aditivni trend povezan s dvostrukim eksponencijalnim izravnjanjem s linearnim trendom, dok je multiplikativni trend povezan s dvostrukim eksponencijalnim izravnjanjem s eksponencijalnim trendom (www_8.2).



Formula koja se koristi u Excelu:

prognoza_(t) = (komponenta nivoa_(t-1) + komponenta trenda_(t-1)) * komponenta sezonalnosti_(tp)



komponenta nivoa (t) = alfa * [potražnja (t) / komponenta sezonalnosti (t)] + (1 – alfa) * (komponenta nivoa $(t-1)$ + komponenta trenda $(t-1)$)

komponenta trenda (t) = beta * (komponenta nivoa (t) – komponenta nivoa $(t-1)$) + [(1 – beta) * komponenta trenda $(t-1)$]

komponenta sezonalnosti (t) = gama * (komponenta potražnje (t) / komponenta nivoa (t)) + (1 – gama) * komponenta sezonalnosti (tp)

komponenta sezonalnosti (tp) za četiri kvartala

komponenta sezonalnosti $_{(1)}$ = potražnja $_{(1)}$ / prosečna potražnja $_{(1-4)}$

komponenta sezonalnosti $_{(2)}$ = potražnja $_{(2)}$ / prosečna potražnja $_{(1-4)}$

komponenta sezonalnosti $_{(3)}$ = potražnja $_{(3)}$ / prosečna potražnja $_{(1-4)}$

komponenta sezonalnosti $_{(4)}$ = potražnja $_{(4)}$ / prosečna potražnja $_{(1-4)}$

Autoregresivne metode

Među prognostičkim modelima posebno mesto zauzimaju modeli stacionarne ARMA serije (engl. *AutoRegressive Moving Average*) i nestacionarne ARIMA serije (engl. *AutoRegressive Integrated Moving Average* model). Reč je o modelima koji se baziraju na fenomenu autokorelacije, a nastali su integracijom AR autoregresionog modela (*AutoRegressive* model) i MA (*Moving Average*) modela (Grzelak, 2019).

Za potrebe ovog istraživanja biće predstavljene 3 autoregresivne metode: (1) autoregresivni pokretni prosek (ARMA); (2) Autoregresivni integrisani pokretni prosek (ARIMA); (3) Nasumični hod (RW).

Modeli ARMA i ARIMA imaju mnogo sličnosti. Komponente AR(p) – opšti autoregresivni model i MA – model opšteg pokretnog proseka MA(q) su iste. Ono što razlikuje modele ARMA i ARIMA je razlika. Ako u modelu ARMA nema razlika, on jednostavno postaje model ARIMA.



Autoregresivni pokretni prosek, ARMA

Uslov za prognoziranje prema ARMA metodi je niz podataka koji se odlikuje stacionarnošću. To znači da u ovoj seriji možemo razlikovati konstantnu srednju vrednost, konstantnu varijansu i konstantnu kovarijansu, koje zavise samo od vremenskih intervala između vrednosti (Schaffer i dr., 2021).

Prema modelu ARMA, vrednost prognoze u trenutku t zavisi od svojih prošlih vrednosti i razlika između prošlih stvarnih vrednosti varijable prognoze i njenih vrednosti dobijenih iz modela – greške prognoze. Ovaj model se naziva **ARMA (p,q)** model, gde se p odnosi na red autoregresionog polinoma, a q je red polinoma pokretnog proseka. Ovo je predstavljeno formalnim modelom:

$$\hat{y}_t = \varepsilon_t + (\alpha y_{t-1} + \varepsilon_t) + (\beta y_{t-2} - \alpha y_{t-1} + \varepsilon_t) + (\varepsilon_t + \alpha \varepsilon_{t-1})$$

gde:

α – parametar autoregresionog modela

β – parametar modela pokretnog proseka

ε – greška modela (šum).

Formula koja se koristi u Excelu:

prognoza_(t) = greška modela_(t) + komponenta₁ + komponenta₂ + komponenta₃



Greška modela_(t) = NORM.S.INV(rand())

komponenta₁ = alfa * komponenta1_(t-1) + pogreška modela_(t)

komponenta₂ = beta * komponenta2_(t-2) – alfa * komponenta2_(t-1) + greška modela_(t)

komponenta₃ = greška modela_(t) + alfa * greška modela_(t-1)

Autoregresivni integrisani pokretni prosek, ARIMA



U slučaju ARIMA modela, pažnja se obraća na nestacionarnost serije. U modelu postoje tri parametra: autoregresivni parametar (p), parametar pokretnog proseka (q) i redosled diferencijacije (d). ARIMA (p,q,d) model takođe se opisuje pomoću brojeva, na primer: $(1,1,0)$, što znači da u nizu $p=1$ postoji jedan autoregresivni parametar, $q=1$ postoji jedan parametar pokretnog proseka i $d=0$, ne dolazi do diferencijacije (Malska i Wachta, 2015). Za navedeni primer, formalni opšti model je sledeći:

$$\check{y}_t = \alpha + y_{t-1} + \beta_1(y_{t-1} - y_{t-2})$$

gde:

α – parametar autoregresivnog modela

β – parametar pokretnog proseka.



Formula koja se koristi u Excelu:

prognoza_(t) = alfa + potražnja_(t-1) + beta * [potražnja_(t-1) - potražnja_(t-2)]

Nasumični hod, RW

Model nasumični hod (engl. *Random Walk*) je potkategorija modela ARIMA. U jednostavnom RW modelu, pretpostavlja se da je svaka prognoza zbir poslednjeg opažanja i slučajne greške. Stoga pretpostavlja da je najnovije opažanje najbolji pokazatelj za izradu najbliže sledeće prognoze. Ovaj model je prilično jednostavan za razumevanje i implementaciju. Koristi se kada se u nizu podataka posmatra razvojni trend. Ovo je predstavljeno formalnim modelom:

$$\check{y}_t = y_{t-1} + \varepsilon_t$$

$$\varepsilon_t = y_{t-1} - y_{t-2}$$

gde:

ε – greška modela (šum).



Formula koja se koristi u Excelu:

$$\text{prognoza}_{(t)} = \text{potražnja}_{(t-1)} + [\text{potražnja}_{(t-1)} - \text{potražnja}_{(t-2)}]$$

Uočeno je da mnoge složene metode predviđanja bazirane na linearnoj strukturi ne mogu nadmašiti naivni RW model (Adhikari i Agrawal, 2014).

Regresione metode

U regresionim modelima nije moguće govoriti o uticaju jedne varijable na drugu. Pomoću varijable ili skupa varijabli objašnjava se druga varijabla. Za primenu regresionih metoda potrebna je veća količina istorijskih podataka – što je duže razdoblje posmatranja istorijskih podataka, veća je mogućnost preciznog utvrđivanja prognoza.

Poznate su mnoge varijante regresionih modela: linearna regresija, nelinearna regresija, logistička regresija, stepenasta regresija, ordinalna regresija. Formula za opšti oblik regresije je:

$$\tilde{y}_t = f(X, \beta) + \varepsilon_t$$

gde:

X – eksplanatorna, predviđajuća varijabla

β – koeficijent regresije

$f(X, \beta)$ – regresiona jednačina

ε_t – slučajna greška.

Za potrebe ovog istraživanja biće predstavljene tri metode eksponencijalnog izravnjanja: (1) Metoda projekcije trenda; (2) Metoda jednostavne linearne regresije; (3) Metoda višestruke linearne regresije.

Metoda projekcije trenda

Metoda projekcije trenda je varijacija metode prave linije. To je najklasičnija metoda poslovnog predviđanja koja se bavi kretanjem varijabli tokom vremena. Može se razlikovati **grafička metoda** – u kojoj se podaci prikazuju na grafikonu i kroz njih se povlači linija. Linija se povlači držeći najmanju udaljenost između označenih tačaka i linije; **metoda**



prilagođavanja jednačine trenda korišćenjem podataka i jednačine prave ili eksponencijalne linije.

Metoda jednostavne linearne regresije

Metoda linearne regresije je najjednostavnija varijanta regresije. Svrha metode linearne regresije je uklopiti pravu liniju u podatke. Stoga je potrebno pronaći rešenje koje će omogućiti pronalaženje optimalne prave linije koja će najbolje pokazati odnos između podataka. U metodi jednostavne linearne regresije, model predviđanja bazira se na linearnoj tendenciji. Da biste odredili regresionu liniju, a time i vrednosti u modelu linearne regresije, morate izračunati koeficijente prave linije a i b . Ovo je predstavljeno formalnim modelom:

$$\hat{y}_t = an + b$$

gde:

a – vrednost varijable u analiziranom periodu

b – vrednost povećanja ili smanjenja zavisne varijable

n – redni broj analiziranog i prognoziranog perioda.

Za određivanje parametara a i b potrebno je izračunati sistem od dve jednačine. Imaju sledeći oblik:

$$\begin{cases} a \sum_{i=1}^n t_i^2 + b \sum_{i=1}^n t_i = \sum_{i=1}^n t_i \cdot y_i \\ a \sum_{i=1}^n t_i + b \cdot n = \sum_{i=1}^n y_i \end{cases}$$

gde:

t_i – redni broj perioda ($t = 1, 2, 3, \dots$), koji ima vrednost nezavisne vremenske varijable

y_i – zavisna varijabla (npr. potražnja za određenom robom u određenom vremenskom periodu)

a – vrednost varijable u analiziranom periodu

b – vrednost povećanja ili smanjenja zavisne varijable

n – broj svih analiziranih perioda.



Međutim, najbrži način za izračunavanje gornjih koeficijenata regresije je korišćenje funkcije LINEST.

Sintaksa :

LINEST(poznato_y,[poznato_x],[konstanta],[statistika])

Metoda višestruke linearne regresije

Višestruka linearna regresija omogućava kreiranje modela linearnih odnosa između više varijabli. Metoda višestruke linearne regresije koristi se u analizi podataka za ispitivanje složenih odnosa između više varijabli. Ovo je predstavljeno formalnim modelom:

$$\hat{y}_t = a + b_1y_1 + b_2y_2 + \dots + b_iy_i + \varepsilon$$

gde:

a – vrednost varijable u analiziranom periodu

b – vrednost povećanja ili smanjenja zavisne varijable

ε – greška modela (šum).

8.7. Greške prognoze

Da bi se procenila tačnost predviđanja, moraju se izmeriti greške predviđanja. S obzirom da ne postoji garancija savršenog predviđanja buduće potražnje (Hopp i Spearman, 1999), svaka prognoza je podložna greškama.

Istraživači razlikuju systemske i nesystemske učinke grešaka u predviđanju (Zeiml i dr., 2019). Uspešnost sistema predviđanja obično se meri pomoću različitih mera greške predviđanja (tabela 8.5).



Tabela 8. 5. Odabrane greške predviđanja

Greška prognoze	Model	Tumačenje
Srednja kvadratna greška (MSE)	$MSE = \frac{\sum (y_t - p_t)^2}{n}$	Srednja kvadratna greška može biti samo pozitivna i njena vrednost treba biti što manja. Kada vrednost ove greške iznosi 0, to ukazuje na izvrsnu tačnost prognoze.
Koren srednje kvadratne greške (RMSE)	$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (p_t - y_t)^2}{n}}$	Vrednost greške trebala bi biti što bliža 0. Što je niža vrednost srednje kvadratne greške, to je model bolji, a savršen model ima vrednost jednaku 0.
Srednja apsolutna procentna greška (MAPE)	$MAPE = \frac{\sum E_t - A_t }{A_t}$	Ovo je jedna od popularnijih mera greške. Vrednost 0 označava da model nema srednju grešku, što znači da bi vrednost trebala da bude što je moguće bliža 0. Za iste greške predviđanja, manje stvarne vrednosti čine relativnu grešku većom.
Srednja greška u procentima (MPE)	$MPE = \frac{100\%}{n} \sum \frac{a_t - f_t}{a_t}$	Ovo je prosečni procenat greške (ili odstupanja). Obaveštava koliko će u proseku biti odstupanje od stvarne vrednosti tokom predviđenog perioda. MPE je koristan jer omogućava da se proveri da li model prognoze sistemski podcenjuje (negativnija greška) ili precenjuje (pozitivna greška).
Srednje apsolutno odstupanje (MAD)	$MAD = \sum \frac{ x_t - \bar{x}_t }{n}$	To je jednostavno proširenje apsolutne varijanse. Srednje apsolutno odstupanje koristi se kao mera varijacije u podacima.

Izvor: (Hyndman i Koehler, 2006; Zeiml i dr., 2019).

8.8. Prednosti predviđanja u Excelu

Za predviđanje se može koristiti Microsoft Excel. Koristeći razvijene algoritme i na osnovu prikupljenih podataka iz prošlosti, možete pripremiti obrasce za izradu predviđanja i, kao rezultat toga, donositi ispravne odluke u poslovanju. Excel je osnovni alat za predviđanje.



Tabela 8. 6. Odabrane karakteristike programa Excel

Funkcija	Obrazloženje
=AVERAGE	Funkcija omogućava izračunavanje proseka na osnovu postojećih vrednosti.
=SUM	Funkcija omogućava izračunavanje zbira na osnovu postojećih vrednosti.
=FORECAST	Funkcija omogućava predviđanje buduće vrednosti iz postojećih vrednosti pomoću linearne regresije.
=FORECAST.ETS	Izračunava ili predviđa buduću vrednost na osnovu postojećih (istorijskih) vrednosti pomoću verzije algoritma eksponencijalnog izravnjanja (ETS).
=LINEST	Izračunava statistiku za pravu liniju pomoću metode najmanjih kvadrata.
=FORECAST.LINEST	Izračunava ili predviđa buduću vrednost iz postojećih vrednosti pomoću linearne regresije.
=TREND	Koristi se za određivanje linearnog trenda.
=PROGNOZA.ETS.SEASONALITY	Izračunava dužinu sezonskog uzorka na osnovu postojećih vrednosti i vremenske trake.

Izvor: sopstvena studija.

Excel koriste u predviđanju mnoge kompanije, male, srednje i velike (uključujući i korporacije), jer ima na raspolaganju niz odgovarajućih alata. Podaci se mogu jednostavno skladištiti i izračunati u Excel radnoj knjizi. Excel može na različite načine vizualizovati prikupljene i obrađene podatke, što je korisno i pomaže u lakšem predviđanju (www_8.3).

Uostalom, Excel koristi mnoge formule koje se mogu koristiti u radnoj knjizi programa kao pomoć pri izračunavanju predviđenih vrednosti. Excel podržava nekoliko različitih funkcija koje vam omogućavaju korišćenje softvera na praktičan način (tabela 8.6). Njihovo razumijevanje ključno je za postizanje maksimuma iz Excela.



Nedostaci Excela uključuju potrebu za ručnom sinhronizacijom podataka i ručnim ažuriranjem podataka. Drugi čest problem je mogućnost pravljenja grešaka kao rezultat pogrešno izvedenog uvoza podataka ili kao rezultat prekida formule. Budući da je Excel program za ručni unos podataka, podaci koji se koriste za predviđanje nisu podaci u stvarnom vremenu.

8.9. Veštačka inteligencija u predviđanju

Podaci o lancu snabdevanja su višedimenzionalni i generišu se na više tačaka u lancu, za više namena, u velikim količinama (zbog mnoštva dobavljača, proizvoda i kupaca) i velikom brzinom (što odražava mnoge transakcije koje se kontinuirano obrađuju u mrežama lanca snabdevanja). Ova složenost i višedimenzionalnost lanaca snabdevanja uzrokuje odmak od konvencionalnih (statističkih) pristupa predviđanju potražnje, koji se baziraju na identifikaciji statistički prosečnih trendova (karakterisanih atributima srednje vrednosti i varijanse) (Michna i dr., 2020), prema inteligentnim prognozama koje mogu učiti iz istorijskih podataka i inteligentno se razvijati kako bi se prilagodile predviđanju stalno promjenljivoj potražnji u lancima snabdevanja.

Odgovor na nove potrebe i izazove je anticipativna logistika, koja podržava procese kao što je predviđanje potražnje. U njenoj srži leži mogućnost korišćenja veštačke inteligencije (AI). To je kombinacija modernih tehnologija kao što su Big Data (BD), mašinsko učenje (ML) i veštačka inteligencija (Sczaniecka i Smarzyńska, 2018). Tehnološki napredak poslednjih godina doveo je do sve češćeg generisanja i skladištenja ogromnih količina podataka. Ti se podaci tokom vremena beleže na različitim tačkama (npr. na različitim karikama u lancu snabdevanja) i skladište na različitim mestima. Stoga ih treba efikasno obrađivati kako bi se iz njih izvuklo korisno i vredno znanje (Galicija i dr., 2019).

Big Data odnosi se na dinamičke skupove velike količine podataka, velike brzine i velike raznolikosti koji premašuju mogućnosti obrade tradicionalnih pristupa upravljanju podacima (Chen i dr., 2014). Big Data može pružiti mnoštvo jedinstvenih uvida u stvari kao što su tržišni trendovi, obrasci kupovine kupaca i ciklusi popunjavanja, kao i načine za smanjenje troškova i donošenje ciljanijih poslovnih odluka (Wang i dr., 2016). Istraživanja pokazuju da analitika velikih podataka (BDA) može omogućiti dobijanje preciznijih predviđanja koja bolje odražavaju potrebe



kupaca, olakšavaju procenu performansi lanca snabdevanja, poboljšavaju učinkovitost lanca snabdevanja, skraćuju vremena odgovora i podržavaju procenu rizika lanca snabdevanja (Awwad i dr, 2018).

Big Data Analytics (BDA) u upravljanju lancem snabdevanja (SCM) dobija sve veću pažnju (Seyedan i Mafakheri, 2020). Analiza podataka o lancu snabdevanja postaje sve složenija, između ostalog, iz sledećih razloga (Awwad i dr, 2018):

- sve veći broj SC subjekata,
- povećanje raznolikosti SC konfiguracija zavisno od homogenosti ili heterogenosti proizvoda,
- međuovisnosti između ovih entiteta,
- neizvesnost o dinamičkom ponašanju ovih komponenti,
- nedostatak informacija o subjektima lanca snabdevanja,
- umreženih proizvodnih subjekata i njihove sve veće koordinacije i saradnje radi postizanja visokog nivoa prilagođavanja različitim potrebama kupaca,
- sve veća upotreba praksi digitalizacije lanca snabdevanja (i upotreba Blockchain tehnologije) za praćenje aktivnosti lanca snabdevanja.

Metode veštačke inteligencije razvijaju se vrlo intenzivno širom sveta, kako teorijski tako i u smislu primene (Trojanowska i Malopolski, 2004). Od metoda veštačke inteligencije za predviđanje se koriste veštačke neuronske mreže. Neuronske mreže imaju niz karakteristika koje su korisne za analizu i predviđanje vremenskih serija. Njihova efikasnost prvenstveno se odnosi na uređivanje usvojene strukture bazirane na podacima. Proces izgradnje neuronskog modela uključuje istraživanje dostupnih skupova podataka i omogućava automatsku procenu modela. Dodatna prednost neuronskih mreža je lakoća njihovog prilagođavanja promenljivim tržišnim uslovima (Ciežak i dr, 2006).

Za razliku od tradicionalnih metoda baziranih na modelima, **veštačke neuronske mreže** (engl. *Artificial Neural Networks*, ANN) su samoprilagodljive metode koje se baziraju na podacima. Oni uče iz primera i hvataju suptilne funkcionalne odnose između podataka, čak i ako su bazni odnosi nepoznati ili ih je teško opisati. Veštačke neuronske mreže mogu generalizovati (Hornik i dr, 1989). Nakon ispitivanja prikazanih podataka, oni mogu zaključiti



o nevidljivom delu populacije, čak i ako podaci uzorka sadrže netačne informacije. Takođe imaju opštije i fleksibilnije funkcionalne oblike od tradicionalnih statističkih metoda (Zhang i dr., 1998).

Pitanja poglavlja

1. Koja su ograničenja korišćenja metoda vremenskih serija u predviđanju potražnje?
2. Koje su glavne komponente vremenske serije i koja je njihova važnost u procesu predviđanja?
3. Koje su različite strategije za ekstremne podatke?

LITERATURA

Adhikari R., Agrawal R.K. (2014) A combination of artificial neural network and random walk models for financial time series forecasting. *Neural Comput i Applic* 24, 1441-1449.

Ali M.M., Boylan J.E. i Syntetos A.A. (2012). Forecast errors and inventory performance under forecast information sharing, *International Journal of Forecasting*, 28(4), 830-841.

Altendorfer K. i Felberbauer T. (2023) Forecast and production order accuracy for stochastic forecast updates with demand shifting and forecast bias correction. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 125, 102740.

Awwad, M., Kulkarni, P., Bapna, R. i Marathe, A. (2018). Big data analytics in supply chain: a literature review. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Washington DC, USA, Vol. 2018*, pp. 418-25.

Carreno J.J. i Madinaveitia J. (1990) A modification of time series forecasting methods for handling announced price increases. *International Journal of Forecasting*, 6(4), 479-484.

Chatfield Ch., Koehler A.B., Ord J.K. i Snyder R.D. (2001) A New Look at Models For Exponential Smoothing, *Journal of the Royal Statistical Society: Series D (The Statistician)*, 50(2), 147-159.



- Chatfield, C. (2001). *Time Series Forecasting*, Chapman i Hall/CRC, Floryda: Boca Raton
- Chen, M., Mao, S., Zhang, Y. i Leung, V.C. (2014). *Big data: related technologies, challenges and future prospects* (Vol. 100). Heidelberg: Springer
- Cieślak, M. (Ed) (2005): *Prognozowanie gospodarcze. Metody i zastosowania*. Wyd. Naukowe PWN. Warszawa
- De Gooijer J.G. i Hyndman R.J. (2006) 25 years of time series forecasting, *International Journal of Forecasting*, 22(3), 443-473.
- Dittmann, P. (2003). *Prognozowanie w przedsiębiorstwie*. Kraków: Oficyna Ekonomiczna
- Gajda, J.B. (2001). *Prognozowanie i symulacja a decyzje gospodarcze*, Warszawa: Wydawnictwo C.H. Beck
- Galicja A., Talavera-Llames R., Troncoso A., Koprinska I. i Martínez-Álvarez F. (2019). Multi-step forecasting for big data time series based on ensemble learning, *Knowledge-Based Systems*, 163, pp. 830-841.
- Grzelak M. (2019) Zastosowanie modelu ARIMA do prognozowania wielkości produkcji w przedsiębiorstwie, *Systemy Logistyczne Wojsk*, 50.
- Grzybowska, K. (2009). *Gospodarka Zapasami i Magazynem*, cz. 1, Difin.
- Güllü R. (1996) On the value of information in dynamic production/inventory problems under forecast evolution. *Naval Research Logistics (NRL)*, 43(2), 289-303.
- Hopp W.J. i Spearman M.L. (1999). *Factory physics*. 2nd. edn. McGraw-Hill / Irwin: Boston
- Hornik K., Stinchcombe M. i White H. (1989) Multilayer feedforward networks are universal approximators. *Neural networks*, 2(5), 359-366.
- Hyndman R.J. i Koehler A.B. (2006) Another look at measures of forecast accuracy. *International journal of forecasting*, 22(4), 679-688.
- Kucharski, A. (2013). *Prognozowanie szeregów czasowych metodami ewolucyjnymi*. Łódź: Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego



- Malska W. i Wachta H. (2015) Wykorzystanie modelu ARIMA do analizy szeregu czasowego. *Advances in IT and Electrical Engineering*, 23(34-3), 23-30.
- Michna Z., Disney S.M., Nielsen P. (2020). The impact of stochastic lead times on the bullwhip effect under correlated demand and moving average forecasts, *Omega*, 93, 102033.
- Rosas A.L. i Guerrero V.M. (1994) Restricted forecasts using exponential smoothing techniques. *International Journal of Forecasting*, 10(4), 515-527.
- Sczaniecka, E. i Smarzyńska, N. (2018). Logistyka wyprzedzająca, czyli innowacyjne podejście do branży e-commerce. *Journal of TransLogistics*, 4(1), pp. 119-128
- Seyedan M. i Mafakheri F. (2020) Predictive big data analytics for supply chain demand forecasting: methods, applications, and research opportunities. *J Big Data* 7(53).
- Schaffer A.L., Dobbins T.A. i Pearson S.A. (2021) Interrupted time series analysis using autoregressive integrated moving average (ARIMA) models: a guide for evaluating large-scale health interventions. *BMC Med Res Methodol* 21(58).
- Sheldon, P.J. (1993). Forecasting tourism: expenditure versus arrivals, *Journal of Travel Research*, 32, 13-20
- Sobczyk M. (2006) *Statystyka, aspekty praktyczne i teoretyczne*. Lublin: Wydaw. UMCS.
- Tan T., Güllü R. i Erkip N. (2009) Using imperfect advance demand information in ordering and rationing decisions, *International Journal of Production Economics*, 121(2), 665-677.
- Trojanowska M. i Malopolski J. (2004) Zastosowanie metod sztucznej inteligencji do prognozowania miesięcznej sprzedaży energii elektrycznej na wsi. *Acta Scientiarum Polonorum. Technica Agraria*, 3(1-2).
- Wang G., Gunasekaran A., Ngai E.W.T., Papadopoulos T. (2016). Big data analytics in logistics and supply chain management: Certain investigations for research and applications. *International Journal of Production Economics*, 176, pp. 98-110.
- Wojciechowski, A. i Wojciechowska, N. (2015). Zastosowanie klasycznych metod prognozowania popytu w logistyce dużych sieci handlowych. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego*, 41, 545-554



Wolny, M. i Kmieciak, M. (2020). Forecasting demand for products in distribution networks using R software. Zeszyty Naukowe. Organizacja i Zarządzanie/Politechnika Śląska, 107-116

Zeiml S., Altendorfer K., Felberbauer T. i Nurgazina J. (2019) Simulation based forecast data generation and evaluation of forecast error measures. In 2019 Winter Simulation Conference (WSC) (2119-2130). IEEE.

Zhang G., Patuwo B.E. i Hu M.H. (1998) Forecasting with artificial neural networks:: The state of the art, International Journal of Forecasting, 14(1), 35-62.

(www_8.1) <https://online.stat.psu.edu/stat501/> (dostęp: 08.02.2024)

(www_8.2) <https://machinelearningmastery.com/exponential-smoothing-for-time-series-forecasting-in-python/> (dostęp: 08.02.2024)

(www_8.3) <https://www.inventory-planner.com/forecasting-in-excel/> (dostęp: 08.02.2024)

(www_8.4) [IPM Insights Metrics \(oracle.com\)](https://www.oracle.com/inventory/insights/metrics/) (dostęp: 05.02.2024)



9. UPRAVLJANJE ZALIHAMA



U poglavlju su prikazana najvažnija pitanja vezana uz upravljanje zalihama. Poseban naglasak stavljen je na analizu logističkih podataka, za šta se mogu koristiti proračunske tabele. Ovde ćete pronaći teme vezane uz:

- nivo korisničke usluge,
- funkcije i podela zaliha,
- troškove zaliha,
- osnovne modele klasifikacije zaliha,
- osnovne modele popunjavanja.

9.1. Uvod

U sadašnjim uslovima funkcionisanja globalnih lanaca snabdevanja, ključni faktor koji određuje konkurentnost je vreme potrebno za uvođenje proizvoda ili usluge na tržište. Organizacije koje nastoje steći ili zadržati konkurentsku prednost trebaju implementirati rešenja koja karakterišu i brzina i prilagodljivost u odgovoru na zahteve kupaca i fluktuacije tržišta. Pre pandemije COVID-19 mnoge kompanije su težile strategiji tačno na vreme (engl. *Just-in-time*, JIT), minimizirajući nivoe zaliha i maksimizirajući učinak isporukom sirovina i komponenti tačno kada su potrebni u proizvodnom procesu. Fleksibilnost je bila važna, ali ne uvek prioritet, jer je ključno bilo održati niske nivoe zaliha i minimizirati vreme ispunjenja narudžbine.

Nakon pandemije COVID-19 značajno se povećao naglasak na fleksibilnost i otpornost sistema. Kompanije koje su se prethodno oslanjale na isporuku tačno na vreme počele su revidirati svoj pristup prema većoj sigurnosti i diversifikaciji lanaca snabdevanja kako bi bile bolje pripremljene za buduće poremećaje. Postalo je jasno da sistemi upravljanja zalihama moraju biti dinamičniji kako bi brzo odgovorili na neočekivane promene u potražnji i dostupnosti sirovina ili komponenti. Kao rezultat toga, mnoge su organizacije počele održavati



više nivoe sigurnosnih zaliha i ulagati u napredne analitičke tehnologije i veštačku inteligenciju, koje omogućavaju bolje predviđanje i odgovor na promene u stvarnom vremenu.

Tradicionalne metode predviđanja, iako se široko koriste, nisu uvek efikasne jer greške u predviđanju mogu dovesti do potrebe za skladištenjem dodatnih zaliha. Stoga je učinkovitije rešenje korišćenje stvarnih podataka o potrošnji kupaca, što omogućava bolje prilagođavanje logističkih sistema i smanjuje zavisnost od prognoza. Međutim, potrebno je voditi računa o održavanju maksimalnog nivoa korisničke usluge (CSL) uz ograničavanje troškova i smanjenje imovine vezane u mreži snabdevanja (Cyplik i Hadaś, 2012).

Zalihe su količina robe koju preduzeće skladišti kako bi zadovoljilo trenutne i buduće potrebe (Runaud i dr., 2019). Zalihe su materijalne komponente pokretne imovine. Zaliha ima određenu lokaciju, mesto skladištenja a njegova veličina se može izraziti u kvantitativnim i vrednosnim merama (Niemczyk i dr., 2011).

Zalihe zauzimaju prostor i vezuju kapital. Stoga je nivo zaliha važno svesti na minimum kako bi se osigurao kontinuitet poslovanja. **Upravljanje zalihama** odnosi se na proces nadzora i kontrole nivoa zaliha i njihovog skladištenja u preduzeću. To uključuje odlučivanje o tome koliko zaliha držati, kada ponovno naručiti ili obnoviti zalihe i kako optimizirati korišćenje zaliha kako bi se zadovoljila potražnja uz minimiziranje troškova i maksimiziranje efikasnosti (Song i dr., 2020). Efikasno upravljanje zalihama uključuje zadatke kao što su predviđanje potražnje, praćenje nivoa zaliha, popunjavanje (obnavljanje) zaliha, optimiziranje skladišnog prostora i smanjenje zaliha ili viška zaliha (Jain i dr., 2022).

Cilj upravljanja zalihama je osigurati da pravi proizvodi budu raspoloživi u pravim količinama, u pravo vreme i na pravom mestu kako bi se zadovoljile potrebe kupaca, a da se istovremeno izbjegne nedostatak zaliha, prevelike zalihe i povezani troškovi (Jain i dr., 2022; Matusiak, 2022).



9.2. Nivo korisničke usluge

Usluge kupcima je širok pojam, zbog čega je teško formulisati jasnu definiciju. Ovaj pojam pokriva sve aspekte interakcije između dobavljača i potrošača, uključujući i nematerijalne i materijalne elemente (Strojny, 2008). Stoga se usluge kupcima često razmatraju iz tri različite perspektive (Bowersox i Closs, 1996):

- usluge kupcima kao specifične aktivnosti – to je određeni skup poslova koje kompanija mora obaviti kako bi ispunila očekivanja kupaca, npr. obrada narudžbina, izdavanje računa, obrada povrata i reklamacija,
- usluge kupcima kao mera uspješnosti aktivnosti – to znači procena kroz prizmu različitih pokazatelja uspešnosti, kao što su učešće narudžbina isporučenih na vreme i u potpunosti, kao i brzina obrade narudžbina,
- usluge kupcima kao filozofija – uključuje stvaranje okruženja i organizacione kulture koja ima za cilj da osigura najviši nivo zadovoljstva korisnika kroz optimalnu uslugu na svim nivoma poslovanja kompanije.

U kontekstu upravljanja zalihama, ključni zadatak u formulisanju i održavanju sigurnosnih zaliha je garancija odgovarajućeg nivoa usluge kupcima. Stoga je potrebno definisati **nivo korisničke usluge** (engl. *Customer Service Level*) koji se sa gledišta jednog proizvodnog asortimana može posmatrati (Bowersox i Closs, 1996; Cyplik i Hadaś, 2012):

- probabilistički – kao verovatnoća da ne dođe do nedostatka zaliha u određenom ciklusu popunjavanja,
- kvantitativno – kao stepen ispunjenja kvantitativne potražnje.

Probabilistička **nivo korisničke usluge** znači verovatnoću da se od trenutka izdavanja narudžbine, odnosno započne proces popunjavanja, pa sve dok primljena pošiljka ne postane dostupna za korišćenje (što znači da se završi ciklus popunjavanja), sve potrebe mogu biti zadovoljene, a da zalihe ne budu potrošene. To je definisano kao verovatnoća nivoa usluge, koja se izražava u procentima (Bowersox i Closs, 1996; Cyplik i Hadaś, 2012). Nivo korisničke usluge može se izračunati iz formule:

$$PSL = (I_d - I_{dn}) / I_d \times 100\%$$



gde:

PSL – probabilistički nivo usluge,

I_d – broj ciklusa popunjavanja zaliha tokom ispitivanog perioda,

I_{dn} – broj ciklusa popunjavanja zaliha u kojima su zabeleženi nedostaci tokom promatranog perioda



Formula koja se koristi u Excelu :

$$PSL = \frac{[\text{broj ciklusa popunjavanja zaliha}] - [\text{broj ciklusa popunjavanja zaliha u kojima su zabilježeni nedostaci}]}{[\text{broj ciklusa popunjavanja zaliha}]} * 100\%$$

PSL (verovatnoća zadovoljenja potražnje unutar ciklusa popunjavanja) od 95% znači da će u 95 slučajeva od 100, kada kupci žele kupiti proizvod, kompanija moći ispuniti njihove narudžbine bez kašnjenja i bez čekanja na isporuku.

Kvantitativni nivo korisničke usluge odnosi se na izvršenje narudžbina u kvantitativnom smislu. Stopa popunjenosti potražnje (DFR) – određuje procenat ispostavljene potražnje kupaca, zadovoljen sa zaliha (Bowersox i Closs, 1996.; Cyplik i Hadaś, 2012.).

Stopa ispunjenosti potražnje može se izračunati pomoću formule:

$$DFR = (PR - NB) / PR$$

gde:

DFR – stopa ispunjenja potražnje,

PR – potražnja, ukupan broj naručenih jedinica,

NB – broj nedostataka.



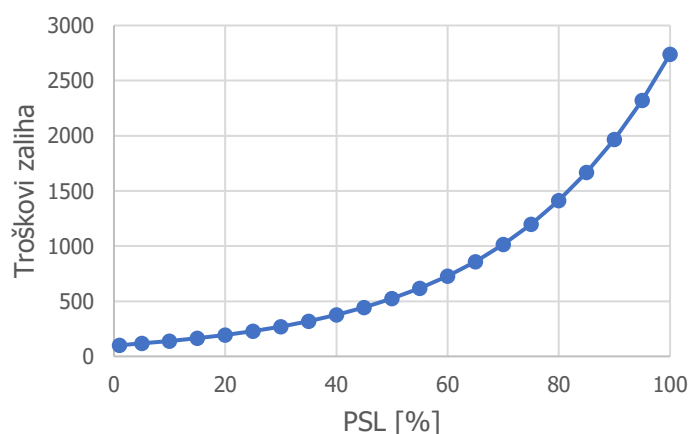
Formula koja se koristi u Excelu :

$$DFR = \frac{[\text{potražnja}] - [\text{nema nedostataka}]}{[\text{zahtev}]}$$



DFR (stopa ispunjenja potražnje) od 0,95 znači da će za sve narudžbine koje su kupci ispostavili njih 95% biti ispunjeno direktno iz dostupnih zaliha, a samo 5% može zahtevati dodatno popunjavanje zaliha ili neće biti ispunjeno zbog nedostatka zaliha.

Bez obzira na usvojenu definiciju, očito je da odnos između nivoa korisničke usluge i ulaganja u zalihe karakteriše eksponencijalni odnos (slika 9.1). To znači da uz visoke procenite nivoa korisničke usluge (PSL), svako dalje povećanje ovog pokazatelja dovodi do eksponencijalnog povećanja ulaganja u zalihe (Cyplik i Hadaś, 2012).



Slika 9. 1. Odnos između PSL-a i troškova zaliha

Izvor: sopstvena studija

Poboljšanje logističke usluge kupcima složen je i sistemski proces. Sledeći elementi se najčešće analiziraju i dele u tri faze (Powell Robinson i Satterfield, 1990):

- pred-transakcioni – ima za cilj da pripremi organizaciju za korisničku službu: npr. politika korisničke službe, organizaciona struktura, standardi, postupci i uputstva, obuka za korisničku službu,
- transakcioni – direktan kontakt kupca s kompanijom i finalizacija transakcije prema njegovim zahtevima: npr. procenat neispunjenih narudžbina, podaci o narudžbini, jednostavnost narudžbine, učestalost, pouzdanost, celovitost, tačnost isporuka,

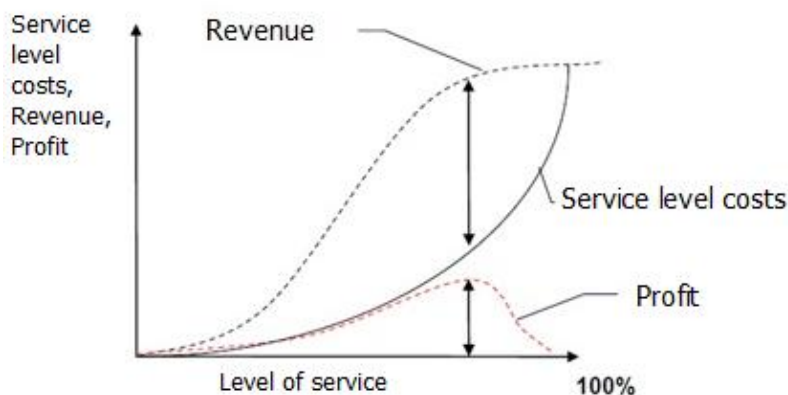


- post-transakcioni – omogućava kompaniji održavanje daljeg kontakta s kupcem: npr. instalacije, garancije, popravke, praćenje proizvoda, rešavanje žalbi kupaca, povrate, razmenu neispravnih proizvoda, pružanje zamenskih proizvoda.

Trenutno se najveći naglasak stavlja na transakcione elemente logističke korisničke usluge. Mogu se kategorisati u četiri glavne grupe povezane s (Papiernik-Wojdera i Sikora, 2022):

- vreme, kupac želi što brže da primi narudžbinu, stoga se nastoji da se skрати vreme izvršenja narudžbine,
- pouzdanost, posmatrana u tri dimenzije: sigurnost da će narudžbina biti izvršena bez manjkova i oštećenja u transportu, celovitost primljene narudžbine u skladu sa specifikacijom uključenom u ugovor, tačnost izvršenja narudžbine,
- pogodnost vezana uz dostupnost proizvoda, stepen individualizacije usluge zavisno od potreba kupaca, sveobuhvatnost ponude, učestalost isporuka, minimalna veličina serije za isporuku, komunikaciona pogodnost (lokacija, infrastruktura),
- komunikacija, što uključuje stručnost osoblja, jednostavnost narudžbine, dostupnost informacija o statusu narudžbine, informacije i savete o postprodajnim uslugama, jasnoću, razumljivost i potpunost dokumentacije, sredstva komunikacije i informatičke alate koji podržavaju komunikaciju s kupcem.

Treba napomenuti da postoji ravnoteža koju kompanija mora pronaći između cene usluge i zadovoljstva korisnika kako bi maksimizirala profit (slika 9.2). Preniski nivo usluge može ograničiti prihode, dok veoma visok može preterano povećati troškove, što smanjuje profit (Placencia i dr., 2020). Nakon prekoračenja tačke ravnoteže, dodatni troškovi povezani s daljim povećanjem nivoa usluge nadmašuju povećanje prihoda, što dovodi do smanjenja dobiti.



Slika 9. 2. Odnos između nivoa korisničke usluge, prihoda i dobiti

Izvor: sopstvena studija

9.3. Funkcije i vrste zaliha

Logistički procesi koji se odvijaju u preduzećima i u lancima snabdevanja stalno su praćeni stvaranjem zaliha. Zalihe se stvaraju kako bi se izjednačila razlika u intenzitetu tokova robe. Stoga se mogu naznačiti sledeće **funkcije zalihaa** (Bril i Łukasik, 2013; Hachuła i Schmeidel, 2016):

- osiguranje dostupnosti robe kada se pojavi potražnja,
- zaštita od slučajnih fluktuacija nezavisne potražnje i materijalnih potreba u preduzeću,
- zaštita od neočekivanih promena vremena za realizaciju naloga,
- zaštita od poskupljenja,
- postizanje nižih cena zbog većeg obima kupovine,
- manji troškovi transporta zbog većeg obima nabavke,
- potreba za kupovinom sezone robe,
- potreba oplemenjavanja nekih materijala iz tehnoloških razloga.

Mnogi faktori utiču na **nivo i strukturu zaliha** u preduzeću. To uključuje sledeće (Bril i Łukasik, 2013):

- obim i ritam proizvodnje,



- učestalost isporuka i obim jednokratnih isporuka materijala,
- razlike u troškovima transporta velikih i malih serija zaliha i troškovima skladištenja,
- dužina perioda pripreme materijala za proizvodnju,
- stepen proširenja ponude proizvoda,
- razvoj informacionih tehnologija,
- razvoj tržišta transportnih usluga,
- korišćene metode planiranja zaliha i upravljanja.

Zalihe u preduzeću mogu se podeliti prema različitim kriterijumima. Za potrebe proračuna u području računovodstva i njihovog mesta u lancu snabdevanja, razlikuju se (Selivanova i dr, 2018):

- materijali – sirovine, osnovni i pomoćni materijali, poluproizvodi inostrane proizvodnje, ambalaža, rezervni delovi i otpad,
- gotovi proizvodi – gotovi proizvodi, pružene usluge, izvedeni radovi, uključujući građevinske i montažne radove, naučno-istraživačke radove, projektantske radove, geodetske i kartografske radove i sl.,
- poluproizvodi i proizvodi u toku – nedovršena proizvodnja, odnosno proizvodnja (usluge, uključujući građevinske radove) u toku i poluproizvodi (poluproizvodi) sopstvene proizvodnje,
- roba – materijalni delovi kratkotrajne imovine kupljeni za preprodaju u nepromijenjenom obliku; avansna plaćanja za snabdevanje zaliham.

Međutim, na području upravljanja zaliham a moguća je podela zaliha prema kvantitativnoj strukturi zaliha (prema stopi obrta): rotirajuće zalihe, nerotirajuće zalihe, zalihe koje ne pokazuju kretanje (višak zaliha, hitne zalihe) ili funkcije zaliha – razlog nastanka: ciklične zalihe (tekuće, radne zalihe), sigurnosne zalihe, sezonske zalihe, špekulativne zalihe, strateške zalihe (Bril i Łukasik, 2013; Matusiak, 2022; Wild, 2017; Kryžaniak & Cyplik, 2008; Fertsch, 2006; Krzyžaniak, 2015).

Elementi strukture zaliha su:



- **ciklične zalihe**, rotirajuće zalihe, to su zalihe koje kompanija koristi u toku normalne proizvodnje ili distribucije i ponovno ih formira u rutinskom procesu naručivanja; Ciklične zalihe u određenom periodu jednake su polovini prosečne količine pošiljke u tom periodu:

$$S_c = \frac{1}{2} \times \overline{DS}$$

gde:

S_c – ciklična zaliha,

$\overline{DS}$ – prosečna veličina isporuke.



Formula koja se koristi u Excelu:

$S_c = 0,5 * [\text{prosečna veličina isporuke}] = 0,5 * [\text{PROSEK ([raspon ćelija])}]$

- **Višak zaliha** se definiše kao nerotirajući, suvišna ili mrtva zaliha, nema nikakvu vrednost za preduzeće koje bi trebalo da se reši takvih zaliha, održavanje tih zaliha je neopravdan trošak za preduzeće. Višak zaliha je višak zaliha iznad potreba definisanih prosečnom potražnjom tokom ciklusa popunjavanja i pretpostavljenim nivoom korisničke usluge. Izračunava se iz formule:

$$S_E = S_{AV} - S_S - S_C$$

gde:

S_E – višak zaliha,

S_{AV} – srednje zalihe,

S_S – sigurnosne zalihe,

S_C – ciklične zalihe.



Formula koja se koristi u Excelu:

$S_E = [\text{srednje zalihe}] - [\text{sigurnosne zalihe}] - [\text{ciklične zalihe}]$



Parametri sistema za dopunjavanje su:

- **sigurnosna zaliha**, nerotirajuća zaliha namenjena je hitnom sprečavanju zastoja u proizvodnji ili distribuciji, te je bafer za kašnjenja u isporukama i ispunjenju narudžbina, zavisno od nivoa korisničke usluge u probabilističkom pristupu (PSL). Sigurnosne zalihe za istorijske podatke zahtevaju sledeće: prosečna potražnja po jedinici vremena, prosečno vreme ciklusa popunjavanja, standardna devijacija potražnje, standardna devijacija vremena ciklusa popunjavanja. Sigurnosne zalihe za prognozirane podatke zahtevaju: prognozu potražnje, ugovoreno vreme ciklusa popunjavanja, standardnu grešku prognoze, pretpostavljeno vremensko kašnjenje. Bez obzira na vremensku perspektivu, potrebni su podaci o usvojenom nivou korisničke usluge, primenjenom sistemu popunjavanja zaliha i raspoloživom budžetu. Sigurnosne zalihe mogu se promeniti s fluktuacijama u potražnji i vremena isporuke. Izračunavaju se na sledeći način:

$$S_S = \omega(PSL) \times \sigma_{DT}$$

gde:

S_S – sigurnosna zaliha,

$\omega(PSL)$ – faktor sigurnosti zavisno od nivoa korisničke usluge i vrste distribucije, koji opisuje varijabilnost potražnje u ciklusu popunjavanja; u literaturi i praktičnim primenama najčešće se pretpostavlja normalna distribucija i očitava se iz statističkih tabela za određeni nivo POP-a,

σ_{DT} – standardna devijacija potražnje u ciklusu popunjavanja, izračunava se iz formule:

$$\sigma_{PT} = \sqrt{\sigma_T^2 \cdot D^2 + \sigma_P^2 \cdot T}$$

gde:

σ_P – odstupanje potražnje,

σ_T – odstupanje vremena ciklusa popunjavanja,

D – prosečna potražnja,



T – vreme ciklusa popunjavanja.



Formula koja se koristi u Excelu:

$S_s = [\text{faktor sigurnosti}] * [\text{standardna devijacija potražnje u ciklusu popunjavanja}]$

- **Informativna zaliha** koristi se u sistemima: obnavljanje zaliha na bazi nivoa informacija, min–max, periodično s određenim nivoom informacija i fiksnim količinama isporuke, periodično s određenom informacijom i maksimalnim nivoom i varijabilnim količinama isporuke. Informacijska zaliha izračunava se pomoću formule:

$$S_I = D \times T + S_s$$

gde:

S_I – informativna zaliha,

D – prosečna potražnja u usvojenoj vremenskoj jedinici (npr. dan, nedelja),

T – vreme ciklusa obnavljanja zaliha,

S_s – sigurnosna zaliha.



Formula koja se koristi u Excelu:

$S_I = [\text{prosečna potražnja}] * [\text{vreme ciklusa obnavljanja zaliha}] + [\text{sigurnosna zaliha}] = [\text{PROSEK}([\text{raspon ćelija}])] * [\text{vreme ciklusa obnavljanja zaliha}] + [\text{sigurnosna zaliha}]$

- **minimalna zaliha** koristi se u takozvanom sistemu obnavljanja zaliha min–max, obnavlja se u sistemu kada njegov nivo padne ispod naznačene minimalne vrednosti, uvek se obnavlja do naznačenog maksimalnog nivoa zaliha. Minimalna zaliha se izračunava pomoću formule:

$$S_{MIN} = p_{MAKS} \times T_d$$

gde:



S_{MIN} – minimalna zaliha,

p_{MAX} – najveća planirana potrošnja,

T_d – vreme isporuke.



Formula koja se koristi u Excelu:

$$Z_{MIN} = [\text{maksimalna planirana potrošnja}] * [\text{vreme isporuke}]$$

- **maksimalne zalihe** koriste se u sistemima obnavljanja zaliha: na osnovu periodičnog pregleda, min–max, periodični pregled s određenim informacijama i maksimalnim nivoom, kao i varijabilnim količinama isporuke. Maksimalna zaliha se izračunava pomoću formule:

$$S_{MAX} = D \times (T + T_o) + S_s$$

gde:

S_{MAKS} – maksimalne zalihe,

D – prosečna potražnja po jedinici vremena (npr. dan, nedelja),

T – vreme ciklusa popunjavanja,

T_o – vreme redovnog ciklusa pregleda,

S_s – sigurnosna zaliha.



Formula koja se koristi u Excelu:

$$\begin{aligned} S_{MAX} &= [\text{prosečna potražnja}] * ([\text{vreme ciklusa} \\ &\text{popunjavanja}] + [\text{vreme redovnog ciklusa pregleda}] + \\ &[\text{sigurnosna zaliha}] = \\ &= [\text{PROSEK}([\text{raspon ćelija}]) * ([\text{vreme ciklusa} \\ &\text{popunjavanja}] + [\text{vreme redovnog ciklusa pregleda}] + \\ &[\text{sigurnosna zaliha}]) \end{aligned}$$

- **slobodne zalihe** ili dostupne zalihe su zalihe koje su trenutno ili u doglednoj budućnosti dostupne za puštanje u promet kupcima (eksternim ili internim); uzimaju se u obzir zalihe koje su naručene od dobavljača, još nisu isporučene ali će biti isporučene u dogledno vreme i povećaće nivo zaliha; roba koju je kupio eksterni kupac ili rezervisao interni kupac, ali još nije fizički izašla iz



skladišta, neće biti uključena u raspoloživu zalihi. Slobodne zalihe izračunavaju se na sledeći način:

$$S_F = S_W + S_O - S_R$$

gde:

S_F – slobodne zalihe,

S_W – zaliha u skladištu,

S_O – naručena zaliha ali nije isporučena,

S_R – rezervisana zaliha ali nije puštena iz zalihe.



Formula koja se koristi u Excelu:

$$S_F = [\text{zaliha u skladištu}] + [\text{naručena zaliha}] - [\text{rezervisana zaliha}]$$

Prema kriterijumu uzroka nastanka postoje sledeće zalihe:

- **zalihe** nedovršene proizvodnje su materijali i poluproizvodi u proizvodnom prostoru i zalihe u putu, vrednuju se prema trošku proizvodnje koji, u skladu sa Zakonom o računovodstvu, uključuje troškove direktno vezane uz određeni proizvod i opravdani deo troškova indirektno povezan s proizvodnjom proizvoda,
- **sezonska zaliha** se stvara radi zadovoljenja potražnje tokom cele godine, ali se proizvodi samo sezonski (poljoprivredni proizvodi, voće), namerno se formira, a proizlazi iz razlike između količine prodaje i količine proizvodnje u određenom periodu,
- **promotivne zalihe** održavaju se tokom marketinške promocije i stvaraju pre datuma promocije; to je zaliha koji se održava kako bi logistički sistem mogao brzo odgovoriti na marketinšku ili cenovnu promociju,
- **špekulativne zalihe** stvaraju se u očekivanju povećanja cena, promena kursa ili društveno-političkih promena.



9.4. Osnovni sistemi popunjavanja

Osnovni modeli popunjavanja zaliha u logistici obuhvataju nekoliko često korišćenih sistema koji pomažu organizacijama u upravljanju nivoima zaliha kako bi se smanjili troškovi i osigurala dostupnost proizvoda. To uključuje:

- ROP (engl. *Reorder Point*) – narudžbine se ispostavljaju kada nivo zaliha dosegne unapred određenu tačku (tačka ponovne narudžbine), čime se osigurava da se proizvodi popune pre nego što ih ponestane, čime se smanjuje rizik od nestašica zaliha,
- ROC (engl. *Reorder Cycle*) sistem s maksimalnim zalihama – narudžbine se vrše u zadatim intervalima, a njihova količina uzima u obzir trenutni nivo zaliha, s ciljem popunjavanja do maksimalnog nivoa,
- JIT (engl. *Just-in-time*) sistem – zalihe se popunjavaju samo prema potrebi, često radi smanjenja troškova skladištenja. Ovaj sistem se koristi u proizvodnim okruženjima koja imaju za cilj minimizirati zalihe,
- Kanban sistem – narudžbine se pokreću fizičkim signalima (kao što su kartice), osiguravajući kontinuirani protok materijala, ovaj model pruža fleksibilnost u popunjavanju zaliha kako se potražnja menja,
- EOQ (engl. *Economic Order Quantity*) sistem – određuje ekonomičnu količinu narudžbine kako bi se smanjili troškovi naručivanja i držanja zaliha, obično se koristi u stabilnim okruženjima gde je potražnja predvidiva,
- MRP (engl. *Material Requirements Planning*) sistem se koristi za planiranje materijalnih potreba na osnovu predviđene potražnje i rasporeda proizvodnje.

Gore navedeni modeli koriste se zavisno od potreba i operativnih karakteristika preduzeća. Svaki ima svoje prednosti i biraju se na osnovu faktora kao što su varijabilnost potražnje, troškovi držanja zaliha i složenost lanca snabdevanja. Zbog svoje raširenosti, opisani su osnovni sistemi popunjavanja zaliha: ROP i ROC.

Sistem **ROP (Reorder Point)** odnosi se na donošenje odluka o naručivanju na osnovu dostupnog nivoa zaliha: ako zalihe padnu ispod definisanog nivoa zaliha, pokreće se narudžbina. Tačka ponovne narudžbine definisana je kao nivo zaliha pri kome se mora



ispostaviti narudžbina kako bi se sprečilo da zaliha nestane pre nego što stigne sledeća isporuka. Sigurnosne zalihe dodate su kako bi se smanjio rizik od nedostatka zaliha. Ovaj sistem se najčešće koristi za artikle zaliha razvrstane u grupe A i B, prema ABC klasifikaciji, zbog najmanjih zaliha koje stvara u skladištu (Cyplik, 2005). Tačka ponovnog naručivanja izračunava se prema formuli:

$$ROP = D \times T + Z_B$$

gde:

ROP – tačka ponovnog naručivanja,

D – prosečna potražnja u usvojenoj jedinici vremena (npr. dan, nedelja),

T – vreme ciklusa popunjavanja,

Z_B – sigurnosna zaliha.

ROP sistem je efikasan u okruženjima gde je potražnja relativno stabilna, a ciklus popunjavanja zaliha dobro definisan. Pomaže minimizirati rizik od nestašice dok održava optimalni nivo zaliha. Osnovna pravila za korišćenje ROP sistema su sledeća:

- **definisati tačku ponovnog naručivanja**, što je nivo zaliha pri kome se pokreće nova narudžbina; treba uzeti u obzir i očekivanu potražnju i sigurnosnu zalihu tokom vremena isporuke,
- pretpostavlja se da se održavaju **sigurnosne zalihe** kako bi se sprečile nestašice u slučaju iznenadnih skokova potražnje ili kašnjenja u isporukama,
- **redovno praćenje nivoa zaliha** kako bi se proces naručivanja započeo u pravo vreme,
- prekoračenje ili pad ispod tačke ponovne narudžbine ukazuje na potrebu **postavljanja nove narudžbine** kako bi se održao kontinuitet snabdevanja i izbegli prekidi proizvodnje ili distribucije,
- oslanja se na **predviđanje potražnje**, stoga je bitno koristiti pouzdane istorijske podatke i predviđanja za određivanje prosečne potražnje i procenu varijabilnosti kako bi se tačno odredila tačka ponovnog naručivanja.

ROC (**Reorder Cycle**) sistem uključuje postavljanje narudžbina unutar određenog ciklusa s fiksnim periodom pregleda. Količina narudžbine je varijabilna i proizlazi iz razlike



između maksimalnog nivoa zaliha i trenutno raspoloživih zaliha. Veličina narudžbine određena je metodom lot-za-lot kako bi se pokrila potražnja celog ciklusa. Maksimalni nivo zaliha postavlja se na bazi očekivane potražnje tokom ciklusa, uzimajući u obzir sigurnosnu zalihi. Ciklus narudžbine je unapred definisan, što omogućava redovne isporuke, ali može zahtevati veće sigurnosne zalihe zbog rizika povezanog s neredovnom potražnjom. Ovaj sistem je primjenjiv za zalihe razvrstane u grupu C, prema ABC klasifikaciji (Cyplik, 2005). Veličina narudžbine u ROC sistemu izračunava se pomoću formule:

$$Q = S_{MAX} - S_F$$

gde:

Q – veličina narudžbine,

S_{MAX} – maksimalne zalihe,

S_F – slobodne (trenutne) zalihe.

ROC sistem prikladan je za okruženja s fiksnim rasporedom isporuke, gde se potražnja može predvideti tokom perioda ciklusa. Omogućava stabilnost u upravljanju zalihama i može se primeniti u situacijama gde je prioritet redovnost narudžbina. Osnovna pravila za korišćenje ROC sistema su sledeća:

- bazira se na slanju **narudžbina u redovnim, unapred određenim intervalima** (ciklusima), pri postavljanju ciklusa narudžbine, uzmite u obzir potražnju i vreme popunjavanja kako biste osigurali odgovarajuću učestalost narudžbina,
- maksimalni **nivo zaliha**, koji služi kao cilj za svaku narudžbinu, maksimalni nivo zaliha treba da uzme u obzir očekivanu potražnju tokom ciklusa i sigurnosnu zalihi,
- narudžbine se ispostavljaju u **redovnim ciklusima**, ali **količina narudžbine može biti fleksibilna**, prilagođavajući se trenutnim nivoima zaliha i očekivanoj potražnji, dopuštajući reakciju na promene potražnje bez menjanja rasporeda narudžbina,
- **redovno praćenje** nivoa zaliha ključno je kako bi se osiguralo da su ciklusi narudžbina i količine odgovarajuće prilagođene promenljivoj potražnji i dostupnosti ponude.



9.5. Troškovi zaliha

Troškovi zaliha važan su faktor u upravljanju proizvodnim kapacitetima i zalihama. Držanje zaliha vezuje kapital i stvara troškove vezane uz naručivanje, skladištenje i potencijalne nestašice. Preduzeća moraju pažljivo planirati nivoe zaliha kako bi smanjili te troškove i optimizirali ukupni učinak lanca snabdevanja (Song i dr., 2020).

Pojam troškova ima različite aspekte, a u literaturi se mogu pronaći brojne definicije. Generalno, **troškovi** su ekonomska kategorija koja ih opisuje kao potrošnju specifičnih resursa za proizvodnju predmeta ili pružanje usluge. Troškove karakteriše sledeće (Matusiak, 2022):

- vrednosno prikazuju potrošnju faktora proizvodnje,
- nastali su za određenu svrhu,
- mogu se pripisati tačno određenim periodima,
- moguće je uporediti troškove s prihodima,
- integrisani su s normalnim poslovanjem kompanije.

Troškovi zaliha proizlaze iz potrebe korišćenja finansijskih sredstava u različitim fazama njihove akumulacije i skladištenja. Oni uključuju troškove koji se odnose na celi životni ciklus zaliha, počevši od kupovine sirovina, preko njihovog skladištenja, do procesa proizvodnje i distribucije (Śliwczyński, 2008).

Troškovi koji nastaju u preduzeću i lancu snabdevanja povezani sa zalihama mogu se podeliti u tri kategorije (Skowronek i Sarjusz -Wolski, 2012):

- troškovi dopune zaliha,
- troškovi držanja zaliha,
- troškovi nedostatka zaliha.

Proces generisanja troškova vezanih uz zalihe započinje svesnim koracima izbora dobavljača i pripreme narudžbenice, a završava prijemom materijala ili proizvoda u resurse kompanije. U kontekstu skladišne delatnosti, to je proces evidentiranja prijema robe i izdavanja odgovarajuće skladišne dokumentacije, koja se naziva eksterna isprava o prijemu.



Troškove dopune zaliha možemo podijeliti na troškove narudžbine i troškove transporta. U **troškovima naručivanja** mogu se razlikovati sledeće komponente (Krzyszaniak i Cyplik, 2008; Śliwczyński, 2008):

- fiksni troškovi – troškovi naknada u službi kupovine ili nabavke, troškovi infrastrukture (prostorije, oprema, informatički sistemi), fiksni troškovi ICT veza, pretplate za korišćenje platformi za nabavku, fiksni troškovi softverskih licenci koje koriste službe kupovine ili nabavke,
- varijabilni troškovi – varijabilni troškovi korišćenja shopping platformi, varijabilne komponente telefonskih troškova, troškovi prekovremenog rada.

Formula za izračun varijabilnih troškova popunjavanja zaliha:

$$VRC = n_d \times c_d$$

gde:

VRC – varijabilni troškovi popunjavanja zaliha,

n_d – broj isporuka u razmatranom periodu,

c_d – trošak povezan s jednom isporukom.



Formula koja se koristi u Excelu:

$$VRC = [\text{broj isporuka}] * [\text{trošak isporuke}]$$

Najveća komponenta troškova popunjavanja zaliha su **troškovi transporta**. U okviru ovih troškova mogu se izdvojiti sledeće komponente (Krzyszaniak i Cyplik, 2008; Śliwczyński, 2008):

- fiksni troškovi – za sopstveni transport, to su troškovi amortizacije i osiguranja vozila, troškovi naknade vozaču, troškovi tehničkog pregleda vozila; za spoljni transport, to su troškovi naknade zaposlenih koji naručuju i nadziru pružanje usluga transporta,
- varijabilni troškovi – za sopstveni transport to su troškovi goriva i rada vozila, troškovi vožnje na deonicama s naplatom putarine, troškovi osiguranja, dodaci



i troškovi prekovremenog rada vozača; kod spoljnog transporta to su troškovi prevoznika i troškovi osiguranja.

Troškovi držanja zaliha su troškovi povezani s posedovanjem i skladištenjem robe u skladištu ili drugim skladišnim mestima. Fizički su registrovani u preduzeću od trenutka preuzimanja materijala, robe i proizvoda u inventar i izdavanja PZ dokumenta. Troškovi održavanja zaliha uključuju troškove skladištenja i troškove umanjenja vrednosti. U **troškovima skladištenja** mogu se razlikovati sledeće komponente (Krzyżaniak i Cyplik, 2008; Śliwczyński, 2007):

- fiksni troškovi – za sopstveno skladište to su troškovi amortizacije zgrada i skladišne opreme, troškovi pogonskih zgrada i skladišne opreme, troškovi osiguranja skladišne infrastrukture, troškovi naknada skladišnim radnicima (stalni); za eksterno skladište, to su troškovi naknade zaposlenih koji puštaju u rad i nadziru pružanje skladišnih usluga od strane logističkog operatera,
- varijabilni troškovi – za sopstveno skladište to su troškovi vezanog kapitala, troškovi naknada sezonskih radnika, troškovi energije (rasveta, hlađenje, napajanje viljuškara); za eksterno skladište to su troškovi skladištenja izračunati na osnovu broja uskladištenih paleta, vremena skladištenja i cenovnika operatera. Formula za izračun varijabilnih troškova držanja zaliha:

$$VHC = \mu_o \times S \times P$$

gde:

VHC – varijabilni troškovi držanja zaliha,

μ_o – periodični koeficijent troškova držanja zaliha,

S – zaliha u kvantitativnom smislu,

P – nabavna cena; u slučaju proizvodnje, to je ukupni trošak proizvodnje jedinice zaliha.



Formula koja se koristi u Excelu:



$$\text{VHC} = [\text{periodični koeficijent troškova držanja zaliha}] * [\text{zaliha}] * [\text{nabavna cena}]$$

Faktor troškova održavanja zaliha μ_0 pokazuje procenat prosečne vrednosti zaliha koji se prevodi u troškove održavanja. Može se izračunati kao odnos troškova držanja zaliha i prosečne vrednosti zaliha. Vrednost koeficijenta μ_0 može varirati u širokom rasponu (od 0,05 do 0,20) i zavisi od uslova skladištenja zaliha, načela njihovog finansiranja i vrste uskladištene robe (Krzyżaniak i Cyplik, 2008).

Troškovi skladištenja su relativno fiksni, u velikoj meri nezavisni od veličine i prometa skladišta zbog stalne zaposlenosti i skladišne infrastrukture, a zavise uglavnom od perioda skladištenja zaliha.

Troškovi kapitala vezanog u zalihama su finansijski troškovi koji proizlaze iz zamrzavanja kapitala. Oni zavise od veličine tog kapitala (vrednost zaliha) i vremena zamrzavanja (vreme održavanja zaliha). Troškovi zamrzavanja kapitala u zalihama su hipotetski troškovi i predstavljaju alternativne troškove koje preduzeće ima zbog neproduktivnog zamrzavanja kapitala u zalihe, umesto npr. stavljanja kapitala u banku (kao depozit).

Troškovi gubitka vrednosti imaju samo varijabilni deo. Među njima se mogu razlikovati sledeće kategorije troškova (Krzyżaniak i Cyplik, 2008; Śliwczyński, 2007):

- Troškovi gubitka vrednosti uzrokovani su promenom njihove cene na tržištu, nastaju kao posledica obezvređivanja zaliha, odnosno gubitka trenutne vrednosti kao posledica starenja: fizički – kao posledica gubitka funkcionalnih svojstava i promena fizikalno-hemijskih svojstava uzrokovanih dugotrajnim skladištenjem; ili ekonomski – kao posledica promena modnih trendova i novih dizajna tržišta, preferencija kupaca i brzog naučno-tehnološkog napretka,
- troškove zbrinjavanja ako roba na zalihama ima ograničeni rok trajanja ili rok upotrebe,
- troškovi štete, krađe i sl.

Troškovi zaliha odražavaju izgubljene koristi, posebno dobiti koju je kompanija mogla ostvariti da je imala zalihe na pravom mestu, u pravom vremenu, količini i asortimanu.



Nedostatak zaliha dovodi do poremećaja u proizvodnji, što tera na reorganizaciju proizvodnog plana za ostale proizvode za koje ima sirovina, kao i potrebe za preuređivanjem proizvodnih mašina, što dovodi do privremenih zastoja, a često i prekovremenog rada ili slobodnih dana. U kontekstu izvršenja ugovora, nedostatak zaliha može dovesti do plaćanja ugovornih kazni za neisporučivanje robe. Ipak, najozbiljniji efekat je gubitak ugleda preduzeća i njegove konkurentske pozicije na tržištu, što je rezultat nedostupnosti proizvoda u skladu s očekivanjima kupaca (Śliwczyński, 2008). Formula za izračunavanje troškova zaliha:

$$SOC = FSOC + VSOC = C_{SO} \times p(SO) \times N_R + N_{SO} \times c_{SO}$$

gde:

SOC – troškovi nedostatka zaliha,

$FSOC$ – fiksni troškovi nedostatka zaliha,

$VSOC$ – varijabilni troškovi nedostatka zaliha,

C_{SO} – trošak nastao zbog nedostatka zaliha,

$p(SO)$ – verovatnoća nestanka zaliha u određenom ciklusu popunjavanja zaliha,

N_R – broj ciklusa popunjavanja zaliha u posmatranom periodu,

N_{SO} – prosečna (očekivana) količina zaliha u posmatranom periodu,

c_{SO} – trošak nedostatka jedne jedinice zaliha.



Formula koja se koristi u Excelu:

$$SOC = [\text{fiksni troškovi nedostatka zaliha}] + [\text{varijabilni troškovi nedostatka zaliha}]$$

$$SOC = [\text{trošak nastao zbog nestašice}] * [\text{verovatnoća nestašice}] * [\text{broj ciklusa popunjavanja zaliha}] + [\text{prosečan broj nestašice}] * [\text{jedinični trošak nestašice}]$$

Troškovi izgubljene koristi u svom fiksnom delu odnose se na procenjenu vrednost izgubljene marže nakon prekida saradnje s klijentom (ukoliko je do prekida saradnje s klijentom došlo zbog nedostatka zaliha). U varijabilnom delu, to je vrednost izgubljene marže uzrokovane neisporučivanjem poručenih artikala kupcu (Krzyżaniak i Cyplik, 2008).



Ugovorne kazne u fiksnom delu uključuju troškove hitne nabavke, zastoja proizvodnog sistema, kao i penale zbog neizvršenja isporuke (bez obzira na broj neisporučenih jedinica). Varijabilni deo sastoji se od kazni zavisno od broja artikala koji nisu isporučeni u skladu sa specifikacijama narudžbine (Krzyżaniak i Cyplik, 2008).

Osim toga, mogu postojati i **troškovi viška zaliha** povezani s prekoračenjem određenog nivoa zaliha. Fiksni troškovi viška zaliha mogu biti rezultat, na primer, potrebe za iznajmljivanjem dodatnog skladišta. Varijabilni troškovi zavise od iznosa viška i uključuju (Krzyżaniak i Cyplik, 2008):

- troškove najma dodatnog skladišnog prostora od logističkog operatera,
- ugovorne kazne za zadržavanje transportnih sredstava (npr. železničkih cisterni),
- troškovi koji proizlaze iz povećanog rizika od isteka zaliha.

Ukratko, kontrola troškova povezanih sa zalihama važna je za učinkovito upravljanje proizvodnjom i zalihama. Primenom odgovarajućih metoda upravljanja zalihama, kompanije mogu smanjiti operativne troškove i povećati efikasnost celog lanca snabdevanja (Song i dr., 2020).

9.6. Osnovni modeli klasifikacije zaliha

ABC analiza zasniva se na pravilu poznatom u ekonomiji kao "80-20" koje je formulisao italijanski ekonomista Vilfredo Pareto. Prema njegovim glavnim pretpostavkama, oko 20% elemenata ostvaruje učinak u određenom pitanju oko 80% – to je klasična podela. Paretovo načelo važna je pomoć pri odlučivanju za klasifikaciju fizičkih dobara. Korišćenje ABC analize, u klasičnom pristupu, sve artikle asortimana deli u tri klase (A, B i C) pri čemu se kao kriterijum ove podele uzima učešće pojedinačnog asortimana u ukupnoj vrednosti prodaje (Pandya i Thakkar, 2016; Tanwari i dr., 2000). Postupak podele stavki proizvoda prema ABC analizi bazira se na jasnom kriterijumu klasifikacije, a to je određeni procenat vrednosti prometa (Krzyżaniak i Cyplik, 2008).



ABC metoda uključuje sledeće korake (Cyplik i Hadaś, 2012) :

- [1] Izračunavanje godišnje vrednosti potrošnje svake stavke proizvoda,
- [2] Razvrstavanje vrednosti potrošnje silaznim redosledom,
- [3] Sabiranje vrednosti svih stavki,
- [4] Izračunavanje učešća potrošne vrednosti svakog artikla u ukupnoj potrošnoj vrednosti,
- [5] Izračunavanje akumuliranih procenata,
- [6] Određivanje podele na grupe A, B i C.



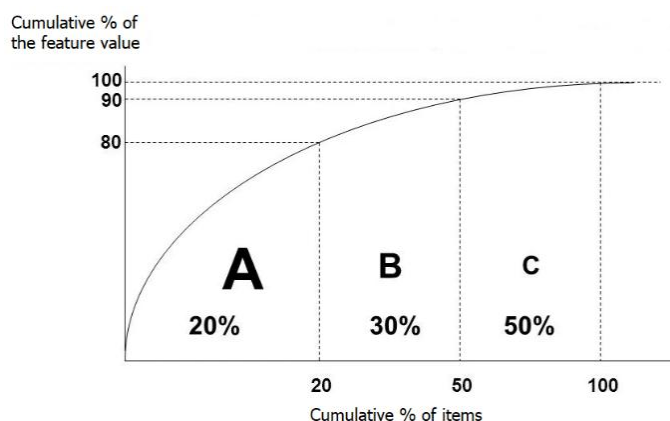
Formula koja se koristi u Excelu:

- [1] Izračunajte [potrošna vrednost asortimana] = [nabavna cena]*[potrošna količina]
- [2] Poređaj silazno za [vrednost potrošnje proizvoda]
- [3] Saberi celu kolonu [vrednost potrošnje proizvoda] pomoću SUM([vrednost potrošnje proizvoda])
- [4] Izračunajte [udeo] svake stavke kao [vrednost potrošnje zaliha]/SUM([vrednost potrošnje zaliha])
- [5] Izračunajte kumulativni procenat za ceo asortiman kao [kumulativni procenat stavke n+1]=[kumulativni procenat stavke n]+[kumulativni procenat stavke n+1]
- [6] Asortiman dodelite grupama A, B, C pomoću funkcije: =IF([kumulativni udeo stavka 1]<80%;"A"; IF([kumulativni udeo stavka 1]<95%;"B";"C"))

U ABC analizi proizvodi klasifikovani kao A najvredniji su i zahtevaju posebnu pažnju i česte recenzije. Proizvodi grupe B zahtevaju umerenu kontrolu, proizvodi grupe C su najmanje vredni i njima se može upravljati jednostavnijim postupcima.

Izdvajanje 80% vrednosti potrošnje određuje artikle koji ulaze u grupu A, u kojoj će biti približno 20% artikala. To su materijali koji imaju najveće učešće u prodaji i generalno ih je malo. Sledećih 15% vrednosti potrošnje odrediće artikle koji se kvalifikuju za grupu B.

Preostali artikli će činiti grupu C – najbrojniju. Ovaj asortiman samo malim delom doprinosi ukupnoj vrednosti prodaje (Cyplik i Hadaś, 2012; Chu i dr., 2008). Međutim, treba napomenuti da je takva podela konvencionalna i da se, zavisno od radnih uslova i dobijenih rezultata, usvajaju različite granice za odvajanje grupa proizvoda. Klasičan oblik količinsko-vrednosnih odnosa koji je u skladu s Paretovim načelom prikazan je na slici 9.3.



Slika 9. 3. Kriva ABC analize

Izvor: sopstvena studija

XYZ analiza ima za cilj proceniti fluktuacije u potražnji ili potrošnji asortimana (Pandya i Thakkar, 2016). Fokusira se na kvantitativno kretanje dela zaliha (Aldulaime i Emar, 2020). XYZ analiza sprovodi se na zalihama, koje mogu značajno varirati u svakom mesecu za koji se analiza sprovodi jer na rezultate mogu uticati različiti spoljni faktori poput izgubljenih ili odloženih prodajnih narudžbina i isporuka (Dhoka i Choudary, 2013).

Osnova za podelu prema XYZ klasifikaciji je priroda potrošnje – prodaje (Cyplik i Hadaś, 2012) :

- artikli koji se koriste u velikim količinama, masovnog karaktera – grupa X,
- artikli srednje potrošnje (količinski) – grupa Y,
- artikli koji se koriste samo povremeno, pojedinačno – grupa Z.

Podela na grupe XYZ takođe je povezana s kriterijumima redovnost potražnje i tačnost predviđanja. Prema ovakvom shvatanju (Krzyżaniak i Cyplik, 2008):



- grupa X uključuje artikle koji se konzumiraju u velikim količinama, a karakteriše ih redovna potražnja, s malim fluktuacijama, s visokom tačnošću predviđanja,
- grupa Y su artikli s nižom kvantitativnom potražnjom, sa sezonskim fluktuacijama potražnje ili pokazuju jasan trend potražnje, za koje su prognoze prosečne tačnosti,
- grupa Z uključuje stavke koje se sporo kreću s neredovnom potražnjom i niskom tačnošću predviđanja potražnje.



Koraci uključeni u sprovođenje XYZ analize su sledeći (Dhoka i Choudary, 2013):

- [1] Izračunavanje zbira kvadrata,
- [2] Izračunavanje standardne devijacije,
- [3] Izračunavanje koeficijenta varijacije,
- [4] Uspostavljanje podele na grupe X, Y i Z



Formula koja se koristi u Excelu:

- [1] Izračunavanje zbira kvadrata: $\text{=SUM}(([\text{raspon ćelija}] - \text{AVERAGE}([\text{raspon ćelija}])^2)$
- [2] Izračunavanje standardne devijacije: $\text{=STDEV.S}([\text{raspon ćelija}])$
- [3] Izračunavanje CV-a kao odnos standardne devijacije i srednje vrednosti, izražen kao procenat, izračunava se iz formule:
 $\text{=(STDEV.S}([\text{raspon ćelija}]) / \text{PROSEK}([\text{raspon ćelija}])) * 100$

U analizi XYZ, artikli klasifikovani kao X imaju konzistentnu, predvidivu potražnju, što omogućava lakše planiranje i smanjenje sigurnosnih zaliha. Y artikli su umereno predvidivi i zahtevaju fleksibilniji pristup upravljanju zalihama, dok su Z artikli najmanje predvidivi i mogu zahtevati najveće sigurnosne zalihe.



Sprovođenje kombinovane **ABZ/XYZ analize** omogućava podelu razmatranog asortimana u 9 grupa za koje se mogu preduzimati različita rešenja u vezi s održavanjem i obnavljanjem zaliha (Krzyżaniak i Cyplik, 2008). Karakteristike ovih grupa prikazane su u tabeli 9.1.

Polje u matrici je kombinacija ABC i XYZ analize. Rapodela asortimana prema dve dimenzije omogućava usvajanje dobre strategije upravljanja zalihama i njihovu bolju kontrolu (Pandya i Thakkar, 2016). Na primer, iz tabele je moguće uočiti:

- potencijal racionalizacije za grupe AX, BX i AY,
- složenost kontrole za grupe AY, AZ i BZ.

Tabela 9. 1. Pristup 9 grupa na osnovu ABC-XYZ

	A	B	C
X	Visoka vrednost prometa robe, visoka tačnost prognoze potražnje	Prosečna vrednost prometa roba, visoka tačnost prognoze potražnje	Niska vrednost prometa roba, visoka tačnost prognoze potražnje
Y	Visoka vrednost prometa robe, prosečna tačnost prognoze potražnje	Prosečna vrednost prometa robe, prosečna tačnost prognoze potražnje	Niska vrednost prometa robe, prosečna tačnost prognoze potražnje
Z	Visoka vrednost prometa robe, nedostatak tačnosti prognoze potražnje	Prosečna vrednost prometa robe, nedostatak tačnosti prognoze potražnje	Niska vrednost prometa robe, nedostatak tačnosti prognoze potražnje

Izvor: (Pandya i Thakkar, 2016).

Klasifikacija ABC/XYZ, zajedno s određivanjem verovatnoće nivoa usluge ili stope popunjavanja potražnje predstavlja ključne elemente za razvoj efikasnog modela popunjavanja zaliha. Ove metode omogućavaju identifikaciju i određivanje prioriteta zaliha na osnovu njihove vrednosti i predvidivosti potražnje, što je bitno za optimizaciju procesa naručivanja i upravljanja skladištem. Posledično, omogućavaju fokusiraniji i efikasniji pristup upravljanju zalihama, povećavajući operativnu i finansijsku efikasnost preduzeća.

Za klasifikaciju zaliha radi boljeg upravljanja i optimizacije lanaca snabdevanja, osim ABC i XYZ metoda, takođe se može koristiti sledeće (Mitra i dr., 2015; Pandya i Thakkar, 2016; Sirisha i Kalyan, 2022):



- HML – klasifikacija na osnovu jedinične cene proizvoda, gde H (engl. *High*) označava proizvode s visokom jediničnom cenom, M (engl. *Medium*) sa srednjom, a L (engl. *Low*) s niskom,
- VED – klasifikacija bazirana na kritičnosti proizvoda, gde V (engl. *Vital*) označava nezamenjive proizvode, E (engl. *Essential*) važne, a D (engl. *Desirable*) poželjne,
- GOLF – klasifikacija prema učestalosti korišćenja i lokaciji, gde *General* označava opšte proizvode, *Occasional* – povremene, *Local* – lokalne i *Fast-moving* – brzo obrtne,
- SDE – klasifikacija bazirana na dostupnosti proizvoda, gde *Scarce* označava retke proizvode, *Difficult* proizvode koji se teško nabavljaju, a *Easy* one koji se lako nabavljaju,
- FSN – klasifikacija na osnovu brzine obrta, gde *Fast* označava brzo obrtne proizvode, *Slow* sporo obrtne, a *Non-moving* nerotirajuće,
- SOS – klasifikacija na osnovu cikličnosti potražnje za određenim proizvodom: sezonski proizvodi imaju veliku potražnju u određenoj sezoni ili vremenskom periodu; vansezonski – imaju ravnomernu potražnju tokom cele godine ili njihova potražnja raste u periodima koji se ne smatraju vrhuncem sezone za kategoriju proizvoda.

Pitanja poglavlja

1. Šta je verovatnoća nivoa korisničke usluge?
2. Koji su osnovni modeli logističke popune?
3. Koja je glavna pretpostavka Paretovog načela?



LITERATURA

- Al-Dulaime, W., & Emar, W. (2020). Analysis of Inventory Management of Laptops Spare Parts by Using XYZ Techniques and EOQ Model–A Case Study. *Journal of Electronic Systems*. 10(1).
- Bowersox, D. & Closs, D.J. (1996). *Logistical Management: The Integrated Supply Chain Process*, 4th ed., McGraw-Hill, New York, NY.
- Bril, J., & Łukasik, Z. (2013). Metody zarządzania zapasami. *Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe*, 14(3), 59-67.
- Brunaud, B., Laínez-Aguirre, J. M., Pinto, J. M., & Grossmann, I. E. (2019). Inventory policies and safety stock optimization for supply chain planning. *AIChE journal*, 65(1), 99-112.
- Chu, C. W., Liang, G. S., & Liao, C. T. (2008). Controlling inventory by combining ABC analysis and fuzzy classification. *Computers & Industrial Engineering*, 55(4), 841-851.
- Cyplik, P. (2005). Zastosowanie klasycznych metod zarządzania zapasami do optymalizacji zapasów magazynowych–case study. *LogForum*, 1(3), 4.
- Cyplik, P., & Hadaś, Ł. (2012). *Zarządzanie zapasami w łańcuchu dostaw*. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej.
- Dhoka, D. K., & Choudary, Y. L. (2013). XYZ inventory classification & challenges. *IOSR Journal of Economics and Finance*, 2(2), 23-26.
- Fertsch, M. (ed.) (2006). *Słownik terminologii logistycznej*. ILiM. Poznań.
- Hachuła, P., & Schmeidel, E. (2016). The Model of Demand and Inventory in a Decline Phase of the Product Life Cycle. *Folia Oeconomica Stetinensia*, 16(1), 208-221.
- Jain, N., & Tan, T. F. (2022). M-commerce, sales concentration, and inventory management. *Manufacturing & Service Operations Management*, 24(4), 2256-2273.
- Krzyżaniak, S. (2016). Próba uogólnienia formuły na obliczanie zapasu zabezpieczającego dla klasycznych metod odnawiania zapasu. *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Seria Organizacja i Zarządzanie*. No. 99, 245-259.



- Krzyżaniak, S., & Cyplik, P. (2008). Zapasy i magazynowanie: podręcznik do kształcenia w zawodzie technik logistyk. T. 1, Zapasy. Instytut Logistyki i Magazynowania.
- Matusiak, M. (2022). Logistyka zaopatrzenia. Skrypt akademicki. Część 1 Wykład. Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego.
- Mitra, S., Reddy, M. S., & Prince, K. (2015). Inventory control using FSN analysis—a case study on a manufacturing industry. *International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology*, 2(4), 322-325.
- Niemczyk, A., Cudziło, M., Kolińska, K., Fajfer, P., Koliński, A., Pawlak, R., Sobótka, J. (2011). Podręcznik dla nauczycieli do laboratorium spedycyjno – logistycznego i magazynowego. T.II. Wyższa Szkoła Logistyki. Poznań 2011.
- Pandya, B., & Thakkar, H. (2016). A review on inventory management control techniques: ABC-XYZ analysis. *REST Journal on Emerging trends in Modelling and Manufacturing*, 2(3).
- Papiernik-Wojdera, M., & Sikora, S. (2022). Ocena logistycznej obsługi klienta w przedsiębiorstwie Cargonet sp. z o. o. [in] ed. Fajczak-Kowalska A. Problemy i wyzwania współczesnej logistyki. Wydawnictwo Rys. Poznań.
- Placencia, I. A., Partida, D. S., Olivos, P. C., & Flores, J. M. (2020). Inventory management practices during COVID 19 pandemic to maintain liquidity increasing customer service level in an industrial products company in Mexico. *Advances in Science, Technology and Engineering Systems*, 5(6), 613-626.
- Powell Robinson, E. & Satterfield, R.K. (1990). Customer Service: Implications for Distribution System Design. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Mngmnt*, 20(4), 22–30.
- Selivanova, N., Bublich, S., & Popko, Y. (2018). Features of formation of the accounting policy of the enterprise in a part of accounting of manufacturing reserves. *Економіка: реалії часу*, 5(39), 89-96.
- Sirisha, T., & Kalyan, D. N. B. (2022). Inventory management pattern of manufacturing sector in India. Available at SSRN 4165201.
- Skowronek, Cz., Sarjusz-Wolski, Z. (2012). Logistyka w przedsiębiorstwie. PWE. Warszawa.



Śliwczyński, B. (2007). Controlling w zarządzaniu logistyką: Controlling operacyjny, controlling procesów, controlling zasobów. Wyższa Szkoła Logistyki.

Śliwczyński, B. (2008). Planowanie logistyczne: podręcznik do kształcenia w zawodzie technik logistyk. Instytut Logistyki i Magazynowania.

Song, J. S., Van Houtum, G. J., & Van Mieghem, J. A. (2020). Capacity and inventory management: Review, trends, and projections. *Manufacturing & Service Operations Management*, 22(1), 36-46.

Strojny, S. (2008). Przesłanki standaryzacji interpersonalnej obsługi klienta. *LogForum*, 4(1), 1-8.

Tanwari, A., Lakhiar, A. Q., & Shaikh, G. Y. (2000). ABC analysis as a inventory control technique. *Quaid-E-Awam University research journal of engineering, science and technology*, 1(1).

Wild, T. (2017). *Best practice in inventory management*. Routledge.



10.OPTIMIZACIJA TRANSPORTA



Ovo poglavlje posvećeno je najvažnijim pitanjima vezanim za optimizaciju transporta. Uključuje:

- osnovne definicije transportnog sistema,
- prirodu i važnost optimizacije transportnog sistema,
- opis primene transportne problematike u praksi.

10.1. Uvod

U fazi distribucije dominantnu ulogu imaju procesi transporta i špedicije. Važno je napomenuti da njihov sve veći značaj generiše potrebu za inovacijama u organizaciji kretanja tereta korišćenjem odgovarajuće odabranih transportnih sredstava i načina transporta (Krawczyk, 2001). Stoga se traže metode i alati koji će dati precizne odgovore na ključna pitanja vezana za procese transporta i špedicije. Neko se može zapitati jesu li potrebne promene i, ako jesu, kako će se to odraziti na finansijske rezultate? Izazov, ali i potreba savremenog preduzeća je da spoji ekonomske koristi održavanja visokog kvaliteta usluge kupcima sa smanjenjem troškova transporta, što je takođe funkcija usluge kupcima. Pri tome pitanje minimiziranja troškova dobija stratešku dimenziju (Christopher, 2000).

Transport spada u područje proizvodnje materijalnih usluga, obavlja transport ljudi i robe, osigurava distribuciju i snabdevanje sirovinama, industrijskim i proizvodima poljoprivrede svih regiona sveta. Glavni zadatak transporta je potpuno i pravovremeno zadovoljiti prometne potrebe nacionalne privrede i stanovništva, povećati efikasnost i kvalitet transportne mreže. S obzirom na vodeću ulogu transporta u tržišnoj privredi, upravljanje transportom izdvojeno je u zasebno područje koje se naziva transportna logistika. Transportna logistika uključuje niz elemenata, a glavni su (Yahiaoui, 2019; Vakulenko i Evreenova, 2019):

- tereti,
- konsolidaciona mesta (stanice),
- transportna čvorišta (hubovi),



- transportna mreža,
- vozni park,
- oprema za rukovanje,
- učesnici logističkog procesa,
- transportni kontejneri,
- pakovanje.

Glavne rezerve za unapređenje transportno-logističkog procesa leže u racionalnoj organizaciji međudelovanja učesnika u lancu snabdevanja, koordinaciji njihovih interesa i traženju obostrano korisnih i odgovarajućih rešenja. Napredak u informacionim tehnologijama može značajno poboljšati efikasnost transportne logistike, a informacije i informatička podrška imaju zasluženo mesto među ključnim logističkim funkcijama (Liu, Zhang i Wang, 2018; Sun, i dr., 2019).

Razvoj informacionih tehnologija doprineo je povećanju učinkovitosti transporta. Korišćenjem najnovijih informacionih tehnologija moguće je automatizovati sve informatičke aktivnosti transportnih kompanija koje su uključene u procese organizacije teretnog transporta. Automatizacija transportne logistike omogućava povećanu efikasnost i optimizaciju transporta. Uvođenjem automatizovanih sistema za rutiranje, naplatu i planiranje u transportnim preduzećima, transportna logistika doseže novi nivo (Dekhtyaruk, i dr. 2021).

10.2. Priroda i značaj optimizacije transportnog sistema

Istraživanje i rad na optimizaciji transportnog sistema povezan je s važnim pitanjima transportne politike i igra važnu ulogu u razvoju teorije ekonomije prometa. Ekonomska transportna praksa podstiče rad na optimizaciji i istraživanju, ukazujući na najrelevantnija pitanja koja treba rešiti, kao i određujući opseg i smerove metodoloških istraživanja. S druge strane, tema optimizacije transportnog sistema inspirisala je istraživače da implementiraju dostignuća teorije sistema i kibernetike za rešavanje ekonomskih transportnih problema. To je doprinelo povoljnom razvoju metodologije naučnog istraživanja, kao i podsticanje interesa za aspekte transportne ekonomije metodološke prirode (De Maio i Vitetta, 2015).

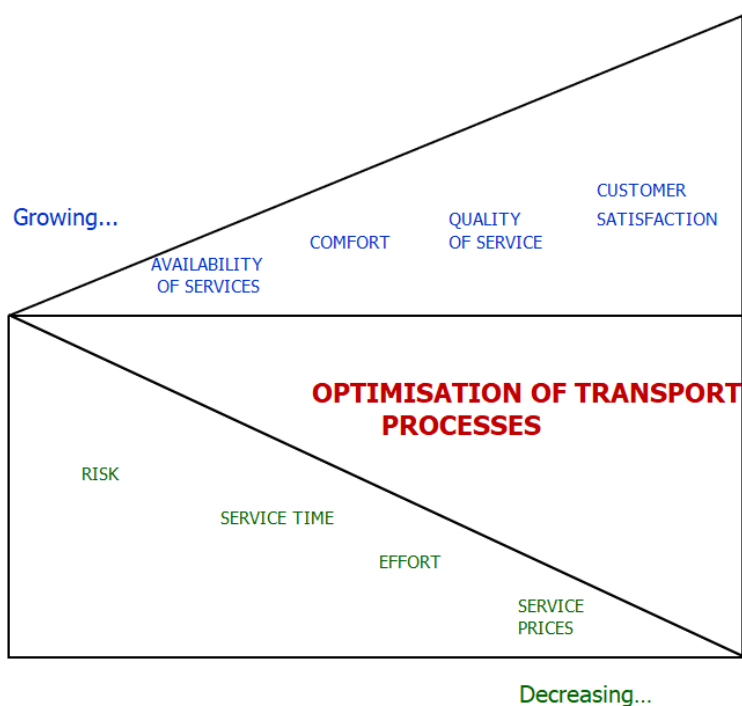


Pod optimalnim transportnim sistemom podrazumeva se sistem koji u potpunosti i pravilno osigurava uslugu postojećih transportnih potreba (volumen, vrste, prostorna disperzija) uz najmanji utrošak društvenog rada i racionalno korišćenje svojstava i karakteristika (tehničkih, operativnih i ekonomskih) pojedinih vrsta transporta. Idejom ove definicije prihvaćene u literaturi, pitanje optimizacije transportnog sistema svodi se na celovito i pravilno servisiranje transportnih potreba uz kriterijum minimiziranja inputa društvenog rada (Wong, i dr., 2016).

Optimizacija u transportu je veoma širok pojam koji obuhvata različite procese. Njihov cilj je da se poboljša položaj strana uključenih u transport (pošiljaoca, primaoca, zaposlenih). U literaturi se najčešće mogu naći segmenti koji se odnose na optimizaciju i špediciju. Uglavnom se radi o smanjenju troškova transporta i dostave. Međutim, u praksi se radi o višekriterijskim pitanjima. Relevantni su i manje uobičajeni kriterijumi, među kojima se mogu navesti udobnost, ekologija, kvalitet transportnih usluga, zadovoljstvo korisnika, pa čak i istrošenost saobraćajnica. Troškovi i vreme su, međutim, dominantni faktori. Logističke procese treba posmatrati iz strateške, ali i operativne perspektive. Strateška perspektiva odnosi se na dugoročno planiranje i osmišljavanje vizije preduzeća. Operativna perspektiva bavi se trenutnom situacijom. Ovi aspekti optimizacije trebali bi biti međusobno povezani, kao i podržani od strane različitih sistema upravljanja logistikom. Tema optimizacije transporta, čak i ako je ograničena na minimiziranje troškova, uključuje čitav niz aktivnosti koje se tiču celokupnog lanca snabdevanja. Najvažnije je stvaranje učinkovite distributivne mreže, koja se odnosi na identifikaciju lokacije kupaca i njihovih potreba, koje se potencijalno menjaju tokom vremena, kao i optimalne lokacije distributivnih centara, distributivnih terminala i skladišta. Takođe je važno odabrati pravi vozni park (veličina vozila, raspodela na sopstveni i eksterni vozni park, kapaciteti i oprema vozila kao što su podizne rampe, dizalice, rashladni uređaji, tovarni prostor), jer neadekvatan vozni park može značajno smanjiti potencijal transportne kompanije. Proces optimizacije transporta takođe treba da analizira različite scenarije toka proizvoda, kao i globalnu identifikaciju uskih grla i faktora koji smanjuju profit za kompaniju (www_10.1).

Prednosti pravilno sprovedenog procesa optimizacije su povećana sigurnost, bolji kvalitet usluge i veća dostupnost roba i usluga. Integracija sistema i primena unapred definisanih standarda, zajedno s veštim izborom tehnika optimizacije, pomaže nacionalnom i

regionalnom transportu, a takođe doprinosi povećanju konkurentnosti preduzeća. Najvažnije prednosti optimizacije, kada se pravilno sprovede, ilustrovane su na slici 10.1, koja prikazuje promene koje nastaju implementacijom procesa optimizacije.



Slika 10. 1. Promene koje proizlaze iz optimizacije transportnih procesa

Izvor: (Zajdel i Filipowicz, 2008)

Može se spomenuti nekoliko problema optimizacije. Najvažniji od njih u grupii malih pošiljaka su:

- izbor između indirektnog i direktnog prevoznika,
- planiranje distributivnog potencijala,
- razmotriti lokalnu distribuciju.

Prihvatanje transportnih naloga uvek postavlja pitanje izbora između direktnih dobavljača i korišćenja distributivne mreže. Donošenje odluke o transportu pošiljke zavisi od terminala i troškova dostave. Ovaj problem odnosi se na dimenzije pošiljke. Velika pošiljka i velika udaljenost dostave podstiču vas da odaberete direktan transport. Ako se radi o jednoj pošiljci, problem postaje lako rešiv jer je dovoljno uporediti troškove transporta pomoću terminalskog sistema. No, treba imati na umu da se spajanjem pošiljke s drugim artiklima



smanjuju troškovi indirektnog transporta. Projektovanje distributivne mreže za male pošiljke strateško je pitanje. Ukupni trošak sistema može se izračunati pomoću sledeće formule (Milewski, 2011):

$$K_{CSD} = \sum_{j=1}^n K_{d-o_j} + K_{T_j} + K_{P_j},$$

gde:

K_{CSD} – ukupni trošak distributivnog sistema,

K_{d-o_j} – troškovi transporta i zbrinjavanja i -tog terminala,

K_{T_j} – terminalni troškovi i -tog terminala,

K_{P_j} – troškovi linijskog transporta i -tog terminala,

n – broj terminala.

Operativni problem je planiranje ruta transporta paketa u okviru strateških dogovora. Ukupni trošak transporta pošiljaka duž određene rute može se izraziti pomoću formule ispod (Milewski, 2011.) :

$$K_{CDL} = \sum_{k=1}^o K_{i,k} * d_k,$$

gde:

K_{CDL} – ukupni trošak lokalne distribucije,

$K_{i,k}$ – trošak transporta (isporuka ili distribucija) pošiljaka na relaciji k ,

d_k – dužina rute k ,

o – broj ruta.

Glavni cilj optimizacionih metoda i modela je rešavanje problema. Kriterijum optimizacije obično je najkraće moguće vreme transporta ili najkraći put. Ovaj pristup je dovoljan pod pretpostavkom da ukupni trošak direktno zavisi od dužine ruta. Stoga rutu treba odabrati tako da bude "što kraća ili da vreme putovanja njome bude što kraće". Ovde treba obratiti pažnju na model optimizacije transportnog makrosistema (Milewski, 2011). Njegov zadatak je razviti odgovarajući broj pokazatelja i mera potrebnih u procesu racionalnog upravljanja transportom tokom sprovođenja logističkih operativnih aktivnosti. Što model preciznije odražava testiranu stvarnost, to su mogućnosti upravljanja učinkovitije. Zavisno od

sličnosti, optimizacioni model može se koristiti za direktnu izradu poslovne strategije u sektoru transportnih usluga. Optimizacioni model transportnog sistema pruža metode i naučne alate za upravljanje transportnim sistemom. Može se napisati u obliku sledećeg izraza (Ficoń, 2010).

$$MDE_{ST} = \langle Z_{ST}, P_{ST}(t) \parallel G_{ST}, F_{ST}, H_{ST} \rangle \xrightarrow{\max STO_{ST}} \min S_{ST},$$

gde:

Z_{ST} – skup operativnih (logističkih) resursa ST sistema,

P_{ST} – skup operativnih (logističkih) procesa ST sistema,

G_{ST} – skup ograničenja i graničnih uslova ST sistema,

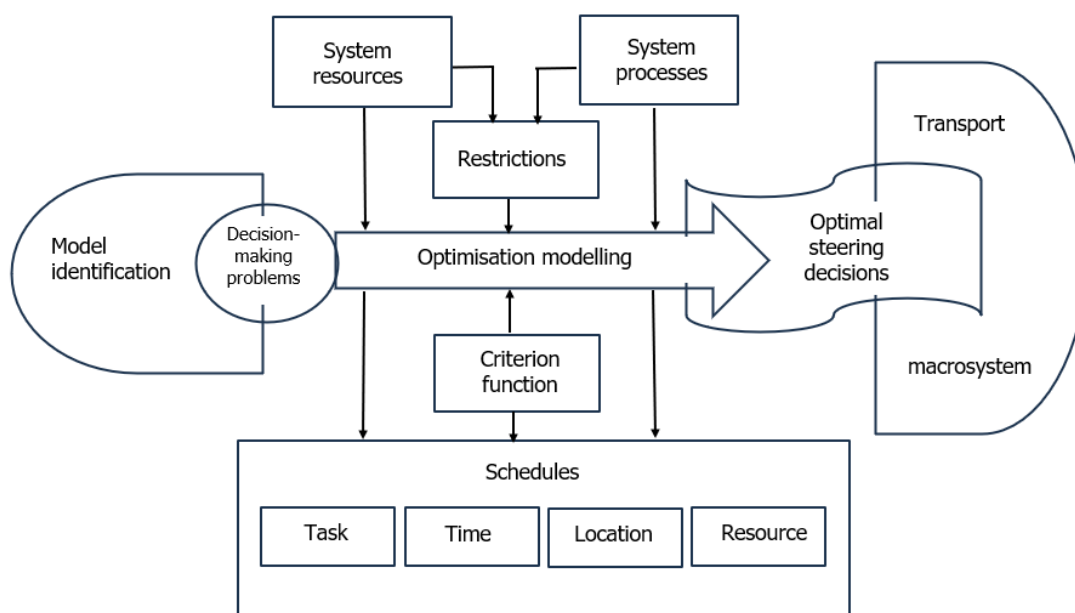
F_{ST} – funkcija kriterijuma rada ST sistema,

H_{ST} – skup prihvatljivih rasporeda rada za ST sistem,

S_{ST} – globalni troškovi funkcionisanja transportnog makrosistema ST ,

STO – standardi logističke usluge kupcima u transportnom sektoru.

Koncept optimizacionog modeliranja transportnog sistema prikazan je na slici 10.2.



Slika 10. 2. Koncept optimizacionog modeliranja transportnog sistema

Izvor: (Ficoń, 2010)



Naravno, postoje i drugi modeli koji pomažu u rešavanju problema optimizacije u transportu. Postoji mnogo više problema optimizacije transporta. Među njima postoje razlike zavisno od kompanije, njene veličine i proizvoda koji su joj na raspolaganju.

10.3. Problemi optimizacije transporta u praksi

Jedna od osnovnih komponenti optimizacije transporta je **optimizacija rute**. To uključuje dizajniranje ruta za vozila koja se koriste za transport robe kako bi se optimizirali profit i usluga korisnicima. Za preduzeće to obično znači smanjenje troškova i vremena transporta, dok za kupce to znači niže troškove i isporuku na vreme. Ti ciljevi se postižu minimiziranjem pređene udaljenosti, mogućnošću prilagođavanja rasporeda transporta promenljivim uslovima i novim situacijama tokom vremena, sinhronizacijom transporta sa skladišnim procesima kao i mogućnošću česte i brze optimizacije kako bi se ažurirao trenutni plan. Iako je najčešći cilj u transportnim zadacima svesti troškove transporta na minimum ili minimizirati udaljenosti, u slučaju transporta proizvoda, uglavnom prehrambenih, koji mogu brzo zastareti, koji brzo gube upotrebna svojstva ili onih koji se isporučuju po principu just-in-time, zbog ograničenih skladišnih kapaciteta ili prevelikih troškova skladištenja u prostorijama primaoca, ili kasnih isporuka od strane prethodnih karika u lancu snabdevanja, prioritetni cilj je smanjiti vreme isporuke za sve isporuke. Kraći rokovi isporuke omogućavaju ispunjavanje očekivanja kupaca u pogledu rokova isporuke, kao i očuvanje upotrebne vrednosti transportovanih proizvoda, čime se mogu nadoknaditi troškovi koji proizlaze iz angažmana transportnih sredstava. U gore navedenim slučajevima, najvažnije razmatranje je stoga smanjenje najdužeg vremena transporta u datom sistemu isporuke, tj. izračunavanje najkraćeg vremena za koje bi isporuke mogle biti dovršene (Gaspars-Wieloch, 2011).

Iz IT perspektive, optimizacija rute u transportu i logistici usko je povezana s **problemom trgovačkog putnika** (TSP) i problemom rutiranja (VRP, *Vehicle Routing Problem*). Problem trgovačkog putnika je klasični kombinatorni optimizacioni problem, koji uključuje planiranje najkraće i najjeftinije transportne rute, koja prolazi kroz n specificiranih tačaka otpreme i prijema, sa zadatim troškovima putovanja između svakog para tačaka. VRP problem je generalizacija TSP problema. U njemu je moguće imati više putnika (više vozila),



uz mogućnost povratka u bazu više puta pre nego što se stigne na svih n lokacija. I za TSP i za VRP problem postoje mnoge generalizacije i dodatna praktična ograničenja, koja mogu uključivati vremenske prozore, sekvencijalna ograničenja posećenih lokacija, različite sposobnosti vozila i vozača ili ograničenja kapaciteta, koja su korisna za dostavu i preuzimanje (www_10.2).

Kako bi se rešio zadatak TSP-a, potrebno je specificirati: nivo zaliha proizvoda na svakoj tački otpreme, obim potražnje na svakoj tački prijema, kao i troškove transporta od svake tačke otpreme do svake tačke prijema (Vinichenko, 2009). Ako se radi samo o jednom proizvodu, tada se potražnja otpremnih tačaka može realizovati s jedne ili više otpremnih tačaka. Namera takvog plana je izračunati količinu proizvoda isporučenih sa svake otpremne tačke do svake tačke prijema kako bi se ukupni troškovi transporta sveli na minimum (Stachurski i Wierzbicki, 2001).

Ako je trošak putovanja direktno proporcionalan prevezenoj količini, radi se o linearnom transportnom zadatku. U suprotnom, ako ovaj uslov nije ispunjen, transportni zadatak postaje nelinearni zadatak. Jedna od najpopularnijih metoda optimizacije je linearno programiranje (Silaen, i dr., 2019; Gass, 2013). Najveća korisnost ove metode uočena je pri kreiranju mreže objekata, pri čemu su ograničavajući uslovi za model veličina potražnje i ponude za proizvodne pogone, distributivne centre ili pojedina tržišta. S datom ciljnom funkcijom, uz pretpostavku, na primer, smanjenja ukupnih troškova, linearno programiranje pomaže u stvaranju optimalnog obrasca lociranja objekata koji uzima u obzir ograničenja potražnje i ponude. Iako je metoda linearnog programiranja prilično praktična, postoje ograničenja u njenoj uporabi, budući da problem koji se njome rešava mora biti formulisan deterministički, kao i da problem mora biti podvrgnut linearnoj aproksimaciji. Osim toga, fiksni i varijabilni operativni troškovi logističkih objekata ne mogu se uzeti u obzir u linearnom programiranju (Coyle i dr., 2002).

Postoji veliki broj naučnih radova o teoriji i praksi organizovanja optimalnog transportnog sistema korišćenjem različitih modela i metoda. Publikacije (Lai i Bierlaire, 2015; De Maio i Vitetta, 2015; Manley, Orr i Cheng, 2015; Vitetta, 2016) predstavljaju studije optimizacije rute prema kriterijumu minimalnog vremena isporuke.



U radovima (Hess, i dr., 2015; Nyrkov, Sokolov i Belousov, 2015) korišćene su metode bazirane na alternativnom uzorkovanju za određivanje optimalne rute. Nasuprot tome, autori publikacija (Zhilenkov, Nyrkov, i Cherniy, 2015; Omelianenko, i dr., 2019; Tomashevskiy, 2007; Cheng i Wu, 2020; Zaychenko, 2014) koristili su metode modeliranja ruta bazirane na fazi logici za transportne sisteme. U publikacijama (Shang, i dr., 2020; Shramenko i Shramenko, 2019) autori su, kako bi planirali optimalnu rutu, koristili heurističke modele, dok je u radovima (Maleev, i dr., 2019,; Skvortsov, Pshonkin i Luk'yanov, 2018,) bio opisan kvantni model za određivanje optimalne rute u transportnim sistemima.

Rezultati modeliranja izbora optimalnih ruta korišćenjem podataka **Global Positioning System** (GPS) usmereni na kamione na dugim relacijama, mogu se videti u publikacijama (Khripach, i dr., 2018; Navrodska, i dr., 2019; Fialko, i dr., 2020).

U nastavku su detaljno prikazani pojedini koraci u rešavanju transportnog zadatka na praktičnom primeru transportnog problema s vremenskim kriterijumom optimizacije snabdevanja lanca supermarketa, koji je opisan u radu (Gaspars-Wieloch, 2011).

Karakterisanje problema transportnog problema s vremenskim kriterijumom optimizacije snabdevanja lanca supermarketa

U opisanom problemu optimizacije transporta razmatra se lanac supermarketa raspoređen u različitim delovima zemlje. Za svaku nedelju uvodi se novi asortiman robe koji se, uz stalni asortiman koji uključuje namirnice, drogerijske proizvode, prodaje kupcima samo šest dana od ponedjeljka do subote ili do isteka zaliha. Nedeljna ponuda između ostalog uključuje belu tehniku, proizvode od papira, odeću, igračke, alate ili predmete za vrtlarstvo. Često je ponuda proizvoda prilagođena godišnjem dobu i praznicima kao što su Božić, Uskrs itd. Nedeljne ponude određuju se dosta unapred, a proizvodi koje pokrivaju nalaze se u veleprodajama širom zemlje. Zavisno od mogućnosti koje dobavljači imaju na raspolaganju, različite vrste robe dostavljaju se veletrgovcima nedelja dana unapred različitim danima (uključujući subotu ujutro) pre nego što krenu u prodaju. Veletrgovci su dužni da pripreme komplete proizvoda za svaku prodavnicu. Primer kompleta može uključivati 20 salveta, 30 televizora, 40 kanti, 20 pari japanki, 30 lonaca, 20 plišanih medvedića, 30 pari pantalona, 60 krema za ruke, 50 lopti i 40 beležnica.



Budući da kompleti možda neće biti dovršeni do kraja nedelje, a zbog nedovoljnog skladišnog prostora u supermarketima, kompanija želi isporučiti nedeljni asortiman svim prodavnicama u noći s nedjelje na ponedjeljak i rasporediti ih po policama bez odlaganja.

Svaki kamion koji napusti skladište odmah dostavlja komplete proizvoda u nekoliko ili čak desetak supermarketata, formirajući sektor. Supermarketi u sektoru nalaze se prilično blizu jedan drugome (npr. u istom gradu). Vreme potrebno za snabdevanje sektora zavisi od kog veletrgovca je vozilo preusmereno u njega. Ključni cilj kompanije je minimizirati najduže vreme isporuke.

Matematički model transportnog zadatka

Opšti oblik modela koji opisuje zatvoreni transportni problem s vremenskim kriterijumom može se prikazati na sledeći način (Gaspars-Wieloch, 2011):

$$\max_{x_{ij} > 0} \{t_{ij}\} \rightarrow \min \quad (1)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i \quad (i = 1, \dots, m) \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j \quad (j = 1, \dots, n) \quad (3)$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j \quad (5),$$

gde:

x_{ij} – količina robe transportovana od i -tog dobavljača do j -tog kupca,

t_{ij} – vreme transporta robe od i -tog dobavljača do j -tog primaoca,

n – broj primaoca,

m – broj dobavljača,

a_i – snabdevanje i -tog dobavljača,

b_j – j -ti zahtev kupca.



Kada ne postoji jednakost između ukupne ponude i ukupne potražnje, poslednja formula (5) se ne uzima u obzir i uslovi ponude (2) ili uslovi potražnje (3) pretvaraju se u nejednakosti. Gore opisani matematički model primenjiv je na okolnosti u kojima donosilac odluke ne uzima u obzir druga razmatranja, kao što je nedovoljna količina vozila za snabdevanje, potreban minimalni nivo zadovoljenja potražnje ili razlika u prirodi vremena transporta i vremena istovara.

U naučnim radovima (Sikora, 2008) prikazan je algoritam za rešavanje prethodno opisanog transportnog problema. Dalji koraci toka radnje prema navedenom algoritmu navedeni su u nastavku (Gaspars-Wieloch, 2011.) :

1. Prvi korak je određivanje dopuštene bazne jednačine pomoću metode minimalnog elementa matrice, poznate kao MEM metoda na osnovu tabele vremena.
2. u drugom koraku važno je odrediti maksimalno vreme isporuke (T^k) za određeno rešenje na osnovu formule (6):

$$T^k = \max_{x_{ij} > 0} \{t_{ij}\}, \quad (6)$$

gde:

T^k – maksimalno vreme isporuke u k-toj iteraciji.

3. tabela troškova (c_{ij}) za k -to rešenje mora se prikazati prema formuli (7):

$$c_{ij}^k = \left\{ \begin{array}{ll} 0 & t_{ij} < T^k \\ 1 & t_{ij} = T^k \\ 10 & t_{ij} > T^k \end{array} \right\} \quad \text{if} \quad (7)$$

4. Sledeći korak je provera optimalnosti rešenja na osnovu tabele troškova. U slučaju nenegativnosti kriterijuma optimalnosti (Δ_{ij}) za sve osnovne rute, postupak se završava u ovoj fazi. Ako su kriterijumi optimalnosti negativni, sledite korake u petom koraku.

$$\Delta_{ij}^k = c_{ij}^k - \alpha_i^k - \beta_j^k, \quad (8)$$

gde:



α_i^k, β_j^k – dualne varijable, tj. potencijali u k -toj iteraciji.

5. prihvatljivo osnovno rešenje treba ponovo odrediti, uzimajući u obzir najnegativniji kriterijum optimalnosti, a zatim se vratiti na drugi korak.

Gore navedeni algoritam bazira se na tzv. metodi potencijala, koja je opisana u mnogim publikacijama, npr. (Leonard, 1997). Ako postoje druge pretpostavke u konkretnom problemu odlučivanja, a koje se odnose na ograničeni kapacitet pakiranja transportnog sredstva, tada bi se razmatrani postupak dodatno trebao pozivati na načela koja su usvojena tokom postupka za transportni zadatak s ograničenim kapacitetom rute (Codeca i Cahill, 2022; Sanz i Escobar Gomez, 2013).

Algoritam se može koristiti kao procedura pri ručnom rešavanju zadataka s malim brojem dobavljača i kupaca. Za probleme veće složenosti preporučuje se algoritam izrađen korišćenjem odgovarajućeg programskog jezika.

Druga opcija za prikazani postupak može biti razvijeni optimizacioni informatički alat, primer je Solver, uključen u Microsoft Excel. Međutim, treba uzeti u obzir da verzija Solvera ima uticaj na vrstu zadataka koji se mogu rešiti. Sa svakom novijom verzijom nudi se više mogućnosti u smislu broja uslova ili varijabli u zadatku, vremena potrebnog za rešavanje problema i vrste funkcija koje se koriste. U standardnoj verziji Solvera ne može se koristiti funkcija „if“, „max{ }“ ili „min{ }“. U matematičkom modelu, opisanom formulama (1)-(5), pojavljuje se funkcija „max“ pa se čini da se zadatak ne može rešiti standardnom verzijom Solvera. Kako bi se izvršila izračunavanja, u nastavku se razmatra primer s određenim numeričkim podacima, za koji je formulisan odgovarajući matematički model. Primer se odnosi na lanac supermarketa koji se sastoji od tri veletrgovca, P (na jugu zemlje), Z (na zapadu zemlje) i PW (na severoistoku zemlje), i 50 prodavnica, podijeljenih u 8 diferenciranih sektora, označenih slovima (A, B, C, D, E, F, G i H). Na osnovu transportovanih proizvoda, svaki veletrgovac može sastaviti 18 kompleta. Potražnja za kompletima po sektoru je sledeća:

$Z_A = 6; Z_B = 7; Z_C = 9; Z_D = 6; Z_E = 8; Z_F = 5; Z_G = 4; Z_H = 5$, pri čemu je $\sum_{j=1}^8 50$.

Vreme koje je dostavnim vozilima potrebno da opsluže svaki sektor sastoji se od vremena putovanja od veletrgovca do sektora koje ne zavisi od broja prodavnica u sektoru,



kao i vremena istovara u samom sektoru koje zavisi od broja prodavnica, kao što je prikazano u tabelama 10.1 i 10.2. Pretpostavlja se da vreme transporta u sektoru, koje je u praksi određeno udaljenošću između prodavnica u sektoru, uzima u obzir vreme istovara asortimana u svakoj prodavnici. Cilj je minimalizirati vreme isporuke koje traje najduže.

Tabela 10. 1. Približno vreme putovanja (t_{ij}^p , u satima)

Sectors Wholesalers	A	B	C	D	E	F	G	H
P	9	6	3	3	6	9	12	7
Z	5	4	5	6	9	12	9	7
PW	8	5	11	5	3	3	4	3

Izvor: (Gaspars-Wieloch, 2011)

Tabela 10. 2. Prosečno vreme istovara jedinice (t_i^r , u satima)

Sectors	A	B	C	D	E	F	G	H
t_i^r	1/3	1/2	1/3	2/5	1/2	2/5	1/4	2/5

Izvor: (Gaspars-Wieloch, 2011)

Gore prikazani primer s numeričkim podacima ima nešto veći stepen složenosti od standardnog transportnog problema s vremenskim kriterijumom. Stoga je tačna notacija zadatka optimizacije koja se primjenjuje na posmatrani primer samo delomično slična opštem matematičkom modelu, kao što je ilustrovano formulama (9)-(21). Funkcija cilja za minimiziranje vremena isporuke može se napisati na sledeći način (Gaspars-Wieloch, H. u: Szymczak, M. (ur), 2011., str. 17-18) :

$$\begin{aligned} \max \{ & (9 \min \{x_{11}, 1\} + \frac{1}{3}x_{11}), (6 \min \{x_{12}, 1\} + \frac{1}{2}x_{12}), (3 \min \{x_{13}, 1\} + \frac{1}{3}x_{13}), (3 \min \{x_{14}, 1\} + \\ & + \frac{2}{5}x_{14}), (6 \min \{x_{15}, 1\} + \frac{1}{2}x_{15}), (9 \min \{x_{16}, 1\} + \frac{2}{5}x_{16}), (12 \min \{x_{17}, 1\} + \frac{1}{4}x_{17}), (7 \min \{x_{18}, 1\} \\ & + \frac{2}{5}x_{18}), (5 \min \{x_{21}, 1\} + \frac{1}{3}x_{21}), (4 \min \{x_{22}, 1\} + \frac{1}{2}x_{22}), (5 \min \{x_{23}, 1\} + \frac{1}{3}x_{23}), (6 \min \{x_{24}, 1\} \\ & + \frac{2}{5}x_{24}), (9 \min \{x_{25}, 1\} + \frac{1}{2}x_{25}), (12 \min \{x_{26}, 1\} + \frac{2}{5}x_{26}), (9 \min \{x_{27}, 1\} + \frac{1}{4}x_{27}), \end{aligned}$$



$$\left(7 \min\{x_{28}, 1\} + \frac{2}{5}x_{28}\right), \left(8 \min\{x_{31}, 1\} + \frac{1}{3}x_{31}\right), \left(5 \min\{x_{32}, 1\} + \frac{1}{2}x_{32}\right), \left(11 \min\{x_{33}, 1\} + \frac{1}{3}x_{33}\right), \left(5 \min\{x_{34}, 1\} + \frac{2}{5}x_{34}\right), \left(3 \min\{x_{35}, 1\} + \frac{1}{2}x_{35}\right), \left(3 \min\{x_{36}, 1\} + \frac{2}{5}x_{36}\right), \left(4 \min\{x_{37}, 1\} + \frac{1}{4}x_{37}\right), \left(3 \min\{x_{38}, 1\} + \frac{2}{5}x_{38}\right) \rightarrow \min \quad (9)$$

Uslovi koji se odnose na sektorsku potražnju napisani su kako sledi (Gaspars-Wieloch, 2011) :

$$x_{11} + x_{21} + x_{31} = 6 \quad (10)$$

$$x_{12} + x_{22} + x_{32} = 7 \quad (11)$$

$$x_{13} + x_{23} + x_{33} = 9 \quad (12)$$

$$x_{14} + x_{24} + x_{34} = 6 \quad (13)$$

$$x_{15} + x_{25} + x_{35} = 8 \quad (14)$$

$$x_{16} + x_{26} + x_{36} = 5 \quad (15)$$

$$x_{17} + x_{27} + x_{37} = 4 \quad (16)$$

$$x_{18} + x_{28} + x_{38} = 5 \quad (17)$$

Uslovi koji se primjenjuju na snabdevanje veletrgovaca prikazani su u nastavku (Gaspars-Wieloch, 2011.) :

$$x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{16} + x_{17} + x_{18} \leq 18 \quad (18)$$

$$x_{21} + x_{22} + x_{23} + x_{24} + x_{25} + x_{26} + x_{27} + x_{28} \leq 18 \quad (19)$$

$$x_{31} + x_{32} + x_{33} + x_{34} + x_{35} + x_{36} + x_{37} + x_{38} \leq 18 \quad (20)$$

Uslov koji se odnosi na integrabilnost varijabli odluke ima oblik (Gaspars-Wieloch, 2011.) :

$$x_{11}, x_{12}, \dots, x_{38} \in N, \quad (21)$$

gde:

x_{11} – broj kompleta prevezenih iz skladišta P u supermarket A,

⋮

x_{38} – broj kompleta transportovanih od skladišta PW do supermarket H.



Razmatrani primer je prilično kompleksan, ne samo zbog nedostatka direktne mogućnosti rešavanja optimizacionih problema koji sadrže funkcije „ $\max\{\}$ ” i „ $\min\{\}$ ” u standardnoj verziji Solvera. Dalje komplikacije uključuju uvedene dve vrste vremena: vreme dolaska u svaki sektor i vreme pražnjenja u sektoru. To je bilo nužno jer se proizvodi koji se prevoze kamionima ne istovaruju na jednom mestu, već u nekoliko prodavnica. Stoga postoji korelacija između vremena istovara i broja opsluženih supermarketa. Prethodno opisani algoritam ne bi se trebao direktno primenjivati na ovu vrstu problema.

Dizajn Excel tabelle u prikazanom primeru transportnog zadatka

Slika 10.3 prikazuje kako uneti podatke u proračunsku tabelu Microsoft Excel za primer transportnog zadatka o kojem se govori. Čelije s adresama C8-J10 su polja u kojima će biti prikazane optimalne vrednosti varijabli odluke ($x_{11}, x_{12}, \dots, x_{38}$). Zbirne vrednosti polja odgovarajućih kolona tabelle C8-J10 izračunate su u redu broj 11. One predstavljaju levu stranu uslova (10)-(17). Formulirana potražnja uključena je u red s brojem 12. Dodane vrednosti iz raspona ćelija C8:J8, C9:J9, C10:J10 prikazane su u koloni K. One sadrže ukupan broj kompleta prevezenih od veletrgovaca P, Z, PW, odnosno levu stranu ograničenja ponude (18)-(20). Vrednosti nabavke pojedinačnih veletrgovaca prikazane su u koloni L.

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
4											
7	Wholesalers and sectors	A	B	C	D	E	F	G	H	Total at a given wholesaler	Supply
8	P									0	18
9	Z									0	18
10	PW									0	18
11	Sector total	0	0	0	0	0	0	0	0		
12	Demand	6	7	9	6	8	5	4	5		
13											
16	Travel time to sector	9	6	3	3	6	9	12	7		
17		5	4	5	6	9	12	9	7		
18		8	5	11	5	3	3	4	3		
19											
20	Unloading time	0.33	0.50	0.33	0.40	0.50	0.40	0.25	0.40		
21											
24	Total unloading time	0	0	0	0	0	0	0	0		
25		0	0	0	0	0	0	0	0		
26		0	0	0	0	0	0	0	0		
27											
30	Total journey time (fixed) and unloading time (variable)	9	6	3	3	6	9	12	7		
31		5	4	5	6	9	12	9	7		
32		8	5	11	5	3	3	4	3		
33											
36	Base and non-base routes	0	0	0	0	0	0	0	0		
37		0	0	0	0	0	0	0	0		
38		0	0	0	0	0	0	0	0		
39											
43	Total time on base routes	0	0	0	0	0	0	0	0	Objective function	
44		0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	
45		0	0	0	0	0	0	0	0		

Slika 10. 3. Podaci uneseni u proračunsku tabelu u ovom primeru transportnog zadatka

Izvor: (Gaspars-Wieloch, 2011)



Redovi 16-45 predstavljaju sažetak parametara i formula potrebnih za određivanje funkcije cilja. Podaci iz tabela 10.1 i 10.2 prikazani su u redovima 16-18 i 20. Ukupno vreme istovara od i -tog veletrgovca do j -tog sektora u redovima 24-26 izračunato je množenjem vremena istovara jedinice iz reda 20 s brojem isporučenih kompleta u redovima 8-10, kao što je prikazano na slici 10.4.

14								
15	Total unloading time	=C20*C8	=D20*D8	=E20*E8	=F20*F8	=G20*G8	=H20*H8	=I20*I8
16		=C20*C9	=D20*D9	=E20*E9	=F20*F9	=G20*G9	=H20*H9	=I20*I9
17		=C20*C10	=D20*D10	=E20*E10	=F20*F10	=G20*G10	=H20*H10	=I20*I10

Slika 10. 4. Proračun ukupnog vremena istovara

Izvor: sastavljeno na osnovu (Gaspars-Wieloch, 2011)

Način određivanja ukupnog vremena putovanja i vremena istovara u redovima označenim brojevima 30-32 prikazan je na slici 10.5.

30	Total journey time (fixed) and unloading time	=C16+C24	=D16+D24	=E16+E24	=F16+F24	=G16+G24	=H16+H24	=I16+I24
31	(variable)	=C17+C25	=D17+D25	=E17+E25	=F17+F25	=G17+G25	=H17+H25	=I17+I25
32		=C18+C26	=D18+D26	=E18+E26	=F18+F26	=G18+G26	=H18+H26	=I18+I26

Slika 10. 5. Proračun ukupnog vremena istovara

Izvor: sastavljeno na osnovu (Gaspars-Wieloch, 2011)

Svrha pisanja „ $\min\{x_{ij}, 1\}$ ” u formuli (9) je da izdvoji osnovne rute. U standardnoj verziji Solvera nije moguće rešavati zadatke u kojima je prisutna funkcija 'min{ }'. Stoga se osnovne rute moraju drugačije odrediti. Ako koeficijent u formuli (22) ima vrednost blizu broja 1, tada se ova ruta može nazvati osnovnom rutom. Ako je, pak, koeficijent jednak nuli, tada se transport na ispitivanoj relaciji neće odvijati, kao što je prikazano na slici 10.6.

$$\frac{x_{ij}}{x_{ij} + 0,00001} \quad (22)$$

36	Base and non-base routes	=C8/(C8+0,00001)	=D8/(D8+0,00001)	=E8/(E8+0,00001)	=F8/(F8+0,00001)	=G8/(G8+0,00001)	=H8/(H8+0,00001)	=I8/(I8+0,00001)
37		=C9/(C9+0,00001)	=D9/(D9+0,00001)	=E9/(E9+0,00001)	=F9/(F9+0,00001)	=G9/(G9+0,00001)	=H9/(H9+0,00001)	=I9/(I9+0,00001)
38		=C10/(C10+0,00001)	=D10/(D10+0,00001)	=E10/(E10+0,00001)	=F10/(F10+0,00001)	=G10/(G10+0,00001)	=H10/(H10+0,00001)	=I10/(I10+0,00001)

Slika 10. 6. Određivanje osnovnih i nebaznih ruta

Izvor: sastavljeno na osnovu (Gaspars-Wieloch, 2011).



Koristeći opisanu metodu, samo vremena za osnovne rute mogu biti uključena u završni korak. Formule za izračunavanje ukupnog vremena na osnovnim rutama nalaze se na slici 10.7. a može se naći u redovima 43-45. Čelije u redovima 43-45 su uzastopni argumenti funkcije {max} koja se pojavljuje u formuli (9). Sama funkcija cilja nalazi se u ćeliji L44.

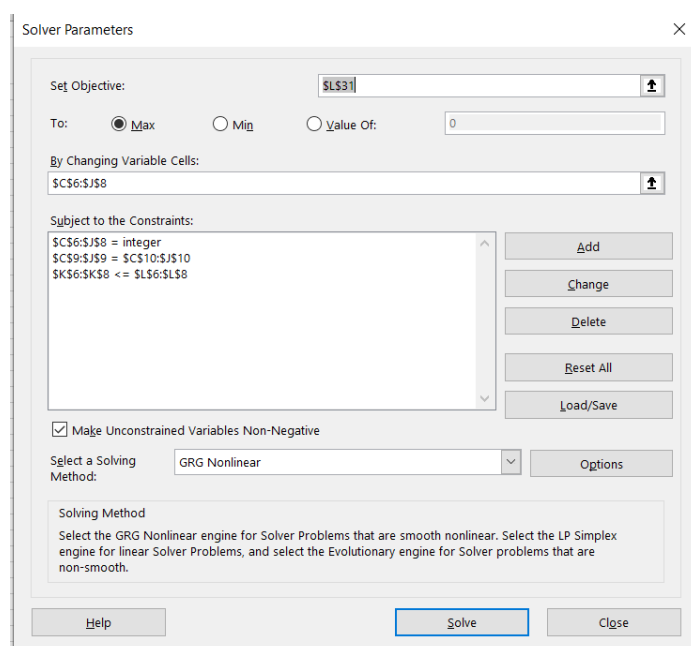
43		=C36*C30	=D36*D30	=E36*E30	=F36*F30	=G36*G30	=H36*H30	=I36*I30	=J36*J30
44	Total time on base routes	=C37*C31	=D37*D31	=E37*E31	=F37*F31	=G37*G31	=H37*H31	=I37*I31	=J37*J31
45		=C38*C32	=D38*D32	=E38*E32	=F38*F32	=G38*G32	=H38*H32	=I38*I32	=J38*J32

Slika 10. 7. Određivanje ukupnih troškova na osnovnim rutama

Izvor: sastavljeno na osnovu (Gaspars-Wieloch, 2011).

Rešavanje problema u prikazanom transportnom zadatku

Da bi se dobilo optimalno rešenje potrebno je još popuniti prozor Solver (Slika 10.8). U opcijama mora biti odabrana nenegativnost varijabli, a zatim odabrane naredbe "Reši", "Sačuvaj rešenje" i "U redu".



Slika 10. 8. Formule u prozoru Solver

Izvor: sastavljeno na osnovu (Gaspars-Wieloch, 2011)



Dobijeni proračuni prikazani su na slici 10.9. Ipak, treba im pristupiti s oprezom jer je prilikom izrade radnog lista izbegnuta samo upotreba funkcija tipa „min{ }“, dok je funkcija „max{ }“ i dalje ostala. Rezultate bi stoga trebalo detaljnije pogledati. Transport proizvoda na ruti koja povezuje veletrgovinu P sa sektorom F trenutno ima najduže trajanje, tj. 9,8 sati i treba opslužiti dve prodavnice ($x_{16} = 2$). Stoga treba pokušati da se pronađe povoljniji raspored isporuka dodavanjem uslova $x_{16} \leq 1$, tj. $\$H\$6 \leq 1$. Ovo će smanjiti vreme transporta i istovara na maksimalno $9,8 - 0,4 = 9,4$ sata, što će rezultovati povoljnijim rešenjem.

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1											
5	Wholesalers and sectors	A	B	C	D	E	F	G	H	Total at a given wholesaler	Supply
6	P	0,0	3,0	7,0	2,0	3,0	2,0	0,0	0,0	17	18
7	Z	6,0	1,0	2,0	4,0	0,0	0,0	1,0	1,0	15	18
8	PW	0,0	3,0	0,0	0,0	5,0	3,0	3,0	4,0	18	18
9	Sector total	6	7	9	6	8	5	4	5		
10	Demand	6	7	9	6	8	5	4	5		
11											
12	Travel time to sector	9	6	3	3	6	9	12	7		
13		5	4	5	6	9	12	9	7		
14		8	5	11	5	3	3	4	3		
15											
16	Unloading time	0,33	0,50	0,33	0,40	0,50	0,40	0,25	0,40		
17											
18	Total unloading time	0	1,5	2,31	0,8	1,5	0,8	0	0		
19		1,98	0,5	0,66	1,6	0	0	0,25	0,4		
20		0	1,5	0	0	2,5	1,2	0,75	1,6		
21											
22	Total journey time (fixed) and unloading time (variable)	9	7,5	5,31	3,8	7,5	9,8	12	7		
23		6,98	4,5	5,66	7,6	9	12	9,25	7,4		
24		8	6,5	11	5	5,5	4,2	4,75	4,6		
25											
26	Base and non-base routes	0	1	1	1	1	1	0	0		
27		1	1	1	1	0	0	1	1		
28		0	1	0	0	1	1	1	1		
29											
30	Total time on base routes	0,0	7,5	5,3	3,8	7,5	9,8	0,0	0,0	Objective function	
31		7,0	4,5	5,7	7,6	0,0	0,0	9,2	7,4	9,8	
32		0,0	6,5	0,0	0,0	5,5	4,2	4,7	4,6		

Slika 10. 9. Prvo rešenje zadatka optimizacije

Izvor: (Gaspars-Wieloch, 2011)

Drugi plan prikazan je na slici 10.10. U njega treba uključiti uslov $x_{28} \leq 2$, tj. $\$/\$9 \leq 2$, jer će to doprineti smanjenju vremena isporuke na ZH relaciji za najmanje 0,4 sata (vreme istovara za proizvode u H sektoru tada će biti $8,2 - 0,4 = 7,8$ sati).



	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
4											
5	Wholesalers and sectors	A	B	C	D	E	F	G	H	Total at a given wholesaler	Supply
6	P	0,0	3,0	8,0	1,0	3,0	0,0	0,0	1,0	16	18
7	Z	6,0	2,0	1,0	4,0	0,0	0,0	0,0	3,0	16	18
8	PW	0,0	2,0	0,0	1,0	5,0	5,0	4,0	1,0	18	18
9	Sector total	6	7	9	6	8	5	4	5		
10	Demand	6	7	9	6	8	5	4	5		
11											
29											
30	Total time on base routes	0,0	7,5	5,6	3,4	7,5	0,0	0,0	7,4		Objective function
31		7,0	5,0	5,3	7,6	0,0	0,0	0,0	8,2		8,2
32		0,0	6,0	0,0	5,4	5,5	5,0	5,0	3,4		

Slika 10. 10. Drugo rešenje zadatka optimizacije

Izvor: (Gaspars-Wieloch, 2011)

Treće rešenje ilustrirano je na slici 10.11. Vreme na ZH ruti zapravo se smanjilo na 7,5 sati, ali je najduže vreme zabeleženo na PE ruti (8 sati). Neko bi mogao biti u iskušenju ispitati da li bi dodavanje kriterijuma $x_{15} \leq 3$, $czyli$ $8 \leq 3$ poboljšalo konačni rezultat?

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
4											
5	Wholesalers and sectors	A	B	C	D	E	F	G	H	Total at a given wholesaler	Supply
6	P	0,0	2,0	8,0	4,0	4,0	0,0	0,0	0,0	18	18
7	Z	6,0	4,0	1,0	2,0	0,0	0,0	0,0	2,0	15	18
8	PW	0,0	1,0	0,0	0,0	4,0	5,0	4,0	3,0	17	18
9	Sector total	6	7	9	6	8	5	4	5		
10	Demand	6	7	9	6	8	5	4	5		
11											
29											
30	Total time on base routes	0,0	7,0	5,6	4,6	8,0	0,0	0,0	0,0		Objective function
31		7,0	6,0	5,3	6,8	0,0	0,0	0,0	7,8		8,0
32		0,0	5,5	0,0	0,0	5,0	5,0	5,0	4,2		

Slika 10. 11. Treće rešenje zadatka optimizacije

Izvor: (Gaspars-Wieloch, 2011)

U četvrtom rešenju, prikazanom na slici 10.12, najduže vreme isporuke je samo 7,5 sati. Nakon uvođenja ograničenja na rute, koje sada određuju vrednost funkcije cilja: $x_{12} \leq 2$, $czyli$ $8 \leq 2$ i $x_{15} \leq 2$, $czyli$ $8 \leq 2$.

Slika 10.13 prikazuje peto optimalno rešenje. Čak i ako se dodaju dodatna ograničenja, više se neće poboljšati vreme isporuke.



	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
4											
5	Wholesalers and sectors	A	B	C	D	E	F	G	H	Total at a given wholesaler	Supply
6	P	0,0	3,0	4,0	6,0	3,0	0,0	0,0	1,0	17	18
7	Z	6,0	3,0	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	15	18
8	PW	0,0	1,0	0,0	0,0	5,0	5,0	4,0	3,0	18	18
9	Sector total	6	7	9	6	8	5	4	5		
10	Demand	6	7	9	6	8	5	4	5		
11											
29											
30	Total time on base routes	0,0	7,5	4,3	5,4	7,5	0,0	0,0	7,4		Objective function
31		7,0	5,5	6,6	0,0	0,0	0,0	0,0	7,4		7,5
32		0,0	5,5	0,0	0,0	5,5	5,0	5,0	4,2		

Slika 10. 12. Četvrto rešenje zadatka optimizacije

Izvor: (Gaspars-Wieloch, 2011)

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
4											
5	Wholesalers and sectors	A	B	C	D	E	F	G	H	Total at a given wholesaler	Supply
6	P	0,0	2,0	4,0	6,0	2,0	0,0	0,0	1,0	15	18
7	Z	6,0	5,0	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	17	18
8	PW	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0	5,0	4,0	3,0	18	18
9	Sector total	6	7	9	6	8	5	4	5		
10	Demand	6	7	9	6	8	5	4	5		
11											
29											
30	Total time on base routes	0,0	7,0	4,3	5,4	7,0	0,0	0,0	7,4		Objective function
31		7,0	6,5	6,6	0,0	0,0	0,0	0,0	7,4		7,4
32		0,0	0,0	0,0	0,0	6,0	5,0	5,0	4,2		

Slika 10. 13. Peto rešenje zadatka optimizacije

Izvor: (Gaspars-Wieloch, 2011)

Pretpostavka za optimalno rešenje zadatka je da će najduže vreme isporuke od 7,4 sata biti zabeleženo na dve relacije: PH i ZH. Svaki će sektor biti snabdeven kompletima u skladu s prijavljenom potražnjom. Zalihe PW veletrgovaca biće maksimalno iskorišćene. Za snabdevanje lanca supermarketa biće potrebno 13 kamiona.

Upoređujući rezultate dobijene u četvrtom i petom rešenju, moglo bi se zapravo završiti s implementacijom četvrte opcije zbog male razlike u vremenu ($7,5 - 7,4 = 0,1$ h). Ovde treba napomenuti da bi u četvrtom planu, uz nešto duži rok isporuke, trebalo otpremiti čak 14 teretnih vozila. Dobijeni rezultat naravno nije jedino optimalno rešenje. Različite simulacije mogu dovesti do različitih zaključaka.

Analiza naučnih radova koji su spomenuti u prethodnim delovima ovog poglavlja pokazuje da se istraživanja koriste različitim analitičkim pristupima organizaciji teretnog



transporta i načinima rada objekata, kao i načinima rada pojedinih elemenata i delova logističkih sistema. Time je moguće odabrati metodu kojom će se optimizirati transportni sistem koji je izuzetno važna komponenta logističkih procesa u preduzeću i utiče na profitabilnost preduzeća.

Pitanja poglavlja

1. Koji su glavni problemi transportne politike vezani za optimizaciju transportnog sistema?
2. Koji su glavni ciljevi optimizacije rute za kompaniju i primaoca?
3. Šta je problem trgovačkog putnika (TSP) i kako je povezan s optimizacijom rute?

LITERATURA

Abdulsalam, K., A., Siti, Z., I., (2020). Developing Palm Oil Inventory Control System Using Excel Macro, *Journal of Modern Manufacturing Systems and Technology*, 5, 51-55.

Cheng, C. & Wu, J., (2020). Intelligent Management and Control of Transportation Hubs Based on Big Data Technology, in *Advances in Intelligent Systems and Computing: International Conference on Cyber Security Intelligence and Analytics*, Haikou: Springer Science and Business Media Deutschland GmbH.

Codeca, L. & Cahill, V., (2022). Using Deep Reinforcement Learning to Coordinate Multi-Modal Journey Planning with Limited Transportation Capacity, *SUMO User Conference*.

Coyle, J., Bardi, J. & Langley, J., (2002). *The Management of Business Logistics: A Supply Chain Perspective*, South-Western.

De Maio, L. M., Vitetta, A., (2015). Route Choice on Road Transport System: A Fuzzy Approach, *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, vol. 28, no. 5, 2015-2027.



Dekhtyaruk, M.T., Shao, M., Yang, S., Kontrobayeva, Z.D., Vashchilina, E. (2021). Automated system of freight traffic optimisation in the interaction of various modes of transport, *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*, Vol. 9, No. 3, September 2021, p.844-857

Fialko, N.M., Navrodska, R.O., Gnedash, G.O., Presich, G.O. & Shevchuk, S.I., (2020). Study of Heat Recovery Systems of or Heating and Moisturing Combustion Air of Boiler Units, *Science and Innovation*, 16(3), 43-49.

Ficoń, K. (2010). Optymalizacja makrosystemów transportowych według kryteriów logistycznych, *Zeszyty Naukowe Akademii Marynarki Wojennej*. 3(182).

Gaspars-Wieloch, H. in: Szymczak, M. (ed.), (2011). Zastosowanie zagadnienia transportowego z kryterium czasu do optymalizacji zaopatrzenia sieci supermarketów, Difin, Warszawa.

Gass, S. (2013). *An Illustrated Guide to Linnear Programming*, Dover Publications.

Hess, S., Quddus, M., Rieser-Schüssler, N. & Daly, A. (2015). Developing Advanced Route Choice Models for Heavy Goods Vehicles Using GPS Data, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 77, 29-44.

Khripach, N., Lezhnev, L., Tatarnikov, A., Stukolkin, R. & Skvortsov, A., (2018). Turbo-Generators in Energy Recovery Systems, *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 9(6), 1009-1018.

Krawczyk, S. (2001). *Zarządzanie procesami logistycznymi*, PWE, Warszawa.

Lai, X. & Bierlaire, M., (2015). Specification of the Cross-Nested Logit Model with Sampling of Alternatives for Route Choice Models, *Transportation Research Part B: Methodological*, 80, 220-234.

Leonard, W.H., (1997). *The Quantitative Approach to Managerial Decisions*, Prentice-Hall, New Jersey.

Liu, S., Zhang, G. & Wang, L., (2018). IoT-enabled Dynamic Optimisation for Sustainable Reverse Logistics, *Procedia CIRP*, 69, 662-667.

Maleev, R. A., Zuev, S. M., Fironov, A. M., Volchkov, N. A.. & Skvortsov, A. A., (2019). The Starting Processes of a Car Engine Using Capacitive Energy Storages, *Periodico Tche Quimica*, 16(33), 877-888.



Manley, E., Orr, S. & Cheng, T. A., (2015). A Heuristic Model of Bounded Route Choice in Urban Areas, *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 56, 195-209.

Milewski, D., (2011). Problemy optymalizacji w przewozach przesyłek drobnych, *Problemy Transportu i Logistyki*, Uniwersytet Szczeciński. Zeszyty naukowe 644, Szczecin.

Navrodska, R., Fialko, N.G. Presich, N.G., Gnedash, G., Alioshko, S. and Shevcuk, S., (2019). Reducing Nitrogen Oxide Emissions in Boilers at Moistening of Blowing Air in Heat Recovery Systems, *E3S Web of Conferences*, vol. 100, article number 00055.

Nyrkov, A. P., Sokolov, S. S. & Belousov, A. S., (2015). Algorithmic Support of Optimization of Multicast Data Transmission in Networks with Dynamic Routing, *Modern Applied Science*, 9(5), 162-176.

Omelianenko, S., Kondratenko, Y., Kondratenko, G. & Sidenko, I., (2019). Advanced System of Planning and Optimization of Cargo Delivery and Its Iot Application, in *Proceedings of the 3rd International Conference on Advanced Information and Communications Technologies*, Lviv: Institute of Electrical and Electronics Engineers.

Sanz, F.T., Escobar Gomez, E.N., (2013). The Vehicle Routing Problem with Limited Vehicle Capacities, *International Journal for Traffic*.

Shang, X., Yang, K., Wang, W., Zhang, H. & Celic, S., (2020). Stochastic Hierarchical Multimodal Hub Location Problem for Cargo Delivery Systems: Formulation and Algorithm, *IEEE Access*, 8, 55076-55090.

Shramenko, N. Y. & Shramenko, V. O., (2019). Optimization of Technological Specifications and Methodology of Estimating the Efficiency of the Bulk Cargo Delivery Process, *Scientific Bulletin of National Mining University*, vol. 2019, no. 3, pp. 146 151.

Sikora, W. (ed.), (2008). *Badania operacyjne*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa.

Silaen, N.E., Savaluddin, Tulus, (2019), Optimization Model in Logistics Planning and Supply Chain, *IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series* 1255.

Skvortsov, A. A., Pshonkin, D. E. & Luk'yanov, M. N., (2018). Influence of Constant Magnetic Fields on Defect Formation Under Conditions of Heat Shock in Surface Layers of Silicon, *Key Engineering Materials*, 771, 124-129.



- Stachurski, A., Wierzbicki, A. (2001). Podstawy optymalizacji, Warszawa, PW.
- Sun, F., Dubey, A., White, J. & Gokhale, A., (2019). Transit-Hub: A Smart Public Transportation Decision Support System with Multi-Timescale Analytical Services, *Cluster Computing*, 22, 2239-2254.
- Tomashevskiy, V. N., (2007). Systems Modeling, Kyiv: Publishing Group BHV.
- Trzaskalik, T. (ed.). Wprowadzenie do badań operacyjnych z komputerem, PWE, Warszawa.
- Vakulenko, S. & Evreenova, N., (2019). Transport Hubs as the Basis of Multimodal Passenger Transportation, in *Proceedings of the 12th International Conference "Management of Large-Scale System Development*, Moscow: Institute of Electrical and Electronics Engineers.
- Vitetta, A., (2016). A Quantum Utility Model for Route Choice in Transport Systems, *Travel Behaviour and Society*, 3, 29-37.
- Winiczenko, R., (2009). Optymalizacja kosztów transportu metodą bezpośredniego poszukiwania, *Postępy techniki przetwórstwa spożywczego*, 1.
- Wong, K.Y.M., SAAD, D. & Yeung, C.H., (2016). Distributed Optimization in Transportation and Logistics Networks, *IEICE Trans. Commun.*, E99-B.(11).
- Yahiaoui, A., (2019). Stability Analysis of Following Vehicles on a Highway for Safety of Automated Transportation Systems, *International Journal of Intelligent Transportation Systems Research*, 17(3), 190-199.
- Zajdel, M., Filipowicz, B., (2008). Dobór metod optymalizacji dla sieci transportowych, *Automatyka*, 12(13), 999.
- Zaychenko, Ju. P., (2014). Operations Research, Kyiv: Slovo.
- Zhilentov, A. A. Nyrkov, A. P. & Cherniy, S. G., (2015). Evaluation of Reliability and Efficiency of Distributed Systems Rigs, *Automation in the Industry*, 6, 50-52.
- (www_10.1) <http://optifacility.mooncoder.com/site/pl/optimalizacja-transportu>, access 2024.05.30.
- (www_10.2) <http://optifacility.mooncoder.com/site/pl/optimalizacja-tras>, access 2024.05.30.



POPIS TABELA

Tabela 1 . 1 . Ulazni podaci za zadatak optimizacije koji rešava Solver	21
Tabela 2 . 1 . Tabela koja uspoređuje vrste grafikona prema njihovim svojstvima	38
Tabela 4 . 1 . Razlike između kontrolinga u lancu snabdevanja iu preduzeću	73
Tabela 5 . 1 . Razvoj kriterijuma ocenjivanja dobavljača – Cena/troškovi i uslovi plaćanja ..	88
Tabela 5 . 2 . Razvoj kriterijuma ocenjivanja dobavljača – Isporuke	88
Tabela 5 . 3 . Razvoj kriterijuma ocenjivanja dobavljača – Kvaliteta proizvoda	89
Tabela 5 . 4 . Razvoj kriterijuma ocenjivanja dobavljača – Potencijal dobavljača	89
Tabela 5 . 5 . Kriterij otpornosti	102
Tabela 6 . 1 . Primeri područja koja se mogu prenijeti na uslužnu kompaniju u sklopu outsourcinga	108
Tabela 6 . 2 . Varijante kapitalnog i ugovornog outsourcinga ovisno o obliku prenosa djelatnosti na uslužnu kompaniju	110
Tabela 6 . 3 . Osnovne vrste outsourcinga	111
Tabela 6 . 4 . Osnovne vrste outsourcinga	126
Tabela 8 . 1 . Prednosti predviđanja potražnje.....	147
Tabela 8 . 2 . Vizualizacija vremenskih serija	151
Tabela 8 . 3 . Odabrane vrste outliera.....	153
Tabela 8 . 4 . Vrste zanošenja.....	159
Tabela 8 . 5 . Odabrane pogreške predviđanja	176
Tabela 8 . 6 . Odabrane značajke programa Excel.....	177
Tabela 9 . 1 . Pristup 9 okvira odnosu ABC-XYZ	209
Tabela 10 . 1 . Približno vreme putovanja (t_{ijp} , u satima)	226
Tabela 10 . 2 . Prosječno vreme istovara jedinice (t_{ir} , u satima).....	226



POPIS SLIKA

Slika 1. 1. Pogled na traku podataka s naredbama filtera	16
Slika 1. 2. Primer primene autofiltera po formatu (po ikonama ćelija i boji fonta)	16
Slika 1. 3. Prikaz prozora Sortiranje s postavljenim kriterijumima za višestruko sortiranje....	17
Slika 1. 4. Primer izvštaja pivot table u Excelu	18
Slika 1. 5. Pivot tabela koja prikazuje Prosečan broj prodatih proizvoda isporučenih pojedinom Kupcu korišćenjem pojedinih vrsta transporta	19
Slika 1. 6. Primena Solvera na primeru zadatka optimizacije.....	21
Slika 2. 1. Grupisani stubičasti grafikon	28
Slika 2. 2. Složeni stubičasti grafikon	28
Slika 2. 3. Pita grafikon	29
Slika 2. 4. Linijski grafikon	30
Slika 2. 5. Stock chart	30
Slika 2. 6. Radarska karta.....	31
Slika 2. 7. Histogram.....	32
Slika 2. 8. Pareto dijagram	32
Slika 2. 9. Toplotna karta	33
Slika 2. 10. Kombinovani grafikon	34
Slika 2. 11. Kako kreirati upravljački panel	35
Slika 2. 12. Primer upravljačkog panela prodaje	36
Slika 2. 13. Upotreba upravljačkih panela	36
Slika 2. 14. Primer operativnog upravljačkog panela	37
Slika 3. 1. Podela skladišnog prostora.....	45
Slika 3. 2. Skladišni modul za skladištenje u nizu bez opreme s vertikalnim rasporedom paletizovanih LU.....	46
Slika 3. 3. Skladišni modul za redno skladištenje bez opreme s paralelnim rasporedom paletizovanih LU.....	47
Slika 3. 4. Skladišni modul za blok skladištenje bez opreme.....	48



Slika 3. 5. Ilustracija slučaja disperzovanih zaliha	53
Slika 3. 6. Ilustracija slučaja centralizovanih zaliha	55
Slika 5. 1. Odabrani kriterijumi ocenjivanja dobavljača	87
Slika 6. 1. Evolucija koncepta outsourcinga	109
Slika 6. 2. Kritični obim proizvodnje.....	117
Slika 6. 3. Faze outsourcinga	118
Slika 6. 4. Izračunavanje podataka za grafičko određivanje prelomne tačke	120
Slika 6. 5. Grafikon tačke rentabilnosti.....	121
Slika 6. 6. Procena problema <i>Make-or-Buy</i> uzimajući u obzir kvantitativne i kvalitativne faktore	122
Slika 8. 1. Generalizovani model predviđanja.....	146
Slika 8. 2. Metode predviđanja – vrste.....	149
Slika 8. 3. Metode kvantitativne prognoze.....	149
Slika 8. 4. Jasno nedosledne vrednosti s opštom pravilnošću vremenske serije.....	154
Slika 8. 5. Filtriranje vrednosti i autlajera	155
Slika 8. 6. Kvantitativne metode za predviđanje vremenskih serija	156
Slika 9. 1. Odnos između PSL-a i troškova zaliha	188
Slika 9. 2. Odnos između nivoa korisničke usluge, prihoda i dobiti.....	190
Slika 9. 3. Kriva ABC analize	207
Slika 10. 1. Promene koje proizlaze iz optimizacije transportnih procesa	217
Slika 10. 2. Koncept optimizacionog modeliranja transportnog sistema	219
Slika 10. 3. Podaci uneseni u proračunsku tabelu u ovom primeru transportnog zadatka...	228
Slika 10. 4. Proračun ukupnog vremena istovara	229
Slika 10. 5. Proračun ukupnog vremena istovara	229
Slika 10. 6. Određivanje osnovnih i nebaznih ruta.....	229
Slika 10. 7. Određivanje ukupnih troškova na osnovnim rutama	230
Slika 10. 8. Formule u prozoru Solver	230
Slika 10. 9. Prvo rešenje zadatka optimizacije	231
Slika 10. 10. Drugo rešenje zadatka optimizacije	232
Slika 10. 11. Treće rešenje zadatka optimizacije	232
Slika 10. 12. Četvrto rešenje zadatka optimizacije	233



Slika 10. 13. Peto rešenje zadatka optimizacije	233
---	-----



Katarzyna Grzybowska, PhD, DSc, Eng.

je predavač na Fakultetu za inženjerski menadžment Poznań University of Technology. Predavač iz područja upravljanja lancem snabdevanja i operativnog menadžmenta u logistici. Njen glavni predmet akademskog interesa je upravljanje lancem snabdevanja (digitalni lanac snabdevanja, održivi lanac snabdevanja, odnosi unutar lanca snabdevanja, otpornost lanca snabdevanja) i upravljanje promenama u novoj ekonomiji (automatizacija poslovnih procesa). Autorka je i koautorka više od 140 radova objavljenih u knjigama, časopisima i zbornicima radova. Učestvuje u naučnim, didaktičkim i poslovnim projektima.

ORCID: 0000-0002-4026-2473



Katarzyna Ragin -Skorecka, PhD inž.

Naučno-nastavna radnica s dugogodišnjim iskustvom. Naučno se bavi pitanjima upravljanja procesima i projektima kao i podrškom tim područjima informacionim tehnologijama (uključujući AI). Studente uvodi u tajne predmeta: elektronska ekonomija, programsko inženjerstvo, projektni menadžment, big data u menadžmentu. Rukovodilac je magistrarskih radova za studente inženjerstva menadžmenta i logistike. Predsednica je Poverenstva za dodelu stipendija. Rukovodilac je Laboratorija za upravljanje informacionim sistemima i eLearning tima. Takođe vodi nastavni projekt Pametna fabrika 4.0.

ORCID: 0000-0002-7359-9232



Katarzyna Siemieniak, mr. ing.

Diplomirala je na Poznan University of Technology, Fakultet za mašinstvo, smer menadžment i marketing. Predavač na Fakultetu za inženjerstvo menadžmenta Poznan University of Technology, Institut za menadžment i informacione sisteme. Do sada je izvodila laboratorijsku nastavu iz predmeta kao što su: Računarstvo, Informatika u menadžmentu, Informacione tehnologije, Baze podataka, Napredne MS Office funkcije na fakultetima Inženjerstvo menadžmenta, Inženjerski menadžment, Logistika i Sigurnosno inženjerstvo. Autorka je publikacija o korišćenju fazi modela i sivih sistema u analizi gubitaka radnog vremena u proizvodnim preduzećima. Takođe je članica Fakultetskog tima za kvalitet obrazovanja, gde je u sklopu svojih zadataka izradila rezultate anketa o sudbini diplomanata Fakulteta za inženjerstvo menadžmenta Poznan University of Technology, učestvovala je u kreiranju izveštaja o samoproceni za KAUT i PKA akreditaciju.

ORCID: 0000-0002-1961-5182



Piotr Cyplik dr. sc., ing.

Je vanredni profesor. Predavač iz područja upravljanja lancem snabdevanja, upravljanja proizvodnjom, upravljanja zalihama, nabavke i logistike nabavke i modela predviđanja. Autor je ili koautor, urednik ili korednik 20 monografija i preko 130 radova u naučnim časopisima, poglavlja u monografijama i preko 30 saopštenja na konferencijama. Glavni je urednik časopisa LogForum, indeksiranog u Scopus i WoS. Ima bogato iskustvo u dobijanju projekata iz EU fondova. Bio je rukovodilac ili glavni izvođač više od 10 R+D projekata finansiranih iz EU programa



na području razvoja visokog obrazovanja i istraživačkog rada za preduzeća. Vodio je 4 i učestvovao u više razvojnih i nastavnih projekata finansiranih iz programa Leonardo da Vinci i Erasmus+. Aktivan je savetnik u području široko shvaćenog upravljanja proizvodnjom, optimizacije logističkih procesa i upravljanja lancem snabdevanja. Vodio je više od 60 savetodavnih projekata iz gore navedenog područja za kompanije s nacionalnim i međunarodnim dosegom.

ORCID: 0000-0002-5775-6760



Michał Adamczak, dr. inż.

Istraživački i nastavni radnik na Poznan School of Logistics. Rukovodilac Odseka za logistiku na ovom fakultetu. Član uprave Poljskog logističkog udruženja. Specijalizirao se za upravljanje zalihama, upravljanje lancem snabdevanja i upravljanje proizvodnjom. U svom radu koristi alate za analizu logističkih podataka, statističke analize, modeliranje i simulacije procesa, uključujući proračunsku tabelu Ms Excel. Autor otvorenih i zatvorenih edukacionih programa na prethodno navedene teme. Realizator nekoliko desetina savetodavnih projekata za trgovačka i proizvodna preduzeća. Rukovodilac u mnogim projektima koji se sprovode u okviru programa ERASMUS+. Autor preko 100 naučnih radova u renomiranim domaćim i stranim časopisima. Učesnik mnogih međunarodnih konferencija.

ORCID: 0000-0003-4183-7264



Jędrzej Jankowski- Guzy, mr.sc

Istraživački i nastavni radnik na Poznań School of Logistics. Zamenik direktora Sektora za ekonomske analize u Ministarstvu porodice, rada i socijalne politike Poljske. Realizator mnogih razvojnih projekata za kompanije iz proizvodnog i logističkog sektora. Trener u području upravljanja lancem snabdevanja, analize podataka i predviđanja. 10 godina iskustva u analizi, kontrolingu i razvoju u proizvodnim kompanijama i logističkim operaterima.

ORCID: 0009-0005-1484-2836



Adrianna Toboła -Walaszczyk, MSc inż.

Diplomirala je na Poznan University of Technology, Fakultet za inženjerstvo menadžmenta, smer logistika. Istraživački i nastavni radnik, akademski nastavnik na Poznan School of Logistics, asistent i koordinator na Katedri za logistiku. Predavač modeliranja i simulacije poslovnih procesa, logistike i upravljanja lancem snabdevanja na redovnim i vanrednim studijama na Poznan School of Logistics. Autor naučnih publikacija iz područja logistike, upravljanja lancem snabdevanja, modeliranja poslovnih procesa i industrije 4.0. Istraživač prošlih i tekućih razvojnih projekata finansiranih od strane EU u okviru programa ERASMUS+. Istraživač brojnih optimizacionih i razvojnih projekata za kompanije u sektoru proizvodnje i logistike.

ORCID: 0000-0002-5966-8852

BUSINESS ANALYTICS SKILLS FOR THE FUTURE- PROOF SUPPLY CHAINS