



BUSINESS ANALYTICS SKILLS FOR THE FUTURE-PROOF SUPPLY CHAINS

NAPREDNA UPORABA PREGLEDNIC ZA ANALIZO LOGISTIČNIH PODATKOV – UVOD V TEORIJO

Authors:

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

NAPREDNA UPORABA PREGLEDNIC ZA ANALIZO LOGISTIČNIH PODATKOV - UVOD V TEORIJO

Poznan 2025



Izdajatelj:

Wyższa Szkoła Logistyki
Estkowskiego 6
61-755 Poznan, Poljska
www.wsl.com.pl

Uredniški odbor:

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

ISBN 978-83-62285-63-1 (na spletu)

Avtorske pravice by Wyższa Szkoła Logistyki

Poznan 2025, številka I

Prevodi:

- prof. Dr. Rebeka Kovačič Lukman, University of Maribor, Faculty of Logistics
- Asist. Kristijan Brglez, University of Maribor, Faculty of Logistics

Recenzenti:

- prof. Agnieszka Tubis, Univerza za znanost in tehnologijo v Wrocławu, Wrocław, Poljska
- prof. Maciej Urbaniak, Univerza v Łodzi, Łódź, Poljska

Tehnični urednik: Katarzyna Grzybowska, Tehnološka univerza Poznan, Poznan, Poljska

Oblikovanje naslovnice: Michał Adamczak, Fakulteta za logistiko v Poznanu, Poznan, Poljska

Knjiga je bila napisana za projekt BAS4SC (Business Analytics Skills for Future-proof Supply Chains) [2022-1-PL01-KA220-HED-000088856], ki ga je ustanovil program ERASMUS+.

Financirano s strani Evropske unije. Izražena stališča in mnenja so zgolj stališča in mnenja avtorja(-ev) in ni nujno, da odražajo stališča in mnenja Evropske unije ali Evropske izvajalske agencije za izobraževanje in kulturo (EACEA). Zanje ne moreta biti odgovorna niti Evropska unija niti EACEA.



Predgovor

Sodobno delovanje oskrbovalne verige ni mogoče brez informacijske podpore. Razvoj digitalnih tehnologij podjetjem omogoča, da nenehno spremljajo in izboljšujejo izvedene procese. Sodobni sistemi IT omogočajo zbiranje in shranjevanje podatkov, kar posledično zagotavlja skoraj neomejene možnosti za njihovo analizo. Ob priznavanju razvoja visoko specializiranih analitičnih orodij po našem mnenju ne smemo pozabiti na preglednice kot najbolj dostopna analitična orodja.

Vsebina, predstavljena v tej knjigi, je bila razvita na podlagi rezultatov raziskave, izvedene v okviru projekta BAS4SC (Business Analytics Skills for Future-proof Supply Chains). Predstavljajo teoretični uvod v metode analize in optimizacije procesov, ki se izvajajo v oskrbovalnih verigah. Knjiga skupaj z učnimi gradivi, prav tako razvitimi v okviru projekta BAS4SC, predstavlja celoto, ki omogoča pridobitev tako znanja kot veščin uporabe analitičnih metod in orodja v obliki preglednice za ta namen.

Upamo, da bo ta knjiga, ki je teoretični uvod v analizo in optimizacijo oskrbovalnih verig z uporabo preglednic, pomemben vir znanja in navdiha za razvoj analiz in izboljšanje logističnih procesov.

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



Vsebina

Predgovor	3
UVOD	9
1. UVOD V ANALIZO PREGLEDNIC	13
1.1. Uvod	13
1.2. Analiza podatkov	14
1.3. Preglednica MS Excel in njena uporaba	15
1.4. Najpomembnejša orodja, ki jih omogočajo preglednice	17
Vprašanja	26
VIRI	27
2. METODE VIZUALIZACIJE PODATKOV	28
2.1. Uvod	28
2.2. Metode vizualizacije podatkov	29
2.3. Primerjava vrst grafikonov	40
Vprašanja	41
VIRI	41
3. OPTIMIZACIJA PRI UPRAVLJANJU OSKRBOVALNE VERIGE	43
3.1. Uvod	43
3.2. Vloga skladišča v oskrbovalni verigi	45
3.3. Določanje skladiščnega prostora	46
3.4. Izbrane metode upravljanja zalog v oskrbovalni verigi	53
3.5. Uporaba orodja Solver pri reševanju problemov optimizacije	64
3.6. Optimizacija uporabe skladiščnega prostora - primer uporabe orodja Solver	66



Vprašanja	70
VIRI	71
4. KONTROLING PRI MANAGEMENTU OSKRBOVALNE VERIGE.....	75
4.1. Uvod.....	75
4.2. Ključni kazalniki uspešnosti v oskrbovalni verigi	78
Vprašanja	83
VIRI	83
5. ANALITIKA V NABAVI IN NAROČANJU	85
5.1. Uvod.....	85
5.2. Strategije nabave in oskrbe: razvrstitev glede na vire oskrbe	87
5.3. Metode ocenjevanja in izbire dobaviteljev.....	89
5.4. Merila za ocenjevanje dobaviteljev.....	90
5.5. Metoda uteženih točk	93
5.6. Večkriterijska metoda	98
5.7. Odporni dobavitelji.....	105
Vprašanja	107
VIRI	107
6. OUTSOURCING.....	110
6.1. Uvod.....	110
6.2. Bistvo zunanjega izvajanja	111
6.3. Osnovne vrste zunanjega izvajanja	113
6.4. Prednosti in tveganja uporabe zunanjega izvajanja v sodobnih podjetjih	115
6.5. Analiza "naredi ali kupi"	119
6.6. Zunanje izvajanje v logistiki	127



Vprašanja	131
VIRI	131
7. OPTIMIZACIJA DISTRIBUCIJSKEGA OMREŽJA Z METODO GRAVITACIJSKIH TOČK	134
7.1. Uvod.....	134
7.2. Logistično omrežje	135
7.3. Koncept uporabe gravitacijskega modela v logističnem omrežju	137
7.4 Tipičen postopek odločanja o lokaciji objekta v oskrbovalni verigi.....	139
7.5 Razčlenjeni in združeni gravitacijski modeli.....	140
7.6 Uravnoveženi gravitacijski model.....	141
7.7 Gravitacijski model v mednarodni trgovini	143
7.8 Gravitacijski model za lociranje konkurenčnih predmetov	145
7.9 Gravitacijski model za medcelinsko oskrbovalno verigo	146
Vprašanja	146
VIRI	147
8. NAPOVEDOVANJE POVPRAŠEVANJA	149
8.1. Uvod.....	149
8.2. Razvrstitev metod napovedovanja	154
8.3. Napovedovanje časovnih vrst.....	155
8.4. Razčlenitev časovnih vrst.....	155
8.5. Priprava podatkov o časovnih vrstah	157
8.6. Metode napovedovanja časovnih vrst.....	160
8.7. Napake v napovedi.....	181
8.8 Advantages of Excel Forecasting	182
8.9 Umetna inteligenca pri napovedovanju.....	183



Vprašanja	185
VIRI	186
9. UPRAVLJANJE ZALOG.....	190
9.1. Uvod.....	190
9.2. Raven storitev za stranke.....	191
9.3. Funkcije in vrste popisov	196
9.4. Osnovni sistemi dopolnjevanja zalog	203
9.5. Stroški zalog.....	206
9.6. Osnovni modeli klasifikacije zalog	211
Vprašanja	216
VIRI	217
10. OPTIMIZACIJA TRANSPORTA.....	220
10.1. Uvod	220
10.2. Narava in pomen optimizacije transportnega sistema	221
10.3. Problemi optimizacije transporta v praksi	226
Vprašanja	241
VIRI	241
SEZNAM TABEL	246
SEZNAM SLIK.....	247





UVOD

Knjiga Napredna uporaba preglednic za analizo logističnih podatkov - Uvod v teorijo je prva v seriji treh knjig, ki so nastale v okviru projekta BAS4SC (Business Analytics Skills for Future-proof Supply Chains), sofinanciranega iz programa ERASMUS+. Knjiga se lahko uporablja kot akademski priročnik za razvoj analitičnega znanja in veščin na področju logistike. Njena vsebina je bila ustvarjena na podlagi raziskav, izvedenih v okviru projekta BAS4SC. Identifikacija in izbor vsebin, ki naj bi bile vključene v takšen učbenik, sta potekala v treh fazah. V prvi fazi raziskave so bili analizirani izobraževalni programi s področja poslovne analitike, ki se izvajajo na univerzah v Evropi in Severni Ameriki. Analizirani so bili izobraževalni programi 66 univerz. Iz njih so bile izbrane ključne kompetence, ki bi jih morali imeti poslovni analitiki, zlasti tisti, ki opravljajo svoje naloge na področju logistike. V drugi fazi so bile izvedene ankete med predstavniki podjetij (s posebnim poudarkom na logističnih, proizvodnih in trgovskih podjetjih), visokošolskimi učitelji in študenti, katerih namen je bil, prvič, ugotoviti stopnjo pomembnosti kompetenc, izluščenih v prvi fazi raziskave, za sodobno poslovanje, in drugič, ugotoviti, ali so te kompetence že vključene v izobraževalne programe, ki se izvajajo na univerzah. Rezultati prvih dveh stopenj študije so omogočili navedbo analitičnih kompetenc, ki so ključne z vidika poslovne prakse. Na ta način je bilo izluščenih več kot 100 ključnih kompetenc. V tretji fazi študije so bile te kompetence sistematizirane in razvrščene po mnenju strokovnjakov izluščenih 33 najpomembnejših. Na podlagi tega je bilo mogoče oblikovati tri izobraževalne programe. Prvi med njimi je Napredna uporaba elektronske preglednice za analizo logističnih podatkov.

Ta knjiga je teoretični uvod v vprašanja, povezana z metodami in tehnikami analize podatkov, ki jih je mogoče izvajati z uporabo preglednice. Vsebino priročnika dopolnjuje učno gradivo, ki je prav tako nastalo v okviru projekta Business Analytics Skills for Future-proof Supply Chains in predstavlja praktične vidike izvajanja posameznih analiz v eni izmed najbolj priljubljenih preglednic. Delitev vsebine na teoretično in praktično izhaja tudi iz dejstva, da se funkcionalnosti preglednic s časom zelo dinamično spreminjajo. Z izvajanjem učnih programov



želimo zagotoviti najnovejše rešitve v obliki datotek, ki so na voljo udeležencem izobraževalnih programov. Najnovejše različice učnih gradiv in datotek z vajami so na voljo na naslovu: WWW.

Knjiga je razdeljena na 10 poglavij, od katerih vsako predstavlja izbrani vidik delovanja oskrbovalne verige in možne analitične metode, ki jih je mogoče uporabiti v njej. Prvo poglavje je namenjeno uvodu. V njem je opisan sodobni način dojemanja pomena zbiranja in analiziranja podatkov za delovanje logističnih procesov. Predstavlja tudi preglednice kot orodje s številnimi funkcijami, ki se lahko uporablja v poslovanju, zlasti v logistiki.

V drugem poglavju so predstavljene metode vizualizacije podatkov z uporabo diagramov in nadzornih plošč. Avtorji poleg vrst diagramov predstavijo tudi priporočila za uporabo posameznih diagramov za predstavitev podatkov določene narave. To vprašanje je še posebej pomembno pri analizi velikih podatkovnih nizov, ko jih je treba predstaviti na način, ki je po eni strani poenostavljen, po drugi pa odraža informacije, ki jih vsebujejo.

Tretje poglavje je posvečeno vprašanjem, povezanim z optimizacijo kot teoretičnim konceptom in uporabo teh metod na področju upravljanja skladišč in zalog. Predstavljene so metode optimizacije in teoretične osnove vprašanj, povezanih z načrtovanjem skladiščnega prostora ter razmerjem med velikostjo zalog in povpraševanjem po skladiščnem prostoru.

V četrtem poglavju je opisan koncept kontrolinga v dobavni verigi. Predstavljen je obseg kontrolinga na področju logistike. Naveden je tudi koncept učinkovitosti kot eden od ključnih dejavnikov optimizacije procesov oskrbovalne verige. Opis je obogaten z ukrepi in kazalniki uspešnosti, ki se uporabljajo na področju logistike.

Peto poglavje je namenjeno vprašanjem, povezanim z analitiko na področju naročanja in nabave. Po teoretičnem uvodu v delovanje nabave in oskrbe v oskrbovalnih verigah so predstavljene metode ocenjevanja in izbire dobavitelja. Poudarek je na najbolj priljubljenih metodah: tehtani (dopolnjeni z grafičnimi prikazi) in AHP.

Šesto poglavje je namenjeno vprašanjem, povezanim z zunanjim izvajanjem. Predstavljena je zamisel o zunanjem izvajanju, njegove prednosti in slabosti. Zunanje izvajanje je predstavljeno kot ena od metod, ki omogoča optimizacijo stroškov logističnih procesov v



podjetju. Z analitičnega vidika je opisana metoda Buy or Sell, ki omogoča objektivno oceno, ali bo zunanje izvajanje zmanjšalo stroške izvajanja izbranega logističnega procesa.

Sedmo poglavje se osredotoča na optimizacijo logističnega omrežja, zlasti na lokacijo vozlišč tega omrežja. Opisan je vpliv lokacije skladišč v distribucijskem omrežju ali proizvodnih obratov na delovanje omrežja in s tem povezane stroške. Metoda težišča je predstavljena kot osnovna metoda za optimizacijo lokacije vozlišč omrežja.

Tema osmega poglavja je napovedovanje, zlasti metode napovedovanja, ki temeljijo na časovnih vrstah. Navedene so metode izračuna napovedi z uporabo metod povprečenja (enostavnega, aritmetičnega, drsečega in tehtanega), eksponentnega glajenja in regresije. Poglavje je dopolnjeno z navedbo uporabe umetne inteligence pri napovedovanju.

Deveto poglavje je v celoti posvečeno vprašanju zalog v podjetju. Predstavljena so tako teoretična vprašanja kot metode izračuna, ki se uporabljajo za oceno stroškov, povezanih z zalogami, in vrednosti parametrov sistemov dopolnjevanja zalog glede na načrtovano raven storitev za stranke.

Zadnje poglavje priročnika je namenjeno optimizaciji transporta. To je še posebej pomembno vprašanje s številnimi možnostmi izboljšav. Razpon metod optimizacije je zelo širok. V zvezi s tem so se avtorji odločili predstaviti matematične modele za optimizacijo časa izvedbe transporta in števila prevoženih kilometrov, skupaj z metodami za iskanje najboljše rešitve znotraj teh modelov z uporabo programa Solver.





1. UVOD V ANALIZO PREGLEDNIC



To poglavje je posvečeno najpomembnejšim vprašanjem, povezanim z analizo podatkov z uporabo Excelove preglednice, ki se lahko uporablja tudi za analizo logističnih podatkov. Vsebuje:

- osnovne opredelitve,
- analiza podatkov,
- pomen podatkov za logistiko,
- preglednica in njena uporaba.

1.1. Uvod

Analiza in upravljanje informacij v podjetju zajema vse organizacijske enote na naslednjih ravneh gospodarskega sistema, tj. operativno, taktično, strateško in upravljanje znanja. Analiza in upravljanje podatkov vključujeta naslednje dejavnosti (Szymonik, 2010):

- ki predstavljajo informacijsko funkcijo podjetja, tj. pridobivanje, shranjevanje, obdelavo, izmenjavo in uporabo informacij,
- na ravneh (tehnoloških, organizacijskih, kadrovskih), ki vplivajo na izvajanje te funkcije

Zagotovilo za uspeh vsakega podjetja je doseganje informacijske prednosti, opredeljene kot sposobnost pridobivanja, obdelave in razširjanja informacij, ki omogoča na primer prednost pred konkurenti ali izboljšanje logističnega procesa. Informacijsko prednost je mogoče med drugim pridobiti z izpolnjevanjem pričakovanj določenih uporabnikov, na primer udeležencev oskrbovalne verige, z zagotavljanjem kakovostnih informacijskih značilnosti, iz katerih je mogoče izmenjevati (Szymonik, 2015):

- relativnost - informacije ustrezajo potrebam in so pomembne za prejemnika,
- natančnost - informacije ustrezajo ravni znanja prejemnika, natančno in natančno odražajo in opredeljujejo temo,



- ažurnost - cikel posodabljanja je skladen z vsebino in hitrostjo sprememb,
- popolnost - informacija vsebuje optimalno in zadostno količino podatkov za pretvorbo informacije v specifično znanje, njena stopnja podrobnosti pa je odvisna od potreb prejemnika,
- skladnost - posamezni podatki so med seboj usklajeni, oblika ustreza vsebini, posodabljanje podatkov je skladno s cilji,
- ustreznost - ustrezna predstavitev informacij in opis za predstavitev, ki omogoča pravilno razlago,
- razpoložljivost - informacije so na voljo od koder koli in kadar koli,
- verodostojnost - informacije potrjujejo resničnost podatkov in vsebujejo elemente, ki zagotavljajo zanesljivost sporočila,
- skladnost - informacije so skladne z drugimi informacijami, interpretirane v ustreznem kontekstu in delujejo v znanem komunikacijskem sistemu.

1.2. Analiza podatkov



Podatki so predstavitev surovih, nestrukturiranih dejstev, konceptov, navodil ali rezultatov, zbranih iz opazovanj ali zapisov o pojavih, predmetih ali ljudeh, ki jih je mogoče oblikovati in oblikovati za ustvarjanje informacij v obliki, ki jo lahko posredujejo, razlagajo, sklepajo, izpeljujejo ali obdelujejo ljudje ali samodejne naprave.

Analiza podatkov je postopek preučevanja, razlage in predstavitve informacij, zbranih iz različnih virov. Z uporabo različnih tehnik in orodij podatkovni znanstveniki neobdelane podatke spremenijo v uporabne informacije, ki podjetjem pomagajo pri sprejemanju odločitev, prepoznavanju trendov in reševanju težav. V današnjem svetu, kjer podjetja ustvarjajo ogromne količine podatkov, postaja učenje analize podatkov vse pomembnejše, njeno znanje pa vse bolj zaželeno na trgu dela (www_1.1). Analiza podatkov je ključni proces v znanosti in podjetništvu, ki z različnimi metodami in analitičnimi tehnikami preoblikuje surove podatke v koristne in dragocene informacije.



Uporaba sodobnih analitičnih tehnik v logistiki omogoča pretvorbo podatkov v dragocene vire, kar podpira inovacije in razvoj poslovne inteligence, ki je ključni element sodobnega poslovnega pristopa (Zhang & Shao, 2020; [www_1.2](#)).

V okviru logistike in oskrbovalne verige se ključni izzivi pri upravljanju teh podatkov delijo na tri glavna področja. Prvič, gre za problem predhodne obdelave in stiskanja podatkov. Drugič, upravljanje logističnih podatkov se spopada s težavami zaradi razdrobljenosti podjetij v oskrbovalnem omrežju, kot so manjkajoči podatki ali prekinitve v omrežni opremi, kar povečuje tveganje za dobavitelje in stranke. Tretjič, analiza podatkov in podpora odločanju sta premalo izpopolnjeni. Pomanjkljivosti v tehnologiji modeliranja, metodah podatkovnega rudarjenja in sistemih za podporo odločanju omejujejo zmožnost zagotavljanja dragocenih informacij za logistične operacije.

1.3. Preglednica MS Excel in njena uporaba

Excel je eden najpogosteje uporabljenih programov na računalnikih podjetij, saj se v njem pripravlja večina poročil podjetij. Poleg tega številni sistemi podjetij izvažajo podatke v oblikah, ki so združljive z Excelom, kar olajša organizacijo in pregledovanje informacij na jasn in strukturiran način. S programskim jezikom VBA, ki je sestavni del programa Excel, program pridobi še širše možnosti uporabe, kot so avtomatizacija rutinskih opravil, ustvarjanje naprednejših orodij ali razvoj funkcij. VBA je ključno orodje za avtomatizacijo preglednic, saj omogoča ustvarjanje makrov za ponavljajoča se opravila in povezovanje z drugimi elementi paketa Microsoft Office ter s programi, kot je AutoCAD (Shinsato Jr et al., 2023). Preglednica Excel je program za preglednice v skupini aplikacij Microsoft Office. MS Excel zagotavlja funkcije, kot so izračuni, orodja za izdelavo grafikonov, vrtilne tabele in jezik za makroprogramiranje, imenovan Visual Basic for Applications. Ponuja tudi vrsto funkcij za statistično analizo in drugih orodij, s katerimi lahko izvajamo opisno statistiko in več različnih statističnih testov.

Preglednica je računalniški program, ki se uporablja za izvajanje različnih vrst izračunov, pogosto zelo zapletenih. V preglednicah lahko podatke, predvsem številčne, predstavimo v obliki niza tabel, ki omogočajo samodejno obdelavo teh podatkov,



njihovo analizo in predstavitev na različne načine, npr. v obliki različnih vrst grafov, od preprostih črtnih grafov, prek kolutnih in stolpčnih grafov do privlačnih mehurčkastih grafov. Najpomembnejše zmožnosti, ki jih preglednice zagotavljajo uporabniku, so (www_1.2): (1) analiza podatkov, (2) izvajanje izračunov, (3) priprava ponudb, (4) predstavitev rezultatov, (5) izdelava grafov, (6) izdelava poročil in povzetkov.

V vsako celico preglednice lahko vnesete številčne podatke, besedilne podatke ali formulo v listu, imenovano formula, ki omogoča izračun določene vrednosti na podlagi vsebine celic. V svoji vsebini lahko vsebuje naslove teh celic, matematične simbole in naprednejše operacije, kot so funkcije - ne le matematične, temveč tudi statistične, finančne, datumske in časovne ali funkcije zbirke podatkov, ki so najpomembnejša in najpogostejše uporabljena orodja, ki jih omogoča preglednica. **Funkcija** v preglednici pa je algoritem, ki so ga posebej zasnovali ustvarjalci programa, pripravljene formule, ki omogočajo specializirane izračune ali iskanje določenih vrednosti. Primeri vključujejo funkcijo Povprečje, ki izračuna aritmetično sredino danih števil, ali funkcijo Maksimum, ki išče največje izmed danih števil, in številne druge. S pomočjo teh funkcij se podatki, vneseni v program, samodejno obdelajo in se lahko uporabijo za ustvarjanje simulacij. Formule na delovnem listu so sestavljene z uporabo standardnih pravil za ustvarjanje matematičnih izrazov. Pred vnosom formule mora biti vedno znak "enako", npr. $=A8+C11$ ali $=(F14-E10)*12$ itd. Formule se uporabljajo za izračunavanje in analizo podatkov v preglednici. Če se številka v formuli spremeni, bo program spremembe izvedel samodejno in še vedno prikazal pravilen rezultat. Na ta način vam ni treba ročno spreminjati vsega. Dobre preglednice, kot je na primer Excel, imajo vgrajene pripravljene funkcije (www_1.2).

Prednost preglednic pred drugimi vrstami programske opreme je v veliki meri tudi v tem, da je mogoče izvesti zelo veliko število izračunov z veliko podatki, ne da bi bilo treba ročno potrditi vsako posamezno dejanje. Izvajanje izračunov na tak avtomatizirani način bistveno skrajša delovni čas in od zaposlenega zahteva neprimerljivo manj truda.

Poleg tega kot že omenjeno, preglednice omogočajo ponazoritev zbranih podatkov in rezultatov izračunov na način, ki je jasen in privlačen za prejemnika, na primer z različnimi vrstami grafikonov in diagramov. Prefinjeni programi za preglednice lahko ustvarijo veliko



različnih vrst diagramov, ki se lahko uporabljajo za statistične namene, optimizacijo določenega procesa ali vizualizacijo sprememb, ki jih je treba izvesti v organizaciji. Zato se zelo pogosto uporabljajo pri različnih vrstah predstavitev načrtovanih projektov, kjer se uporabljajo za prikaz doseženih rezultatov ali napovedi za prihodnost. Tako diagrami kot vrtilne tabele omogočajo lažje opazovanje soodvisnosti in trendov ter s tem boljše določanje učinkovitosti posameznih dejavnosti ali orodij (www_1.2).

Preglednice se pogosto uporabljajo kot večnamensko orodje za vnos, shranjevanje, analizo in vizualizacijo podatkov. Večina programske opreme za preglednice uporabnikom omogoča izvajanje vseh teh nalog, vendar so preglednice najprimernejše za vnos in shranjevanje podatkov, medtem ko je treba analizo in vizualizacijo izvajati ločeno. Analiza in vizualizacija podatkov v ločenem programu ali vsaj v ločeni kopiji podatkovne datoteke zmanjšujeta tveganje onesnaženja ali uničenja neobdelanih podatkov v preglednici (Broman in Woo, 2018).

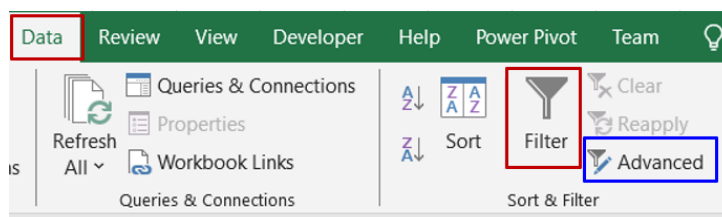
1.4. Najpomembnejša orodja, ki jih omogočajo preglednice

Preglednica ponuja široko paleto orodij, ki jih lahko uporabite za analizo logističnih podatkov in drugih vrst podatkov. Med orodji, ki jih ponuja preglednica MS Excel, je treba omeniti naslednja:

- Filtriranje podatkov,
- Razvrščanje podatkov,
- Funkcije statistične analize,
- Orodje za linearno regresijsko analizo,
- Korelacijski diagram,
- Vrtilne tabele,
- Solver,
- Makroji,
- Power Query,
- 3D zemljevidi.



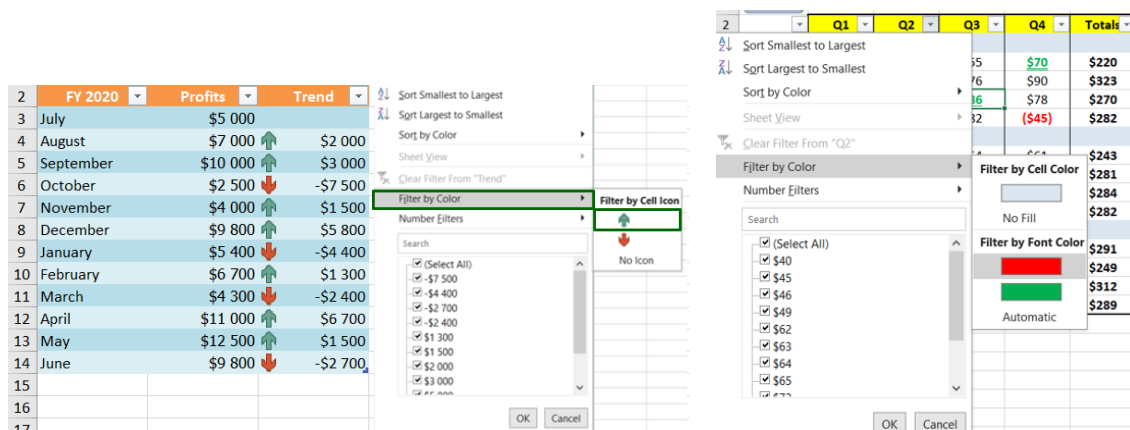
Zbiranje informacij pogosto vključuje velike podatkovne nize, za katere je značilna redundanca. Pred nadaljnjo analizo teh podatkov je treba iz zbirke podatkov izločiti le tiste, ki izpolnjujejo posebna merila, prilagojena informacijskim potrebam nosilcev odločanja. V Excelu sta na voljo dve metodi filtriranja, ki se nahajata na podatkovnem traku (slika 1.1): samodejni filter (ukaz filter) in napredni filter (ukaz Advanced).



Slika 1.1. Pogled na podatkovni trak z ukazi za filtriranje

Vir: lastna študija

Filtriranje podatkov po obliki (samodejni filter, možnost filter po barvi) omogoča izbiro vrednosti z določeno barvo pisave, barvo zapolnitve celic ali tistih, ki vsebujejo določeno ikono celice, vstavljeno prek pogojnega oblikovanja (slika 1.2).



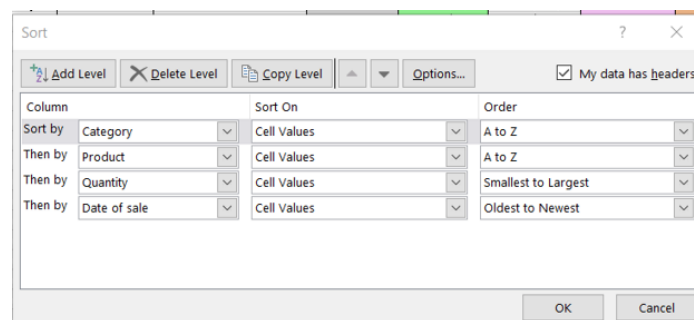
Slika 1.2. Primer uporabe samodejnega filtriranja po formatu (po ikonah celic in barvi pisave).

Vir: lastna študija

Če je treba določiti več meril, uporabite napredni filter. Pri uporabi naprednega filtra je treba opredeliti merilo za filtriranje.



Pri delu s podatkovnimi zbirkami je pogosto treba podatke urediti v določenem vrstnem redu v skladu z merili, ki jih določi uporabnik. Ta postopek lahko dosežemo z **razvrščanjem**. Najpreprostejša oblika razvrščanja je preprosto razvrščanje, tj. po enem samem merilu. Obstaja tudi možnost večstopenjskega razvrščanja, med katerim se zbirka podatkov razvršča po dveh ali več merilih (slika 1.3).



Slika 1.3. Pogled na okno Sortiranje z nastavljenimi merili za večstopenjsko razvrščanje.

Vir: lastna študija

Ocenjevanje pomena podatkovnih nizov je lahko težavno, še posebej, ko se količina podatkov povečuje. Presejanje vrstic neobdelanih podatkov v preglednicah je lahko praktično nemogoče brez upanja, da boste videli globlji pomen. Številčni povzetki so lahko koristni, vendar še vedno nezadostni. S preoblikovanjem teh številčnih povzetkov v vrtilne tabele in vrtilne diagrame jih lahko pogosto naredimo bolj razumljive z odlično postavitvijo in vizualno predstavitvijo.

Excel uporabnikom omogoča ustvarjanje vrtilnih tabel in z njimi povezanih vrtilnih diagramov. Ta koristna orodja prispevajo k avtomatizaciji postopka analize podatkov in omogočajo skoraj takojšnje spremembe vzorcev, v katerih so podatki organizirani, ter delov podatkov, ki se pregledujejo. Poročila, ki ustrezajo vsem potrebam, je mogoče ustvariti takoj in odgovoriti na vprašanja o podatkih. Vrtilne tabele omogočajo poudarjanje posameznih podatkovnih točk za takojšnjo primerjavo z drugimi točkami, kar omogoča enostavno primerjavo številnih različnih spremenljivk.

Vrtilne tabele so analitično orodje, v katerem lahko, kot pove že ime, poljubno urejate informacije, ki jih vsebujejo. Z uporabo vrtilne tabele lahko poljubno preoblikujete vrstice in



stolpce, tako da je nastala oblika tabele jasnejša ali jasneje označuje določene podatke, ki jih želi uporabnik poudariti. Poznavanje te funkcije preglednice je nujno za izdelavo povzetkov in poročil (www_1.2). Z vrtilno tabelo je mogoče obrniti podatke, ki so v vrsticah. Podatke je mogoče premakniti v stolpce, ki potekajo po celotni preglednici, kar lahko pomaga, da podatki dobijo bolj uporabno obliko, ko se pretvorijo v vizualni diagram. Avtomatizacija ravnanja s podatki prispeva k pospešitvi postopka in odpravi morebitne človeške napake, ki so posledica ročnega ravnanja s podatki. Vrtilne tabele in vrtilni diagrami so dinamične narave in omogočajo, da se njihova vsebina takoj spremeni, da se odgovori na določena vprašanja, povezana s podatki, medtem ko bi bilo treba vložiti veliko truda v preureditev podatkov, da bi odgovorili na ista vprašanja kot pri tradicionalnih tabelah (Miller, 2014).

Na sliki 1.4 je prikazan primer poročila z vrtilno tabelo, ki prikazuje skupno vrednost (področje vrednosti) izdelkov, ki jih je vsak prodajalec (področje vrstice) prodal posameznim izvajalcem (področje stolpca) z določenim načinom transporta (področje filtra).

Transport type	(All)					
Sum of The value of sales	Column Labels					
Row Labels	Company 1	Company 2	Company 3	Company 4	Grand Total	
Dickinson	\$213,00	\$193,35	\$97,25		\$503,60	
Apples	\$213,00				\$213,00	
Apricots			\$97,25		\$97,25	
Carrot		\$48,00			\$48,00	
Cucumbers		\$145,35			\$145,35	
Johnson	\$106,50	\$59,60	\$232,24		\$398,34	
Apples	\$106,50				\$106,50	
Onion			\$177,19		\$177,19	
Pears			\$55,05		\$55,05	
Potatoes		\$59,60			\$59,60	
Johnson	\$465,00				\$465,00	
Plums	\$465,00				\$465,00	
Miller	\$247,10	\$180,00	\$465,00	\$58,35	\$950,45	
Apricots				\$58,35	\$58,35	
Cherries	\$26,70				\$26,70	
Parsley	\$220,40				\$220,40	
Plums		\$465,00			\$465,00	
Raspberries		\$180,00			\$180,00	
Morisson	\$149,00	\$72,00	\$204,45		\$425,45	
Berries		\$72,00			\$72,00	
Onion			\$204,45		\$204,45	
Potatoes		\$149,00			\$149,00	
Morisson	\$251,60				\$251,60	
Strawberries	\$251,60				\$251,60	
Murphy			\$36,00		\$36,00	
Peaches			\$36,00		\$36,00	
Savage		\$110,20			\$110,20	
Parsley		\$110,20			\$110,20	
Savage	\$110,20	\$24,00	\$53,40	\$178,80	\$366,40	
Cherries			\$53,40		\$53,40	
Parsley	\$110,20				\$110,20	
Peaches		\$24,00			\$24,00	
Potatoes				\$178,80	\$178,80	
Smith	\$270,00	\$69,50	\$135,80		\$475,30	
Apricots			\$38,90		\$38,90	
Cucumbers			\$96,90		\$96,90	
Raspberries	\$270,00				\$270,00	
Tomatoes		\$69,50			\$69,50	
Smith			\$119,20		\$119,20	
Potatoes			\$119,20		\$119,20	
Grand Total	\$1 556,90	\$832,55	\$883,05	\$829,04	\$4 101,54	

Slika 1.4. Primer poročila z vrtilno tabelo v Excelu

Vir: lastna študija



Ker lahko polja v vrtilni tabeli postavite v poljubni konfiguraciji, je rezultat vsakič drugačen pri postavitvi poročila. Slika 1.5 prikazuje vrtilno tabelo, ustvarjeno iz istega seznama podatkov, kot vrtilna tabela na sliki 1.4, vendar tokrat predstavlja poročilo za analizo povprečne količine (področje vrednosti) prodanih izdelkov (področje vrstic) in dobavljenih določeni stranki (področje filtra) z uporabo določene vrste transporta (področje stolpcev).

	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				

Slika 1.5. Vrtilna tabela, ki prikazuje Povprečno število prodanih izdelkov, dostavljenih določeni stranki z uporabo posameznih vrst transporta

Vir: lastna študija

Trenutno se med podjetniki povečuje zanimanje za preglednice "kaj če" z možnostjo optimizacije, kot je **EXCEL Solver** (Microsoft Co.). Program Excel Solver se uporablja predvsem za reševanje in optimizacijo zasnove in integracije procesov. Tudi praktični inženirji uporabljajo preglednice za številne naloge, saj postaja optimizacija procesov vse pogostejša naloga pri sintezi, načrtovanju in integraciji procesov.

Zaradi svoje uporabnosti se Solver zelo pogosto uporablja v procesu odločanja za optimizacijo vprašanj, kot so: učinkovita uporaba obstoječih materialov, zmanjšanje stroškov dostave in transporta, določitev obsega proizvodnje ali določitev najboljšega večizemskega delovnega urnika.

Solver je brezplačen dodatek za preglednico Microsoft Excel. Excel Solver ima dva nelinearna neomejena optimizatorja, kvazi-Newtonovo metodo in metodo zmanjšane gradienta. Uporabljata se v okviru algoritma Generalised Reduced Gradient za reševanje



omejenih optimizacijskih problemov. Za reševanje linearnih in celoštevilskih problemov se lahko uporabljata linearna simpleksna metoda z omejitvami na spremenljivke ter metoda vej in mej. Pristop, ki se uporablja za pridobitev boljših začetnih ocen osnovnih spremenljivk pri katerem koli enodimenzionalnem iskanju, je mogoče določiti v možnostih Solver (Reševalec). Uporabi se lahko linearna ekstrapolacija iz tangentnega vektorja ali kvadratna ekstrapolacija, ki lahko izboljša rezultate za zelo nelinearne probleme. Določiti je mogoče tudi diferencialno metodo za oceno derivatov ciljne in omejitvene funkcije: Napredna, kadar se vrednosti omejitev spreminjajo razmeroma počasi, ali centralna, ki se uporablja za probleme, pri katerih se omejitve hitro spreminjajo, zlasti blizu mej aktivnih omejitev (Ferreira et al., 2004).

Če želite izvesti izračun, morate najprej kodirati vsebino delovnega lista Excel in v izbrano celico namestiti formulo, ki izračuna funkcijo. Vrednosti parametrov funkcije in argumente, ki jih je treba poiskati, je treba kodirati v celicah izbranega območja delovnega lista. Poleg tega je treba shraniti formule, ki so potrebne za vključitev omejitev spremenljivk v izračun. Nato je treba prikazati pogovorno okno Solver, ki je namenjeno določanju razmerij, potrebnih za doseg rešitve. V oknu je treba s sklicevanjem na naslove celic navesti (Bomba & April, 2012):

- objektivna celica, npr. \$A\$2,
- iskane vrednosti ciljne funkcije (Max, Min ali Value),
- iskano območje spremenljivk, npr. \$H\$8:\$H\$13,
- odnosi z omejitvami,
- metoda reševanja (nelinearna GRG, LP simpleks ali evolucijska metoda)

Solver izvede optimizacijski izračun, ko pritisnete gumb Solve (Rešiti), na koncu pa se prikaže poročilo z rezultati.

Opis naloge: Podjetje proizvaja dva izdelka: Vsak od njiju ustvarja dobiček, vendar zahteva različne količine delovnega časa in materiala (vhodni podatki so v preglednici 1.1).

Preglednica 1.1. Vhodni podatki za nalogo optimizacije, ki jo rešuje 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

Vir: lastna študija

Določite, koliko enot posameznega izdelka je treba izdelati, da bo dobiček čim večji, ob upoštevanju omejitev glede delovnega časa in razpoložljivosti materiala?

The screenshot shows an Excel spreadsheet with columns A, B, Total, and Maximum. Row 2 shows Profit: 50 for A, 40 for B, Total: 2800, Maximum: 100. Row 3 shows Work time: 2 for A, 1 for B, Total: 100, Maximum: 100. Row 4 shows Material: 1 for A, 2 for B, Total: 80, Maximum: 80. The Solver Parameters dialog box is open, showing the Set Objective: \$D\$2, To: Max, By Changing Variable Cells: \$B\$6:\$C\$6, Subject to the Constraints: \$B\$6:\$C\$6 >= 0, \$D\$2 >= 0, \$D\$3 <= \$E\$3, \$D\$4 <= \$E\$4. The GRG Nonlinear engine is selected, and the Solve button is highlighted.

Slika 1.6. Uporaba Solver-ja za primer optimizacijske naloge

Vir: lastna študija

Makroji v Excelu so zaporedja ukazov, napisanih v programskem jeziku Visual Basic for Applications (VBA), ki omogočajo avtomatizacijo pogosto izvajanih dejanj v preglednici. Z makri lahko vrsto napornih in ponavljajočih se operacij zmanjšamo na en sam klik na gumb ali kombinacijo tipk. Če se v podjetju pri nekaterih podatkih pogosto izvaja več enakih operacij, jih je verjetno mogoče avtomatizirati z uporabo makra. Očitno je vredno ustvariti univerzalnega makra, ki lahko izvede zaporedje določenih dejanj, ne le na enem kosu podatkov, temveč tudi, če se postavitev podatkov nekoliko spremeni ali če se število podatkov poveča ali zmanjša. Zato je pri oblikovanju makra pomembno, da uporabite ukaza, ki ga je v določeni situaciji mogoče uporabiti za več listov, ne le za enega.



Primeri avtomatizacije dela z uporabo makrov: (1) samodejno razvrščanje podatkov, (2) samodejno vnašanje podatkov, (3) samodejno izpolnjevanje obrazcev, (4) samodejno ustvarjanje poročil, (5) samodejno ustvarjanje in obdelava obrazcev in anket ter (6) samodejno povezovanje z drugimi sistemi.

Microsoft Power Query (PQ) je dodatek za preglednice Microsoft Excel za različice pred Excelom 2016, ki ga je Microsoft zasnoval za podporo samopostrežnim rešitvam za poslovno obveščanje. Poudariti velja tudi njegovo uporabnost pri delu s podatki, njihovem zbiranju ali analiziranju. PQ omogoča prenos podatkov z različnih področij; začnši z relacijskimi podatkovnimi zbirkami, prek podatkov iz SharePointa in operacijskega sistema ter konča s podatki, prenesenimi s katerega koli spletnega mesta. Dodatna prednost je, da omogoča predhodno obdelavo podatkov ter njihovo pripravo za nadaljnjo analizo ali vizualizacijo. Izvajanje navedenih funkcij je mogoče zaradi posebnega jezika "M", ki se v programu Power Query uporablja za ustvarjanje formul in daje velike možnosti uporabe naprednih funkcij za delo s podatki z izbranimi operaterji.

Power Map je dodatek za Microsoft Excel Professional in Office 365 Professional, ki omogoča ustvarjanje jasnih geoprostorskih vizualizacij podatkov neposredno iz programa Excel. V številnih primerih vizualizacije podatkov Power Map popolnoma odpravlja potrebo po programiranju, saj vam omogoča neposredno delo s podatki v preglednici in predstavitev razmerij neposredno na zemljevidu. Kot uporabno orodje za odpravljanje napak vam omogoča, da pridobite podatke iz podatkovne zbirke, jih uvozite v Excel, vizualizirate in pripravite sklepe, ne da bi vam bilo treba pisati kodo za prikaz podatkov na zemljevidu (Au in Rischpater, 2015).

Z aplikacijo Power Map lahko ustvarite 3D vizualizacije tako, da na zemljevidu Bing prikažete do milijon podatkovnih točk v obliki stolpcev, toplotnih in mehurčastih zemljevidov. Če so podatki označeni s časovnim žigom, lahko ustvari tudi interaktivne poglede, ki prikazujejo spremembe podatkov v času in prostoru (Clark, 2014).

1.5. Uporaba preglednic v različnih sektorjih

Excelove preglednice se najpogosteje uporabljajo kot orodje v proizvodnih podjetjih, ki nimajo integriranih informacijskih sistemov.



Prva asociacija na uporabo preglednic je seveda povezana z različnimi vrstami pisarniškega dela. Uporabljajo se za izdelavo seznamov zaposlenih, poročil o prodaji in izračunavanje plač zaposlenih. Tovrstni programi se zaradi naprednih funkcij finančnih izračunov pogosto uporabljajo tudi v računovodstvu. Diagrami in vrtilne tabele, ki so na voljo v preglednicah, pomagajo tudi pri vizualizaciji obresti, ki se kopičijo pri prodaji finančnih produktov, tako v bančništvu, zavarovalnicah kot v naložbenem sektorju. Poleg tega se preglednice uporabljajo tudi za zbiranje in obdelavo informacij, ki so potrebne za optimizacijo procesov in strojev, ki se uporabljajo v industriji. K samoumevni uporabi preglednic sodi tudi ustvarjanje različnih vrst vzorcev in predlog za komercialne ponudbe (www_1.2).

Excel se uporablja tudi na področju logistike. Logisti pri svojem delu pogosto uporabljajo preglednice za podporo odločitvam na področju logistike. Med njimi so naslednje.

1) Analiza nadzora zalog:

- analiza strukture, dinamike in obsega nakupov,
- analiza popolnosti in primernosti zalog,
- kazalniki produktivnosti zalog,
- analizo stroškov, povezanih z zalogami.

2) Dinamična analiza razvoja logističnih ukrepov skozi čas z uporabo vrtilne tabele:

- analizo in primerjavo stroškov nakupa,
- primerjava kazalnikov skozi čas,
- analiza in izračuni v več valutah,
- analiza obsežnih podatkovnih zbirk z uporabo vrtilne tabele,
- analize na področju prometa.

3) Grafična predstavitev podatkov v poročilih v obliki različnih vrst grafov.

4) Poročila o proračunu in operativni logistiki.

Excelova preglednica se uporablja kot zanesljivo orodje za pripravo zapletenih poročil, kadar se pojavijo težave pri njihovem branju, potem ko so jih ustvarili logistični sistemi, kot sta ERP ali WMS, ki imata lastne sisteme poročanja. Zelo uporabne so vrtilne tabele, saj jih ni



mogoče ustvariti v drugih informacijskih sistemih, ki podpirajo logistične procese, tabele, ustvarjene v Excelu, pa so jasne, razumljive in pregledne (www_1.3).

Logistika je področje upravljanja, kjer imamo pogosto opravka s količinsko opredeljivimi vrednostmi, ki jih je mogoče opisati z matematičnim modelom, zato je Excel idealen za analizo posebnih vprašanj odločanja na področju logistike. V nadaljevanju navajamo nekaj primerov nekaterih od njih:

- usklajevanje pretoka virov v oskrbovalni verigi,
- izvajanje transportnih nalog,
- zmanjšanje praznih voženj v prometu,
- vprašanje posrednika,
- problem potujočega prodajalca,
- model ekonomske količine naročila,
- optimizacija proizvodnega programa za povečanje dobička,
- načrtovanje zmogljivosti in povpraševanja po materialu v proizvodnem podjetju,
- optimizacija proizvodnje in distribucije izdelkov,
- optimizacija izpolnjevanja naročil,
- Analiza XYZ pri upravljanju zalog,
- reševanje problema izračunavanja cen logističnih storitev,
- večkriterijska analiza in vrednotenje.

Vprašanja

1. Kateri so glavni izzivi, povezani z upravljanjem informacij in podatkov v dinamično spreminjajočem se organizacijskem okolju in logističnem sistemu?
2. S katerimi ukrepi lahko organizacije zagotovijo kakovostne informacije in izpolnijo pričakovanja uporabnikov v okviru upravljanja oskrbovalne verige?
3. Katere so prednosti uporabe preglednic pri analizi podatkov in predstavitvi rezultatov v različnih projektih?



VIRI

Au, C. & 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. & Woo, K.H. (2018). Data Organization in Spreadsheets, The American Statistician, Taylor & 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. & Salcedo, R., (2004). Spreadsheets in Chemical Engineering Education DA 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. & 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/>, (access 2024.01.04)

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

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



2. METODE VIZUALIZACIJE PODATKOV

To poglavje obravnava vizualizacijo podatkov in njeno uporabo za učinkovitejšo in natančnejšo analizo podatkov. Najpomembnejša področja tega poglavja vključujejo:



- potrebe po uporabi vizualizacije podatkov in njene prednosti,
- vrste vizualizacije podatkov - kdaj in katere vizualizacije uporabiti,
- primerjava grafikonov glede na njihove lastnosti,
- opisovanje nadzornih plošč,
- opis koncepta izdelave nadzornih plošč.

2.1. Uvod

Danes si je nemogoče predstavljati delovanje sveta brez analize podatkov. Ob obilici informacij, ki so na voljo, je vizualizacija podatkov eno najpomembnejših orodij, ki pomaga pri njihovem razumevanju, sklepanju in posledično sprejemanju poslovnih odločitev (Buono, 2016). Metode vizualizacije pomagajo analizirati podatke ter jih pretvoriti v informacije in znanje o poslovanju. Zaradi vizualizacije podatkov je lažje sprejemati poslovne odločitve, ki temeljijo na dejstvih in ne le na občutkih (Graudina in Grundspenkis, 2005). Metode vizualizacije podatkov se razvijajo z razvojem tehnologije, predvsem orodij BI. Prav z razvojem BI so se popularizirale nadzorne plošče, ki uporabnikom omogočajo analizo in spremljanje podatkov v realnem času (Tezel et al., 2009).

To poglavje obravnava izbiro različnih vrst grafov in postopek ustvarjanja nadzornih plošč. Obstaja veliko vrst diagramov, vključno s stolpčnimi diagrami, stolpčnimi diagrami, črtnimi diagrami, tortnimi diagrami, območnimi diagrami, diagrami zalog, površinskimi diagrami, radarskimi diagrami, krožnimi diagrami, točkovnimi diagrami, lijakastimi diagrami,



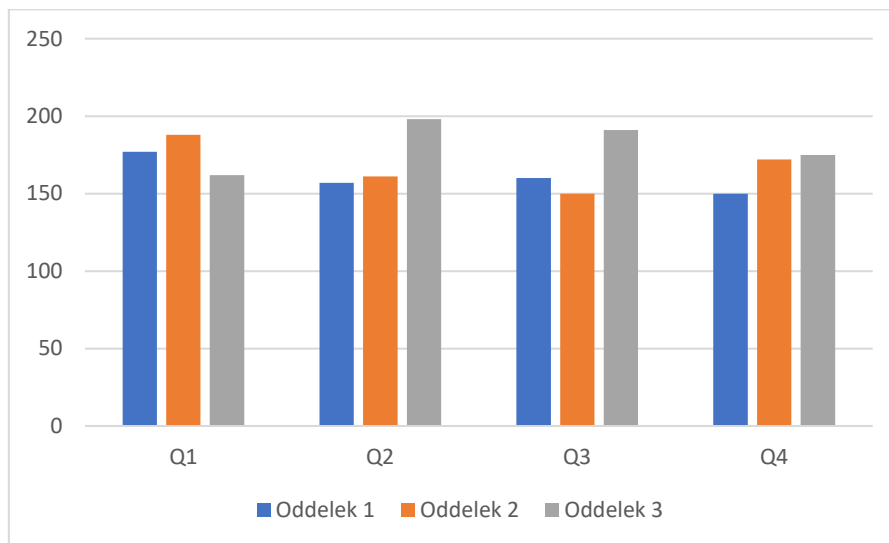
razpršenimi diagrami ter tudi histogrami, toplotnimi in drevesnimi kartami. Izbiro grafa je treba prilagoditi vrsti analiziranih podatkov in pogoji s potrebo po izvedbi analize.

Vse vrste vizualizacije podatkov omogočajo boljše razumevanje. Vizualizacije vam omogočajo, da ste pozorni na najpomembnejše stvari, odstopanja in trende. Poleg tega predstavitev podatkov v obliki diagramov, zemljevidov in nadzornih plošč pretvori podatke v informacije, kar lahko privede do približevanja znanju, potrebnemu za sprejemanje poslovnih odločitev (Hansoti, 2010).

2.2. Metode vizualizacije podatkov

Stolpčni diagrami

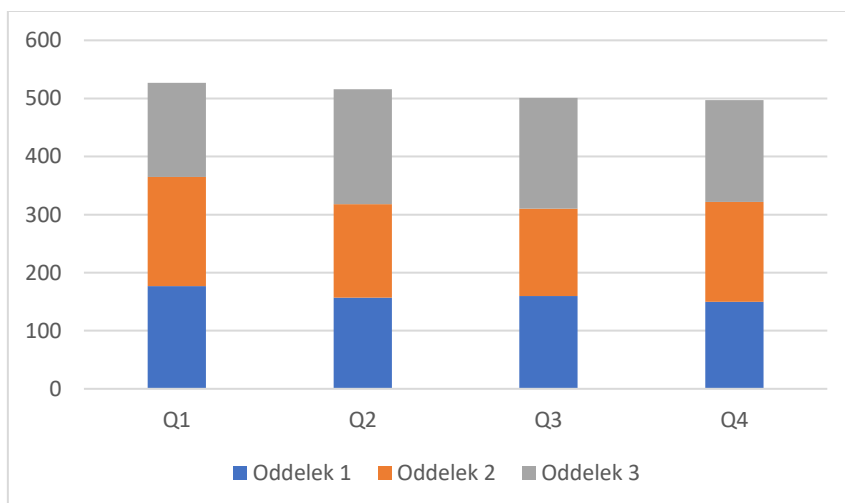
Stolpčni (navpična postavitev) in palični (vodoravna postavitev) diagrami so nekateri najbolj znani in uporabljeni diagrami. Za prikaz vrednosti podatkov kategorije uporabljajo stolpce, pri čemer dolžina stolpcev predstavlja vrednost podatkov. Čim višja je vrednost, tem višja je črta. Zahvaljujoč stolpčnim diagramom lahko primerjate velikost kategorij in predvsem primerjate razlike med njimi. Kategorije so lahko čas, merjenje (npr. prodaja, stroški, marža), kraj, lokacija. Diagrami so lahko zlagani, pri čemer bo več kategorij v eni vrstici na čas, ali združeni, pri čemer bodo vse kategorije druga ob drugi. Posamezne kategorije lahko združite v skupine ([www_2.1](#)).



Slika 2.1. Grozdni stolpčni diagram

Vir: lastna študija

Na slikah 2.1 in 2.2 lahko opazite razlike med zlaganim in grupiranim diagramom. Diagrame lahko združujemo na različne načine, tako da si lahko iste podatke ogledamo z različnih vidikov. Stolpčni diagrami se pogosto uporabljajo za predstavitev prodajnih rezultatov in marž po okrožjih ali za predstavitev podpore političnim strankam med volitvami.



Slika 2.2. Zloženi stolpčni diagram

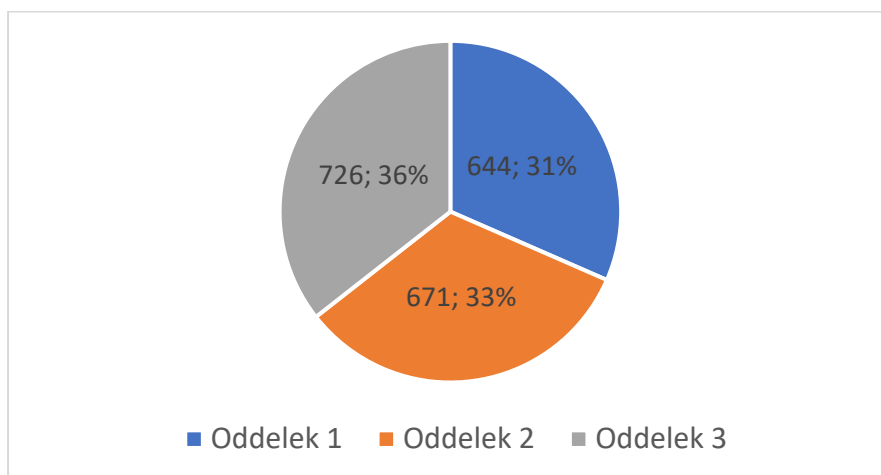
Vir: lastna študija



Krožni diagram

Še en priljubljen diagram, ki prikazuje prispevek različnih kategorij k skupni metriki, so krožni diagrami. Diagram se ne sme uporabljati za časovno občutljive podatke, velja pa za skupno analizo (leto, četrletje, mesec). V grafu je poudarjena prevladujoča kategorija v smislu npr. vrednosti prodaje (www_2.1)

Slika 2.3 prikazuje porazdelitev prodaje v obliki krožnega diagrama. Večji kot je delež vrednosti proučevane kategorije v celoti, večji je sektor kroga. Diagram se lahko uspešno uporabi za predstavitev strukture proračuna ali za prikaz strukture prodaje po oddelkih ali podružnicah (www_2.2).

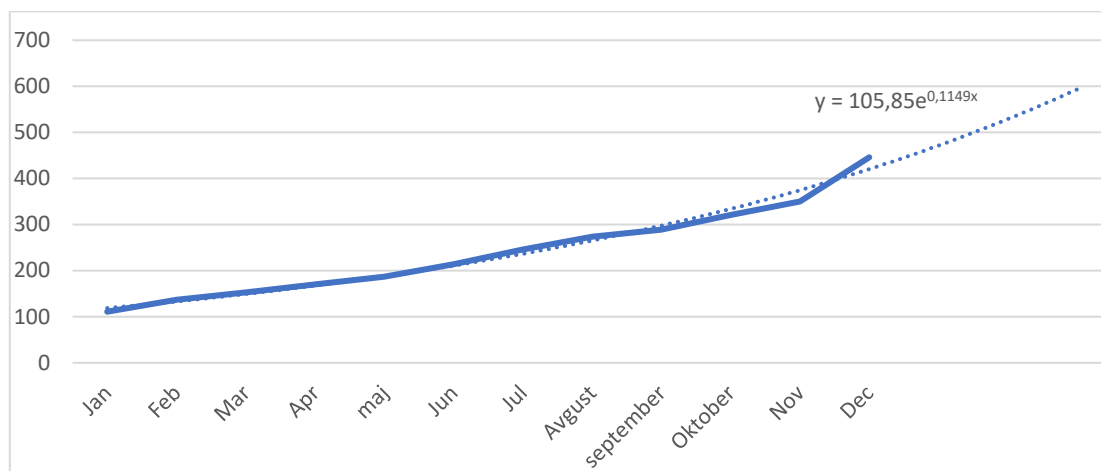


Slika 2.3. Krožni diagram

Vir: lastna študija

Črtni diagrami

Črtni diagrami so diagrami, ki se lahko uporabljajo za predstavitev podatkov skozi čas. S tem pristopom lahko enostavno analiziramo trend, dinamiko trenda ali celo napovedujemo vrednosti v prihodnosti (www_2.3).



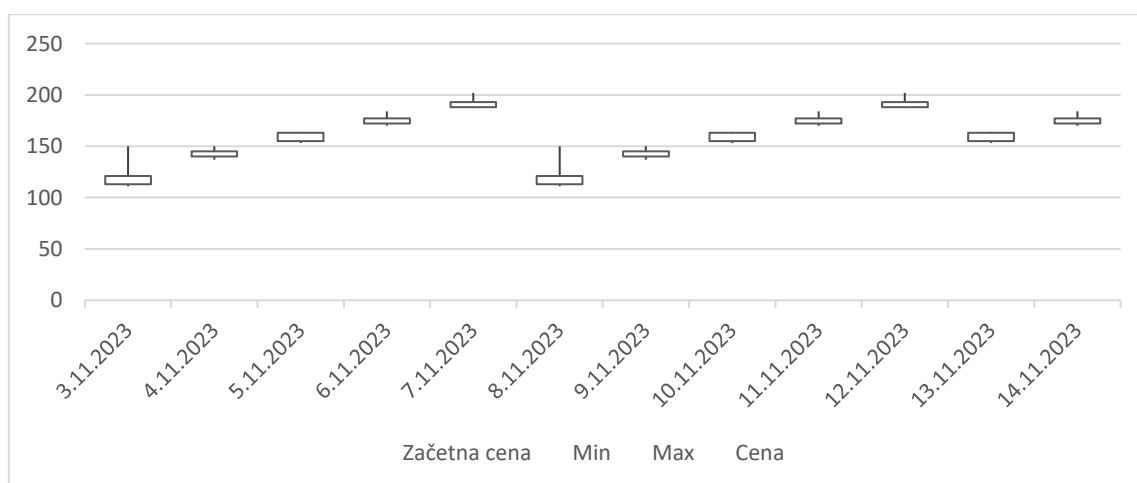
Slika 2.4. Črtni diagram

Vir: lastna študija

Slika 2.4 prikazuje prodajo po mesecih in eksponentni trend te prodaje. Črtni diagram je kombinacija točk, ki prikazujejo velikost določene kategorije skozi čas. Diagrami se lahko uporabljajo za predstavitev valutnih tečajev ali za prikaz trenda prodaje določenega izdelka (www_2.1).

Diagrami delnic

Diagrami delnic se uporabljajo za prikaz cen delnic na borzi. Diagram lahko prikaže začetno ceno, končno ceno ter najmanjše in največje vrednosti v določenem času (www_2.4)



Slika 2.5. Diagram delnic



Vir: lastna študija

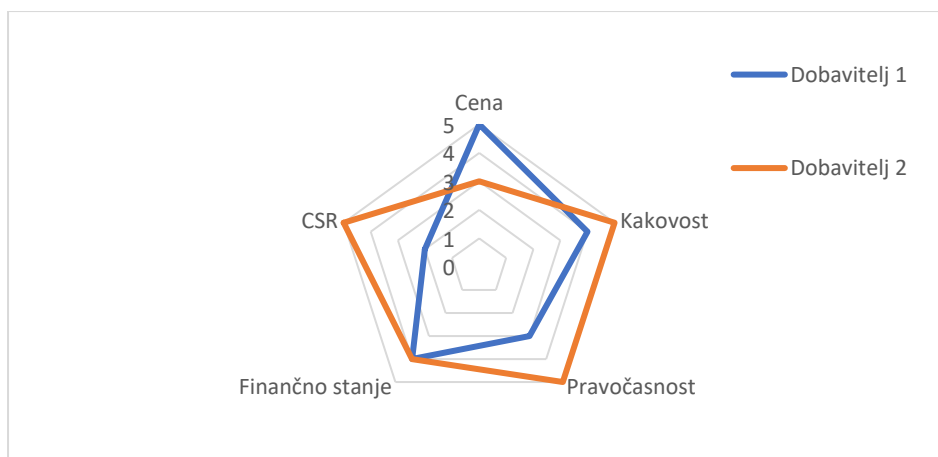
Zgornja slika 2.5 prikazuje začetno in končno ceno delnice od 3. novembra do 14. novembra 2023, skupaj z največjo in najmanjšo vrednostjo v tem razponu. Diagram se uporablja za predstavitev cen delnic in valut ([www_2.2](#)).

Površinski diagrami

Površinski diagrami omogočajo predstavitev tridimenzionalnih podatkov na dvodimenzionalnem diagramu. Omogočajo prikaz dveh neodvisnih spremenljivk z eno odvisno spremenljivko. Odvisna spremenljivka je prikazana z različnimi barvami ali višinami. Diagram lahko na primer uporabite za modeliranje topografije terena ([www_2.5](#)).

Polarni diagram

Polarni diagrami se uporabljajo za prikaz več spremenljivk za izbrane kategorije. Diagram se ne uporablja v časovnem pogledu, temveč se uporablja za oceno določene kategorije, npr. za oceno sposobnosti športnika in njegovih veščin, pa tudi za oceno, ali ponudnik storitev izpolnjuje merila ([www_2.4](#)).



Slika 2.6. Polarni diagram

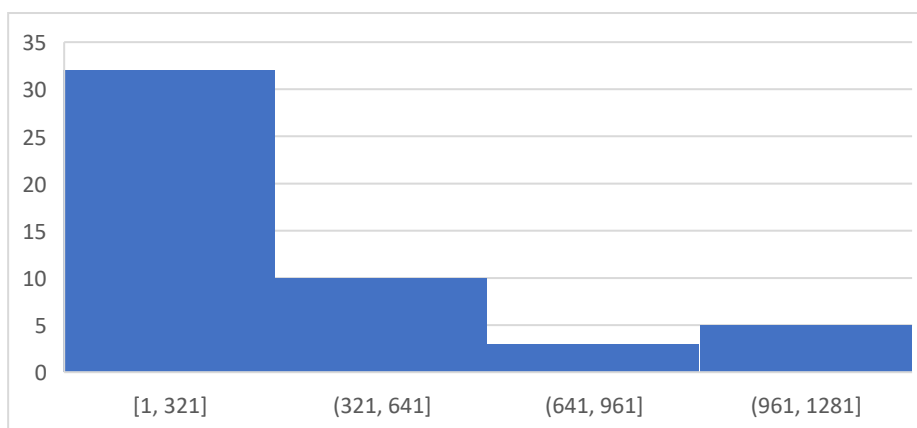
Vir: lastna študija

Slika 2.6 prikazuje radarski diagram, ki ocenjuje posamezne značilnosti vsakega dobavitelja. Diagram omogoča njihovo medsebojno primerjavo, da bi izbrali dobavitelja, ki je najprimernejši za potrebe analiziranega subjekta.



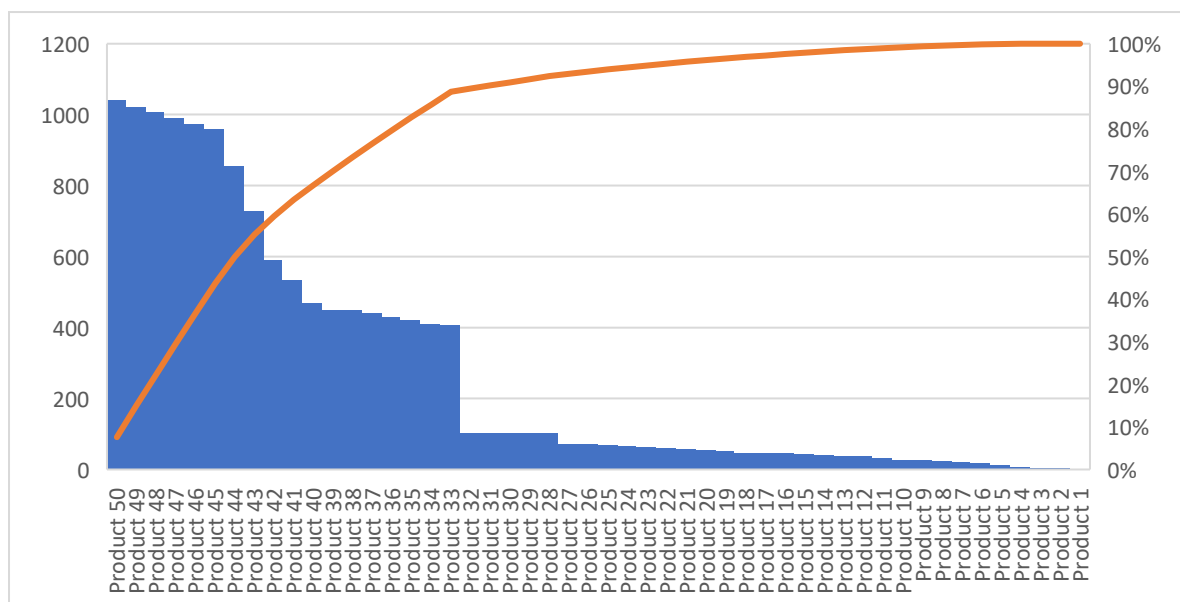
Histogrami

Histograme lahko uporabite za predstavitev porazdelitve številčnih podatkov, kar izboljša razumevanje porazdelitve okoli srednje vrednosti in omogoča prepoznavanje velikosti skupin. Histogrami se uporabljajo za statistične raziskave, vključno s preučevanjem porazdelitev v določeni populaciji ([www_2.2](#)).



Slika 2.7. Histogram

Vir: lastna študija



Slika 2.8. Pareto diagram



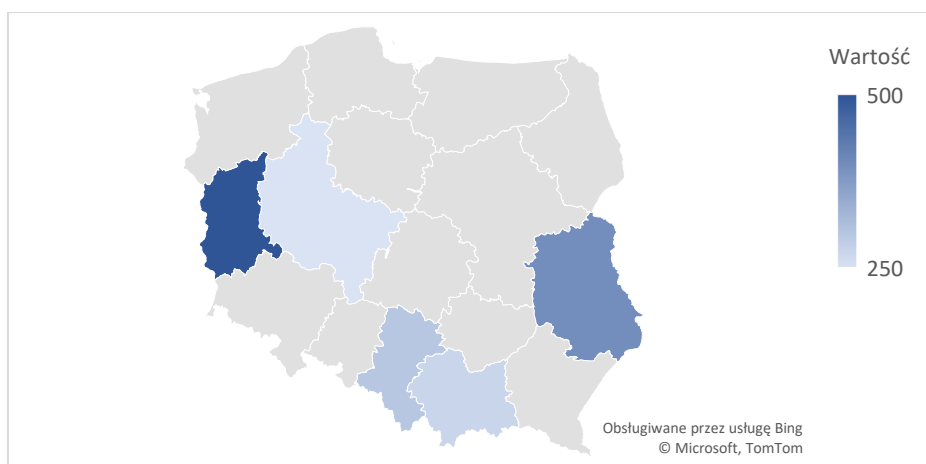
Vir: lastna študija

Sliki 2.7 in 2.8 prikazujeta porazdelitev prodaje s histogramom in Pareto-Lorenzovo krivuljo. Vidne so 4 skupine porazdelitve, pri čemer je največja skupina sestavljena iz najmanjših kupcev. Z uporabo Paretovega diagrama ste lahko pozorni na to, koliko prvih strank je odgovornih za kakšen odstotek prodaje.

Toplotni zemljevidi

Zemljevidi se uporabljajo za vizualizacijo podatkov ob upoštevanju geolokacije ali ozemeljskih enot. Označena območja so z višjimi vrednostmi vedno temnejše barve. Zemljevidi lahko vsebujejo tudi različne vrste grafikonov. Na zemljevidih lahko narišete tudi časovno os, tako da lahko opazujete spremembe vrednosti za izbrano lokacijo ([www_2.4](#)).

Na sliki 2.9 je prikazan toplotni zemljevid, ki prikazuje prodajo po regijah. Videti je, da je največja prodaja v Lubuskem vojvodstvu na Poljskem.



Slika 2.9. Toplotna karta

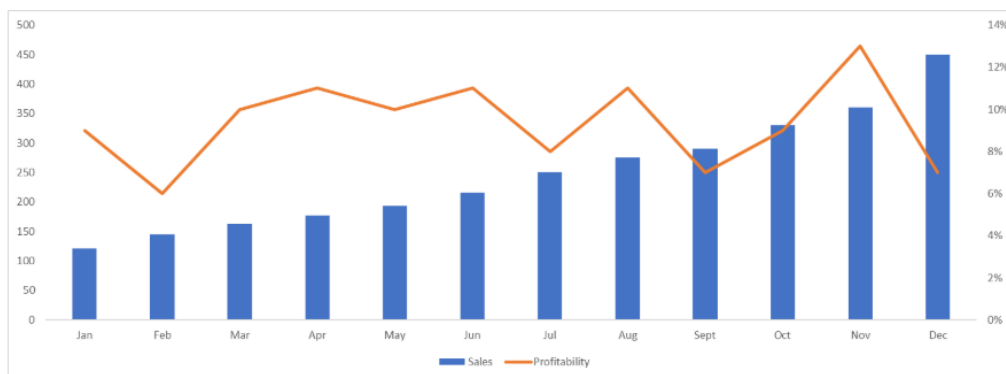
Vir: lastna študija

Kombinirani diagrami

Kombinirani diagrami so kombinacija več zgoraj naštetih diagramov. Uporabljajo se lahko za vizualizacijo različnih podatkov. V takšnih diagramih lahko uporabite pomožno



podatkovno os za priročnejšo vizualizacijo podatkov. Takšen diagram lahko uporabite za analizo na primer prodaje in dobičkonosnosti (www_2.2).



Slika 2.10. Kombinirani diagram

Vir: lastna študija

Slika 2.10 prikazuje prodajo z donosnostjo s pomočjo sekundarne osi. Diagram je mogoče uporabiti za številne analize, pri katerih je treba uporabiti različne diagrame.

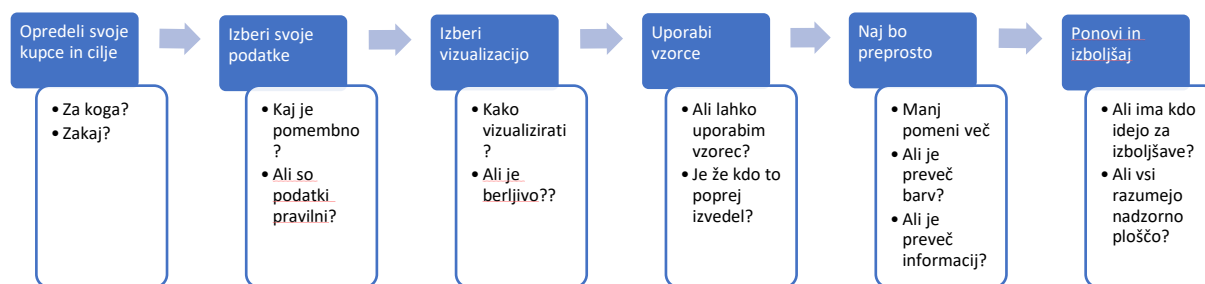
Nadzorna plošča

Nadzorne plošče so zbirka številnih grafikonov, zemljevidov in tabel, ki omogočajo spremljanje in analizo podatkov, ključnih kazalnikov uspešnosti ter operativnih in finančnih rezultatov. Nadzorne plošče lahko predstavljajo rezultate v realnem času ter so lahko popolnoma prilagodljive in kaskadne. Interaktivnost nadzornih plošč vam omogoča poglobitev analiz in prehod od splošnega k specifičnemu. Namen nadzornih plošč je podpora poslovnemu upravljanju, tj. podatki morajo zagotavljati informacije, potrebne za sprejemanje poslovnih odločitev (www_2.2).

Nadzorne plošče lahko, kot pove že ime, primerjamo z armaturno ploščo avtomobila, ki vsebuje najpomembnejše informacije, kazalnike, metre in trende v zvezi s preučevanimi podatki (www_2.6). Interaktivnost, tj. filtriranje podatkov, možnost prehajanja od splošnega k specifičnemu, je razlikovalna značilnost nadzornih plošč. Vse vrste interaktivnih gumbov/filterjev morajo biti uporabniku prijazne in enostavne za vsakodnevno delo (www_2.6).



Nadzorne plošče omogočajo hitro in učinkovito sprejemanje odločitev vodjem, analitikom in menedžerjem z zagotavljanjem informacij o uspešnosti procesov, tako da lahko vsi prejemniki nadzornih plošč bolje razumejo poslovanje. Dodatna prednost je spremljanje doseganja ciljev in osredotočanje na najpomembnejše informacije. Druga prednost je, da lahko zlahka izločite najmanj učinkovite faze procesa ali največja odstopanja od ciljev, kar vam omogoča hitrejše uvajanje korektivnih ukrepov. Nadzorne plošče imajo v primerjavi s tradicionalnimi poročili to prednost, da podatke v praksi predstavljajo v realnem času (www_2.7).



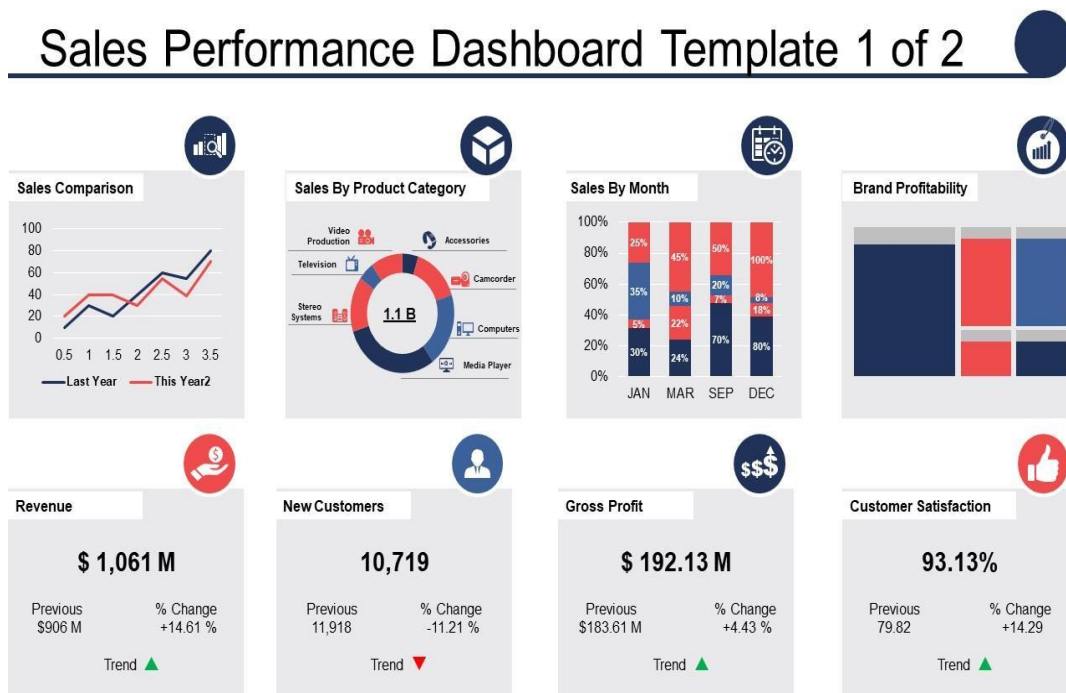
Slika 2.11. Kako ustvariti nadzorno ploščo

Vir: lastna študija na podlagi: (www_2.8)

Na sliki 2.11 je po korakih prikazano, kako se lotiti ustvarjanja nadzorne plošče. Najpomembneje je, da poznamo razlog za izdelavo poročila, komu naj bi poročilo pomagalo pri boljšem opravljanju dela in kaj želimo doseči. V naslednjem koraku je treba vedeti, katere podatke je treba uporabiti, in se prepričati, da so pravilni. Naslednji korak je, da vizualizacijo ustrezno prilagodimo podatkom ali uporabimo razpoložljive predloge. Zadnji koraki so najpomembnejši, saj se moramo pri oblikovanju nadzorne plošče zavedati, da je manj več in da mora biti nadzorna plošča uporabna za prejemnika. To pomeni, da mora biti čitljiva, pregledna in prijetna za oko ter da jo mora ustvarjalec nadzorne plošče spremeniti, če prejemnik to zahteva (www_2.8)



Na sliki 2.12 je prikazan primer prodajne nadzorne plošče, ki prikazuje prodajo največjim strankam in jo primerja z lanskim letom. Upoštevana sta bila tudi doseganje prodajnih ciljev in razdelitev prodaje po regijah. Prodajne nadzorne plošče omogočajo spremljanje prodaje in hitro posredovanje v primeru nepričakovanih padcev ali neizpolnjevanja proračuna.



Slika 2.12. Primer nadzorne plošče za prodajo

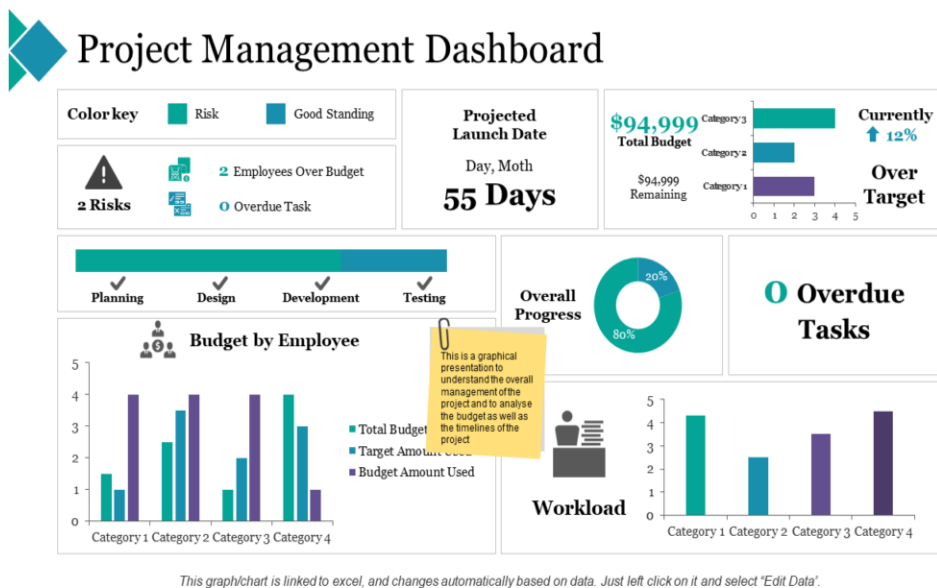
Vir: (www_2.9)



Slika 2.13. Uporaba nadzornih plošč

Vir: lastna študija na podlagi: (www_2.8)

Slika 2.13 prikazuje možne načine uporabe nadzornih plošč. Praktično ni področja, na katerem nadzornih plošč ne bi bilo mogoče uporabiti za izboljšanje procesov in sprejemanje pravih poslovnih odločitev. Vizualizacija podatkov z nadzornimi ploščami krepi ozaveščenost zaposlenih o delovanju v vseh možnih procesih.



Slika 2.14. Primer operativne nadzorne plošče

Vir: (www_2.10)

Slika 2.14 prikazuje primer nadzorne plošče, ki podpira upravljanje projektov. Vizualizacija podpira predogled napredka dela in označuje tvegane faze. V vizualizaciji je uporabljenih več vrst diagramov, ki so med seboj grafično skladni.

Nadzorne plošče je najlažje ustvariti s programi, kot so Power BI, Qlik, Tableau, Google Data Studio in druga orodja za poslovno obveščanje. Poleg tega je alternativna možnost uporaba najbolj priljubljene "preglednice", tj. programa MS Excel.

2.3. Primerjava vrst grafikonov

Vizualizacija podatkov je sposobnost spoznavanja podatkov in pridobivanja znanja iz njih, ki podpira vodenje podjetja. Z ustrezno izbiro diagramov, zemljevidov ali nadzornih plošč, ustvarjenih na celovit način, lahko ustvarite konkurenčno prednost. Orodja morajo omogočati vpogled v podrobnosti analize, tako da lahko gledalec naredi zanimive zaključke

V preglednici 2.1 so primerjane lastnosti vrst grafikonov, ki jih je mogoče uporabiti za analizo podatkov. Na podlagi tabele lahko izberete ustrezno vrsto diagrama za svoje potrebe.

Preglednica 2.1. Preglednica s primerjavo vrst grafikonov glede na njihove lastnosti.



Vrsta grafikona	Primerno za analizo trendov.	Pravilno prikaže časovno mero	Odlično za primerjavo velikosti kategorij.	Učinkovito pri prikazovanju odstotnih podatkov	Dobro za predstavitev razmerij med	Dostopno za širšo javnost
Stolpec	Ne	Da	Da	Da	Ne	Da
Črtni	Da	Da	Ne	Ne	Da	Da
Krožni	Ne	Ne	Da	Da	Ne	Da
Območje	Ne	Ne	Da	Da	Ne	Da
Zaloga	Da	Da	Ne	Ne	Da	Da
Površina	Ne	Ne	Ne	Ne	Da	Da
Radar	Ne	Ne	Da	Ne	Da	Ne
Diagram razpršitve	Ne	Ne	Ne	Ne	Da	Da
Histogram	Ne	Ne	Da	Ne	Ne	Da
Toplotni zemljevid	Ne	Ne	Da	Da	Ne	Da
Kombinirani	Da	Da	Da	Da	Da	Da

Vir: lastna študija

Vprašanja

1. Kateri so nekateri izzivi, ki se lahko pojavijo pri ustvarjanju nadzornih plošč?
2. Ali izbira vrste grafa vpliva na razlago podatkov in sprejemanje odločitev? Pojasnite svoj odgovor.

VIRI

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



Graudina, V. & 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. & Koskela, L. & 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>, (access 2023.11.09)

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

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

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

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

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

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

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

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

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



3. OPTIMIZACIJA PRI UPRAVLJANJU OSKRBOVALNE VERIGE



V poglavju so predstavljena najpomembnejša vprašanja, povezana z upravljanjem zalog. Poseben poudarek je na analizi logističnih podatkov, za katero se lahko uporabi preglednica. Tu boste našli:

- koncept optimizacije v logistiki,
- vloga skladišča v oskrbovalni verigi,
- določitev skladiščnega prostora,
- izbrane metode upravljanja zalog v oskrbovalni verigi,
- orodje Solver.

3.1. Uvod

Optimizacija logistike je proces iskanja najučinkovitejšega načina za organizacijo pretoka blaga, informacij in virov v celotni oskrbovalni verigi, od začetne do končne točke, ob hkratnem zagotavljanju visoke kakovosti in izpolnjevanju zahtev strank (Reszka, 2012). Cilj optimizacije v logistiki je izboljšati različne vidike dejavnosti, kot so (Antoniuk et al., 2021; Gupta et al., 2022):

- skrajšanje časa pretoka blaga,
- optimizacija stroškov transporta, skladiščenja in rokovanja,
- izboljšanje kakovosti logističnih storitev,
- večja prožnost in odzivnost na spremembe v povpraševanju,
- zmanjšanje ravni zalog ob hkratnem zagotavljanju neprekinjene oskrbe,
- boljše upravljanje skladiščnega prostora in transportnih sredstev,
- integracijo in avtomatizacijo logističnih procesov.

Modeli **logistične optimizacije** se uporabljajo v skladu z (Smyk, 2023): (1) oblikovanje distribucijskega omrežja (določitev lokacij distribucijskih centrov) - opisano v



poglavju Optimizacija logističnega omrežja, (2) oblikovanje transportnih sistemov (optimizacija transportnih nalog, minimizacija praznih voženj, določitev oskrbovalnih poti) - opisano v poglavju Optimizacija transporta, (3) upravljanje zalog (razporeditev zalog, ocenjevanje njihove velikosti, določanje časovnih razporedov naročil) - opisano v poglavju o analitiki v oskrbi in nabavi ter v nadaljevanju v podpoglavju Izbrane metode upravljanja zalog v oskrbovalni verigi, (4) načrtovanje in upravljanje skladiščnih dejavnosti (maksimiranje učinkovitosti skladiščnega prostora) - opisano v podpoglavju Določanje skladiščnega prostora.

V okviru optimizacijskih modelov obstaja veliko metod optimizacije, pri čemer glavna klasifikacija teh metod temelji na vrsti optimizacijske naloge, ki jo je treba rešiti. V skladu z (Jayarathna et al., 2021; Kusiak et al., 2021) lahko razlikujemo naslednje metode optimizacije:

- vrsta problema, ki se rešuje: metode linearnega programiranja, nelinearne metode optimizacije,
- omejitve: metode optimizacije brez omejitev, metode optimizacije z omejitvami,
- razsežnost problema (število optimizacijskih spremenljivk): univariatne metode, multivariatne metode (več optimizacijskih spremenljivk),
- merila za optimizacijo: metode z enim merilom; metode z več merili (več meril za optimizacijo).

V logistiki se pogosto upošteva število meril, optimizacijske naloge pa se oblikujejo kot enokriterijske ali večkriterijske. V praksi se običajno rešujejo enokriterijske optimizacijske naloge, predvsem zaradi preprostosti modelov in enostavne uporabe. Naloge optimizacije z več merili zahtevajo zapletene modele, kar pogosto privede do situacij, ko lahko optimalna rešitev v skladu z enim merilom negativno vpliva na rezultat, usklajen s ciljem drugega merila. Posledično je pri večkriterijskih rešitvah treba oblikovati kompromis med različnimi ciljnimi funkcijami, kar otežuje določitev nedvoumno najboljše optimalne rešitve (Smyk, 2023). Zato je pri iskanju delnih meril in ciljev za optimizacijo logističnih nalog pomembno zagotoviti, da so (Silva et al., 2005):

- popolno (vpliva na določen problem odločanja),
- ni redundanten,
- minimizirati (s ciljem zmanjšati velikost problema odločanja),



- operativni (merljivi),
- razlikovanje rešitev (kar omogoča določitev najboljše - optimalne rešitve).

Pri poslovnih dejavnostih je ključnega pomena, da je merilo optimizacije jasno opredeljeno, model optimizacije pa mora ustrezati temeljni naravi analiziranega problema (Smyk, 2023). To merilo se imenuje ciljna funkcija in se izbere v okviru sprejete odločitve ali v začetni fazi logističnega načrtovanja. Ta funkcija služi kot merilo za oceno kakovosti rešitve, pri čemer je optimalna rešitev dosežena, ko funkcija zajame ekstrem (minimum ali maksimum) (Gupta et al., 2022).

3.2. Vloga skladišča v oskrbovalni verigi

V sodobnem logističnem sistemu se vsaka manipulacija z materialom temeljito preveri že v fazi načrtovanja. Tudi manjše spremembe blaga na kratkih razdaljah, ki se običajno zgodijo znotraj stavbe ali med objektom in transportnim posrednikom, začenjajo igrati zelo pomembno vlogo. Skladišče je namenjeno skladiščenju materialnih dobrin na določenem prostoru skladiščne stavbe, v skladu z uveljavljeno tehnologijo, opremljeno z ustreznimi napravami in tehničnimi sredstvi, ki ga upravlja in oskrbuje ekipa ljudi, opremljenih s potrebnimi znanji (Miszewski, 2019.). Najboljša možna razporeditev blaga na določenem prostoru omogoča popolnejšo izrabo omejenih zmogljivosti objekta in zmanjšuje število manipulacij z določeno zalogo (Ghiani, 2004; Muller, 2002).

V okviru oskrbovalne verige ima skladišče izjemno pomembno vlogo, saj je ključno središče za usklajevanje in skladiščenje blaga, kar je bistveno za zagotavljanje nemotenega pretoka izdelkov od proizvajalcev do potrošnikov. Njegovo delovanje je temeljnega pomena za učinkovito upravljanje zalog, saj omogoča zmanjšanje tveganja pomanjkanja in presežkov ter tako ohranja ravnovesje med povpraševanjem in ponudbo. Poleg tega ima skladišče pomembno vlogo v procesu nadzora kakovosti, saj ponuja možnost preverjanja in priprave izdelkov za nadaljnjo distribucijo ter zagotavlja njihovo skladnost s standardi in pričakovanji kupcev. Uvedba sodobnih **sistemov za upravljanje skladišč (WMS)** prispeva k znatni optimizaciji logističnih procesov, kar posledično povečuje operativno učinkovitost in omogoča zmanjšanje operativnih stroškov. Ne nazadnje so skladišča izjemno pomembna pri prilagajanju oskrbovalne verige dinamično

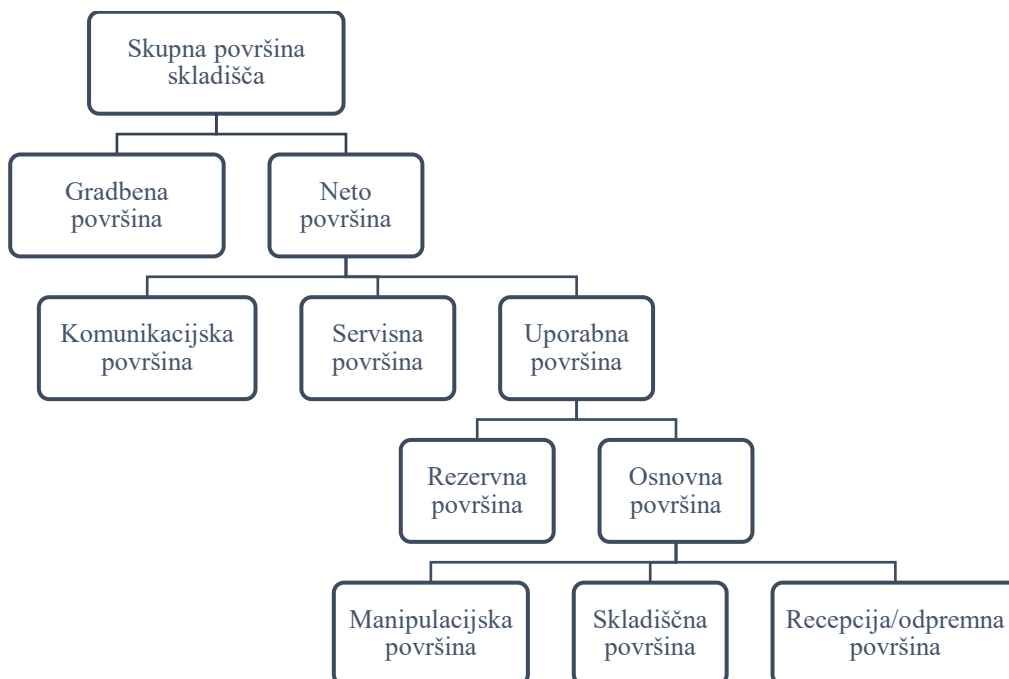


spreminjajočim se tržnim razmeram, saj organizacijam omogočajo hiter odziv na razvoj povpraševanja in spreminjajoče se preference potrošnikov, kar je ključno za ohranjanje konkurenčnosti na trgu (Gu et al., 2007; Ramaa et al., 2012)).

3.3. Določanje skladiščnega prostora

Osnovne zahteve pri skladiščenju vključujejo prejetje **zalogovnih** enot (SKU) od dobaviteljev, skladiščenje SKU, sprejetje naročil od strank, pobiranje SKU in njihovo sestavljanje za pošiljanje ter pošiljanje izpolnjenih naročil strankam. Načrtovanje in upravljanje skladišča, ki izpolnjuje te zahteve, vključuje veliko vprašanj. Sredstva, kot so prostor, delovna sila in oprema, je treba razporediti med različne funkcije skladišča, vsako funkcijo pa je treba skrbno izvajati, upravljati in usklajevati, da se izpolnijo systemske zahteve glede zmogljivosti, prepustnosti in storitev ob najmanjših stroških virov. Skladiščenje se ukvarja z organizacijo blaga v skladišču, da se doseže visoka izkoriščenost prostora in omogoči učinkovit transport materiala (Gu et al., 2007).

Funkcijo skladiščenja oblikujejo tri osnovne odločitve: koliko zaloge določene SKU je treba hraniti v skladišču; kako pogosto in ob katerem času je treba zalogo SKU dopolniti; in kje v skladišču je treba SKU hraniti, distribuirati in premikati med različnimi skladiščnimi območji. Prvi dve vprašanji vodita do vprašanj, povezanih z velikostjo serije, in težav, ki spadajo na tradicionalno področje kontrole zalog (Hariga in Jackson, 1996). Dve glavni merili za sprejetje odločitev o razporeditvi na območja skladiščenja sta učinkovitost skladiščenja, ki ustreza zmogljivosti skladiščenja, in učinkovitost dostopa, ki ustreza virom, porabljenim za prodajo in izpolnjevanje naročil (Gu et al., 2007).



Slika 3.1. Delitev skladiščnega prostora

Vir: (Dudziński in Kizyn, 2002)

Pri izračunu skladiščnega prostora je treba upoštevati njegove različne vrste (slika 3.1). V podjetju je uporabna površina razdeljena na območja, ki ustrezajo fazam skladiščnega procesa: sprejem, skladiščenje (kratgoročno in dolgoročno), sprejemanje naročil, odprema ter manipulacijski in pomožni prostor. Velikost in oblika skladišča sta odvisni od naslednjih spremenljivk:

- vrste, število in dimenzije delovnih mest, na katerih se izvajajo skladiščne dejavnosti na območju sprejema in odpreme,
- dimenzije in količine polj za shranjevanje na območju za shranjevanje,
- dimenzije in količine površin za odlaganje,
- parametre vrstic polic in število stolpcev v vrsticah,
- širino delovnega hodnika za izbrani viličar,
- širino komunikacijskih poti za opremo in osebe

Skupno površino skladišča S lahko izrazimo z naslednjo formulo



$$S = f_s + f(p) = f_s + f_w + f(d) + f_a$$

kjer:

f_s - območje shranjevanja,

f_p - pomožno območje,

f_w - območje, namenjeno za sprejem, sortiranje in odpremo materiala,

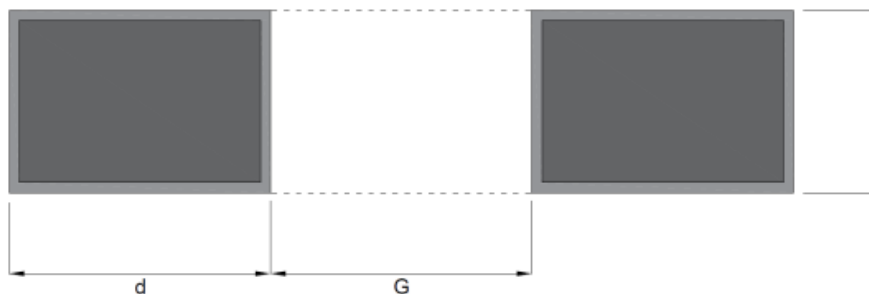
f_d - površina, ki jo zasedajo prehodi in dovozi,

f_a upravno in socialno področje.



Formula, uporabljena v Excelu:

**S = [skladiščni prostor] + [pomožni prostor] = [skladiščni prostor]
+ [prostor, namenjen sprejemu, sortiranju in odpremi materiala]
+ [prostor, ki ga zasedajo prehodi in dovozi] + [upravni in socialni
prostor]**



Slika 3.2. Skladiščni modul za skladiščenje v vrstah brez opreme s pravokotno razporeditvijo palet LU

Vir: lastna študija

Del skladiščnega prostora, ki vključuje vodoravno projekcijo najmanjšega ponovljivega dela dveh vrst ali blokov nakladalnih enot (NJ), skupaj s prostimi prostori za skladiščenje in manipulacijsko potjo med njimi, je skladiščni modul. S to velikostjo lahko ocenimo velikost skladiščnega območja. Skladiščni moduli za skladiščenje v vrstah brez opreme so lahko razporejeni na dva načina (sliki 3.2 in 3.3)



Slika 3.3. Skladiščni modul za skladiščenje v vrstah brez opreme z vzporedno razporeditvijo paletnih GVŽ

Vir: lastna študija

Površina skladiščnega modula za skladiščenje v vrstah brez opreme se izračuna s formulo:

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

kjer:

d - širina območja odlaganja [m],

G - širina manipulacijske poti [m],

l - dolžina skladiščnega polja [m].

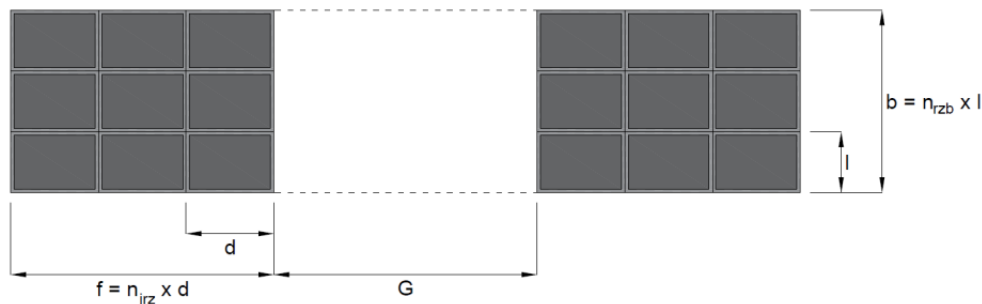
Zmogljivost modula je enaka 2 paletnim tovarnim enotam za enonivojsko skladiščenje in $2 \times n$ paletnim tovarnim enotam za skladiščenje v nizu, če je skladiščenje na n nivojih.



Formula, uporabljena v Excelu:

$$M = (2 * [\text{širina odlagalnega polja}] + [\text{širina manipulacijske poti}]) * [\text{dolžina polja za shranjevanje}]$$

Skladiščni moduli za skladiščenje blokov brez opreme so lahko razporejeni, kot je prikazano na sliki 3.4.



Slika 3.4. Skladiščni modul za skladiščenje blokov brez opreme

Vir: lastna študija

Površina skladiščnega modula za skladiščenje blokov brez opreme se izračuna po formuli:

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

kjer:

f - širina bloka [m],

G - širina manipulacijske poti [m],

b - dolžina bloka [m],

n_{LUz} - število nakladalnih enot v vrsti bloka,

d - širina območja skladiščenja [m],

n_{LUb} - število vrstic v bloku,

l - dolžina polja za shranjevanje [m].

Zmogljivost modula je enaka $2 \times n_{LUz} \times n_{(LUb)}$ paletnih tovornih enot za enonivojsko skladiščenje in $2 \times n_{LUz} \times n_{LUb} \times n$ paletnih tovornih enot za skladiščenje v nizu, če je skladiščenje v n nivojih.



Formula, uporabljena v Excelu:

$$Mb = (2 * [\text{širina bloka}] + [\text{širina poti obdelave}]) \\ * [\text{dolžina bloka}]$$



Poleg tega je mogoče prostornino izračunati za module za skladiščenje, pri čemer se upošteva višina nakladalne enote ali če so nakladalne enote zložene na kup. **Prostornina skladiščnega modula** (zmogljivost modula) je odvisna od njegove površine (Mb) in višine, na kateri je bila oblikovana nakladalna enota (h). Prostornina modula se izračuna po formuli:

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

$$h = n_{rh} \times h_0 + h_p$$

kjer:

f - širina bloka [m],

G - širina manipulacijske poti [m],

b - dolžina bloka [m],

h - visoke paletirane tovarne enote [m],

n_{rh} - število slojev na paletizirano enoto tovora,

h_0 - višina skupne embalaže [m],

h_p - višina medija [m].

Prvi del formule je formula za površino modula, drugi del pa je višina oblikovane nakladalne enote.



Formula, uporabljena v Excelu:

$$V_M = \{(2 * [\text{širina bloka}] + [\text{širina poti obdelave}]) * [\text{dolžina bloka}]\} * [\text{visoke paletirane enote tovora}]$$

Prostornina skladiščnega modula (zmogljivost modula) je odvisna od njegove površine (Mb) in višine, do katere je bila oblikovana tovarna enota (H). Prostornina modula se izračuna po formuli:

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

$$H = n \times h = n \times (n_{rh} \times h_0 + h_p)$$

kjer:



f - širina bloka [m],
 G - širina manipulacijske poti [m],
 b - dolžina bloka [m],
 H - višina bloka [m],
 n - število zbranih enot,
 h - višina paletnih tovornih enot [m],
 n_{th} - število slojev na paletirano enoto tovora,
 h_0 - višina skupne embalaže [m],
 h_p - višina medija [m].



Formula, uporabljena v Excelu:

$$V_M = \{(2 * [\text{širina bloka}] + [\text{širina poti obdelave}]) * [\text{dolžina bloka}]\} * [\text{višina bloka}]$$

Izkoriščenost skladiščnega prostora se ocenjuje z razmerjem med uporabljeno površino in celotno razpoložljivo površino. V skladiščih, kjer se ne uporabljajo paletni regali, je najvišja vrednost tega kazalnika zagotovljena s skladiščenjem materiala v blokovski postavitvi, pri čemer so vrednosti izkoriščenosti prostora od 0,6 do 0,8. Za primerjavo, ta kazalnik za skladiščenje v vrstah znaša od 0,25 do 0,6. Prizadevanje za optimalno izkoriščenost prostora pri tej vrsti skladiščenja povzroča omejitve pri pogojih za zlaganje materialov in pomanjkanje dostopa do asortimenta, ki se nahaja na sredini blokov, ter je uporabno le za homogene asortimente, ne da bi zahtevalo dodatne finančne vložke za skladiščno opremo. V primerih, ko je edino merilo za ocenjevanje povečanje količine skladiščnega asortimenta, se kot dobra rešitev izkaže uporaba pretočnih paletnih regalov. Ti zagotavljajo visoko stopnjo izkoriščenosti zaradi omejitve števila transportnih poti, hkrati pa zahtevajo uporabo načela FIFO (First In, First Out). Največja izkoriščenost razpoložljivega skladiščnega prostora je mogoča zaradi uporabe metode skladiščenja v prostem prostoru, ki predpostavlja, da je mogoče asortiment postaviti v katero koli prosto regalno režo (Kisielewski in Talarek, 2020).



3.4. Izbrane metode upravljanja zalog v oskrbovalni verigi

Upravljanje zalog v oskrbovalni verigi je ključni element, ki zagotavlja tekoče poslovanje, zmanjšanje stroškov in zadovoljstvo strank. Obstaja veliko metod upravljanja zalog, od katerih je vsaka lahko primerna glede na posebnosti panoge, značilnosti izdelkov, dinamiko povpraševanja in druge operativne dejavnike (Cyplik in Hadaś, 2012)

Klasični koncept upravljanja zalog omogoča upravljanje zalog v distribucijskem omrežju, kjer se zaloge običajno nahajajo na različnih mestih. Reševanje težav z zalogami na več lokacijah se osredotoča predvsem na analizo velikosti varnostnih zalog (Mascle in Gosse, 2014). Varnostna zaloga je odvisna od spremenljivosti povpraševanja v ciklu dopolnjevanja zalog, izražene kot standardni odklon povpraševanja v tem obdobju, in varnostnega faktorja, odvisnega od sprejete ravni storitev. Če je za različna mesta skladiščenja zalog sprejeta enaka raven storitev, je raven varnostne zaloge odvisna od variabilnosti povpraševanja, ki se oskrbuje z določenega mesta. V formulah se predpostavlja, da je bila na vseh tržnih servisnih mestih sprejeta enaka raven storitev ($\omega_{MR1} = \omega_{MR2} = \omega_{MR3} = \dots = \omega_{MC}$) in da je na vseh tržnih servisnih mestih sprejet enak sistem dopolnjevanja zalog (Cyplik in Hadaś, 2012).

Varnostna zaloga je odvisna od spremenljivosti povpraševanja v ciklu dopolnjevanja zalog, izražene s standardnim odklonom povpraševanja v tem obdobju, in varnostnega faktorja, odvisnega od sprejete ravni storitev. Če je za različna mesta skladiščenja zalog sprejeta enaka raven storitev, je raven varnostne zaloge odvisna od variabilnosti povpraševanja, ki se izvaja na določenem mestu. Težava ni izračun skupnega povpraševanja v primeru več točk lokacije povpraševanja (skupno povpraševanje je vsota povprečnih povpraševanj na vsaki lokaciji). Za izračun standardnega odklona vsote povpraševanj je treba uporabiti zakon kvadratnega korena, ki predpostavlja, da je standardni odklon vsote povpraševanj enak kvadratnemu korenu vsote njihovih standardnih odklonov. V nadaljevanju so navedene formule, ki omogočajo te izračune. Dobljeni rezultati bodo pravilni ob predpostavki, da so na vseh tržnih servisnih mestih sprejete enake ravni storitev ($\omega_{L1} = \omega_{L2} = \omega_{L3} = \dots = \omega$) in enaki sistemi dopolnjevanja zalog (Cyplik in Hadaś, 2012)

Formula za izračun varnostne zaloge:



$$S_{(S)w} = X \sigma_{DT}$$

Formula za izračun standardnega odklona vsote zahtev:

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

kjer:

n - število lokalizacij,

D_n - individualna vrednost povpraševanja v n -ih lokalizacijah.

Skupno varnostno zalogo za povpraševanje, ki se obravnava npr. iz centralnega skladišča, lahko izračunamo kot:

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

kjer:

S_{ST} - skupna varnostna zaloga,

S_{SLn} - varnostna zaloga na lokaciji n .

V posebnem primeru, če je varnostna zaloga v vseh točkah na lokaciji enaka (običajno zaradi enakega povpraševanja, ki ga zadovoljuje vsaka od teh točk) in je enaka S_{STn} , potem je centralizirana zaloga S_{STD} enaka:

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

kjer je n število točk lokacije zaloge.



Formula, uporabljena v Excelu:

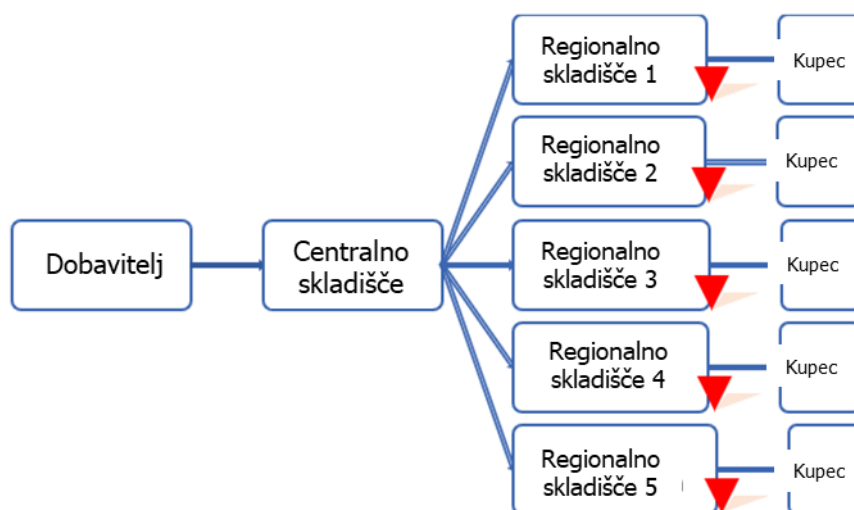
SST = [varnostni faktor] * [standardni odklon vsote povpraševanj v točkah D1-Dn v ciklu dopolnjevanja] = [varnostni faktor] * SQRT[(STDEV.P([obseg celic za D1])^2) + (STDEV.P([obseg celic za D2])^2) + ... + (STDEV.P([obseg celic za Dn])^2)]



Eno od vprašanj, ki jih je treba analizirati v okviru optimizacije oskrbovalne verige, je lokacija skladišč ob upoštevanju razmerja med pomembnimi parametri. Način lokacije skladišč lahko obravnavamo na dva načina: kot razpršeno ali centralizirano skladišče.

V primeru razpršene zaloge (slika 3.5) se stranke oskrbujejo neposredno iz zalog, ki so v regionalnih skladiščih (RS), kjer se vzdržujejo varnostne zaloge. Za namene izračuna so sprejete naslednje predpostavke (Krzyżaniak, 2006):

- povpraševanje je enakomerno porazdeljeno med n regionalnih skladišč,
- tedensko povpraševanje v vsakem od teh skladišč je mogoče opisati s porazdelitvijo s povprečnim povpraševanjem D_{RW} in standardnim odklonom σ_{DRW_i} ,
- nakupna cena pri dobavitelju je enaka P_i ,
- koeficient tedenskih stroškov vodenja zalog je u_i in je enak v vseh skladiščih,
- čas cikla dopolnjevanja v regionalnih skladiščih je enak za vsako skladišče in znaša T_1 (brez večjih odstopanj).



Slika 3.5. Ilustracija primera porazdeljenega popisa

Vir: (Krzyżaniak, 2006)



Ob upoštevanju predpostavk so skupni tedenski stroški vzdrževanja varnostnih zalog v omrežju enaki:

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

Z enakomerno porazdelitvijo povpraševanja med vsa skladišča dobimo:

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

kjer:

ω - varnostni faktor, ki je odvisen od izbrane ravni storitve in vrste porazdelitve, ki opisuje dano frekvenčno porazdelitev povpraševanja,

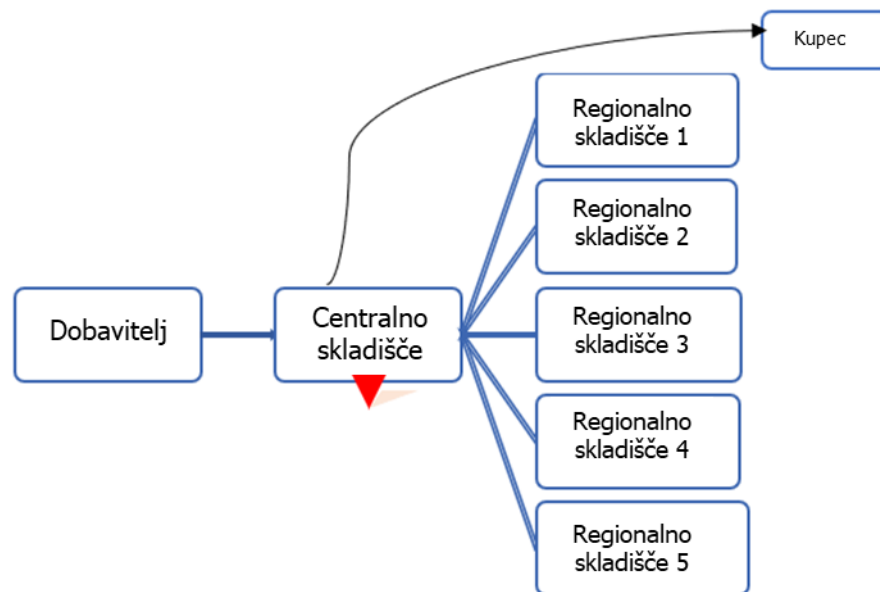
$SS_{(RW)}$ - varnostna zaloga v vsakem regionalnem skladišču.

Ker je $\sigma_{DRW} = V \times D_{RW}$, kjer je V koeficient variacije $V = \frac{\sigma_D}{D}$, ima formula obliko:

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

V splošnem modelu centralizirane zaloge (slika 3.6) se stranke oskrbujejo iz centralnega skladišča (CW) z neposrednimi dobavami, na primer s kurirskimi pošiljkami. Za namene izračuna so sprejete naslednje predpostavke (Krzyżaniak, 2006):

- tedensko povpraševanje v osrednjem skladišču je vsota povpraševanj na trgih, povezanih s posameznimi regionalnimi skladišči, in ga je mogoče opisati s porazdelitvijo s povprečjem $D_{CW} = n \cdot D_{(RW)}$ in standardnim odklonom $\sigma_{DCW} = \sigma_{DRW} \times \sqrt{n}$ (v skladu z zakonom kvadratnega korena),
- je koeficient tedenskih stroškov vodenja zalog u_t enak kot pri regionalnih skladiščih,
- čas cikla dopolnjevanja v centralnem skladišču je T_2 ,
- v primeru povpraševanja strank se izdelek pošlje neposredno stranki v obliki kurirske pošiljke s stroški na enoto c_{cs} , kar omogoča ohranitev podobnega časa izpolnitve naročila stranke kot v primeru storitve iz regionalnih skladišč.



Slika 3.6. Prikaz primera centraliziranega popisa

Vir: (Krzyżaniak, 2006)

Tedenski stroški vzdrževanja varnostne zaloge v centralnem skladišču so enaki:

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

Ker, kot je $T_2 = \alpha \times T_1$:

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

Ker se zgodi $\sigma_{DRW} = V \times D_{RW}$, kjer je V tako imenovani koeficient variacije $V = \frac{\sigma_P}{D}$, potem ima vzorec obliko:

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

Opozoriti je treba, da predpostavka $T_2 = \alpha \times T_1$ upošteva različne rešitve za organizacijo dostave v obeh primerih. Na primer, v primeru razpršenih zalog se lahko dobave v regionalna skladišča izvajajo v skladu s sistemom rednega pregleda in v centraliziranem sistemu, ki temelji na tako imenovani točki ponovnega naročila (informacijski ravni). Predvideva se lahko, da se to običajno zgodi $T_{(2)} < T_{(1)}$.



Skupni tedenski neposredni stroški kurirske službe za stranko so enaki:

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

Postavljanje vprašanja: Kdaj se splača razpršiti zaloge, torej kdaj bo ceneje vzdrževati varnostne zaloge v n regionalnih skladiščih in iz njih oskrbovati lokalne kupce kot koncentrirati zaloge v osrednjem skladišču in izpolnjevati naročila kupcev z neposrednimi dobavami, je odgovor na vprašanje rešitev neenakosti:

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

to je:

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

Po pretvorbah dobimo::

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

Iz te oblike dobimo odvisnosti, katerih izpolnitev zagotavlja izpolnitev neenakosti $C_1 < C_{2(ss)} + C_{2(supplies)}$ in postavljenega pogoja:

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

ali

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

Vendar je naslednje razmerje najbolj informativno, saj združuje vse stroškovne elemente v izrazu na levi strani neenakosti, na desni strani pa parametre, povezane z izvajanjem in zahtevano ravno storitev:

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



Prednosti klasičnega koncepta upravljanja zalog so naslednje:

- preprostost in jasnost - enostavno jih je razumeti in izvajati,
- Pomoč pri zmanjševanju skupnih stroškov upravljanja zalog z uravnoteženjem stroškov naročanja in skladiščenja zalog s ciljem doseganja ekonomične količine naročila;
- jasni in opredeljeni procesi odločanja, ki pomagajo upravljati naročila in zaloge na podlagi izračunov in vnaprej določenih pravil.

Slabosti klasičnega koncepta upravljanja zalog so naslednje:

- potrebo po predpostavki o stalnem in predvidljivem povpraševanju, ki ne ustreza vedno dinamičnim in spremenljivim razmeram na trgu.
- ne upošteva spremenljivosti povpraševanja in tveganja v oskrbovalni verigi (npr. zamude pri dobavi, spremembe na trgu),
- pomanjkanje prožnosti pri odzivanju na hitre spremembe na trgu ali v oskrbovalni verigi, saj temeljijo na fiksni parametri in ne predvidevajo dinamičnega prilagajanja novim razmeram.

Klasični koncept upravljanja zalog ima svoje mesto v teoriji in praksi operativnega upravljanja, vendar ga v sodobnem, hitro spreminjajočem se poslovnem svetu pogosto dopolnjujejo naprednejše in prožnejše metode ter analitična orodja.

Načrtovanje distribucijskih potreb (**DRP**) usklajuje povpraševanje s stopnjami zalog na različnih lokacijah. Je ena od metod za optimizacijo upravljanja dobave končnih izdelkov v distribucijsko omrežje in se uporablja za načrtovanje ravni in lokacije skladiščenja zalog v celotni oskrbovalni verigi. Namen uporabe metode načrtovanja distribucijskega povpraševanja je zmanjšati zaloge v distribucijski mreži (Nugroho, 2019). Na ravni prodajnih mest se zaradi tveganja nihanja povpraševanja za vsak izdelek na vsakem od njih oblikuje varnostna zalog, ki se izračuna z uporabo formul iz klasične teorije upravljanja zalog (Magdalena in Suli, 2019).

Načrtovanje povpraševanja se začne na najnižji ravni (npr. na prodajnem mestu na drobno) in konča na najvišji ravni (npr. v tovarniškem skladišču). Potrebe na nižji ravni so vhodni podatki za naslednjo raven. Potrebe z najvišje ravni se lahko uporabijo kot vhodni



podatki za delo na proizvodnem načrtu (Fertsch, 2006). Potrebe iz distribucijskih centrov se uporabijo za izdelavo razporeda potreb po zalogah in se posredujejo v proizvodnjo. Po primerjavi s prejšnjimi napovedmi se izdelajo načrt proizvodnje, potrebe po materialu in distribucija z razporedom dostave v posamezne distribucijske centre (Ngatilah et al., 2020). Zahvaljujoč DRP se določi raven storitev za člene oskrbovalne verige, ki imajo neposreden stik s kupcem (velikost serije, razpoložljivost zalog, dobavni roki) (Fechner, 2007).

Sistem DRP omogoča ocenjevanje razporedov dobave za vsako enoto zaloge (SKU) na prodajna mesta. Za to je treba imeti naslednje informacije (Mukhsin & Sobirin, 2022):

- strukturo distribucijskega kanala, po katerem teče SKU,
- napovedovanje povpraševanja po posameznih kosih blaga na ravni prodajnega mesta,
- trenutna raven zaloge (zaloga na zalogi) za določeno SKU,
- ciljno raven varnostne zaloge,
- priporočeno količino za dopolnitev,
- čas dostave za obnovo



Algoritem DRP (Ngatilah et al., 2020):

1. Netting - predvidena zaloga na zalogi je zaloga na zalogi. Izračunamo jo lahko s spodnjo formulo:

$$\text{Predvideno na zalogi}_{(t)} = (\text{na zalogi}_{(t-1)} + \text{načrtovani prejem}_{(t)} + \text{Načrtovani prejem naročila}_{(t)} - \text{bruto potreba}_{(t)})$$

Neto zahtevo lahko izračunate s spodnjo formulo:

$$\text{Neto zahteva}_{(t)} = (\text{bruto zahteva}_{(t)} + \text{varnostna zaloga}) - (\text{načrtovani prejem}_{(t)} + \text{predvidena zaloga}_{(t-1)})$$

2. Lotiranje je postopek iskanja velikosti naročila ali proizvodne serije v vsaki omrežni distribuciji. Obstaja več metod lottinga. Lotting v DRP predstavlja načrt



prejema naročila (Porec). Načrtovani prejem naročila (Porec) je omrežna zahteva, ki je bila prilagojena glede na velikost lota naročila ali proizvodnje.

3. Izravnavo je količina naročila, ki jo je načrtovano naročiti v načrtovanem časovnem obdobju. Izravnavo v DRP predstavlja planska sprostitev naročila (Porel). Porel je Porec, ki je bil prilagojen glede na časovni potek naročila ali proizvodnje.

4. Eksplozija - skupne stroške zalog in distribucije je mogoče dobiti s spodnjo formulo:

$$\text{Skupni stroški zalog in distribucije} = \text{stroški naročanja} + \\ + \text{stroški skladiščenja} + \text{stroški dostave}$$

Model DRP je še posebej uporaben v velikih in kompleksnih organizacijah, kjer je upravljanje pretoka izdelkov skozi distribucijsko omrežje ključnega pomena za učinkovitost poslovanja in zadovoljstvo strank. Prednosti modela DRP so:

- izboljšano usklajevanje v dobavni verigi z boljšim pretokom informacij in blaga od proizvajalca do potrošnika, kar vodi k učinkovitejši distribuciji;
- večja natančnost napovedovanja, saj upošteva dejanske podatke o naročilih in ravni zalog v celotni verigi, kar pomaga optimizirati ravni zalog in zmanjšati stroške,
- izboljšano razpoložljivost izdelkov, saj zagotavlja, da so zaloge nameščene tam, kjer so najbolj potrebne, s čimer zmanjšuje tveganje pomanjkanja in izpadov proizvodnje.

Slabosti modela DRP so povezane z naslednjimi elementi.

- zapletenost izvajanja, zlasti v velikih organizacijah z obsežnimi dobavnimi verigami, ki zahteva natančno načrtovanje in usklajevanje,
- visoki začetni stroški, povezani z nakupom programske in strojne opreme ter usposabljanjem zaposlenih,



- odvisni od natančnosti in pravočasnosti vhodnih podatkov, lahko netočnosti v podatkih povzročijo napake pri napovedovanju in načrtovanju, kar lahko na koncu povzroči prevelike ali nezadostne zaloge.

Kljub svojim prednostim zahteva model DRP natančno izvajanje in stalno upravljanje, da učinkovito podpira operativne odločitve v dobavni verigi.

EOQ (Economic Order Quantity) je matematični model, ki se uporablja za določitev optimalne količine naročila, ki zmanjšuje skupne stroške, povezane z naročanjem in skladiščenjem zalog. Ta metoda je idealna za izdelke s stabilnim in predvidljivim povpraševanjem. Metoda temelji na naslednjih predpostavkah (Battani et al., 2015):

- mesečno ali letno povpraševanje po naročenem izdelku je znano in predvidljivo,
- izdelek je dostavljen zelo hitro po naročilu,
- stroški naročila na enoto so fiksni.

Za izračun ekonomske količine naročila se uporablja Wilsonova formula (Krzyżaniak, 2005; Muckstadt, 2010).

Formula za izračun EOQ:

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

kjer:

D - pričakovano povpraševanje v daljšem časovnem obdobju,

C_S - stroški skladiščenja - nakup ene serije, ne glede na njeno *velikost*

C_K - stroški vzdrževanja ene enote določenega izdelka na zalogi v določenem časovnem obdobju, ki so najpogostejše opredeljeni kot določen delež nakupne cene in zato:

$$C_K = \mu_o \times P$$

P - nakupna cena,

μ_o - odstotek stroškov vzdrževanja v nakupni ceni.



Formula, uporabljena v Excelu:

$$\text{EOQ} = \text{SQRT}((2 * [\text{pričakovano povpraševanje}] * [\text{strošek kopičenja zalog}]) / [\text{strošek vzdrževanja ene enote}])$$

Model EOQ je še posebej uporaben pri upravljanju zalog standardnih izdelkov s stabilnim povpraševanjem. Je analitično orodje, ki pomaga pri odločanju o količinah naročil, vendar zahteva natančne podatke o stroških in povpraševanju. Prednosti modela EOQ so:

- Minimiziranje skupnih stroškov - EOQ določa količino naročil, ki optimizira ravnovesje med stroški naročanja in skladiščenja, s ciljem minimizirati skupne stroške, povezane z zalogami,
- večja učinkovitost poslovanja - z določitvijo optimalnega urnika naročil model EOQ omogoča boljše načrtovanje in upravljanje virov, kar pomeni nemoteno poslovanje in manjšo verjetnost prekinitev proizvodnje zaradi pomanjkanja ali presežka zalog;
- EOQ zagotavlja jasne smernice o tem, kdaj in koliko je treba naročiti, kar pomaga pri standardizaciji postopkov nabave in lahko zmanjša potrebo po stalnem spremljanju in sprejemanju odločitev glede ravni zalog.

Vendar pa model EOQ zahteva sprejetje nekaterih predpostavk, ki so povezane z naslednjimi slabostmi.

- potreba po predpostavki o stalnem povpraševanju - EOQ predpostavlja, da je povpraševanje po izdelku vedno stalno in predvidljivo; v resnici je povpraševanje pogosto spremenljivo in nanj vplivajo sezonskost, tržni trendi, konkurenčni ukrepi in drugi zunanji dejavniki, zaradi česar je lahko natančna uporaba modela EOQ v dinamičnih tržnih pogojih zahtevna,
- potrebo po predpostavki o fiksnih stroških naročanja in skladiščenja - v praksi se ti stroški lahko spreminjajo glede na številne dejavnike, kot so spremembe



cen materiala, transportni stroški, najemnine skladišč, spremembe stopenj dela ali inflacija,

- pomanjkanje prožnosti pri odzivanju na spremembe - model EOQ ustvarja fiksno število naročil za določeno obdobje in ne predvideva samodejnega prilagajanja hitro spreminjajočim se tržnim ali operativnim pogojem; to pomeni, da je treba naročila EOQ ročno pregledovati in prilagajati, da bi se izognili čezmernemu kopičenju zalog ali tveganju izpadov zalog, kar je lahko dolgotrajno in zapleteno.

Zaradi teh omejitev številna podjetja uporabljajo model EOQ kot izhodišče ali predhodno vodilo, medtem ko svoje strategije upravljanja zalog prilagajajo dinamiki trga in posebnostim poslovanja.

3.5. Uporaba orodja Solver pri reševanju problemov optimizacije

Solver je dodatek za Microsoft Excel, ki se uporablja za napredno analizo in reševanje problemov optimizacije. Uporabnikom omogoča opredelitev več spremenljivk za odločanje, omejitev in ciljev, nato pa uporabi različne matematične metode za iskanje optimalnih rešitev (glejte poglavje Uvod v analizo preglednic). Posebej uporaben je v situacijah, ki zahtevajo zapletene izračune, kot so načrtovanje logističnih poti, razporejanje virov ali optimizacija proračuna (Bomba in Kwiecień, 2012; Mason, 2013).

Solver se uporablja za reševanje enokriterijskih optimizacijskih nalog, pri katerih število odločitvenih spremenljivk ne presega 200. Za njegovo uporabo je treba ustvariti matematični model v delovnem prostoru preglednice. Optimizacijski model je sestavljen iz treh elementov (Baj-Rogowska, 2013; Mason, 2012):

- Ciljne celice (ciljna funkcija) - to so celice v modelu preglednice, ki jih je treba ob uporabi programa Solver minimizirati, maksimizirati ali nastaviti na določeno vrednost realnega števila,
- spremenljive celice (odločitvene spremenljivke) - to so celice, ki vsebujejo iskane vrednosti, ki jih dodatek Solver iterativno spreminja in nadomešča v ciljni funkciji, dokler ni najdena optimalna rešitev,



- omejitvene celice (lahko se uporabljajo za vrednost ciljne celice in spremenljive celice) - uvedeni omejitveni pogoji v obliki formul v celicah preglednice, kjer mora biti vrednost znotraj določenih meja ali dosežati ciljne vrednosti.

Solver v Excelu uporablja različne metode optimizacije za iskanje najboljših rešitev za določene probleme. Vsaka metoda ima svoje posebne načine uporabe in je izbrana glede na naravo problema optimizacije. Solver uporabniku omogoča, da izbere ustrezno metodo glede na značilnosti problema, ki ga je treba rešiti. Glavne metode vključujejo (Baj-Rogowska, 2013; Delgado-Aguilar et al., 2018):

- Simpleksna metoda (Simplex LP) - to je najpogosteje uporabljena metoda za reševanje problemov linearnega programiranja (LP); učinkovita je v primerih, ko so ciljna funkcija in vse omejitve linearne,
- Metoda GRG (Generalised Reduced Gradient) - je napredna metoda, ki se uporablja za reševanje nelinearnih problemov; uporabna je zlasti, kadar so ciljna funkcija ali omejitve nelinearne, vendar še vedno zvezne in diferencirane,
- Evolucijska metoda - uporablja se za reševanje globalnih problemov optimizacije, zlasti kadar je ciljna funkcija kompleksna, nelinearna in diskontinuitetna; evolucijska metoda uporablja tehnike, podobne genetskim algoritmom, in raziskuje različne možne rešitve, da bi našla najboljšo,
- Celoštevilske omejitve - Solver je mogoče uporabiti za reševanje problemov, pri katerih morajo nekatere ali vse odločitvene spremenljivke imeti celoštevilske vrednosti; to je uporabno v primerih, ko rešitve zahtevajo diskretne vrednosti, na primer število enot, ki jih je treba proizvesti, ali število zaposlenih, ki jih je treba zaposliti.

Rešitev pri optimizaciji oskrbovalne verige je dragocena, kadar je treba optimizirati zapletene probleme, kot so minimiziranje stroškov transporta, optimizacija načrtovanja dobavne poti ali upravljanje zalog. Še posebej je uporaben v situacijah, ki zahtevajo analizo več spremenljivk in omejitev, kjer so tradicionalne metode morda nezadostne ali preveč dolgotrajne.



3.6. Optimizacija uporabe skladiščnega prostora - primer uporabe orodja Solver

Vsebina naloge

Podjetje Alfa ima skladišče s skupno površino 10.000 m², v katerem je treba skladiščiti tri vrste izdelkov. A, B in C. Vsak od teh izdelkov ima drugačne zahteve glede skladiščnega prostora, ima svoje posebne varnostne zaloge in ustvarja različen dobiček na enoto izdelka:

- izdelek A: zahteva 14 m² na enoto, varnostna zaloge je 40 kosov, ustvarja dobiček 30 EUR,
- Izdelek B: zahteva 12 m² na enoto, varnostna zaloge je 60 kosov, ustvarja dobiček 32 evrov,
- Izdelek C: zahteva 18 m² na enoto, varnostna zaloge je 90 kosov, ustvarja dobiček 23 evrov.

Izdelki A, B in C so namenjeni na trge X, Y in Z. Skupno povpraševanje po vseh izdelkih na trgih je:

- trg X: 220 kosov,
- trg Y: 230 kosov,
- trg X: 332 kosov.

Koliko enot vsakega izdelka je treba uskladiščiti v skladišču, da se poveča skupni dobiček od uporabljenega skladiščnega prostora, ne da bi presegli skupni razpoložljivi skladiščni prostor, ob predpostavki, da Alfa zadovolji vse povpraševanje?

Rešitev:

Ciljna funkcija: maksimiranje skupnega dobička od izdelkov.

Omejitev: velikost skladiščnega prostora, skladiščni prostor za enoto izdelka, obseg povpraševanja na trgu.



- [1] priprava podatkovnega lista,
- [2] opredelitev spremenljivk odločanja,
- [3] izračun pomožnih spremenljivk,
- [4] določitev ciljne funkcije,
- [5] konfiguriranje programa Solver,
- [6] navedba metode optimizacije,
- [7] zaženite Solver,
- [8] vrednotenje dobljene rešitve.



Primer v Excelu:

- [1] Pripravite in dopolnite tabelo z vhodnimi podatki iz naloge: varnostna zaloga za vsak izdelek, skladiščni prostor na enoto, dobiček na enoto, povpraševanje na vsakem trgu, skupni skladiščni 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] Opredelite spremenljivke odločanja - število izdelkov vsake vrste na zalogi

		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] Izračun pomožnih spremenljivk

- **Število enot na zalogi:** = SUM([območje celic za vsak trg in posamezen izdelek])
- **Zasedena skladiščna površina:** = [površina enote skladišča] * [število enot na zalogi]
- **Dobiček za x enot:** = [število enot na zalogi] * [enotni dobiček]
- **Uresničeno povpraševanje:** = SUM([razpon celic za vsak trg])
- **Vsota skladiščnega prostora:** = SUM([Zasedeni skladiščni 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] Določite ciljno funkcijo - maksimiranje dobička od prodaje izdelka Ciljna funkcija: =SUM([Dobiček za x enot])

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

		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				
								Objective function - maximum profit:	0	

[5] Konfiguracija solver-ja

Ciljno celico nastavite s ciljno funkcijo in maksimirajte ciljno funkcijo



Set Objective:

To: ☒ Max ☐ Min ☐ Value Of:

Navedite celice, katerih vrednosti je treba nastaviti: število izdelkov vsake vrste na zalogi.

By Changing Variable Cells:

Dodajte omejitve:

- zasedena skladiščna površina = največja skladiščna površina

Cell Reference: =

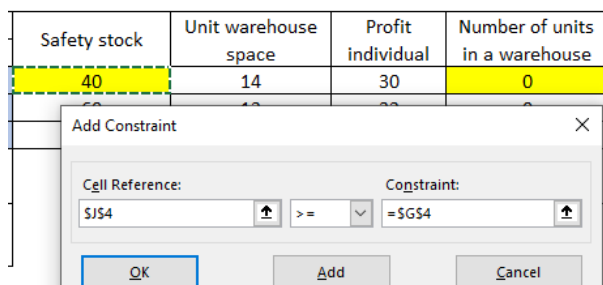
- realizirano povpraševanje na trgu X <= povpraševanje na trgu X

		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	220	220			
Realized demand		0	0	0			

Add Constraint

Cell Reference: <=

- realizirano povpraševanje na trgu Y <= povpraševanje na trgu Y
- realizirano povpraševanje na trgu Z <= povpraševanje na trgu Z
- število enot izdelka A na zalogi >= varnostna zaloga za izdelek A



- število enot izdelka B na zalogi $\geq$ varnostna zaloga za izdelek B
- število enot izdelka C na zalogi $\geq$ varnostna zaloga za izdelek C

[6] Navedite metodo optimizacije - npr. LP Simplex



[7] Zaženite Solver - pritisnite gumb Solve

[8] Ocenite prejeto rešitev

		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
--------------------------------------	-------

Vprašanja

1. Kako lahko dodatek Solver v programu Microsoft Excel podpira procese odločanja v podjetju?
2. Kako izbira ustrezne metode optimizacije vpliva na rezultate analize?



VIRI

Antoniuk, I., Svitek, R., Krajčovič, M., & 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., & Sgarbossa, F. (2014). A sustainable EOQ model: Theoretical formulation and applications. *International Journal of Production Economics*, 149, 145-153.

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

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

Delgado-Aguilar, M., Valverde-Som, L., & 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., & 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 & Sons Ltd.

Gu, J., Goetschalckx, M., & 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., & 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., & Jackson, P.L. (1996). The warehouse scheduling problem: Formulation and algorithms. *IIE Transactions* 28, 115-127.
- Jayarathna, C. P., Agdas, D., Dawes, L., & Yigitcanlar, T. (2021). Multi-objective optimization for sustainable supply chain and logistics: A review. *Sustainability*, 13(24), 13617.
- Kisielewski, P., & 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-Tulecka, A., & Oprocha, P. (2021). *Optymalizacja. Wybrane metody z przykładami zastosowań*. Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Magdalena, R., & 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., & Gosse, J. (2014). Inventory management maximization based on sales forecast: case study. *Production Planning & 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., & Sapra, A. (2010). EOQ model. *Principles of Inventory Management: When You Are down to Four, Order More*, 17-45.
- Mukhsin, M., & 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., & 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., & Nurcahyo, Y.E. (2019). Planning and Implementation Company 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., & 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., & 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 PRI MANAGEMENTU OSKRBOVALNE VERIGE



V tem poglavju so predstavljena ključna vprašanja, povezana s kontrolingom managementa oskrbovalne verige. Poseben poudarek je na analizi logističnih podatkov, ki jo je mogoče izvesti s pomočjo preglednice. Tu boste našli:

- koncept nadzora,
- cilji in obseg kontrolinga v oskrbovalni verigi,
- osnovni ključni kazalniki uspešnosti (KPI) v oskrbovalni verigi.

4.1. Uvod

Kontroling (nadzor) lahko opredelimo tako, da določimo njegovo glavno nalogo, ki je zagotoviti k rezultatom usmerjeno načrtovanje, nadzor in spremljanje dejavnosti podjetja na podlagi računovodskih in finančnih podatkov (Hahn, 1987). Kontroling lahko opišemo kot "sistem medsebojno dogovorjenih ukrepov, načel, ciljev, metod in tehnik, ki služi notranjemu nadzoru in upravljanju z izidi povezanih ciljev" (Nowak, 2015). **Kontroling v oskrbovalni verigi je proces upravljanja in optimizacije finančnih, materialnih in informacijskih tokov v oskrbovalni verigi (Chopra in Meindl, 2007).** Kontroling v oskrbovalni verigi vključuje analizo podatkov, napovedovanje, spremljanje uspešnosti in korektivne posege, kar omogoča stalno prilagajanje dejavnosti spreminjajočim se tržnim in operativnim razmeram (Cigolini et al., 2004). Med kontrolingom v oskrbovalni verigi in kontrolingom v posameznem podjetju obstajajo razlike, ki so predstavljene v preglednici 4.1.



Preglednica 4.1. Razlike med nadzorom v oskrbovalni verigi in v podjetju

Razlikovalno merilo	Nadzor v oskrbovalni verigi	Nadzor v podjetju
Obseg dejavnosti	vključuje upravljanje in usklajevanje dejavnosti v številnih neodvisnih organizacijah, ki sodelujejo pri proizvodnji in dostavi izdelkov končnemu prejemniku.	se osredotoča na notranje procese ene organizacije, pri čemer se osredotoča na optimizacijo in operativno učinkovitost v samem podjetju;
Strateški cilj	si prizadeva za optimizacijo celotnega procesa od dobaviteljev do strank, pri čemer se osredotoča na povezovanje in sinhronizacijo dejavnosti med različnimi subjekti.	se osredotoča na doseganje finančnih in operativnih ciljev samega podjetja, kot so dobičkonosnost, učinkovitost poslovanja in skladnost s proračunom.
Področja ukrepanja	obravnava vidike, kot so čas izpolnitve naročila, logistični stroški, kakovost sodelovanja med partnerji in upravljanje zalog na ravni celotne verige.	se lahko osredotočijo na nadzor notranjih stroškov, analizo donosnosti izdelkov ali oddelkov in optimizacijo poslovnih procesov v podjetju.
Uporabljena orodja in metodologije	pogosto uporablja napredne informacijske sisteme, ki združujejo podatke iz različnih podjetij, kot so sistemi ERP ali SCM.	lahko uporabljajo orodja in sisteme, ki so bolj osredotočeni na podjetje in niso nujno povezani z zunanjimi poslovnimi partnerji.

Vir: (Mazur et al., 2021; Nesterak et al., 2020; Vollmuth, 2000)

Če povzamemo, nadzor v oskrbovalni verigi zahteva celovitejši pristop k upravljanju in usklajevanju dejavnosti kot nadzor, osredotočen na posamezno podjetje, kjer je prednostna naloga optimizacija notranjih poslovnih procesov.

Pri kontrolingu podrobne informacije o preteklosti ne zadostujejo, temveč je treba razviti in izvajati nove koncepte, instrumente in orodja, ki zagotavljajo natančne informacije o prihodnjem razvoju podjetja v oskrbovalni verigi. Zato je ena od značilnosti sistema kontrolinga prisotnost dveh vrst povratnih informacij (Nesterak, 2002):



- povratne informacije (feed-back) - ureditev, ki omogoča ugotavljanje odstopanj v sistemu izvajanja načrta ter sprejemanje ustreznih korektivnih in preventivnih ukrepov za preprečitev odstopanja od zastavljenega cilja,
- feed-forward - razume se kot nadzor, povezan z uporabo napovedanih količin in informacij o preteklih ukrepih za določitev, kakšne ukrepe je treba sprejeti v prihodnosti.

S tega vidika kontroling usmerja prihodnje dejavnosti podjetij z vzpostavitvijo sistema "zgodnjega opozarjanja". Ta sistem prepoznava signale, ki lahko pomembno vplivajo na prihodnost podjetja in celotne oskrbovalne verige, kar posledično vpliva na doseganje zastavljenih ciljev.

Cilj kontrolinga oskrbovalne verige je doseči cilje z integriranimi analitičnimi, strateškimi in operativnimi dejavnostmi, ki zajemajo tako notranje funkcije podjetja kot njegove interakcije z zunanjimi partnerji v oskrbovalni verigi. **Ključni cilji kontrolinga oskrbovalne verige** vključujejo (Chopra & Meindl, 2007):

- Povečanje operativne učinkovitosti z analizo procesov, optimizacijo delovnih postopkov in zmanjšanjem količine odpadkov, kar izboljša splošno uspešnost oskrbovalne verige;
- Zmanjšanje stroškov, saj nadzor in stalno spremljanje stroškov v oskrbovalni verigi pomagata opredeliti področja, na katerih je mogoče prihraniti, ne da bi pri tem ogrozili kakovost,
- Zagotavljanje skladnosti in kakovosti s spremljanjem in zagotavljanjem upoštevanja predpisov in standardov kakovosti v celotni oskrbovalni verigi,
- Izboljšanje sodelovanja med partnerji z boljšim načrtovanjem, komunikacijo in usklajevanjem dejavnosti,
- Povečanje prožnosti in odpornosti oskrbovalne verige z razvijanjem sposobnosti hitrega prilagajanja tržnim spremembam ali operativnim okoljem ter zmanjševanjem tveganja izpada ali motenj,
- optimalno upravljanje zalog, ki usklajuje potrebe po zmanjšanju stroškov in zahteve po razpoložljivosti izdelkov,



- Izboljšanje procesa odločanja z zagotavljanjem ključnih podatkov in analiz, ki podpirajo strateške in taktične odločitve vodstva,
- Zagotavljanje stalnih izboljšav s spodbujanjem kulture stalnih izboljšav v oskrbovalni verigi z rednimi pregledi, ocenami in posodobitvami procesov.

Če povzamemo, kontroling podpira izvajanje strategij oskrbovalne verige z zagotavljanjem natančnih podatkov in analiz, ki pomagajo pri strateškem načrtovanju in optimizaciji procesov. S spremljanjem kazalnikov v realnem času omogoča hiter odziv na spreminjajoče se tržne razmere in potrebe strank. Poleg tega kontroling podpira obvladovanje tveganj v oskrbovalni verigi z ugotavljanjem morebitnih groženj in predlaganjem rešitev, ki zmanjšujejo njihov vpliv na doseganje zastavljenih ciljev.

4.2. Ključni kazalniki uspešnosti v oskrbovalni verigi

V literaturi se vprašanje kontrolinga oskrbovalne verige najpogosteje analizira z vidika uporabljenih orodij. Bibliografski viri navajajo, da so med najučinkovitejšimi orodji kontrolinga stroškovna kalkulacija po dejavnostih, ciljna kalkulacija, sistemi kazalnikov, uravnoteženi sistemi kazalnikov in benchmarking (Dobroszek, 2011; Guersola et al., 2018). Ta študija, ki se osredotoča na uporabo preglednic pri analizi logističnih podatkov, poudarja analizo kazalnikov zaradi njene uporabnosti v tem posebnem orodju.

Ključni kazalniki uspešnosti (KPI), ki se uporabljajo v oskrbovalnih verigah, so bistveno orodje za merjenje in spremljanje učinkovitosti in uspešnosti dejavnosti v oskrbovalni verigi. KPI lahko razvrstimo glede na steber, ki ga pokrivajo (Dobroszek, 2011):

- Steber oskrbovalne verige - na tej ravni se uporabljajo kazalniki, ki veljajo za celotno oskrbovalno verigo, kot so skupni čas izpolnitve naročila v oskrbovalni verigi, skupni stroški oskrbovalne verige in cikel od gotovine do denarja;
- Steber partnerskih odnosov - na tej ravni se izračunavajo kazalniki, ki odražajo sodelovanje med poslovnimi partnerji in iz tega izhajajoče učinke, na primer odnos med dobaviteljem in trgovcem na drobno; značilni kazalniki na tem področju vključujejo sposobnost izpolnjevanja dobav in plačilno zanesljivost trgovcev,



- posamezni gospodarski subjekt v stebru oskrbovalne verige - čeprav subjekti v oskrbovalni verigi delujejo v povezavi drug z drugim in si prizadevajo za skupni cilj, mora vsak posebej oceniti svojo gospodarsko dejavnost.

Ključni kazalniki uspešnosti, ki se najpogosteje uporabljajo v dobavnih verigah, vključujejo (Dias & Silva 2021; Lehyani et al., 2018; Rasool et al., 2023; Yurtay et al., 2023):

- OTIF (On-Time In-Full) meri odstotek naročil, ki so stranki dostavljena pravočasno in v celoti, v skladu z njenimi specifikacijami

Formula:


$$OTIF = \left(\frac{\text{število pravočasno in v polni količini dostavljenih naročil}}{\text{skupno število naročil}} \right) \times 100\%$$



Visoka stopnja izvajanja OTIF kaže na učinkovitost upravljanja zalog, načrtovanja proizvodnje, upravljanja transportnega časa in natančnost postopka sprejemanja naročil.

Formula v Excelu:



$$OTIF = ([\text{število pravočasno in v polni količini dostavljenih naročil}] / [\text{skupno število naročil}]) *$$

- čas obdelave naročila LT (Lead Time, Order Fulfilment Time) - meri čas od sprejetja naročila do njegove dostave stranki



Formula:

$$LT = \text{datum dostave} - \text{datum sprejetja naročila}$$



Čas izvedbe vključuje:



- čas priprave naročila - čas, potreben za obdelavo naročila v sistemu,
- čas proizvodnje - čas, potreben za izdelavo ali pripravo naročenih izdelkov,
- čas dostave - čas, ki preteče od trenutka, ko je izdelek poslan stranki, do trenutka, ko ga stranka prejme.



Formula v Excelu:

$$LT = [\text{datum dostave}] - [\text{datum sprejetja naročila}]$$

- raven storitev za stranke - meri zmožnost organizacije, da izpolni zahteve strank, pogosto je opredeljena kot odstotek naročil, ki so izpolnjena brez napak (glej poglavje o upravljanju zalog),
- stopnja razpoložljivosti zalog (IA) - odstotek časa, ko so zaloge na voljo strankam brez zamud.

Formula:



$$IA = \left(\frac{\text{število dni z zalogo na voljo}}{\text{skupno število dni v obdobju}} \right) \times 100\%$$

ali

$$IA = \left(\frac{\text{razpoložljiva količina zalog}}{\text{zaželeno količina zalog}} \right) \times 100\%$$



Kazalnik meri odstotek dni ali primerov, ko je bila zaloga na voljo za takojšnjo izpolnitev glede na celotno povpraševanje ali število dni v določenem obdobju. To omogoča oceno, kako učinkovito podjetje upravlja zaloge v okviru izpolnjevanja pričakovanj strank.



Formula v Excelu:



ali

$$IA = ([\text{število dni z zalogo na voljo}] / [\text{skupno število dni v obdobju}]) *$$

$$([\text{razpoložljiva količina zaloge}] / [\text{zaželena količina zaloge}]) * 100\%$$

- količnik obračanja zalog (IT) - meri, kako pogosto podjetje porabi in nadomesti zaloge v določenem obdobju, kaže, kako učinkovito organizacija upravlja s svojimi viri in se odziva na povpraševanje na trgu

Formula:



$$IT = \left(\frac{\text{stroški prodanega blaga}}{\text{povprečna raven zalog}} \right) \times 100\%$$



Previsok kazalnik lahko kaže na tveganje pomanjkanja zalog. Prenizki kazalnik lahko pomeni prevelike zaloge ali slabo prodajo. Idealna raven kazalnika obračanja zalog je odvisna od panoge in posebnosti podjetja ter njegove strategije upravljanja oskrbovalne verige.



Formula v Excelu:

$$IT = ([\text{stroški prodanega blaga}] / [\text{povprečna raven zalog}]) *$$

- Stopnja vračanja (RoR) - odstotek izdelkov, ki jih stranke vrnejo, glede na skupno število prodanih izdelkov.



Formula:

$$RoR = \left(\frac{\text{število vrnjenih enot}}{\text{skupno število prodanih enot}} \right) \times 100\%$$



Visoka stopnja vračil lahko kaže na težave s kakovostjo izdelkov, neskladja v opisih ali neustrezno izpolnjevanje pričakovanj strank, kar negativno vpliva na njihovo zadovoljstvo.

Ta kazalnik podjetjem pomaga pri ugotavljanju težav v izdelkih ali postopkih, ki jih je morda treba izboljšati. Analiza razlogov za vračila lahko privede do sprememb proizvodnih procesov, izboljšanja kakovosti izdelkov ali storitev ter boljšega upravljanja zalog in napovedovanja.

Formula v Excelu:



$$\text{RoR} = ([\text{število vrnjenih enot}] / [\text{skupno število prodanih enot}])^*$$

- indeks uspešnosti dobavitelja (SPI) - ocenjevanje in spremljanje uspešnosti dobavitelja v dobavni verigi; ugotavljanje, kako dobro dobavitelji izpolnjujejo določena merila, kot so kakovost dobavljenih izdelkov, pravočasna dobava ali sposobnost brezhibnega izpolnjevanja naročil (glej poglavje o analitiki na področju oskrbe in nabave)). Formula:

$$SPI = \left(\frac{\text{vsota točk za vsa zastavljena merila}}{\text{največje možno doseženo število točk}} \right) \times 100\%$$



SPI se običajno izračuna na podlagi več posameznih kazalnikov uspešnosti, kot so kakovost dostave, pravočasnost in prilagodljivost. Točke se dodelijo na podlagi izpolnjevanja posebnih meril, največje skupno število točk pa ustreza idealni uspešnosti dobavitelja.

Formula v Excelu:





$$\text{SPI} = ([\text{vsota točk za vsa zastavljena merila}] / [\text{največje možno doseženo število točk}]) *$$

Vprašanja

1. Kateri so ključni cilji nadzora v oskrbovalni verigi?
2. Kateri ukrepi se izvajajo v okviru kontrolinga za zmanjšanje stroškov v oskrbovalni verigi?
3. Kako nadzor zagotavlja skladnost in kakovost v oskrbovalni verigi?

VIRI

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

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

Dias, G. P., & Silva, M. E. (2021). Revealing performance factors for supply chain sustainability: A systematic literature review from a social capital perspective. *Brazilian Journal of Operations & 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., & Steiner, M.T.A. (2018). Supply chain performance measurement: A systematic literature review. *International Journal of Logistics Systems & 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., & 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., & Rubezhanska, V. (2021). Improvement of controlling in the financial management of companys. *TEM Journal-Technology, Education, Management, Informatics*.
- Nesterak, J. (2002). Controlling-zarys idei. *Zeszyty Naukowe Akademii Ekonomicznej w Krakowie*, 560, 73-88.
- Nesterak, J., Jabłoński, M., & Kowalski, M. J. (2020). Controlling procesów w praktyce przedsiębiorstw działających w Polsce. Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie.
- Nowak, M. (2015). Controlling–konceptcja oraz metoda wspomagająca współpracę międzyorganizacyjną. *Studia Ekonomiczne*, 224, 173-184.
- Rasool, F., Greco, M., & 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., & 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 V NABAVI IN NAROČANJU



V tem poglavju je obravnavana strategija nabave in naročanja. Eden najpomembnejših izzivov na tem področju je ocenjevanje in izbira pravih dobaviteljev. Najpomembnejša vprašanja, obravnavana v tem poglavju, so naslednja:

- vloga in pomen nabave in naročanja,
- oddelek za nabavne in nabavne strategije,
- izbrane metode ocenjevanja in izbire dobaviteljev.

5.1. Uvod

Oskrba (oskrbovalna logistika) je dodeljena osnovnim in pomožnim funkcijam. Prispeva k pridobivanju konkurenčne prednosti, med drugim z izbiro dobaviteljev, ki:

- ponuditi visokokakovostne surovine po najnižji možni ceni in tako prispevati k večjemu zadovoljstvu strank;
- zagotavlja inovativne tehnologije, kar pomeni uvajanje novih rešitev in izdelkov na trg,
- uporaba trajnostnih praks, ki zmanjšujejo količino odpadkov in izboljšujejo podobo podjetja.

Oskrba omogoča pridobivanje opreme, materialov in sestavnih delov, potrebnih za proizvodnjo lastnega končnega izdelka ali za prodajo blaga, naslednjim členom oskrbovalne verige. Oskrbovalna logistika tudi povezuje udeležence v oskrbovalni verigi in zagotavlja želeno kakovost, ki jo ustvarjajo dobavitelji v tej verigi (Coyle et al., 2002). Oskrba vključuje tudi dejavnosti, povezane z analizo razpoložljivih (trenutnih) zalog materialov in sestavnih delov, s katerimi razpolaga podjetje. Enako pomembna dejavnost, ki se izvaja na področju logistike oskrbe, je načrtovanje potreb po materialu na podlagi proizvodnih načrtov ali naročil kupcev



in na podlagi strukture (specifikacije) izdelka, ki ga proizvaja podjetje. Oskrba vključuje tudi nadzor in odzivanje na spremembe dobavnih pogojev (spremembe datuma dobave, asortimenta, količine itd.). Pomeni torej, da nekaj pridobivate na načrtovan način.

Nabava pa je ena od faz logistike oskrbe. Pomeni nabavo blaga in storitev. Vendar je to precej ozko dojemanje nabave, ki nabavo obravnava ločeno od drugih funkcij, ki se izvajajo v podjetju. Koncept nabave je treba razumeti kot menjalno transakcijo, ki se začne, ko so znane materialne potrebe (Kowalska, 2005). Pred njo potekajo izbira vira dobave (dobavitelja ali podizvajalca) in dejavnosti, ki obsegajo pogajanja o cenah in roku za izvedbo naročila. Nabava je transakcija, pri kateri kupec kupi izdelek ali storitev, dobavitelj pa zanj prejme plačilo. Zato vključuje štiri faze: (1) določitev vrste nakupa; (2) določitev potrebne ravni izdatkov; (3) izvajanje dejanskega nabavnega procesa; (4) ocenjevanje učinkovitosti zaključenega nabavnega procesa.

Izrazi naročanje, oskrba in nabava se pogosto obravnavajo kot sinonimi. Vendar se je treba zavedati, da se ti izrazi med seboj razlikujejo, njihovo področje uporabe je različno. Naročanje je ožji pojem kot nabava. Po drugi strani se oskrba nanaša na nabavo blaga in storitev, potrebnih za proizvodni proces.

Vloga in pomen nabave, naročanja in oskrbe v podjetju sta v veliki meri odvisna od razpoložljivosti industrijskega in trgovskega blaga. Večji kot sta problem in težava pri pridobivanju in nabavi blaga (npr. nestabilen trg, ki je podvržen sezonskim ciklom, pomanjkanju in nestabilnosti cen), bolj strateška postaneta dobava in nabava. Po drugi strani pa, bolj ko je vrsta blaga standardna in na splošno visoka raven razpoložljivosti na trgu, manj pomembna sta dobava in nakup. Ta vloga je drugačna tudi, če je pomemben del kapitala podjetja vezan na materialne dobrine. S tem povezani stroški pomenijo, da bo učinkovitejše upravljanje dobave in nabave vplivalo na boljše upravljanje kapitala podjetja in večje prihranke. To pomeni, da se bo vloga oskrbe in nabave povečala v podjetjih, kjer je stopnja kapitalske intenzivnosti (delež stroškov materialnih dobrin in z njimi povezanih dejavnosti v končnem izdelku) tega procesa visoka.



5.2. Strategije nabave in oskrbe: razvrstitev glede na vire oskrbe

Zaradi možnih virov oskrbe lahko razlikujemo več različnih strategij oskrbe in nabave. Razlikujemo jih lahko glede na število virov oskrbe. V takem primeru lahko navedemo naslednje strategije (Grzybowska, 2011):

- en sam vir dobave (en dobavitelj); (single sourcing) pomeni, da je na podlagi določenih meril izbran en dobavitelj, ki je odgovoren za dobavo določenega asortimentnega artikla ali asortimente skupine. Ta rešitev zagotavlja ohranjanje tesnih stikov med prejemnikom in dobaviteljem, ki ga je podjetje izbralo in mu daje prednost. Omogoča vzpostavitev trajnih odnosov in razmerij med poslovnimi partnerji, pogosto na podlagi dolgoročnega partnerstva in sporazuma. Trajni odnosi, stabilnost sodelovanja in povezovanja ter enotna kakovost dobavljenega blaga ali storitev so nedvomne prednosti te rešitve. Slabost uporabljene strategije je tveganje, povezano s tem, da ima samo enega dobavitelja. To je predvsem posledica tveganja, da bo prišlo do izgube neprekinjene dobave, ki jo lahko povzročijo motnje v oskrbovalni verigi, in tveganja, da bo kupec postal odvisen od enega dobavitelja. To velja zlasti v primeru, ko je dobavitelj monopolist. V posebnih primerih se lahko dobaviteljev monopol pojavi, kadar na trgu ni alternativnih virov dobave
- dva vira dobave (dva dobavitelja); (double sourcing), ki pomeni nabavo pri dveh enakih dobaviteljih, ki dobavljata isto vrsto izdelkov ali skupino izdelkov. Sodelovanje med kupcem in dvema dobaviteljema temelji na načelu 50-50: delitev naročil in nakupov se enakomerno porazdeli mednju. Strategija dvojne nabave ima lahko tudi obliko neenakomerne delitve in diferenciacije sodelovanja med dvema izbranimi dobaviteljema. To je strategija nihajne gugalnice. Kot pove že ime, ta strategija uporablja načelo gugalnice pri razdelitvi naročil. Delitev nabav je neenakomerna (npr. 70 % enemu dobavitelju, 30 % drugemu dobavitelju). Deleži naročil, razporejenih med dobavitelje, se lahko spreminjajo glede na predlagano ceno predmeta nabave in njegovo kakovost. Čeprav imajo ta podjetja



enake pravice, med njimi obstaja konkurenca za večji delež. To je nedvomno gonilna sila te strategije.

- več virov dobave (več dobaviteljev) (multiple sourcing) pomeni uporabo storitev več dobaviteljev in podizvajalcev. Ta strategija zagotavlja visoko zanesljivost oskrbe. Zanj je značilna triada: več dobaviteljev - več odnosov - več strategij. Običajno se nanaša na sestavne dele končnega izdelka, ki niso strateškega pomena. Strategija več dobaviteljev pravi, da je treba uporabljati in sodelovati z razmeroma velikim številom dobaviteljev, s katerimi podjetje ustvarja različne vrste odnosov, ravni sodelovanja in različne transakcije. Ta strategija zagotavlja stalnost in zanesljivost oskrbe. Prav tako omogoča, da ne postanemo odvisni od enega samega dobavitelja. Konkurenca, ki obstaja med dobavitelji, zagotavlja tudi stalno povečevanje kupčevih zahtev in pričakovanj. Težave se lahko pojavijo pri ohranjanju enake ravni kakovosti in tehničnih parametrov tako za kupljeno blago kot za opravljene storitve. Nemogoče je izvajati skupno raziskovalno in razvojno delo s tako velikim številom alternativnih dobaviteljev.

Drug primer strategije oskrbe in nabave je delitev glede na predmet naročanja. Ločimo lahko naslednje strategije (Grzybowska, 2011):

- nakupi posameznih elementov (unit sourcing), ki so namenjeni proizvodnim podjetjem, ki predmet nakupa kupijo v obliki nezahtevnih sestavnih delov (enostavni elementi: deli, podrobnosti itd.), iz katerih nato izdelajo končni izdelek. Pri tej rešitvi je stopnja ločitve proizvodnih dejavnosti od zunanjega sveta (outsourcing) majhna. Predpostavlja visoko stopnjo vertikalne integracije proizvodnje. Obstaja zelo velika verjetnost, da bo proizvodno podjetje (kupec) okoli sebe združilo veliko ali zelo veliko dobaviteljev različnih materialnih dobrin, iz katerih se proizvaja končni izdelek.
- modularni nakupi (modular sourcing), ki pomenijo opuščanje nabave posameznih elementov v korist pripravljenih montažnih modulov ali kompleksnih sestavnih delov, ki se sestavijo v končni izdelek.



5.3. Metode ocenjevanja in izbire dobaviteljev

Ocenjevanje kandidatov za dobavitelje temelji na merilih, določenih za izbiro dobaviteljev. Strokovnjaki te ocene izvajajo z različnimi metodami odločanja. Izbira dobaviteljev je ena od najbolj kritičnih dejavnosti, povezanih z upravljanjem nabave v oskrbovalni verigi (Amid et al., 2006). Izbira dobaviteljev je osnova za dolgoročna partnerstva z dobavitelji, ki lahko pomembno prispevajo k uspehu ali neuspehu podjetja (Ali et al., 2023). Na postopek odločanja o ocenjevanju in izbiri dobaviteljev vplivajo naslednji elementi: (1) uporabljena metoda ocenjevanja; (2) najmanjša količina naročila; (3) strategija oskrbe; (4) proizvodne zmogljivosti dobavitelja; (5) vrsta izdelka; (6) vrsta ocenjevanja dobavitelja; (7) preference glede lokacije dobavitelja; (8) merila za izbiro dobavitelja; (9) proizvodna strategija in (10) proizvodne zmogljivosti dobavitelja (Nowakowski in Werbińska-Wojciechowska, 2012; de Boer idr. 2001).

Za ocenjevanje in izbiro dobaviteljev je znanih več metod in tehnik. Tukaj je nekaj klasifikacij (Benyoucef et al., 2003).

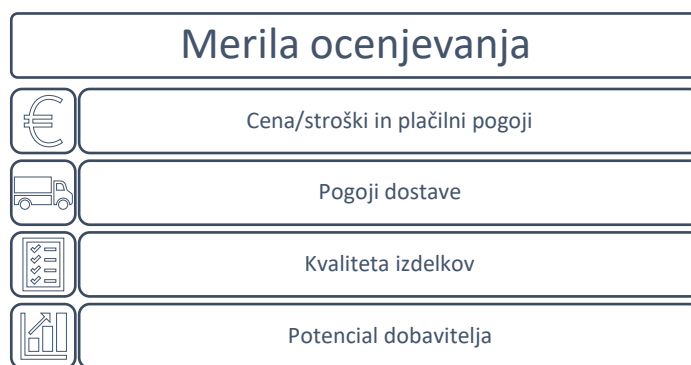
- metode izločanja, ki podjetjem pomagajo pri postopku izbire dobaviteljev s postopnim izločanjem tistih, ki ne izpolnjujejo določenih meril. Ena od metod izločanja je točkovna metoda, pri kateri se vsak dobavitelj oceni na podlagi niza meril, kot so cena, kakovost, pravočasnost dobave itd. Dobavitelji, ki ne dosežejo minimalnega števila točk, so izločeni. Podkategorija v tej skupini je metoda ponderiranega ocenjevanja dobaviteljev.
- metode optimizacije, ki podjetjem pomagajo pri odločanju o izbiri najboljših dobaviteljev na podlagi različnih meril. Ena od bolj priljubljenih metod optimizacije je večkriterijska metoda (analitični hierarhični proces, AHP), ki vključuje hierarhično razvrščanje meril in ocenjevanje dobaviteljev na podlagi teh meril. AHP omogoča vključitev kvantitativnih in kvalitativnih meril.
- verjetnostne metode, ki v procesu odločanja upoštevajo negotovost in spremenljivost podatkov. Ena od metod te skupine je metoda TOPSIS z verjetnostnimi informacijami.



Trenutno se veliko pozornosti namenja problemom, povezanim z izbiro in dodelitvijo dobaviteljev, ki jih je sčasoma vse težje rešiti (Khazaei et al., 2023). Izbira dobavitelja je na današnjem konkurenčnem trgu najpomembnejša funkcija za uspeh celotne učinkovitosti cikla in organizacije oskrbovalne verige (Dweiri et al., 2016).

5.4. Merila za ocenjevanje dobaviteljev

Določitev pravih meril za ocenjevanje dobaviteljev omogoča, da se pozneje sprejme najboljša možna izbira. Ta merila vplivajo na ocenjevanje ponudb podizvajalcev in jih določajo. Opozoriti velja na podrobna merila za ocenjevanje dobaviteljev (slika 5.1) in njihovo razširitev s pomembnimi parametri (preglednice 5.1-5.4).



Slika 5.1. Izbrana merila za ocenjevanje dobaviteljev

Vir: (Midor & Biały, 2019)

Ha in Krishnan (2008) sta na primer omenila, da so cena, kakovost in dobava trije najpogostejše uporabljeni atributi. Podobno sta tudi Koul in Verma (2012) menila, da so cena, kakovost, stroški in storitev glavna merila za izbiro dobavitelja.

Eno od ključnih meril za ocenjevanje dobaviteljev je cena (stroški) in plačilni pogoji (preglednica 5.1). Cena in stroški dobave neposredno vplivajo na skupne stroške proizvodnje. Od njih je odvisna tudi raven stopnje dobička. Prav tako ne smemo pozabiti, da plačilni pogoji, kot so plačilni roki in razpoložljivost kreditov, vplivajo na finančno likvidnost podjetja. Zato lahko prožni plačilni pogoji pomagajo pri upravljanju denarnega toka in preprečevanju likvidnostnih težav.



Preglednica 5.1. Razvoj meril za ocenjevanje dobaviteljev - cena/stroški in plačilni pogoji

Merilo za ocenjevanje	Karakteristični parametri
Cena/stroški in plačilni pogoji	▪ cenovna konkurenčnost ▪ stabilnost ali spremenljivost cen v daljšem časovnem obdobju. ▪ plačilni pogoji ▪ možnost dobropisa za dobavo ▪ obseg popustov za večja naročila ▪ obseg popustov za dolgoročno sodelovanje ▪ pripravljenost na pogajanja o cenah. ▪ stroški dostave; stroški transporta ▪ skriti (dodatni) stroški, ki niso neposredno vidni v ponudbeni ceni. ▪ stroški, povezani s kakovostjo, ki se nanašajo na pritožbe, vračila, popravila.

Vir: lastna študija

Preglednica 5.2. Razvoj meril za ocenjevanje dobaviteljev - dobave

Merilo za ocenjevanje	Karakteristični parametri
Dostava	▪ pravočasnost dobav ▪ rednost; pogostost dostave ▪ popolnost dobav ▪ natančnost/skladnost asortimana dostave ▪ način pakiranja in zavarovanja blaga ▪ količinska prilagodljivost; pravočasna prilagodljivost dobav ▪ udobje pri oddaji naročil



	▪ možnost upravljanja logistike dobav s strani dobavitelja (npr. transport, skladiščenje). ▪ zanesljivost dobav
--	---

Vir: lastna študija

Preglednica 5.3. Razvoj meril za ocenjevanje dobaviteljev - kakovost izdelkov

Merilo za ocenjevanje	Karakteristični parametri
Kakovost izdelka	▪ tehnična kakovost izdelka ▪ jamstva za kakovost ▪ zanesljivost izdelka ▪ varnost izdelkov ▪ tehnična služba ▪ skladnost izdelka z normami in standardi. ▪ funkcionalnost izdelka ▪ trajnost izdelka ▪ sistem nadzora kakovosti ▪ enostavnost popravila ali vzdrževanja izdelka. ▪ vpliv izdelka na naravno okolje (ekološki značaj).

Vir: lastna študija

Preglednica 5.4. Razvoj meril za ocenjevanje dobaviteljev - potencial dobaviteljev

Merilo za ocenjevanje	Karakteristični parametri
Potencial dobavitelja	▪ proizvodna zmogljivost ▪ tehnološka razpoložljivost ▪ razpoložljivost tehničnih, človeških in materialnih virov. ▪ inovacijski potencial ▪ logistična in operativna učinkovitost ▪ izkušnje z dobavitelji



	▪ vodstvene in organizacijske sposobnosti. ▪ položaj dobavitelja na trgu (tržni delež, ugled). ▪ možnosti uvajanja novih tehnologij, izdelkov ali postopkov.
--	--

Vir: lastna študija

Vendar cena ni edino merilo za ocenjevanje dobaviteljev. Enako pomembno merilo so tudi dobavni pogoji (preglednica 5.2). Dobaviteljeva sposobnost pravočasne, redne ali prilagodljive dobave je bistvenega pomena, da se izognemo izpadu proizvodnje in zagotovimo neprekinjeno delovanje.

Drugo pomembno merilo za ocenjevanje dobaviteljev je kakovost dobavljenega blaga (preglednica 5.3). Kakovostno blago (surovine, materiali in sestavni deli) vpliva na kakovost proizvedenega izdelka in posledično vodi k zadovoljstvu strank. To pa povečuje zvestobo in ponovljivost nakupov ter vpliva na ugled podjetja, ki opravi nakup.

Pri ocenjevanju in izbiri dobavitelja lahko pozornost namenite tudi potencialu dobavitelja za nadaljnji razvoj (preglednica 5.4). To merilo se nanaša na parametre, ki pomagajo določiti, ali bo dobavitelj kratkoročno/dolgoročno sposoben izpolniti prihodnje izzive in zahteve trga.

5.5. Metoda uteženih točk

Najpogosteje uporabljena kvantitativna metoda ocenjevanja dobaviteljev je metoda ocenjevanja, ki temelji na ponderiranem ocenjevanju (Burdzik, 2017). Pri tej metodi se najprej določi vrstni red izbranih meril za ocenjevanje dobaviteljev, nato pa se jim dodeli ponderiran faktor (utež). Ponderirani faktor se nanaša na pomembnost izbranega merila za ocenjevanje.

Podjetja pogosto uporabljajo metodo uteženih točk, ker je zelo zanesljiva, njeni stroški izvajanja pa so zmerni. Poleg tega združuje kvalitativne in kvantitativne dejavnike uspešnosti v skupen sistem. Ker lahko nosilci odločanja spreminjajo ponderirane faktorje, dodeljene posameznim merilom, ali pa jih spreminjajo samostojno, odvisno od strateških prednostnih nalog podjetja. Tako je sistem prilagodljiv (Arsan & Shank, 2011; Maláková et al., 2020).



Ocena dobavitelja se dobi tako, da se ocena vsakega merila pomnoži z vnaprej določenim ponderiranim faktorjem. Nato se dobljene vrednosti seštejejo. Ocena prednosti (P_S) pomeni oceno dobavitelja.

Spodaj je prikazan formalni model:

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

kjer je

P_S - ocena preferenc

O - vrednotenje meril

ϖ - ponderirani koeficient.

Ponderirani koeficient mora:

- Naj bo v območju $< 0,1 >$,
- Vsak naslednji uporabljeni ponderirani koeficient je manjši od svojega predhodnika $\varpi_i > \varpi_{i+1} > \varpi_{i+2}$,
- Vsota vseh ponderiranih koeficientov mora biti enaka 1: $\sum_1^n \varpi_i = 1$,
- Število ponderiranih koeficientov je odvisno od števila analiziranih meril.

Zgoraj navedeno je pojasnjeno s formulo, uporabljeno v Excelu za tehtano povprečje s petimi izbranimi merili za ocenjevanje dobaviteljev:



ocena prednosti_(dobavitelj 1) = (**ocena**_(merilo 1) * $\omega_{(1)}$) + (**ocena**_{((merilo) (2))} * $\omega_{(2)}$) + (**ocena**_(merilo 3) * $\omega_{(3)}$) + (**ocena**_(merilo 4) * $\omega_{(4)}$) + (**ocena**_(merilo 5) * $\omega_{(5)}$)

V nadaljevanju sta predstavljena predlagani postopek in opis postopka izračuna.

Vsebina naloge

Ocenite dobavitelje za izbrano postavko asortimaja.



- [1] Priprava podatkovnega lista; navajanje meril in dodeljevanje ponderiranih koeficientov.
- [2] Določitev lestvice za ocenjevanje posameznih meril.
- [3] Določitev nabora dobaviteljev, ki so predmet ocenjevanja; dodelitev ocen posameznim merilom in dobaviteljem.
- [4] Izračun tehtanega povprečja za vsakega dobavitelja, ki je predmet ocenjevanja.
- [5] Izdelava preglednice z merili in njihovo oceno s strani dobaviteljev.
- [6] Izvedba analize in na njeni podlagi izbira najboljšega dobavitelja; določitev dobavitelja, ki bo prejel najboljšo oceno.

Izbrana merila so:

- Kakovost dela kolesa (deli se ne zlomijo, so trpežni, ni pritožb),
- Cena dela kolesa (čim nižja, tem boljša),
- Pravočasnost dobav (dobave so dostavljene pravočasno),
- Zanesljivost dobav (izdelki prispejo nepoškodovani, brez poškodb),
- Skladnost blaga s pričakovanji (blago prispe točno tako, kot je bilo naročeno),
- Postopek naročanja (preprosto in intuitivno naročanje).

Dodeljeni ponderirani koeficienti so naslednji:

- Kakovost dela kolesa - 30 %,
- Cena dela kolesa - 25 %,
- Pravočasnost dostave - 15 %,
- Zanesljivost dobav - 10 %,
- Skladnost blaga s pričakovanji - 10 %,
- Postopek naročanja - 10 %.

Navedeno je bilo, da se bodo posamezna merila ocenjevala na podlagi 10-stopenjske ocene (1-10), pri čemer se bodo:

- 10 - Zelo dobro (popolna izpolnitev merila),
- 7-9 - Dobro (manjše težave),



- 4-6 - Povprečno (delna izpolnitev, nekaj težav),
- 2-3 - Slabo (številne težave),
- 1 - Zelo slabo (merilo ni izpolnjeno).

Za oceno dobaviteljev je bilo izbranih pet podjetij, ki dobavljajo dele za kolesa. Ta podjetja so bila kodirana: A1, B2, C3, D4, E5.



Primer programa Excel:

- [1] Pripravite preglednico s podatki, navedite merila in določite ponderirane koeficiente.

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] Določite lestvico ocenjevanja posameznih meril v skladu z vzpostavljeno lestvico in jih dodelite vsakemu dobavitelju, ki je predmet ocenjevanja.

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 ponderirana povprečja za vsakega ocenjevanega dobavitelja; Formula za izračun ponderiranega povprečja za posameznega dobavitelja je prikazana spodaj.



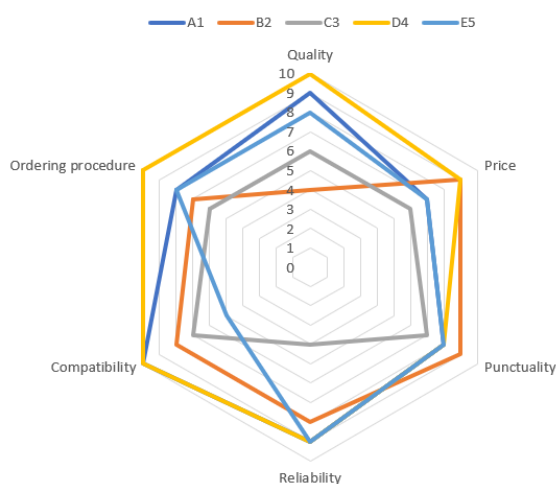
=D4*C4+D5*C5+D6*C6+D7*C7+D8*C8+D9*C9						
B	C	D	E	F	G	H
		Supplier assessment				
Assessment criteria	Criterion weight	A1	B2	C3	D4	E5
Quality	30%	9	4	6	10	8
Price	25%	7	9	6	9	7
Punctuality	15%	8	9	7	8	8
Reliability	10%	9	8	4	9	9
Compatibility	10%	10	8	7	10	5
Ordering procedure	10%	8	7	6	10	8
Preference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

Za vsakega ponudnika izračunajte uteženo povprečje, ki upošteva ocene in uteži za določeno merilo. To storite tako, da izračunate vsoto ocen in uteži za vsako merilo za vsakega dobavitelja. Za preostale dobavitelje kopirajte formulo z absolutnimi naslovi;

Za kopiranje formule je vredno uporabiti absolutne naslove za celice, ki vsebujejo težo določenega merila.

[4] Narišite tabelo z merili in njihovo oceno s strani dobaviteljev;

Za vizualizacijo rezultatov je treba izdelati polarni diagram, ki prikazuje oceno vsakega merila (osi diagrama) po dobaviteljih (obarvane črte).



Popolno stanje dobaviteljevih izbranih meril bo slika "krog", nepopolno stanje pa bo točka 0 "središče".



[5] Izvedite analizo in na njeni podlagi izberite najboljšega dobavitelja; ugotovite, kateri dobavitelj je prejel najboljšo oceno.

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 določitev dobavitelja, ki najbolje izpolnjuje merila, pridobljenih med analizo, se izbere dobavitelj z najvišjo oceno prednosti

Po opravljeni analizi je mogoče ugotoviti, kateri dobavitelj najbolje izpolnjuje merila, navedena v podjetju. S tem dobaviteljem je treba vzpostaviti sodelovanje. Če nabavna strategija navaja, da morata biti za določen predmet nabave dva dobavitelja, je treba izbrati naslednjega dobavitelja z najvišjo oceno prednosti.

Rezultate analize ocenjevanja dobaviteljev z metodo tehtanega povprečja je mogoče pregledno predstaviti na grafu. Najvišja ocena prednosti pomeni tudi najvišjo vsoto ponderiranih ocen izbranih meril.

5.6. Večkriterijska metoda

Analitični hierarhični proces (AHP) je pogosto uporabljen postopek za reševanje problemov, povezanih s strateškimi odločitvami, tudi za ocenjevanje in izbiro dobaviteljev (Ossadnik in Lange, 1999). AHP je običajna večkriterijska metoda odločanja. Razvita je bila za pomoč pri reševanju zapletenih problemov odločanja. Upošteva tako subjektivna kot objektivna merila vrednotenja (Dweiri et al., 2016). AHP uporablja parno primerjavo meril vrednotenja glede na cilj. Ta parna primerjava omogoča določitev relativne pomembnosti meril glede na glavni cilj. Če so na voljo kvantitativni podatki, je mogoče primerjave preprosto opraviti na podlagi opredeljene lestvice. Zaradi tega je rezultat analize zagotovilo za odlično vrednotenje. Metoda AHP je intuitivna metoda za oblikovanje in analizo odločitev. Temelji na subjektivni



metodologiji. Sestavljena je iz treh glavnih načel: (1) hierarhična struktura, (2) analiza prednosti in (3) preverjanje skladnosti (Cheng et al., 2007).

V nadaljevanju sta predstavljena predlagani postopek in opis postopka izračuna.

Vsebina naloge

Ocenite dobavitelje za izbrani izdelek v asortimaju.



- [1] Priprava podatkovnega lista; seznam meril.
- [2] Primerjajte merila v parih (lestvice 1, 2, 3, 4, 5).
- [3] Izračunajte vsoto za vsako merilo.
- [4] Izračunajte delež vsake celice v vsoti za vsako merilo.
- [5] Izračunajte globalne preference za vsako merilo.
- [6] Prikažite globalne preference za vsako merilo.
- [7] Navedite dobavitelje (A1, B2, C3, D4).
- [8] Izračunajte lokalne preference za vsako merilo in dobavitelja.
- [9] Izračunajte delež vsake celice v vsoti za vsako merilo in dobavitelja.
- [10] Izračunajte lokalne preference za vsako merilo in dobavitelja.
- [11] Prikažite lokalne preference za vsakega dobavitelja za določeno merilo.
- [12] Določite razvrstitev dobaviteljev.
- [13] Izberite dobavitelja.

Izbrana merila so naslednja:

- Kakovost dela kolesa (deli se ne pokvarijo, so trpežni, ni pritožb),
- cena dela kolesa (čim nižja, tem boljša),
- pravočasnost dobav (dobave so dostavljene pravočasno),
- zanesljivost dobave (izdelki prispejo nepoškodovani, brez poškodb).

Izbrana je bila primerjalna lestvica meril:

- 1 - prav tako dobro/pomembno,
- 2 - nekoliko boljši/pomembnejši,



- Za oceno dobaviteljev je bilo izbranih pet podjetij, ki dobavljajo dele za kolesa. Ta podjetja so bila kodirana: A1, B2, C3, D4.



- [2] Primerjajte merila v parih (lestvice 1, 3, 5).

Primerjava se opravi v skladu s sprejeto lestvico.

Na primer: kakovost je izredno pomembna bolj kot cena, kar pomeni, da izberete oceno 5. Za primerjavo meril v vrstnem redu cena in kakovost se vzame obratna vrednost prejšnje ocene, to je $1/5$.

	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 vsoto za vsako merilo v stolpcu.

Nato seštejte ocene, dodeljene na podlagi parne primerjave meril v stolpcih.

The screenshot shows the Excel formula bar with the formula `=SUM(C12:C15)` being entered. The formula bar includes a dropdown arrow, a red 'X' for error, a green checkmark for correct, and the `fx` icon. Below the formula bar, the spreadsheet grid shows columns B, C, D, E, and F. Cell C15 is highlighted in blue, and the formula `=SUM(C12:C15)` is visible in the formula bar.

	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	<code>=SUM(C12:C15)</code>	7,33	12,00	4,20

- [4] Preštejte delež vsake celice v skupnem številu za vsako merilo.



Nato moramo prešteti delež določenega merila v skupnem številu za to merilo. Primer prikazuje ustrezna polja v vrstici formul; vrednosti za merilo kakovosti so videti takole: $1: 2,03 = 0,49$; $0,20: 2,03 = 0,10$; $0,33: 2,03 = 0,16$; $0,50: 2,03 = 0,25$. Vsota deležev mora biti enaka 1.

C21						
	A	B	C	D	E	F
10						
11			Quality	Price	Punctuality	Reliability
12			Quality	1,00	5,00	2,00
13			Price	0,20	1,00	3,00
14			Punctuality	0,33	0,33	1,00
15			Reliability	0,50	1,00	5,00
16			Sum	2,03	7,33	12,00
17						
18						
19						
20			Quality	Price	Punctuality	Reliability
21			Quality	0,49	0,68	0,25
22			Price	0,10	0,14	0,25
23			Punctuality	0,16	0,05	0,08
24			Reliability	0,25	0,14	0,42
25			Sum	1,00	1,00	1,00

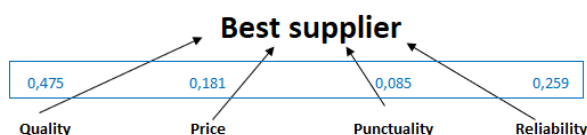
[5] Izračunajte globalne preference za vsako merilo.

Izračun globalnih preferenc za vsako merilo je izračun povprečnih deležev za vsako merilo po vrsticah. Ta izračun nam omogoča določitev globalnega deleža tega merila v celotnem ocenjevanju, ki ga bodo deležni dobavitelji.

	B	C	D	E	F	G
		Quality	Price	Punctuality	Reliability	W (average)
		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

[6] Prikažite globalne preference za vsako merilo.

Grafična oblika omogoča boljšo predstavitev preferenc določenega merila v zvezi z izbiro dobavitelja.



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



[8] V parih primerjajte ponudnike glede na vsako merilo (lestvice od 1 do 7).

Primerjava dobaviteljev v parih vam omogoča, da ugotovite, kateri od njih bolje izpolnjuje določeno merilo. Primerjava se izvede v skladu s sprejeto lestvico. Sprejeta lestvica za primerjavo dobaviteljev je od 1 do 7, pri čemer 1 pomeni, da sta dobavitelja enako dobra, 7 - dobavitelj je izjemno boljši, preostale vrednosti pa so vmes.

Primerjava dobaviteljev se izvede za vsako merilo posebej.

Na primer: pri merilu kakovosti je dobavitelj A1 enako dober kot dobavitelj B2 (ocena 1), dobavitelj A1 pa je nekoliko boljši od dobaviteljev C3 in D4 (ocena 3). Za primerjavo dobaviteljev v obratnem vrstnem redu (B2 in A1, C3 ter A1, D4 in C3) se vzame obratna vrednost prejšnje ocene (tj. 1/1, 1/3 oziroma 1/3).

Točke, dodeljene na podlagi parne primerjave ponudnikov, se nato seštejejo v stolpcih.

Quality	A1	B2	C3	D4
A1	1,00	1,00	3,00	3,00
B2	1,00	1,00	0,20	3,00
C3	0,33	5,00	1,00	0,33
D4	0,33	0,33	3,00	1,00
Sum:	2,66	7,33	7,20	7,33

Punctuality	A1	B2	C3	D4
A1	1,00	3,00	0,33	3,00
B2	0,33	1,00	0,20	3,00
C3	3,00	5,00	1,00	5,00
D4	0,33	0,33	0,20	1,00
Sum:	4,66	9,33	1,73	12,00

Price	A1	B2	C3	D4
A1	1,00	5,00	7,00	4,00
B2	0,20	1,00	3,00	1,00
C3	0,14	0,33	1,00	0,33
D4	0,25	1,00	3,00	1,00
Sum:	1,59	7,33	14,00	6,33

Reliability	A1	B2	C3	D4
A1	1,00	0,20	3,00	5,00
B2	5,00	1,00	5,00	5,00
C3	0,33	0,20	1,00	0,33
D4	0,20	0,20	3,00	1,00
Sum:	6,53	1,60	12,00	11,33

[9] Izračunajte delež vsake celice v skupnem znesku za vsako merilo in dobavitelja.

Izračunati je treba delež določenega dobavitelja v skupnem številu za tega dobavitelja glede na vsako merilo.

V primeru v prvi tabeli za merilo kakovosti so v vrstici formule prikazane ustrezne celice, za dobavitelja A1 pa so vrednosti naslednje: $1: 2.66 = 0.38$; $1: 2.66 = 0.38$; $0.33: 2.66 = 0.12$; $0.33: 2.66 = 0.12$. Vsota deležev mora biti 1.



=C3/C7										
B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
Quality	A1	B2	C3	D4		Quality	A1	B2	C3	D4
A1	1,00	1,00	3,00	3,00		A1	0,38	0,14	0,42	0,41
B2	1,00	1,00	0,20	3,00		B2	0,38	0,14	0,03	0,41
C3	0,33	5,00	1,00	0,33		C3	0,12	0,68	0,14	0,05
D4	0,33	0,33	3,00	1,00		D4	0,12	0,05	0,42	0,14
Sum:	2,66	7,33	7,20	7,33		Sum:	1,00	1,00	1,00	1,00
Price	A1	B2	C3	D4		Price	A1	B2	C3	D4
A1	1,00	5,00	7,00	4,00		A1	0,63	0,68	0,50	0,63
B2	0,20	1,00	3,00	1,00		B2	0,13	0,14	0,21	0,16
C3	0,14	0,33	1,00	0,33		C3	0,09	0,05	0,07	0,05
D4	0,25	1,00	3,00	1,00		D4	0,16	0,14	0,21	0,16
Sum:	1,59	7,33	14,00	6,33		Sum:	1,00	1,00	1,00	1,00
Punctuality	A1	B2	C3	D4		Punctuality	A1	B2	C3	D4
A1	1,00	3,00	0,33	3,00		A1	0,21	0,32	0,19	0,25
B2	0,33	1,00	0,20	3,00		B2	0,07	0,11	0,12	0,25
C3	3,00	5,00	1,00	5,00		C3	0,64	0,54	0,58	0,42
D4	0,33	0,33	0,20	1,00		D4	0,07	0,04	0,12	0,08
Sum:	4,66	9,33	1,73	12,00		Sum:	1,00	1,00	1,00	1,00
Reliability	A1	B2	C3	D4		Reliability	A1	B2	C3	D4
A1	1,00	0,20	3,00	5,00		A1	0,15	0,13	0,25	0,44
B2	5,00	1,00	5,00	5,00		B2	0,77	0,63	0,42	0,44
C3	0,33	0,20	1,00	0,33		C3	0,05	0,13	0,08	0,03
D4	0,20	0,20	3,00	1,00		D4	0,03	0,13	0,25	0,09
Sum:	6,53	1,60	12,00	11,33		Sum:	1,00	1,00	1,00	1,00

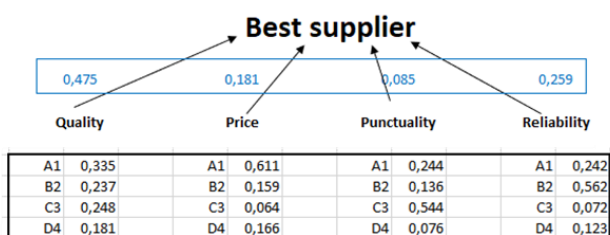
[10] Izračunajte lokalne preference za vsako merilo in dobavitelja.

Izračun lokalnih preferenc za vsakega dobavitelja za vsako merilo je stvar izračuna povprečnih deležev za vsakega dobavitelja v vrsticah. Ta izračun nam omogoča določitev lokalnega deleža tega dobavitelja za določeno merilo pri ocenjevanju.



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 preference vsakega dobavitelja glede na dano merilo.
Grafična oblika omogoča boljšo predstavitev preferenc posameznega dobavitelja glede na vsako merilo.



- [12] Določite razvrstitev dobaviteljev.
Določitev razvrstitve ponudnikov vključuje izračun vsote zmnožkov uteži za vsako merilo in ocene ponudnika za to merilo za vsakega ponudnika.



=K3*N3+K4*P3+K5*R3+K6*T3												
I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	
	Global Preference	W										
	Quality	0,475										
	Price	0,181										
	Punctuality	0,085										
	Reliability	0,259										
supplier 1	A1	0,353										
supplier 2	B2	0,299										
supplier 3	C3	0,194										
supplier 4	D4	0,154										

[13] Izberite dobavitelja.

Dobljene rezultate lahko predstavite grafično. V analiziranem primeru je dobavitelj A1 prejel najvišjo oceno.

5.7. Odporni dobavitelji

Dobavitelji in podizvajalci veljajo za glavne vire tveganja, ki povzročajo velike motnje v oskrbovalnih verigah (Pramanik et al., 2017). Poleg tega je veliko procesov v oskrbovalni verigi odvisnih od dobavitelja. Zato lahko z izbiro odpornih dobaviteljev bistveno zmanjšamo stroške nabave, čas zamude ter povečamo konkurenčnost podjetja in zadovoljstvo strank (Davoudabadi et al., 2020). Ocenjevanje odpornosti dobaviteljev je zato eden najpomembnejših načinov za vstop v svet odpornosti oskrbovalne verige, saj so dobavitelji eden glavnih virov ranljivosti v oskrbovalnih verigah.

Sheffi in Blayney Rice (2005) navajata, da je odpornost v podjetjih in oskrbovalnih verigah mogoče vzpostaviti na tri splošne načine: (1) ustvarjanje presežkov v oskrbovalni verigi (npr. dodatne zaloge, nizka izkoriščenost zmogljivosti, več virov), (2) povečanje prožnosti oskrbovalne verige (npr. prilagodljiva transportna sredstva v primeru motenj, vzporedni procesi namesto zaporednih, strategije oskrbe prilagojene odnosom z dobavitelji) in (3) sprememba kulture podjetja (npr. stalna komunikacija med obveščenimi zaposlenimi, priprava na motnje)).



Preglednica 5.5. Merilo odpornosti

Kriterij odpornosti	Razlaga:
Pobude za nadzor onesnaževanja	Prizadevanja, povezana s pobudami za zmanjšanje onesnaževanja v zvezi s trdnimi odpadki, izgubo vode, emisijami v zrak itd.
Naložbe v prenosne zmogljivosti	Upoštevana raven varnostne zaloge, da se zmanjša tveganje pomanjkanja zalog zaradi negotovosti.
Hitrost odziva	Sposobnost dobaviteljev, da se v najkrajšem možnem času odzovejo na tržna nihanja.
Sposobnost vzdrževanja strateških zalog za nujne primere	Prikazuje ničelno razpoložljivost, izgube, dopolnjevanje in obračanje zalog. Strateške zaloge morajo biti na določeni ravni, saj je povpraševanje vedno negotovo.
Sklenitev pogodb z rezervnimi dobavitelji	Sklepanje pogodb z rezervnimi dobavitelji je postopek, s katerim podjetje sklene pogodbo z dobavitelji, ki lahko zagotovijo izdelke ali storitve, če jih primarni dobavitelji ne morejo zagotoviti. Gre za strategijo za povečanje odpornosti oskrbovalne verige na motnje in zmanjšanje tveganja motenj v dobavi.
Strategija za ublažitev	Strategije za ublažitev so ukrepi za zmanjšanje negativnih posledic motenj v dobavni verigi.
Rezervirane zaloge	Rezervirana zaloge je strategija upravljanja zalog, pri kateri podjetje vzdržuje določeno raven zaloge, ki je namenjena uporabi v nujnih primerih ali ob nenadnem povečanju povpraševanja.

Vir: (Davoudabadi et al., 2020; Suryadi & Rau, 2023)

Hosseini et al. (2019) prav tako poudarjajo, da je pri ocenjevanju dobaviteljev smiselno uvesti elemente analize na podlagi dobaviteljeve sposobnosti odpornosti, ki vključuje tri ravni sposobnosti:

- absorpcijske (npr. presežne zaloge povečujejo odpornost celotnega oskrbovalnega omrežja na motnje);
- prilagodljivost (npr. alternativni rezervni dobavitelji za hitro prilagajanje oskrbovalnega omrežja),
- korektivni (npr. hitra ponovna vzpostavitev izgubljenih dobavnih zmogljivosti dobavitelja z minimalnimi stroški).

Davoudabadi in drugi so navedli in razširili merila za izbiro dobaviteljev, tako da vključujejo trajnostne vidike (na primer okolju prijazni materiali; tehnologija, ki temelji na okolju prijazni tehnologiji; skladnost s politiko varstva okolja; zeleni raziskovalno-razvojni projekti) in odporne vidike (preglednica 5.5)).



Tako morajo biti odporni dobavitelji (1) sposobni vrniti se v ravnovesno stanje, (2) imeti moč in zagotoviti določeno varovalno zmogljivost za sistem, preden motnja privede sistem iz stabilnih v nestabilne razmere, in (3) biti sposobni odzvati se na motnjo.

Vprašanja

1. Katera merila za ocenjevanje dobaviteljev so po vašem mnenju najpomembnejša pri upravljanju finančne likvidnosti podjetja in zakaj?
2. Katere so glavne prednosti uporabe metode AHP v postopku izbire in ocenjevanja dobaviteljev?
3. Katere so glavne pomanjkljivosti uporabe metode AHP v postopku ocenjevanja in izbire dobaviteljev?

VIRI

Ali M.R., Nipu S.M.A. & 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., & 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. & Shank A. (2011) Performance measurement and metrics: An analysis of supplier evaluation.

Benyoucef L., Ding H. & Xie X. (2003) Supplier selection problem: selection criteria and methods. *Raport 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. & 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., & Langley C.J. Jr. (2002) Zarządzanie logistyczne, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa.

Davoudabadi R., Mousavi S.M. & 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. & 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. & 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. & 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. & Al Khaled A. (2019) Resilient supplier selection and optimal order allocation under disruption risks. *International Journal of Production Economics*, 213, 124-137.

Khazaei M., Hajiaghahi-Keshteli M., Rajabzadeh Ghatari A., Ramezani M., Fooladvand A. & 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., & Kurylo P. (2020). Evaluation of suppliers' quality and significance by methods based on weighted order. *Acta logistica*, 7(1), 1-7.

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

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



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

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

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

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

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



6. OUTSOURCING



Poglavje obravnava temeljna vprašanja v zvezi z zunanjim izvajanjem ter analizo 'narediti ali kupiti', ki predstavlja orodje za podporo odločanju v tem procesu. Vsebuje:

- osnovne opredelitve,
- vrste zunanjega izvajanja,
- prednosti in slabosti zunanjega izvajanja,
- opis analize "naredi ali kupi",
- zunanje izvajanje logistike.

6.1. Uvod

V današnjih tržnih razmerah logistični procesi, ki vključujejo pretok izdelkov, materialov in informacij znotraj podjetja in med organizacijami, v veliki meri vplivajo na izpolnjevanje pričakovanj in zahtev potrošnikov. Logistika določa ustvarjanje in ohranjanje konkurenčne prevlade sedanjih gospodarskih subjektov. Logistični procesi se izvajajo v okviru logističnega sistema, ki ga ima vsako podjetje vzpostavljenega na drugačen način. Da bi izpolnila spreminjajoča se in vse večja pričakovanja in želje kupcev, podjetja trenutno gradijo zelo zapletene logistične sisteme, ki temeljijo na sodelovanju številnih podjetij iz različnih držav. Logistični procesi postajajo vse bolj zapleteni, obremenjeni z negotovostjo in zahtevajo velike finančne vloške. Podjetja si morajo prizadevati ne le za zagotavljanje ustreznih storitev za stranke in zmanjševanje stroškov, temveč tudi za zmanjševanje vpliva motenj v logističnih procesih. (König & Spinler, 2016). Logistični sistem podjetja mora biti prilagojen zunanjim in notranjim razmeram določene organizacije ter mora zagotavljati učinkovito in uspešno izvajanje njenih ciljev. Neustrezna ureditev logističnih procesov lahko povzroči večje finančne izdatke logističnih dejavnosti in zmanjšanje kakovosti storitev za potrošnike, zaradi česar se zmanjša konkurenčni položaj organizacije (Brzezinski, 2015.).



Sodobna podjetja vse pogostejše uvajajo spremembe v svoji organizaciji, zlasti na področju upravljanja, saj si prizadevajo za visoko učinkovitost dejavnosti ter doseganje ciljev in tržnega uspeha, ker je učinkovitost orodje za ustvarjanje njihove konkurenčne prednosti. Zaradi nenehno naraščajočega pritiska trga skupaj s konkurenčnostjo drugih podjetij poslovni subjekti ne morejo povezati vseh virov na vseh ravneh svojega delovanja. Zato se postavlja vprašanje, ali je treba za določeno organizacijo vse dejavnosti opravljati znotraj podjetja in razmisliti o uporabi zunanjega izvajanja, tj. storitev zunanjega podjetja, specializiranega za določeno panogo, da bi se lahko osredotočila na svoje temeljne dejavnosti

Henry Ford je dejal: "Če nečesa ne moremo narediti učinkoviteje, ceneje in bolje kot naši konkurenti, nima smisla, da to počnemo, in bi morali za to delo najeti nekoga, ki ga lahko opravi bolje kot mi." (Ford, 1923).

6.2. Bistvo zunanjega izvajanja



Na splošno je zunanje izvajanje metoda (koncept) upravljanja, ki je sestavljena iz omejevanja obsega dejavnosti, ki jih neposredno izvaja določeno podjetje (imenovano matično podjetje), in njihovega trajnega izvajanja s strani zunanjih podjetij (storitvena podjetja) (Trocki, 2001).).

Koncept zunanjega izvajanja predvideva, da za skoraj vsak proces, področje ali funkcijo, ki bi se lahko izvajala v okviru tipične organizacijske strukture podjetja, obstaja alternativa v obliki storitev, ki jih ponujajo zunanji dobavitelji (partnerji), specializirani za določeno panogo. Zato je zunanje izvajanje opredeljeno kot metoda stalnih zunanjih storitev specializiranih podjetij, zunanjega izvajanja, zunanjega upravljanja ali celo decentralizacije delovanja organizacije.

Področja, ki jih je mogoče uspešno prenesti na zunanja podjetja, so predstavljena v preglednici 6.1.

**Tabela 6.1. Primeri področij, ki se lahko v okviru zunanjega izvajanja prenesejo na storitveno podjetje**

Območje	Primeri oddajanja nalog, funkcij ali procesov v zunanje izvajanje
Proizvodnja in dobava	proizvodnja sestavnih delov, polizdelkov in celo končnih izdelkov, sestavljanje izdelkov, pakiranje, oblikovanje,
Transport in logistika	transport in distribucija izdelkov, kurirske storitve, skladiščenje,
Raziskave in razvoj	raziskovalno in razvojno delo, znanstvene raziskave, izvedbeno delo,
Računalništvo in informacijske tehnologije	podporo računalniškim omrežjem, podporo podatkovnim centrom, storitve vzdrževanja infrastrukture IT, podporo aplikacijam IT, podporo končnim uporabnikom, varnostne storitve ali internetne storitve,
Finančne, računovodske, davčne in računovodske storitve.	Računovodstvo, upravljanje dolgov, kontroling, revizija, finančne in analitične storitve, razvoj poslovnih načrtov, davčno svetovanje, zastopanje davkoplačevalcev pred davčnimi organi,
Pravna podpora	pravno svetovanje na različnih področjih ali zastopanje v pravnih zadevah,
Storitve za stranke	telemarketing, vodenje recepcije, tajništva, vroče linije ali klicnega centra,
Trženje	spremljanje sprememb na trgu, raziskovanje pričakovanj kupcev, oblikovanje konceptov za nove izdelke, opredelitev promocijskih, oglaševalskih in distribucijskih strategij ter oblikovanje področja odnosov z javnostmi,
Človeški in kadrovski viri,	iskanje in izbira kandidatov, usposabljanje zaposlenih, oblikovanje motivacijskih sistemov, upravljanje s kadri, vodenje kadrovske dokumentacije, zaposlovanje za določen čas in obračun plač,
Upravljanje in vodenje	Vzdrževanje stavb in čistoče, vzdrževanje arhivov, varovanje ljudi in premoženja, storitve upravljanja.

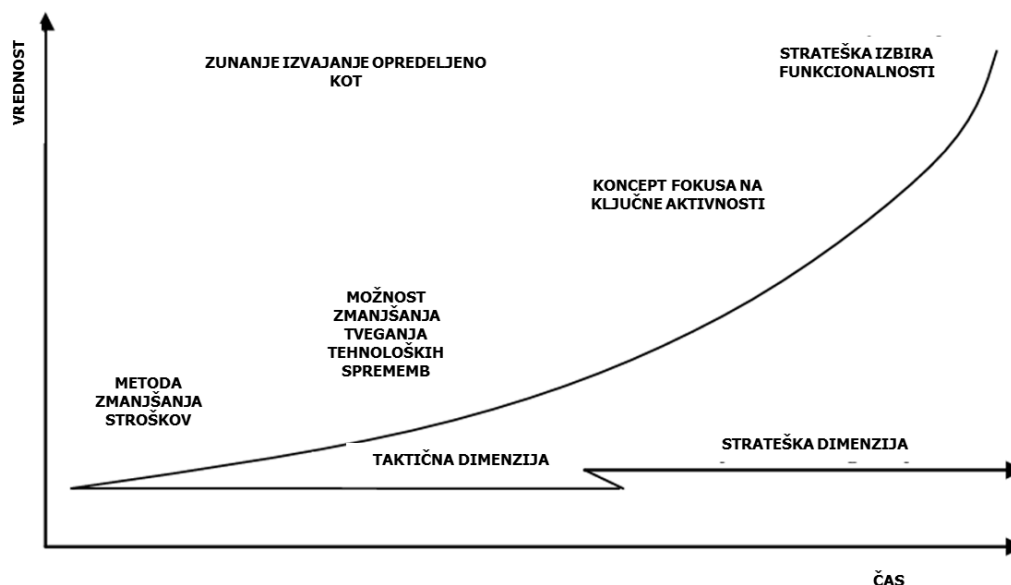
Vir: (Matejun, 2007)



Po drugi definiciji je "zunanje izvajanje" (outsourcing) metoda organiziranja in upravljanja, ki sestoji iz relativno trajnega, dolgoročnega, pogodbenega prenosa odgovornosti za izvajanje določenih področij poslovne dejavnosti (nalog, funkcij ali procesov) na specializiranega zunanjega partnerja, pri čemer se upošteva dinamična, interaktivna in partnerska narava sodelovanja s ciljem pridobiti ekonomske in kakovostne koristi ter hkrati možnost razvoja ključnih kompetenc matičnega podjetja, kar omogoča krepitev

njegovih ključnih dejavnosti, gradnjo konkurenčne prednosti in razvoj podjetja" (Matejun, 2015).).

Diagram razvoja in povečanje pomena zunanjega izvajanja za sodobna podjetja sta predstavljena na sliki 61.



Slika 6.1. Razvoj koncepta zunanjega izvajanja

Vir: (Matejun, 2015)

6.3. Osnovne vrste zunanjega izvajanja

Zunanje izvajanje v poslovni praksi lahko poteka v dveh glavnih oblikah: ločeno ali komisijsko. **Ločitev** se nanaša na stanje, ko se določeno področje dejavnosti (proces, naloga, funkcija) izvaja v organizacijski strukturi podjetja, vendar ne spada med glavne pristojnosti organizacije, analize, povezane s stroški njegovega vzdrževanja ter kakovostjo, usklajevanjem in pravočasnostjo dejavnosti, pa kažejo, da ne sodeluje v procesu ustvarjanja vrednosti storitev ali izdelkov. Takrat je mogoče določeno področje dejavnosti izločiti iz organizacijske strukture in njegovo izvajanje oddati v zunanje izvajanje storitvenemu podjetju (Matejun, 2015).

Komisija se pojavi, kadar se določeno področje dejavnosti v organizacijski strukturi podjetja še ne izvaja, analiza pa pokaže, da bi bilo to potrebno zaradi določenih strateških



koristi. To področje ne vključuje ključnih kompetenc podjetja, njegova neposredna vključitev v organizacijsko strukturo pa bi povzročila vključitev znatnih virov, ki bi jih lahko namenili za krepitev osnovnega področja delovanja. To bo omogočilo sodelovanje z zunanjim izvajalcem, ki zagotavlja želene storitve zunanjega izvajanja (Matejun, 2015).

Preglednica 6.2. Kapitalske spremenljivke in spremenljivke pogodbenega zunanjega izvajanja glede na obliko prenosa dejavnosti na storitveno podjetje

Oblika prenosa poslovne dejavnosti	Oddajanje v zunanje izvajanje	Oddajanje kapitala zunanjim izvajalcem	Pogodbeno zunanje izvajanje
		Stalno sodelovanje s kapitalsko in lastniško povezanim subjektom	Stalno sodelovanje s kapitalsko neodvisnim subjektom
Ločevanje območij		Kapitalska ločitev ustanovitev nove hčerinske družbe na podlagi virov, ki začne samostojno obstajati na trgu; opravlja storitve za matično družbo in zunanje subjekte.	Pogodbena ločitev ukinitvev predhodno opravljene funkcije v podjetju in vzpostavitev formalnega sodelovanja z zunanjim, neodvisnim dobaviteljem, ki zagotavlja izvajanje nalog; možnost delnega prenosa osebja in drugih virov na dobavitelja.
Naročanje območja		Kapitalska provizija Nakup delnic ali deležev v podjetju, ki zagotavlja zahtevane storitve ali opravlja posebne naloge; posledično se izvede kapitalski prevzem in ustanovi hčerinsko podjetje.	Pogodbena provizija Vzpostavitev sodelovanja z dobaviteljem, ki je kapitalsko in lastniško neodvisen in začne izvajati določeno funkcijo.

Vir: (Matejun, 2015)

Storitve je mogoče ločiti in naročiti tudi v pogodbeni ali kapitalski različici. Pri pogodbeni različici je zunanji izvajalec, tj. storitveno podjetje, kapitalsko neodvisno specializirano podjetje, ki je z matičnim podjetjem povezano le na podlagi pogodbe. Predpostavka kapitalske variante je sklenitev sodelovanja z lastniško in kapitalsko odvisnim podjetjem. To se lahko izvede z



ustanovitvijo nove organizacije (hčerinsko podjetje) ali z nakupom deležev v podjetju, ki že deluje na trgu in opravlja dejavnosti, ki jih potrebuje matično podjetje. Kot rezultat kombinacije kapitalskega in pogodbenega zunanjega izvajanja z dvema osnovnima metodama zunanjega izvajanja storitev pri zunanjem storitvenem podjetju lahko dobimo štiri osnovne različice te metode, ki so predstavljene v preglednici 6.2.

Preglednica 6.2. Osnovne vrste zunanjega izvajanja

Merilo za razdelitev	Vrste zunanjega izvajanja
Vrsta ločenih funkcij	▪ zunanje izvajanje pomožnih funkcij, ▪ zunanje izvajanje upravljaljskih funkcij, ▪ zunanje izvajanje osnovnih funkcij
Vrsta ločene dejavnosti	▪ zunanje izvajanje stranskih dejavnosti, ▪ zunanje izvajanje pomožnih dejavnosti, ▪ oddajanje ključnih dejavnosti v zunanje izvajanje.
Vrsta zunanjega izvajanja glede na funkcijo	▪ oddajanje storitev IT v zunanje izvajanje, ▪ zunanje izvajanje finančnih storitev, ▪ zunanje izvajanje logistike, ▪ zunanje izvajanje človeških virov in drugo.
Kompleksnost ločenih funkcij	▪ oddajanje posameznih funkcij v zunanje izvajanje, ▪ zunanje izvajanje procesov (BPO), ▪ zunanje izvajanje funkcionalnih področij.
Namen ločitve	▪ zunanje izvajanje popravil, ▪ zunanje izvajanje prilagajanja, ▪ zunanje izvajanje razvoja
Vztrajnost ločitve	▪ strateško zunanje izvajanje, ▪ taktično zunanje izvajanje.
Kraj izvajanja storitev zunanjega izvajanja	▪ storitve, ki se zagotavljajo centralno, ▪ lokalne storitve.
Obseg ločevanja	▪ skupno zunanje izvajanje, ▪ delno (selektivno) zunanje izvajanje.

Vir: (Matejun, 2006)

Poleg zgoraj predstavljenih vrst zunanjega izvajanja obstajajo v poslovni praksi še številne druge vrste zunanjega izvajanja, odvisno od sprejetega merila, ki so predstavljene v preglednici 6.3.

6.4. Prednosti in tveganja uporabe zunanjega izvajanja v sodobnih podjetjih

Čeprav so koristi, pridobljene kot rezultat sodelovanja z zunanjimi izvajalci, pogosto odvisne od dejavnikov, povezanih z velikostjo podjetja, njegovo panogo, vrsto dejavnosti,



oddane v zunanje izvajanje, ali obsegom poslovanja, je treba pozornost nameniti številnim pozitivnim vidikom za matično podjetje, ki jih je mogoče opaziti po izvajanju zunanjega izvajanja, ne glede na zgoraj omenjene dejavnike. Najpogostejše so predstavljene naslednje prednosti zunanjega izvajanja, ki so obravnavane na več ravneh (Trocki, 2001; Lachiewicz in Matejun, 2012).

I. Neposredne koristi

1. Pravne

- občutek varnosti zaradi stalnega sodelovanja z zunanjim podjetjem,
- delitev tveganja med storitveno družbo in matično družbo,
- prenos odgovornosti za opravljanje storitev na ponudnika.

2. Motivacijske prednosti

- večja tržna usmerjenost vodstva in zaposlenih,
- večje zadovoljstvo in psihološko udobje pri vodenju organizacije,
- povečanje motivacije vodstva in zaposlenih.

3. Tehnične in tehnološke prednosti

- vzpostavitev sodelovanja s partnerskimi podjetji z ustreznimi kvalifikacijami, potrjenimi s certifikati,
- povečanje ravni uporabe virov podjetja,
- razpoložljivost zunanjih tehnoloških virov (know-how),
- izboljšanje parametrov uspešnosti področij delovanja, ki so bila oddana v zunanje izvajanje (njihovo izvajanje, stroški, vložek virov, kakovost, čas itd.).

4. Koristi za organizacijo in človeške vire

- poenostavitev organizacijske strukture in organizacijskih postopkov, ki se uporabljajo v podjetju,
- hitrejši pretok informacij in boljša komunikacija v organizaciji,
- sprostitvev notranjih virov in prihranek časa vodstva, ki ga lahko porabi za razvoj ključnih dejavnosti,
- zmanjšanje potrebe po angažiranju lastnih zaposlenih za opravljanje določenih nalog.



5. Gospodarske in finančne

- večjo finančno disciplino ter večji nadzor nad stroški in prihodki,
- zmanjšanje finančnih izdatkov za izvajanje nalog (predvsem z zmanjšanjem števila zaposlenih in drugih virov, potrebnih za njihovo izvajanje),
- boljša struktura stroškov podjetja,
- preoblikovanje fiksnih stroškov v variabilne stroške zaradi plačila samo za storitev, ki jo opravi zunanje podjetje, ne da bi za njeno izvedbo nastali fiksni stroški.

6. Operativne

- izboljšanje kakovosti in učinkovitosti operativnih procesov v podjetju,
- zmanjšanje težav pri delovanju.

7. Strateške

- večja strateška prožnost poslovanja,
- razvoj določenih področij organizacije brez potrebe po vlaganju - ponudnik storitev sam vlaga v tehnologijo in vire, potrebne za izvajanje določenih funkcij,
- dostop do virov ali kvalifikacij, ki jih podjetje nima v svoji strukturi ali jih ne more financirati,
- osredotočenost gospodarskega subjekta na njegovo osnovno dejavnost in razvoj ključnih kompetenc (področij dejavnosti).

II. Posredne

- diverzifikacija ali obogatitev tržne ponudbe podjetja,
- povečanje tržnega deleža,
- pridobivanje novih potrošnikov,
- večje zadovoljstvo in zadovoljstvo obstoječih strank,
- boljši konkurenčni položaj.

Vendar zunanje izvajanje ni brez tveganj. Najpogostejša tveganja, povezana z izvajanjem zunanjega izvajanja, po (Clements et al., 2004; Click & Duening, 2005) vključujejo tveganja:



- upravljanje človeškega kapitala - se nanašajo tako na motivacijo zaposlenih, ki prehajajo v zunanja podjetja, in njihovo sposobnost hitrega prilagajanja novim razmeram kot tudi na izgubo njihovega znanja, kompetenc in potenciala;
- nadzor odnosov s strankami - zunanje izvajanje poslovnih procesov lahko povzroči začasne motnje v odnosih s strankami, zlasti kadar spremembe zadevajo ključna področja storitev;
- pri izbiri in ocenjevanju ponudnikov storitev - vključujejo težave pri izbiri ustreznih zunanjih podjetij, ocenjevanju njihove usposobljenosti in potrebi po prilagajanju njihovih virov potrebam organizacije;
- v zvezi s kakovostjo in pravočasnostjo storitev - lahko se pojavijo težave pri zagotavljanju, da dobavljeni izdelki in storitve ustrezajo zahtevanim standardom in da so izpolnjeni dogovorjeni roki;
- omejena prilagodljivost dobaviteljev - težave lahko nastanejo zaradi težav pri prilagajanju dejavnosti zunanjih strank spremembam v matični organizaciji;
- poslabšanje kakovosti storitev za stranke - kratkoročno lahko pride do zmanjšanja hitrosti in učinkovitosti zadovoljevanja potreb strank;
- povezane z razlikami v ciljih organizacije in dobavitelja - lahko pride do neusklajenosti med strategijo in ambicijami podjetja ter strategijami in ambicijami zunanjega izvajalca;
- povezana z reorganizacijo procesov - se nanaša na potrebo po ustrezni prilagoditvi organizacijskih struktur, da bi se izognili izgubi učinkovitosti in produktivnosti;
- izguba učinkovite izmenjave informacij - zunanje izvajanje lahko upočasni pretok informacij in ovira njihovo širše razširjanje;
- kratkoročno povečanje stroškov - čeprav je zunanje izvajanje pogosto namenjeno zmanjšanju stroškov, lahko na začetku povzroči dodatne stroške, povezane z izvajanjem sprememb;
- pravne - ki izhajajo iz morebitnih pogodbenih netočnosti, regulativnih težav in pravnih sporov.



6.5. Analiza "naredi ali kupi"

Eden od najpomembnejših konceptov, ki upravičuje uporabo zunanjega izvajanja, je koncept dileme "**make or buy**", ki je povezan s temeljnimi problemi delovanja vsakega podjetja: narediti, narediti sam (make), ali kupiti, oddati delo zunanjemu podjetju (buy), pa tudi, ali določen projekt izvesti sam ali skupaj z drugimi organizacijami (Perechuda, 2000)?

Make (proizvodnja) - omogoča organizaciji, da nadzoruje svoje dejavnosti. Še posebej je priporočljiva, kadar ima podjetje lastniške izdelke ali postopke. Priporoča se, kadar (www_6.1):

- izdelek je dragocen in ga ni mogoče zlahka ponoviti
- trg dobaviteljev ni dobro razvit,
- okolje je stabilno.

Nakup (buy) - nakup storitev in izdelkov od zunanjih podjetij v dobavni verigi prispeva k večji prilagodljivosti podjetja in mu omogoča dostop do najsodobnejših izdelkov. Ta koncept je priporočljiv, kadar (www_6.1):

- okoljska nestabilnost povzroča veliko tveganje za notranje naložbe,
- imamo opravka s konkurenco na trgu dobaviteljev,
- izdelek se ne obravnava kot strateško pomemben.

"Make-or-buy" je ključna strategija podjetja, ki med drugim vključuje:

- uvajanje novega izdelka na trg,
- nadzor proizvodnje,
- sistemi kakovosti,
- človeški viri,
- proizvodni proces,
- velikost podjetja in njegova lokacija,
- merjenje učinkovitosti.

Izhodišče za "naredi ali kupi" so skupni proizvodni in nabavni stroški, izračunani za primerljive serije izdelkov. Osnovna ekonomska predpostavka je preprosta primerjava nabavne cene na enoto s spremenljivimi proizvodnimi stroški na enoto. Če se ugotovi, da spremenljivi



stroški proizvodnje na enoto presegajo ali so enaki ceni kupljenega izdelka, odločitev o proizvodnji ni ekonomsko upravičena (www_6.1).

V splošni analizi je treba poleg spremenljivih proizvodnih stroškov analizirati tudi, kakšen del stalnih stroškov podjetja je treba dodati k obračunu skupnih proizvodnih stroškov? V nadaljevanju je predstavljena primerjalna analiza, ki predstavlja izhodišče za sprejetje odločitve "proizvajati" ali "kupiti"? (www_6.1).

Izračuni proizvodnih stroškov kažejo, da:

$$K_p = K_s + X * k_v$$

kjer

K_p - skupni stroški proizvodnje x enot blaga,

K_s - fiksni stroški proizvodnje,

X - pričakovani obseg proizvodnje,

k_v - spremenljivi stroški na enoto.

Za nakupe:

$$K_z = c * x$$

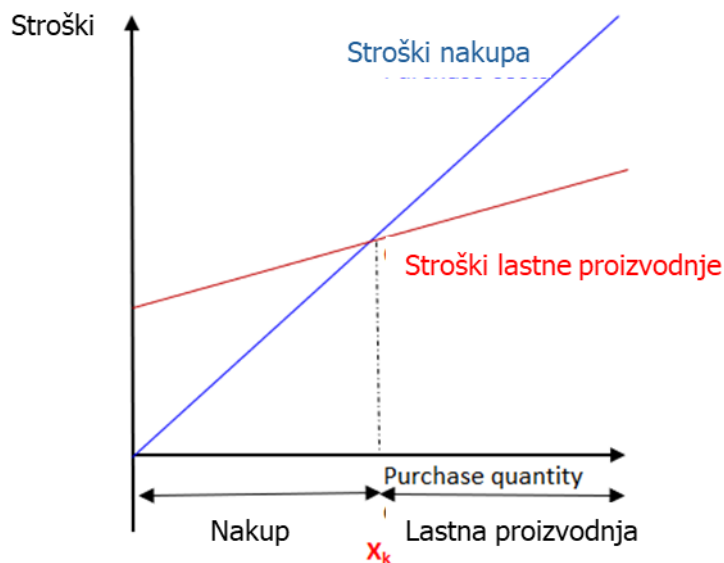
kjer:

K_z - stroški nakupa,

c - cena na enoto,

x - obseg nakupa (proizvodnje).

X_k je opredeljen kot kritični obseg proizvodnje, pri katerem so stroški nakupa enaki stroškom lastne proizvodnje. To je vrednost, pod katero se proizvodnja ne izplača. Šele ko je vrednost X_k presežena, je odločitev o začetku proizvodnje upravičena. Zgornji izračuni so temeljili na predpostavki, da je za nakupno možnost pomembna samo cena proizvoda. Če pa nakup spremljajo dodatni finančni izdatki (npr. stroški transporta), je treba vzorec spremeniti tako, da ga razširimo z ustreznimi sestavinami (slika 6.2).



Slika 6.2. Kritični obseg proizvodnje

Vir: (www_6.1)

Morda se soočate tudi z dilemo: ali je vredno vlagati v proizvodni proces s proizvodnimi zmogljivostmi? Pri tej zadevi je treba po upoštevanju vseh vsebinskih predpostavk, ki podpirajo naložbo in ne izključujejo smiselnosti nakupa, v analizo stroškov vključiti sestavine računa naložbe (www_6.1).

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

kjer:

a_0 - obseg investicijskih izdatkov,

r - obrestna mera,

m - obdobje uporabe naložbe,

k_d - dodatni letni stroški, povezani z upravljanjem naložb,

k_i - investicijski stroški,

K_p - proizvodni stroški.

Zato se proizvodni stroški izračunajo v skladu s formulo:

$$K_p = k_i + x + k_v$$



in nabavna vrednost

$$K_z = c * x$$

Če je izpolnjena neenakost $K_z < K(p)$, obstajajo razlogi za odločitev o nakupu določenega izdelka.

Zaradi možnosti spreminjanja obsega povpraševanja x in tržne cene je priporočljivo določiti **kritično ceno** c_k in **kritični obseg proizvodnje** X_k kot vrednosti, pri katerih so stroški lastne proizvodnje in stroški nakupa enaki.

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

V primeru, ko so začetni izračuni pokazali, da je nakup priporočljiv, je vrednost kritične cene kazalnik, do katere ravni se lahko tržna cena poveča, ne da bi to ogrozilo odločitev o nakupu.

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

Analizo "naredi ali kupi" lahko razdelimo na štiri stopnje, ki so prikazane na sliki 6.3.



Slika 6.3. Faze zunanjega izvajanja

Vir: (www_6.2)

Korak 1: Priprava (www_6.2)

Najprej je treba opredeliti logistične procese, področja podjetja, ki bodo predmet opazovanja v analizi "naredi ali kupi", in vidike, na katere se je treba pri tej analizi posebej osredotočiti. Obstajajo standardni logistični procesi, kot so transport, skladiščenje, pošiljanje,



uvoz, izvoz in carinjenje, ter podporni logistični procesi, ki vključujejo na primer pripravo, zagon, pakiranje, vračila in zaloge. Ta delitev je potrebna za odločitev o obsegu zunanjega izvajanja in modelu delovanja.

Pri izbiri projektne skupine morate poleg vodstvenega osebja upoštevati tudi strokovnjake s področja operativne logistike, pa tudi vprašanja, povezana z vrednotenjem, zaposlene iz sosednjih oddelkov, na primer iz proizvodnje ali kadrovske službe, in celo svet delavcev, saj bo odločitev o zunanjem izvajanju ključno vplivala na delovanje podjetja. Nato bodo na uvodnem sestanku obravnavani cilji in koristi ter pripravljena zasnova projekta.

Korak 2: Zbiranje podatkov (www_6.2)

Kakovost nadaljnjih rezultatov analize je odvisna le od natančnosti podatkov. Zato je treba v podjetju zbrati ali shraniti vse potrebne podatke o zaposlenih in tistih, ki odgovarjajo na vprašanje, ali je treba logistične sisteme, npr. industrijske tovarnjake ali upravljanje skladišč, prenesti ali opraviti z zunanjimi subjekti. Katalog vprašanj, ki jih je mogoče razdeliti na pomembna, je vsekakor lahko v pomoč pri odločanju o zunanjem izvajanju in pojasnjevanju logističnega stanja določene organizacije, npr. koliko znašajo bruto stroški zaposlovanja in kaj natančno jih sestavlja? Kolikšen je tedenski delovni čas? itd. in za informativna vprašanja, npr. ali obstaja sistem, po katerem lahko zaposleni predložijo predloge za izboljšave?

Korak 3: Analiza (www_6.2)

V naslednji fazi se podatki ocenijo in analizirajo. Rezultati analize nakupa ali prodaje se najpogosteje izvedejo z uporabo nabora vrednosti kazalnikov iz primerjalne analize (benchmark), ki se zbirajo med operativnim izvajanjem naročil za stranke.

Korak 4: Primerjava skupnih stroškov (www_6.2)

Nazadnje je narejena jasna primerjava med logističnimi stroški v podjetju in logističnimi stroški zunanjega ponudnika storitev. V zvezi z zaposlenimi se na primer skupni stroški osebja organizacije primerjajo s skupnimi stroški osebja zunanjega subjekta. Običajno so stroški ponudnika storitev nižji zaradi prožnejših predpisov o delovnem času. Zunanje podjetje lahko



opravi enako nalogo z manjšim številom zaposlenih. Njeno strokovno znanje prispeva tudi k optimizaciji procesov, kar zmanjšuje stroške osebja. Vendar pa zunanje izvajanje ne sme temeljiti na zasledovanju prihrankov pri zaposlenih. V času pomanjkanja usposobljenega osebja je pomembneje učinkovito dodeliti ustrezna delovna mesta zaposlenim ali povečati produktivnost ob ohranjanju enakega števila zaposlenih.

Pri izračunu skupnih stroškov je treba upoštevati, da odločitev za zunanje izvajanje običajno vključuje prenos dela organizacije. To pomeni, da bo izbrano osebje matičnega podjetja v določenem časovnem obdobju prešlo v ekipo zunanjega subjekta. To je lahko povezano z odpravninami ali drugimi stroški preoblikovanja. Tudi to dejstvo je treba upoštevati pri primerjavi skupnih stroškov. Po pridobitvi celotnega izračuna in analize se lahko odločite za ali proti zunanjemu izvajanju.

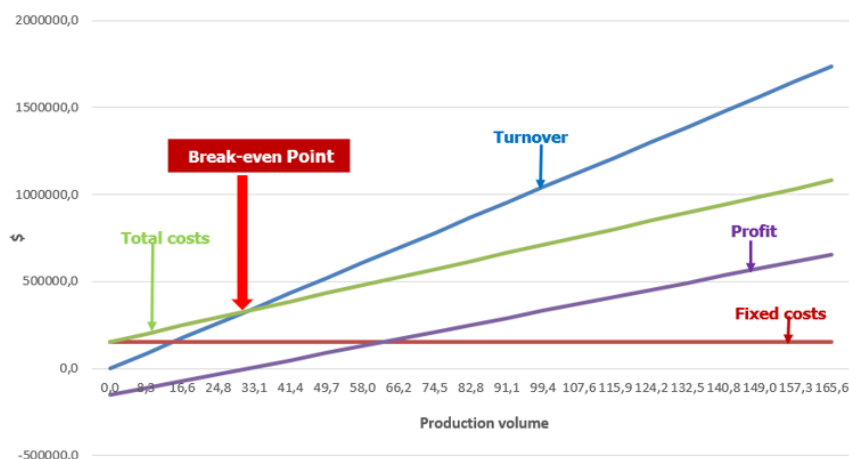
	A	B	C	D	E	F	G
1	Production (Sales)	92	pcs				
2	Unit price:	10480	\$		Break-even point:	31,5	Mg
3	Variable costs:	5600	\$			$(0+B4)/(B2-B3)$	
4	Fixed costs:	153600	\$				
5							
6		$=B2*A8$	$=B2*B2$	$=B2*B3$	$=B2*B4$	$=D8+E8$	$=C8-F8$
7	Coefficient	Production / Sales	Turnover	Variable costs	Fixed costs	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. Izračun podatkov za grafično določitev točke preloma

Vir: lastna študija



Preglednica MS Excel je orodje za podporo odločitvam o zunanjem izvajanju pri analizi "Make-or-Buy". V študiji primera podjetja za naravno kozmetiko sta predstavljena dva pristopa. Prvi se nanaša na določitev točke preloma z uporabo grafičnih in analitičnih metod. Ta točka označuje najnižjo raven proizvodnje za kritje stroškov (slika 6.4).



Slika 6.5. Graf točke preloma

Vir: lastna študija

Na podlagi podatkov je treba izdelati graf odvisnosti stalnih stroškov, skupnih stroškov, prometa in dobička od obsega proizvodnje. Analiza linije dobička razkrije presečišče, analitična določitev točke rentabilnosti pa je sestavljena iz določitve presečišča linij prometa in skupnih stroškov (slika 6.5), ki opredeljuje točko rentabilnosti.

Na podlagi rezultatov je mogoče oceniti, ali je poslovanje ob trenutni ravni proizvodnje ekonomsko upravičeno? Spremembe parametrov, kot so obseg prodaje (x), cena (c), stalni stroški (K_s) in spremenljivi stroški na enoto (k_v), se lahko določijo za doseganje praga rentabilnosti ali načrtovanega dobička z uporabo formule:

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

kjer:

x - raven proizvodnje,

c - cena,

k_v - spremenljivi stroški na enoto,



K_s - fiksni stroški.

Drugi način analize se nanaša na odločitev o nakupu. Vodstvo je menilo, da je proizvodnja naravnih eteričnih olj predraga, kar vpliva na ceno kozmetike. Da bi se odločilo, ali naj nadaljuje z lastno proizvodnjo ali naj jo odda v zunanje izvajanje, je bila opravljena dodatna analiza ob upoštevanju kvantitativnih in kvalitativnih meril.

Opredeljena so bila ključna merila (slika 6.6, stolpec A), ki so jim bile dodeljene uteži (q_i , stolpec B). Vrednostne ocene (s_i) so bile izdelane za obe možnosti (izdelati in kupiti) z uporabo šeststopenjske lestvice (stolpca C in D). Izračunani so bili indeksi relativne pomembnosti: za lastno proizvodnjo ($R_M = 4,24$) in za zunanji nakup ($R_B = 5,0$). Negativna končna razlika $-0,76$ je potrdila prednost možnosti nakupa (nakup).

Zaradi jasnosti analize so bili uporabljeni logični pogoji.

- Če so stroški notranje proizvodnje nižji od stroškov nakupa zunanje storitve ($K_M < K_B$) in je hkrati indeks pomembnosti meril kakovosti nižji za notranjo proizvodnjo ($R_M < R_B$), je treba izbrati možnost *Nakup*,
- Če so stroški lastne proizvodnje višji od stroškov nakupa ($K_M > K_B$) in je indeks pomembnosti meril kakovosti višji za lastno proizvodnjo ($R_M > R_B$), je možnost proizvodnje (*Make*)
- V nasprotnem primeru je treba odločitev dodatno analizirati.



	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 [\$]	1			K _o Cost 80000	K _p Cost 72000	Buy	
4	Jakościowe		Score s _i		Indicator r _i		=IF(E4<=F4;"Make";"Buy")	
5	Time, s _i =1 to max.	20,0%	4	5	0,8	1	-0,2	
6	Jakość, s _i =1 to min.	19,0%	5	4	=B6*C6 0,95	=B6*D6 0,76	=E6-F6 0,19	
7	Production capacity, s _i =1 to min.	15,0%	3	6	0,45	0,9	-0,45	
8	Flexibility, s _i =1 to min.	8,0%	4	6	0,32	0,48	-0,16	
9	Financial capacity, s _i =1 to min.	12,0%	4	6	0,48	0,72	-0,24	
10	Maintaining jobs, s _i =1 to min.	7,0%	6	4	0,42	0,28	0,14	
11	Work organisation, s _i =1 to min.	5,0%	5	5	0,25	0,25	0	
12	Risk, s _i =1 to max.	5,0%	6	5	0,3	0,25	0,05	
13	Environmental protection, s _i =1 to min.	9,0%	3	4	0,27	0,36	-0,09	
14	TOTAL, R	100,0%			4,24	5	-0,76	
15	Conclusion: use the BUY option				R _o	R _p	Buy	
16	= "Conclusion: "&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"))				=SUM(E6:E14)	=SUM(F6:F14)	=IF(G15<0;"Buy";"Make")	

Slika 6.6. Ocena problema "Naredi ali kupi" ob upoštevanju kvantitativnih in kvalitativnih dejavnikov

Vir: lastna študija

Kot je razvidno iz zgornje analize, se lahko odločitve "naredi ali kupi" izkažejo za strateške odločitve, povezane s poslovanjem in celo prihodnjo usodo podjetja. Danes, v času velike konkurence, ko se podjetja borijo za stranke, si prizadevajo proizvajati zelo kakovostne izdelke čim ceneje. To pomeni, da velike korporacije pogosto prenehajo izdelovati polizdelke za mala podjetja (www_6.1).

Pristop k vprašanju nakupa ali prodaje temelji na kvalitativnih ter ekonomskih in finančnih dejavnikih ter je povezan z odgovorom na vprašanje, ali lahko drug poslovni subjekt opravi določeno nalogo z nižjimi stroški in/ali bolje kot matično podjetje. Nepravilno sprejeta odločitev v tej zadevi lahko prispeva k povečanju stroškov poslovanja in proizvodnje, izgubi učinkovitosti poslovanja in neučinkoviti uporabi virov (Platts, Probert in Canez, 2002).

6.6. Zunanje izvajanje v logistiki

V okviru zunanjega izvajanja so najpogostejše oddana področja, ki niso ključne kompetence podjetja, temveč ga le podpirajo. Če logistika ni temeljna dejavnost podjetja, se



lahko s prenosom organizacije in/ali izvedbe vseh ali dela logističnih procesov na pristojne dobavitelje, specializirane za izvajanje logističnih storitev, bistveno poveča učinkovitost logističnih procesov, kar se odraža v povečanju učinkovitosti organizacije. Zamisel logističnega zunanjega izvajanja je ločiti vire in uporabljati logistične storitve, ki jih zagotavljajo usposobljena zunanja podjetja, ki na lastno odgovornost in običajno z lastnimi sredstvi prevzamejo vodstvene in izvršilne funkcije. Logistično zunanje izvajanje vključuje tudi nakup različnih logističnih storitev od zunanjih dobaviteljev, ne da bi bila izpolnjena zahteva po prenosu virov (Witkowski, 2008).

Prva in najpomembnejša naloga podjetja, preden se odloči za zunanje izvajanje logistike, je opredelitev glavnih ciljev, ki jih namerava doseči s prenosom logistike zunaj podjetja. Najpogosteje je prvi in ključni želeni cilj zmanjšanje stroškov (www_6.3). Odločitev o obsegu zunanjega izvajanja logistike je v veliki meri odvisna od cen logističnih storitev, ki posledično določajo logistične stroške gospodarskega subjekta in cene proizvedenih in/ali prodanih izdelkov. Kot rezultat sodelovanja med organizacijo in logističnim izvajalcem je mogoče doseči naslednje cilje (Gąsowska, 2016):

- izboljšanje kakovosti storitev za stranke,
- krajši čas izvedbe cikla naročila,
- boljša kakovost in garancija za dobavo,
- hitrejši pretok in večja preglednost informacij,
- učinkovitejša uporaba sredstev.

Zunanje izvajanje logističnih procesov je povezano tudi s področji ključnih logističnih dejavnosti podjetja. Podjetja naročijo ponudnikom logističnih storitev, da oblikujejo logistični sistem, modelirajo logistične procese ter oblikujejo in izvajajo logistično strategijo. Navajanje logističnega subjekta kot strateškega partnerja lahko prispeva k pridobivanju in stabilizaciji konkurenčne prednosti (Jeszka, 2013).

Strategija matičnega podjetja vpliva na modeliranje logističnih procesov ponudnika logističnih storitev. Zagotovilo za učinkovito sodelovanje med organizacijo in zunanjim podjetjem, specializiranim za logistične storitve, je komunikacija med sodelujočima podjetjema. Sistemi IT se vse pogosteje uporabljajo za podporo odločitvam, povezanim s



tokovi v logističnem sistemu podjetja in oskrbovalnih verigah. To vodi do hitrih ukrepov, ki vodijo k optimizaciji ali preoblikovanju logističnih procesov in posledično k odpravi s tem povezanih tveganj, zmanjšanju stroškov, krajšemu času izvajanja logističnih procesov, večji prilagodljivosti in učinkovitosti podjetja (Gąsowska, 2016; Liu, Huo, Liu in Zhao, 2015).).

Zunanje izvajanje logističnih storitev izboljša učinkovitost podjetja, če logistične storitve ustvarijo pričakovano razmerje med stroški in rezultati logističnih storitev. Ključni dejavnik v procesu odločanja o logističnem zunanjem izvajanju mora biti natančna ocena tega zunanjega izvajanja z vidika finančnih prihrankov, neproračunskih koristi in ocene tveganja (Gąsowska, 2016).

Za ocenjevanje učinkovitosti zunanjega izvajanja logistike se uporabljajo štiri kategorije kazalnikov (Szukalski, 2016).

- spremembe stroškov - primerjava njihovih sprememb omogoča oceno prihrankov na področju stroškov poslovanja, ki so posledica zunanjega izvajanja logistike,
- spremembe dobičkonosnosti - njihova analiza omogoča oceno vpliva zunanjega izvajanja logistike na dobiček, ki ga ustvari poslovni subjekt,
- spremembe v prometu - omogočajo oceno učinkovitosti zunanjega izvajanja logistike, če ločitev logističnih procesov povzroči spremembo vrednosti sredstev,
- spremembe točke preloma - analiza pred in po oddaji logistike v zunanje izvajanje omogoča oceno donosnosti zunanjega izvajanja. Dobičkonosna sprememba je zmanjšanje točke preloma.

Analizo tveganja za zunanje izvajanje logistike je treba opraviti na naslednjih področjih (Gąsowska, 2016)

- operativno tveganje, ki je posledica strahu pred izgubo nadzora nad logističnimi procesi ali dostopom zunanjega podjetja do zaupnih informacij,
- tveganja, povezana z izbiro ponudnika logističnih storitev,
- tveganje glede kakovosti logističnih storitev in posledic nepravilnosti v ločenih logističnih procesih,



- tveganja, povezana z varovanjem zaupnih podatkov podjetja,
- tveganje, povezano z uvedbo organizacijskih sprememb v podjetju

Postopek zunanjega izvajanja lahko na splošno razdelimo na tri faze (www_6.3)

1. **Notranje priprave podjetja** - namen te faze je začeti pogovore s ponudniki logističnih storitev. Odvisna je predvsem od tega, ali je podjetje, ki načrtuje prenos skladiščnih funkcij na storitveno podjetje, sposobno zbrati vse informacije o svojih skladiščnih zalogah za obdobje vsaj nekaj mesecev in ali so opredeljeni postopki odločanja, ki se uporabljajo v organizaciji, ter pogoji za izbiro ponudnika logističnih storitev. Glede na stopnjo zapletenosti logističnih procesov in velikost podjetja je treba predpostaviti, da je čas, ki je potreben za začetek notranjih priprav na začetek pogajanj s strokovnjaki za logistiko, lahko od enega do šest mesecev. Ta faza se mora končati z razpisom za logistične storitve skupaj z vsemi potrebnimi podatki, ki se zaupa določeni skupini logističnih ponudnikov.
2. **Povabilo zunanjim podjetjem, da** predložijo svoje predloge za logistične storitve, trgovinska pogajanja in izbira organizacije, ki bo dokončno prevzela logistične storitve. Drugi del postopka, ki vključuje pogovore in pogajanja z izbranimi ponudniki logističnih storitev, lahko traja od tri do eno leto. To je obdobje, potrebno za pripravo ponudb in vse druge dejavnosti, ki spremljajo to nalogo: trgovinski pogovori, postopno ožene skupine ponudnikov storitev v naslednjih fazah razpisa, dokler ni izbran zmagovalec.
3. **Izvajanje**, tj. sodelovanje z izbranim poslovnim subjektom pri izvajanju projekta in fizičnem prenosu zalog v skladišče, ki ga upravlja izvajalec. Tretja faza običajno traja od štiri do šest mesecev. Seveda je obdobje izvajanja operacije posledica številnih dejavnikov in pri večaspektnih projektih lahko izvajanje traja veliko dlje. Vedno je vredno upoštevati nekaj časa za primer nepredvidenih okoliščin.

Preglednica 6.3. Osnovne vrste zunanjega izvajanja

Prednosti zunanjega izvajanja logističnih storitev	Slabosti zunanjega izvajanja logistike
Optimizacija stroškov in zmanjšanje naložbenega tveganja	Strah zaposlenih pred odpovedjo in demotivacijo



Sposobnost osredotočanja na prave posle	Delna izguba nadzora nad izvedbo naročila.
Izboljšanje pretoka procesov in delitve odgovornosti	Izbira partnerja s pomanjkljivimi kompetencami
Izboljšanje kakovosti storitev za potrošnike	Odvisnost od ponudnika storitev
Povečanje konkurenčnosti	Možne težave z usklajevanjem in notranjo komunikacijo

Vir: (www_6.4)

Povečanje učinkovitosti logističnih procesov zaradi zunanjega izvajanja logističnih storitev vpliva na učinkovitost upravljanja v podjetju in oskrbovalni verigi (Kowalska, 2011). Sodelovanje podjetja s podjetji, ki opravljajo logistične storitve, lahko prispeva k zmanjšanju stroškov, izboljšanju finančne likvidnosti, povečanju dobičkonosnosti prodaje, donosnosti sredstev, donosnosti kapitala, izboljšanju kazalnikov (Gąsowska, 2016)

Vprašanja

1. Katera so morebitna tveganja, povezana z zunanjim izvajanjem procesov v podjetju?
2. Kateri so glavni dejavniki, ki vplivajo na odločitev o izbiri strategije "make" ali "buy" v okviru delovanja podjetja?
3. Kateri so ključni podatki, ki jih je treba zbrati za pravilno oceno potrebe po zunanjem izvajanju logističnih sistemov?

VIRI

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

Liu, Ch., Huo, B. & Liu S., Zhao X. (2015). Effect of information sharing and process coordination on logistics outsourcing. Industrial Management & 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. & 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:] Gołębska 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/outsourcing-logistyczny-co-to-jest-jakie-ma-wady-i-zalety/>, (access 2024.01.07)



7. OPTIMIZACIJA DISTRIBUCIJSKEGA OMREŽJA Z METODO GRAVITACIJSKIH TOČK



Poglavje obravnava problem optimizacije logističnega omrežja z uporabo gravitacijske točke (metoda gravitacijske točke). Omrežje oskrbovalne verige pretvarja surovine v končne izdelke in jih seveda dostavlja končnim kupcem (potrošnikom). Vključuje različne vrste objektov. Načrtovanje omrežja oskrbovalne verige (SCND) je pomembno vprašanje, povezano z upravljanjem oskrbovalne verige (SCM). Najpomembnejša vprašanja, obravnavana v tem poglavju, vključujejo:

- omrežje oskrbovalne verige,
- distribucijsko omrežje,
- metoda gravitacijske točke.

7.1. Uvod

Oblikovanje omrežja oskrbovalne verige (SCND) je pomembno vprašanje, povezano z upravljanjem oskrbovalne verige (SCM). Oskrbovalno verigo razumemo kot zapleteno omrežje podjetij in objektov, ki so večinoma razporejeni na velikem geografskem območju. Ta oskrbovalna veriga mora prek omrežja sinhronizirati številne medsebojno povezane dejavnosti.

Omrežje oskrbovalne verige pretvarja surovine v končne izdelke in jih seveda dostavlja končnim kupcem (potrošnikom). Vključuje različne vrste predmetov. Zato se načrtovanje in oblikovanje omrežja oskrbovalne verige osredotoča na določitev števila in vrst posameznih



povezav ter usklajevanje dejavnosti med njimi. Tipične povezave v omrežju oskrbovalne verige sestavljajo dobavitelji in podizvajalci, proizvodni in montažni obrati, distribucijski centri, skladišča in kupci (Govindan et al., 2017). Tipični tokovi materiala potekajo od dobaviteljev do kupcev. Ločimo lahko tudi povratne tokove (tako imenovana povratna logistika). Ne pozabite tudi na potrebo po načrtovanju in oblikovanju tokov ter obravnavanju problemov, povezanih s številnimi različicami/vrstami izdelkov. Analiza, povezana z lokacijo določenega objekta v dobavni verigi, je pomembno vprašanje za delovanje te verige in stroške.

7.2. Logistično omrežje

Kompleksnost omrežja oskrbovalne verige je pomembna in vpliva na odločitve o načrtovanju skupaj s klasičnimi odločitvami o dodelitvi lokacij za doseganje integriranega sistema (Govindan et al., 2017).

Ob upoštevanju treh ravni odločanja je treba na strateški ravni sprejeti odločitve o oskrbovalni verigi, kot so (1) število, (2) lokacija in (3) zmogljivost objektov. Strateške odločitve imajo običajno časovno obdobje od treh do petih let. Strateške odločitve v zvezi z zasnovo logističnega omrežja vplivajo na uspešnost storitev, povezanih s povpraševanjem strank. Odločitev o načrtovanju ni mogoče sprejeti brez upoštevanja vpliva na operativne odločitve. **Taktične odločitve** običajno zajemajo obdobje od treh mesecev do treh let. Na primer, odločitve o cenah so običajno umeščene na raven taktičnega načrtovanja. **Operativne odločitve (na primer odločitve o usmerjanju vozil) pogosto obsegajo od ene ure do enega trimesečja (Govindan et al., 2017).** Seveda je lahko obseg sprejetih odločitev odvisen od narave oskrbovalnih verig.

Pri izbiri najboljše lokacije za poslovni objekt se lahko upošteva splošna ali posebna lokacija. Splošna lokacija opredeljuje določeno območje, kjer naj bi se nahajal določen gospodarski objekt.

Na lokacijo predmeta v dobavni verigi vpliva veliko dejavnikov. Ti so med drugim:

- viri surovin in lokacije trgov za proizvodne materiale (predvsem surovine, sestavni deli),



- industrijske tradicije regije, vključno z dostopnostjo do dobaviteljev in kupcev (zlasti pomembno za dejavnost vmesnih povezav),
- delovno silo (zaposlitvene možnosti, plačilo, razpoložljivost, stopnja usposobljenosti),
- možnosti zagotavljanja energetskih dejavnikov,
- davčnih predpisov in upravnih omejitev,
- podnebne in terenske razmere,
- razpoložljivost cest in transportnih točk,
- značilnosti prebivalstva, družbenopolitični odnosi,
- značilnosti infrastrukture (ceste, šole, komunikacije),
- možnost razširitve objekta.

Podrobna lokacija pa označuje določeno nepremičnino ali območje, kjer bo objekt zgrajen. Izbira podrobne lokacije je povezana na primer z njeno tehnično infrastrukturo, razpoložljivostjo prometne infrastrukture (lokalne ceste) in lokalnim razvojnim načrtom.

Podrobneje morate upoštevati tudi:

- plače v sosednjih obratih,
- možnosti komunikacije za posadko in potne stroške,
- možnost nakupa zelenega zemljišča v izbrani regiji,
- ceste, avtoceste in urejanje zemljišč z vodovodnim in plinskim omrežjem,
- varnostna območja za vonjave, hrup in onesnaženje,
- teren, ki omogoča gradnjo proizvodnih in pomožnih objektov, parkirišč
- možnost prihodnje širitve glede na potrebe proizvodnega procesa in zahteve arhitekturnih in gradbenih organov.

Ta študija ne zajema podrobne lokalizacije.

Pomembno se je zavedati, da oskrbovalne verige delujejo v spreminjajočem se okolju. Pogosto se zgodi, da se objekti v določenem obdobju načrtovanja zaprejo, odprejo ali ponovno odprejo več kot enkrat. Zaradi dinamike trga je treba sprejeti še eno odločitev, tj. vprašanje povečanja, zmanjšanja ali prenosa proizvodnih zmogljivosti obratov v logistični mreži. Drugo



pomembno vprašanje so vse vrste **motenj** v delovanju oskrbovalnih verig. Motnja v delovanju oskrbovalne verige je dogodek, ki se lahko pojavi v delu oskrbovalne verige na primer zaradi naravnih nesreč (npr. potresov in poplav) ter namernih ali nenamernih človeških dejanj (npr. vojn in terorističnih napadov). Opredeljen je kot dogodek, ki prekine pretok materialov v dobavni verigi, zaradi česar se pretok blaga nenadoma ustavi. Že majhna motnja ima lahko uničujoč vpliv na delovanje dobavnih verig, saj se kaskadno širi po verigi (Grzybowska in Stachowiak, 2022). In ker so oskrbovalne verige zapletene in heterogene strukture, so občutljive na grožnje in jih je težko upravljati.

Distribucijsko omrežje, ki je pogosto spodnji del omrežja SC, sestavljajo tokovi izdelkov od skladišč do kupcev ali trgovcev na drobno. Načrtovanje takega omrežja zahteva reševanje dveh zahtevnih kombinatoričnih optimizacijskih problemov, vključno z določitvijo lokacije objekta in poti vozil za oskrbo kupcev.

7.3. Koncept uporabe gravitacijskega modela v logističnem omrežju

Ključ do razvoja regionalne logistike je izgradnja razumnega logističnega omrežja. Gravitacijski model izhaja iz Newtonove gravitacije in spomnimo se: gravitacijski zakon je zakon univerzalne gravitacije, katerega namen je opisati silo, s katero se telesa medsebojno privlačijo.

Postopoma se je koncept uporabe gravitacijskega modela po analogiji s fiziko začel uporabljati tudi v drugih študijah, na drugih področjih in področjih. V svoji kasnejši širitvi se je poleg dokazovanja obstoja same teorije gravitacijskega modela uporabljal na številnih področjih. Med njimi so najbolj razvite raziskave, povezane s trgovino, prostorskimi povezavami mest in logistiko

- Reilly je prvi uporabil gravitacijski model za preučevanje odnosov med mesti (1929),
- Stewart je predlagal koncept gravitacijskega modela (1948),
- Tinbergen je uvedel gravitacijski model (GM) za mednarodno trgovino (1962),
- Huff je predlagal uporabo gravitacijskega modela za oceno tržnega deleža (1963);



- Bergstrand je pojasnil ponudbeno stran gospodarstev in s konstantno elastičnostjo transformacije (CET) (1989) nakazal teoretične temelje odnosa med opremljenostjo s proizvodnimi dejavniki in trgovino,
- Kong in drugi so preučevali načrtovanje omrežij zelenih površin z uporabo gravitacijskega modela (2010),
- Duanmu in drugi so razvili povezan gravitacijski model in genetski algoritem za preučevanje porazdelitve naboja (2012),
- Puertas in drugi so za analizo logističnega omrežja uporabili gravitacijski model in ocenili indeks logistične učinkovitosti (2014),
- Zhu in Fan sta uporabila gravitacijski model za preučevanje intenzivnosti logističnih povezav v regionalni celinski logistiki (2017).

Razdalja v Newtonovem modelu je približek upora pri gibanju, tj. dejavnik, ki slabi silo privlačnosti. To pomeni, da bolj ko sta partnerja oddaljena drug od drugega, manj intenzivno je njuno medsebojno trgovanje. Glavni razlog za to so stroški trgovinskih transakcij, ki se z naraščajočo geografsko razdaljo povečujejo. Ti stroški med drugim vključujejo stroške transporta ali zavarovanja tovora (Bukowska, 2018).

Geografska lokacija je bila vedno dejavnik, ki je določal poslovno dejavnost. Pomen in možnosti transporta so se spremenili. Geografija je eden glavnih virov trgovinskih stroškov, tj. prostorskih značilnosti držav, ki vplivajo na njihove domače in mednarodne transportne stroške. Značilnosti, ki se upoštevajo, vključujejo geografsko razdaljo med objekti ali državami. V primeru analize držav analiza vključuje odgovore na vprašanja: ali imajo države skupno mejo, ali gre za celinske države, ali gre za otoške države? Intuicija kaže, da večja geografska razdalja, odsotnost skupne meje in/ali večja oddaljenost od trgovinskega partnerja negativno vplivajo na stroške transporta. Zato negativno vpliva na mednarodno trgovino. Te posledice je mogoče ublažiti z razvojem infrastrukture, kot so gradnja avtocest, predorov, letališč in pristanišč (Azmi idr., 2024).

Eden od dejavnikov pri lokaciji poslovnih objektov je bližina prodajnega trga. Ta bližina dobi nov in ključen pomen. Po izkušnjah s pandemijo COVID-19 in v zvezi z izboljšanjem odpornosti oskrbovalnih verig na motnje postaja ponovno velika prednost.



To velja zlasti za podjetja, ki:

- proizvajajo ali dobavljajo hitro pokvarljivo blago,
- za katere je značilna visoka cenovna elastičnost ponudbe ali ponujenih storitev,
- proizvajajo izdelke, za katere je značilna velika spremenljivost povpraševanja,
- proizvajajo ali prevažajo blago, ki je obremenjujoče za transport.

7.4 Tipičen postopek odločanja o lokaciji objekta v oskrbovalni verigi

Kratkoročno mora vodja delovati v okviru omejitev, ki jih nalaga lokacija. Dolgoročno pa lokacija postane spremenljivka in vodja lahko sprejme odločitve o spremembi lokacije, da bi izpolnil zahteve kupcev, dobaviteljev ali spremembe, ki jih uvajajo konkurenti.

Zunanji dejavniki, ki vplivajo na motivacijo za analizo lokacije novega objekta ali spremembo lokacije objekta, so:

- širitev na nove trge,
- premikanje stanovanjskih skupin,
- grožnje konkurence,
- nastanek novih dobavnih trgov.

Lokacija mora izpolnjevati dve merili: kvantitativno (stroški) in kvalitativno. Najprej se upoštevajo kvantitativna merila. Vzorec lokacije objekta ima obliko:

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

kjer:

C - masno središče

d_i - razdalja od točke 0 v mreži do lokacije vira surovin i

D_i - razdalja od točke 0 v mreži do točke, kjer se nahaja vir prodajnega trga

S_i - količina mase surovin, kupljenih iz dobavnih virov i

M_i - masa količina končnih izdelkov, prodanih na trgu i

r_i - hitrost transporta končnega izdelka i



R_i - stopnja transporta za surovino i .

To pojasnjuje formula, ki se uporablja v programu Excel:

masno središče = $a + b / c + d$

$a = \text{SUM} [\text{stopnja transporta surovine}(i) * \text{razdalja od točke 0 mreže do točke, kjer se nahaja vir surovine}(i) * \text{prostornina teže surovine}(i)]$



$b = \text{SUM} [\text{stopnja transporta za končni proizvod}(i) * \text{razdalja od točke 0 na mreži do točke, kjer se nahaja vir trga}(i) * \text{prostornina teže končnega proizvoda}(i)]$

$c = \text{SUM} [\text{stopnja transporta za surovine}(i) * \text{prostornina teže surovin}(i)]$

$d = \text{SUM} [\text{stopnja transporta za končni proizvod}(i) * \text{razdalja od točke 0 na mreži do točke, kjer se nahaja vir trga}(i)]$

7.5 Razčlenjeni in združeni gravitacijski modeli

Obstaja veliko različic gravitacijskega modela, ki se lahko uporabljajo za simulacijo tokov med trgovci na drobno in potrošniki. Izbira modela je odvisna od namena njegove uporabe in od razpoložljivih podatkov, ki jih je mogoče prilagoditi modelu. Pri izbiri gravitacijskega modela je pomemben dejavnik tudi raven agregacije. Nakupovalne interakcije med potrošniki in trgovci na drobno je mogoče predstaviti v dezagregiranem modelu, ki ocenjuje vedenje potrošnikov. Lahko pa so predstavljeni tudi v **agregiranem modelu**. V tej različici se maloprodajna mesta na območju ocenjujejo kolektivno (Schlaich, 2020). V agregatnih modelih značilnosti posameznih trgovin in natančne razdalje med potrošnikom in trgovcem na drobno izginejo. Po drugi strani pa se z združevanjem v območja bistveno zmanjša kompleksnost modela, saj se zmanjša nabor destinacij.



Med vsemi modeli prostorske interakcije v maloprodaji je Huffov (1963) gravitacijski model eden od najbolj uporabljenih. V svoji začetni obliki ta model izračunava verjetnost obiska glede na velikost trgovine in prevoženo razdaljo.

Pri gravitacijskih modelih je pomembno določiti spremenljivko, ki opisuje "moč vzajemne privlačnosti" trgovinskih partnerjev, tj. modelsko pojasnjeno (odvisno) spremenljivko. Gravitacijski modeli geografov in ekonomistov zagotavljajo prilagodljivo orodje za analizo.

7.6 Uravnoteženi gravitacijski model

Metoda uravnoteženega težišča se uporablja za določitev lokacije posameznega gospodarskega objekta (npr. skladišča). Upošteva vire povpraševanja različnega pomena in lokacije. Lokacija se določi z uporabo koordinat (X, Y), ki označujejo položaj točke na zemljevidu. Pomembnost je povezana na primer z obsegom dostave, številom ljudi, ki živijo na določeni lokaciji, ali vrednostjo prodaje. Uporabite lahko tudi drug kazalnik, pomembno je, da je ustrezno prilagojen razmeram. Opisana metoda uporablja utežene koeficiente oskrbovalnih točk, ki ustvarijo točko na zemljevidu, označeno s koordinatami.

Za metodo obteženih centroidov uporabite model:

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

kjer,

X_i, Y_i - koordinate i-tega vira povpraševanja

W_i - utež i-tega vira povpraševanja

Utežene koordinate (X^*, Y^*), izračunane s pomočjo modela, kažejo ustrezno lokacijo oskrbne točke, pri čemer se upošteva pomembnost (pomembnost) posameznih virov povpraševanja.



To pojasnjuje formula, ki se uporablja v programu Excel:



Koordinate točke oskrbe (X) = SUM [(ponderirani kazalnik vira povpraševanja_(i) * koordinate X_(i))] / SUM koordinate X_(i)

Koordinate točke oskrbe (Y) = SUM [(tehtani kazalnik vira povpraševanja_(i) * koordinate Y_(i))] / SUM koordinate Y_(i)

Metoda uravnoveženega težišča omogoča določitev lokacije gospodarskega objekta na izbranem geografskem območju. Metoda je preprosta za uporabo in pomeni določitev dveh parametrov na geografski mreži.

Razširitev te metode je model:

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

kjer je

Koordinate_(X,Y) - težišče

r_i - hitrost transporta končnega izdelka *i*

d_i - razdalja od točke *O* v mreži do lokacije vira surovin *i*

S_i - količina mase surovin, kupljenih iz dobavnih virov *i*

R_i - stopnja transporta za surovino *i*

D_i - razdalja od točke *O* v mreži do točke, kjer se nahaja vir prodajnega trga *i*

M_i - masa količina končnih izdelkov, prodanih na trgu *i*

Izračuni se izvajajo za navpične in vodoravne koordinate.

To pojasnjuje formula, ki se uporablja v programu Excel:



Števec(X) = SUM (stopnja transporta za končni izdelek_(i) * razdalja od točke 0 v mreži do lokacijske točke vira surovin_(xi) * prostornina teže surovin, kupljenih iz virov oskrbe_(i)) + SUM (transportna stopnja za surovine_(i) * razdalja od točke 0 na mreži do lokacijske točke tržnega vira_(xi) * obseg teže končnih proizvodov, prodanih na trgu_(i))



Imenovalec = SUM (transportna stopnja za končni izdelek_(i) * utežni volumen surovin, kupljenih od dobaviteljev_(i))) + SUM (tovorna stopnja za surovine_(i) * masni obseg končnih izdelkov, prodanih na trgu_(i)))

Koordinate oskrbovalne točke (X) = števec_(X) / imenovalec

Števec(Y) = SUM (stopnja transporta za končni izdelek(i) * razdalja od točke 0 na mreži do lokacijske točke vira surovin(Yi) * prostornina teže surovin, kupljenih od virov oskrbe(i)) + SUM (stopnja transporta za surovine(i) * razdalja od točke 0 na mreži do točke lokacije vira na trgu(Yi) * masa končnih izdelkov, prodanih na trgu(i))_j)

Imenovalec = SUM (tovorna stopnja za končni izdelek_(i) * volumen teže surovin, kupljenih iz dobavnih virov_(i)) + SUM (transportna stopnja za surovine_(i) * masni obseg končnih izdelkov, prodanih na trgu_(i))

Koordinate oskrbovalne točke (Y) = števec (Y) / imenovalec

7.7 Gravitacijski model v mednarodni trgovini

Tinbergen (1962) je prvi intuitivno razložil dvostranske trgovinske tokove v mednarodni trgovini. Njegova odkritja so postavila temelje sodobnemu gravitacijskemu modelu, ki predpostavlja, da je trgovina med državami neposredno sorazmerna z velikostjo njihovih gospodarstev in obratno sorazmerna s stroški trgovine. To je treba razumeti na naslednji način:

- od večjih držav se pričakuje, da bodo več trgovale,
- Pričakuje se, da bodo države, ki so bolj oddaljene, manj trgovale (morda zaradi višjih trgovinskih stroškov).

Od takrat se model pogosto uporablja v industrijski literaturi za razlago mednarodnih trgovinskih tokov. Zaradi učinkovitosti gravitacijskega modela pri raziskovanju trgovine smo



priča precejšnjemu povečanju uporabe gravitacijskega modela za oceno različnih vidikov mednarodne trgovine (Azmi et al. 2024).

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

kjer:

X_{ij} - tok mednarodne trgovine iz države I v državo J

GDP_i in GDP_j - bruto domači proizvod države izvora in namembne države

TC_{ij} - stroški trgovine med dvema državama, ocenjeni na podlagi geografske razdalje med glavnimi mesti

μ_i - naključna napaka

α_i - presečišče modela;

$\beta_1, \beta_2, \beta_3$ - koeficienti, ki merijo vpliv pojasnjevalnih spremenljivk.

To pojasnjuje formula, ki se uporablja v programu Excel:



Trgovinski tok = intercept + koeficient₍₁₎ * dohodek države izvoznice + koeficient₍₂₎ * dohodek države uvoznice + koeficient₍₃₎ * stroški trgovine med dvema državama + naključna napaka

Znane so tudi različne različice predstavljenega modela. Tukaj je ena od njih:

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

kjer:

X_{ij} - blagovni tok (izvoz ali uvoz iz države i v državo j)

y_i - dohodek države izvoznice i

y_j - dohodek države uvoznice

n_j - prebivalstvo države j ,

$d_{i,j}$ - razdalja med državama i in j

D_{ij} - navidezna spremenljivka z vrednostjo 1, če sta državi i in j članici posebnih preferencialnih trgovinskih območij, in 0 v nasprotnem primeru.



β_0 - predstavlja presečišče

$\beta_1 - \beta_6$ - koeficienti $y_i, y_j, n_j, n_i, d_{i,j}, D_{ij}$ respectively

μ_i - naključna napaka.

To pojasnjuje formula, ki se uporablja v programu Excel:



Trgovinski tok = intercept + koeficient₍₁₎ * dohodek države izvoznice + koeficient₍₂₎ * dohodek države uvoznice + koeficient₍₃₎ * prebivalstvo države j + koeficient₍₄₎ * prebivalstvo države i + koeficient₍₅₎ * razdalja med državami + koeficient₍₆₎ * fikcija + naključna napaka

7.8 Gravitacijski model za lociranje konkurenčnih predmetov

Večina konkurenčnih modelov lokacije objektov predpostavlja, da se vsa razpoložljiva kupna moč razdeli med konkurenčne objekte.

Vodilo vseh konkurenčnih lokacijskih modelov je obstoj medsebojnih povezav med štirimi spremenljivkami: kupna moč (povpraševanje), razdalja, privlačnost objekta in tržni delež. Prve navedene spremenljivke so neodvisne spremenljivke, medtem ko je tržni delež odvisna spremenljivka.

Vsak konkurenčni objekt, npr. komercialni objekt, ima "območje vpliva". To je določeno z njegovo stopnjo privlačnosti. Privlačnejši objekti imajo večji polmer svojega vplivnega območja. Kupna moč, ki jo potrošnik porabi v vplivni sferi več objektov, se enakomerno razdeli med konkurenčne objekte (Drezner in Drezner, 2016).

Konkurenčni lokacijski modeli se uporabljajo na številnih področjih, npr. omogočajo lokacijo nakupovalnih središč, trgovin (npr. trgovin z živili, specializiranih trgovin - gospodinjski aparati, obutev, knjigarne, računalniki, nakit ...), restavracij (hitra prehrana, kavarne, sladoledarne ...), bencinskih servisov, bančnih poslovalnic in drugih



7.9 Gravitacijski model za medcelinsko oskrbovalno verigo

Gravitacijski modeli lahko služijo kot ustrezna orodja za ocenjevanje dostave tovara v pristanišča, pri čemer imajo pomembno vlogo stroški časa in razdalje (Wang in Li, 2021). Za analizo interakcijskih vzorcev maloprodajnih regij, povezanih z različnimi aglomeracijami, je Reilly ustvaril naslednji gravitacijski model blagovnih tokov:

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

kjer:

X_{ij} - pretok v dobavni verigi

d_{ij} - prostorska razdalja

P_i, P_j - število prebivalcev v kraju izvora i in namembnem kraju j

α - gravitacijski koeficient, konstanta, enaka 1.

To pojasnjuje formula, ki se uporablja v programu Excel:



**pretok v oskrbovalni verigi = gravitacijski koeficient *
prebivalstvo v kraju_(i) * prebivalstvo v kraju_(j) / prostorska
razdalja²**

V tem modelu je lokacija vseh vozlišč znana. Gravitacijski vpliv med mesti je mogoče določiti z velikostjo in prostorsko oddaljenostjo mesta.

Vprašanja

1. Kateri zunanji dejavniki vplivajo na odločitev o preselitvi objekta?
2. Katere so glavne prednosti in omejitve uporabe različnih različic gravitacijskega modela za simulacijo tokov med trgovci na drobno in potrošniki?



VIRI

Azmi, S. N., Khan, K. H., & Koch, H. (2024). Assessing the effect of INSTC on India's trade with Eurasia: an application of gravity model. *Cogent Economics & 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., & 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. & 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. & 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. & 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. & 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. & 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. & 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. & 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. & 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. NAPOVEDOVANJE POVPRASEVANJA



To poglavje obravnava teorijo napovedovanja. Posebna pozornost je bila namenjena napovedovanju povpraševanja. Gre za napovedovanje prihodnjih dogodkov (povezanih s povpraševanjem in zahtevami), katerega cilj je zmanjšati tveganja, povezana s sprejemanjem poslovnih odločitev. Najpomembnejša vprašanja, obravnavana v tem poglavju, so naslednja:

- načela in trendi napovedovanja,
- napovedovanje časovnih vrst,
- postopek za pripravo napovedi na podlagi časovnih vrst,
- metode napovedovanja in napake,
- vprašanje umetne inteligence pri napovedovanju.

8.1. Uvod

Napovedovanje je široko uporabljena multidisciplinarna veda. Je pomembna dejavnost, ki se uporablja za sprejemanje poslovnih odločitev na številnih področjih načrtovanja: gospodarskem, industrijskem in znanstvenem (Chatfield, 2001). Izdelana napoved podpira sprejemanje mikro- in makroekonomskih odločitev. Podpira tudi sprejemanje ukrepov za aktiviranje ali nasprotovanje nekemu pojavu. Je tudi vir dragocenih informacij. Napovedovanje lahko imenujemo tudi napovedovanje; napovedovanje prihodnjega povpraševanja, napovedovanje prodaje ali novega trenda. Zato je mogoče predvideti spremembe tržnih razmer, ki se jim mora podjetje prilagoditi

Vendar ta napoved ne more temeljiti zgolj na prvi in intuiciji menedžerjev, ki napovedujejo ali ne na podlagi neustrezno pripravljene podlage, ki jo lahko sproži naprava podjetja. Pri tem ni vsako napovedovanje, saj se napovedovanje (imenovano tudi predvidevanje) uporablja na **racionalnih, običajno znanstvenih podlagah**.



Napovedovanje je sklepanje o neznanih dogodkih na podlagi znanih dogodkov (Cieślak, 2005). Tako lahko na primer napovemo, da: (1) dogodek se bo zgodil, ker se je zgodil v preteklosti; (2) dogodek se bo zgodil, ker na to kaže njegova pogostost; (3) dogodek se bo zgodil, ker je povezan z drugimi dogodki, ki so se zgodili (Dittmann, 2003).

Napovedi se oblikujejo (gradijo) na podlagi zelo različnih predpostavk. Glede na njihovo znanstveno naravo pa so zgrajene predvsem na podlagi statističnih in ekonometričnih modelov ter z uporabo operativnih raziskav. Napovedi se pripravljajo na podlagi zgodovinskih podatkov, torej tistih, ki so se zgodili v preteklosti. Z logističnega vidika pa so povezane s podatki iz bližnje preteklosti. Predvsem v kompleksnih proizvodnih panogah (npr. v avtomobilski industriji) so napovedi povpraševanja ključne za prodajno področje in tudi za učinkovitost proizvodnega sistema.

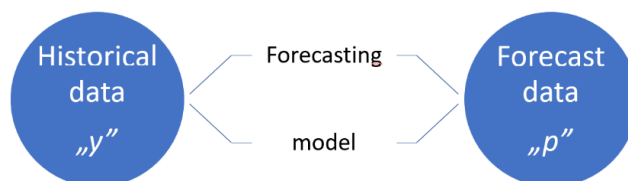
Napoved se vedno nanaša na določeno obdobje napovedi. Obzorje napovedi je interval $(T, T_i]$, kjer: T - trenutni trenutek, T_i - končni trenutek.

Glede na časovno obdobje se problem napovedovanja na splošno deli na tri področja: kratkoročno, srednjeročno in dolgoročno napovedovanje. Kot smo že omenili, je z vidika vodje logistike ključno **kratkoročno napovedovanje**. Zajema obdobja napovedovanja od ene ure do enega tedna. Z vidika dela vodje logistike je zanimivo tudi srednjeročno napovedovanje, ki se nanaša na napovedi od enega meseca do največ enega leta. Nazadnje lahko ločimo še dolgoročne napovedi, za katere je značilno obdobje napovedovanja, daljše od enega leta. Za operativne dejavnosti, povezane z logistiko, so manj pomembne. Teorija kaosa je v veliki meri pokazala, da je dolgoročno napovedovanje potratno. Zato lahko domnevamo, da je za širše razumljene logistične dejavnosti daljše, kot je napovedno obdobje, manjša je verjetnost, da bo napoved uresničena. Njeno zaupanje se zmanjšuje. Tudi napovedovanje za izdelek v daljšem časovnem obdobju, kot je življenjski cikel izdelka, ni smiselno.

Vrednost (pomembnost) napovednih modelov temelji na njihovi zmožnosti ustvarjanja natančnih napovedi. Zato so napovedi tako dobre, kot so dobre predpostavke uporabljenega modela. Pomembno je poznati te predpostavke in vedeti, kakšne so. Če se katera od teh predpostavk izkaže za napačno, je mogoče napovedi ponovno oceniti, spremeniti in izboljšati.



Glavni problem natančnosti napovedi je nepredvidljivost gospodarskih gibanj ter zunanjih dogodkov in kriz. Zato je treba jasno povedati, da so določene vrednosti napovedi podvržene **napakam** in **negotovosti**. Prihodnost se torej določa na podlagi znanja, ki ga imamo o preteklosti (slika 8.1).



Slika 8.1. Splošni model napovedovanja

Vir: (Dittmann, 2003).

Ne smemo pozabiti na potrebo po izmenjavi informacij pri upravljanju oskrbovalne verige, ki je ključna za uspeh napovedovanja povpraševanja (Altendorfer in Felberbauer, 2023). Natančnejše kot so informacije o povpraševanju, natančnejša bo napoved. Ključno je tudi sprotno posodabljanje informacij o povpraševanju (vključuje spreminjanje prejšnjih informacij, npr. o velikosti naročila), zaradi česar se povpraševanje posodablja v časovnem horizontu in odpravlja asimetrija informacij. Ali in drugi poudarjajo, da je deljenje celotnih napovedi povpraševanja namesto končne količine naročila koristno za uspešnost oskrbovalne verige (Ali in drugi, 2012).

Izzivi uspešnega napovedovanja so več kot le tehnične težave pri razvoju natančnega modela napovedi. Modele napovedi je treba razviti z jasnim razumevanjem tako narave razmer, za katere želimo napovedati, kot tudi virov, ki so na voljo za pripravo napovedi. Pomembno je zagotoviti, da je izbrana spremenljivka neposredno povezana s potrebnimi podatki za napoved (Sheldon, 1993). To ne pomeni, da so napovedi neuporabne, temveč da morajo tisti, ki jih uporabljajo, nenehno spremljati svoje poslovno okolje, da bi odkrili vse dejavnike, ki kažejo na nedosledne ali nepravilne vzorce.

Čeprav je napoved podvržena netočnostim, predstavlja pomembno vodilo za prihodnje operative dejavnosti podjetja. Utemeljitev za izdelavo napovedi v podjetju je tudi cikličnost, ki se pojavlja pri poslovanju podjetja. Predvidevamo, da če se je nek dogodek zgodil v



preteklosti, se lahko zgodi tudi v prihodnosti. Če pa se je dogodek v preteklosti pojavil z določeno pogostostjo, se poveča verjetnost, da se bo ponovil. Kljub številnim negotovostim je napoved, izdelana z znanstvenimi metodami, predpogoj za sprejemanje racionalnih odločitev v zvezi s poslovanjem podjetja.

Tudi gospodarska praksa kaže, da **preprosta metoda napovedovanja ne pomeni samodejno slabše metode** (Kucharski, 2013). Kot poudarja Kucharski, lahko naivne metode napovedujejo iste podatke s podobno natančnostjo. Poleg tega jih je veliko lažje uporabljati. Zaradi dejavnosti, povezanih z napovedovanjem povpraševanja, lahko organizacija pridobi številne koristi (preglednica 8.1).

Tabela 8.1. Prednosti napovedovanja povpraševanja

Ugotovljena korist napovedovanja	Utemeljitev
Boljša organizacija proizvodnje	Če organizacija pozna napovedan obseg prodaje končnih izdelkov, lahko vnaprej načrtuje ustrezen obseg proizvodnje in ustrezno povpraševanje po surovinah in embalaži ter tako odpravi pomanjkanje na proizvodni liniji.
Večji nadzor nad varnostnimi zalogami	Če poznate predvideni obseg prodaje končnih izdelkov, lahko načrtujete varnostne zaloge, ki bodo zagotovile pokritje povpraševanja na trgu.
Učinkovitejše zmanjšanje zastarelega asortimaja	Če poznate predvideni obseg prodaje končnih izdelkov, se lahko osredotočite na oskrbo le tistega asortimaja, ki je potreben za pokrivanje povpraševanja; zastarele izdelke lahko izločite in posledično optimizirate stroške zamrznjenega kapitala v zalogah in stroške skladiščenja.
Večje zadovoljstvo strank in izboljšanje podobe organizacije	Poznavanje napovedanega obsega prodaje končnih izdelkov lahko zagotovi, da se v skladišču vzdržuje ustrezna raven zalog,
Učinkovitejša uporaba skladiščnega prostora	Če poznate predvideni obseg prodaje končnih izdelkov, lahko zberete le potrebne zaloge izdelkov, poleg tega pa lahko bistveno zmanjšate količino uporabljenega skladiščnega prostora.
Učinkovitejši nadzor in zmanjšanje stroškov	Če poznate napovedani obseg prodaje končnih izdelkov, lahko natančneje načrtujete proračun organizacije in natančneje nadzorujete stroške.

Vir: (Wojciechowski & Wojciechowska, 2015; Wolny & Kmiecik, 2020)

Navesti je treba več lastnosti napovedi. Te so



1. Napovedi se oblikujejo na podlagi dosežkov znanosti (razviti in preverjeni matematični modeli).
2. Napovedi se nanašajo na določeno prihodnost.
3. Napovedi se preverjajo empirično (po določenem času).
4. Napovedi so sprejemljive za osebo, ki jih pripravi.

Napovedi podpirajo proces odločanja v podjetju in hkrati opravljajo različne funkcije. (Gajda, 2001):

- Priprava - napoved je spodbuda za določeno dejanje, vendar ne vpliva na napovedani pojav. Na njeni podlagi se sprejemajo le ekonomske odločitve.
- aktiviranje, napoved je spodbuda za določeno dejanje in hkrati vpliva na napovedani pojav. Zato se izvajajo ukrepi, katerih cilj je uresničitev napovedi (samouresničuje se ali ugodne napovedi, ki sprožijo ukrepe, ki ugodno vplivajo na uresničitev napovedi) ali izničenje napovedi (opozorilne napovedi, ki sprožijo ukrepe, ki preprečujejo njihovo uresničitev)).

Vendar je treba upoštevati, da se lahko izdelane napovedi zlahka porušijo zaradi naključnih spremenljivk, ki jih ni mogoče vključiti v model, ali pa so preprosto napačne že od samega začetka. Zato je lahko napovedovanje za organizacije nevarno. Z napovedovanjem so povezane tri težave.

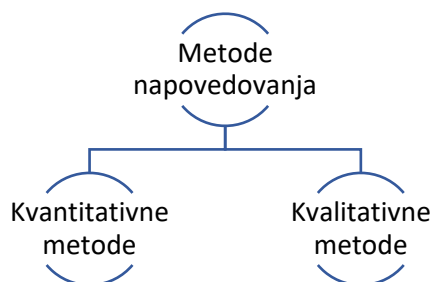
- Podatki, na podlagi katerih se pripravljajo napovedi, so vedno stari in se nanašajo na pretekla obdobja. Zato nikoli ni zagotovljeno, da se bodo pretekli pogoji ohranili tudi v prihodnosti.
- izjemnih ali nepričakovanih dogodkov ali zunanjih učinkov ni mogoče upoštevati (primer pandemije COVID-19; vpliv vojn in oboroženih spopadov; vpliv nepredvidenih gospodarskih kriz),
- napovedi ne morejo upoštevati lastnega vpliva.

Ustrezno izvedeno napovedovanje omogoča podjetnikom in menedžerjem, da vnaprej načrtujejo svoje dejavnosti, kar povečuje možnosti, da ostanejo konkurenčni na trgih.



8.2. Razvrstitev metod napovedovanja

Obstajata dve osnovni skupini metod napovedovanja: kvantitativne in kvalitativne (slika 8.2). Napoved, ki se uvršča med kvantitativne metode napovedovanja, ima obliko določenega števila (točkovna napoved) ali pa številčnega razpona (intervalna napoved).



Slika 8.2. Metode napovedovanja - vrste

Vir: (Dittmann, 2000)

Kvalitativne napovedi imajo neštevilo obliko. Nanašajo se na analizirani pojav v prihodnosti in oceno njegove rasti, upada ali nespremenjenosti. Kvalitativne napovedi se lahko obravnavajo kot tiste, ki temeljijo na mnenjih tržnih strokovnjakov.

Z vidika strokovnjaka za logistiko pa so ključne napovedi tiste, ki jih je mogoče opredeliti s številkami, tj. kvantitativne napovedi. Kvantitativno napovedovanje zaobide strokovni dejavnik in poskuša iz analize odstraniti človeški dejavnik. Ti pristopi se osredotočajo izključno na podatke.

Kvantitativne metode	Modeli časovnih vrst
	Ekonometrični modeli
	Analogni modeli
	Modeli vodilnih spremenljivk
	Modeli kohortne analize
	Tržni testi

Slika 8.3. Kvantitativne metode napovedovanja

Vir: (Dittmann, 2000).



Kvantitativne napovedi je mogoče razvrstiti glede na uporabljene modele (slika 8.3). V tej knjigi se osredotočamo na **modele časovnih vrst**.

8.3. Napovedovanje časovnih vrst

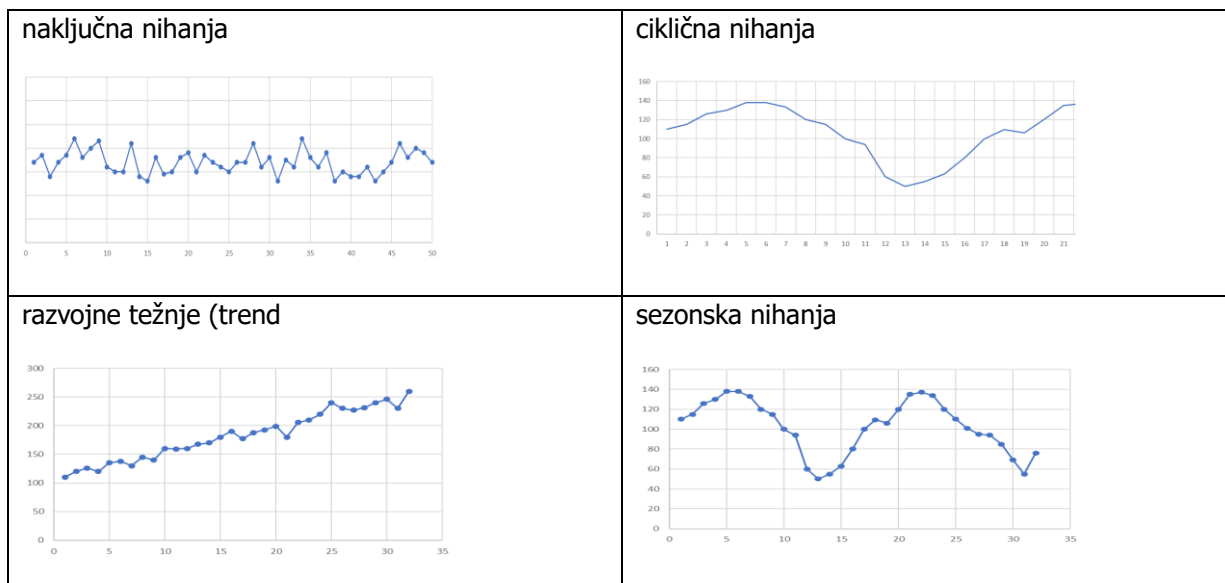
Ena od najpogostejše uporabljenih metod napovedovanja povpraševanja so metode, ki temeljijo na modelih časovnih vrst. Časovne vrste so metodologija za raziskovanje kompleksnih in zaporednih vrst podatkov. V modelih časovnih vrst se zaporedni podatki, ki so sestavljeni iz nizov številčnih podatkov, beležijo v rednih časovnih presledkih (npr. na minuto, na uro ali na dan). Priljubljenost teh metod izhaja iz možnosti pridobivanja informacij o prihodnjem poteku opazovanega pojava z napovedovanjem. Zato ni treba zbirati in analizirati dodatnih podatkov iz drugih virov. Napovedovanje z uporabo časovnih vrst se pogosto uporablja tudi zaradi velike verjetnosti pojava. Tudi gospodarska praksa kaže, da napovedi, pripravljene z uporabo modelov časovnih vrst, niso slabše od napovedi, pridobljenih na podlagi bolj zapletenih modelov. Izkušnje kažejo tudi, da **imajo modeli časovnih vrst razvojni potencial**. Vsaka naslednja sprememba metode ali naslednje metode napovedovanja časovnih vrst naj bi po definiciji izboljšala kakovost njenih rezultatov.

8.4. Razčlenitev časovnih vrst

Napovedi se oblikujejo na podlagi podatkov o časovnih vrstah. To se zgodi ne glede na uporabljeno metodo napovedovanja. Podatki o časovnih vrstah (spremenljivke) so razvrščeni kronološko, od najstarejših podatkov do najnovejših. Poudariti je treba, da zadnji podatki ne ustrezajo času izdelave napovedi. V znanstvenih publikacijah in študijah se predpostavlja, da y_t vedno določa določeno vrednost vrste y v obdobju (trenutku) t

Komponente časovnih vrst so naključna nihanja, razvojna težnja (trend), ciklična nihanja in sezonska nihanja (preglednica 8.2)

Tabela 8.2. Vizualizacija časovnih vrst



Vir: lastna študija

O vsakem od njih lahko povemo nekaj besed (Cieslak, 1997):

- naključna nihanja - to so naključne, naključne in nepredvidljive spremembe serijske spremenljivke z različno močjo, ki jih opazujemo skozi čas in ne kažejo jasne tendence. Povezana so z napakami statistične ali prognostične narave.
- razvojne tendence (trend) - so dolgoročne težnje podatkovnih vrst k enosmernim (monotonim) spremembam napovedane spremenljivke. So naraščajoče ali padajoče narave. Najpogosteje se nanašajo na trajni pojav, ki vpliva na analizirane podatke. Podatki časovnih vrst lahko vsebujejo tako razvojne trende kot naključna nihanja. Da bi izločili razvojne trende, je običajno potrebnih več zgodovinskih podatkov. Zato se ravnamo po pravilu palca: Čim daljše je obdobje opazovanja zgodovinskih podatkov, tem večja je zmožnost natančnega določanja vrste trenda. Trend je predstavljen z linearno ali nelinearno matematično funkcijo,
- Ciklična nihanja - gre za dolgoročna ritmična nihanja vrednosti spremenljivke okoli trenda ali konstantne ravni, ki trajajo dlje časa (več kot eno leto). So posledica poslovnih ciklov. Opaziti je mogoče različne dolžine ciklov in njihovo dinamiko. Ciklična nihanja so zato povezana s spremembami v gospodarski



dejavnosti podjetij, krizami ali okrevanjem gospodarstva ali blaginjo družbe. Za analizo cikličnih nihanj in izdelavo napovedi prihodnjega povpraševanja so potrebni mesečni, četrtni ali letni zgodovinski podatki iz zadnjih nekaj let.

- sezonska nihanja - to so nihanja vrednosti spremenljivke časovne vrste okoli trenda ali stalne ravni, ki se ponavljajo v rednih (sezonskih) intervalih, ki niso daljši od enega leta. V takem primeru bo natančnost izdelanih napovedi odvisna od vrste in obsega sezonskih nihanj, števila in vrste vrzeli v razpoložljivih podatkih ter obdobja napovedi.

Identifikacija in analiza navedenih komponent časovne vrste se imenujeta dekompozicija časovne vrste.

8.5. Priprava podatkov o časovnih vrstah

Preden se lotimo oblikovanja napovedi, je treba opraviti predhodno obdelavo podatkov, imenovano tudi **čiščenje podatkov**. Preveriti jih je treba, da se odpravijo napake ali odstopanja. Izpustitev tega koraka lahko povzroči izkrivljanje rezultatov napovedi in posledično napake v zaključkih. Ne smemo pozabiti, da so podatki, povezani z nenavadnimi primeri (odstopanji ali redkimi primeri), resnične informacije, glede katerih napovedovalec ne dvomi. So preverjeni in zanesljivi.

Obstajajo različne strategije za obravnavanje podatkov, ki odstopajo od pričakovanih vrednosti. Med drugim so to:

- brez ukrepanja, vključuje ignoriranje netipičnih podatkov, saj so nekatere metode napovedovanja odporne na pojav netipičnih podatkov,
- Filtriranje primerov z odstopajočimi podatki - to pomeni odstranitev teh podatkov, vendar to ni najboljša strategija,
- nadomeščanje nenavadnih podatkov - to je priljubljena strategija, pri kateri se izstopajoče vrednosti nadomestijo z: (1) vrednostjo 0, (2) povprečno vrednostjo, (3) največjo/minimalno vrednostjo filtra ali (4) drugo vrednostjo, določeno na podlagi vsebinskega merila.

Preglednica 8.3. Izbrane vrste odstopanj



Dodajanje izstopajočih vrednosti Zdi se, da je to presenetljivo velika ali presenetljivo majhna vrednost za posamezno opazovanje. Na nadaljnja opazovanja ne vpliva, saj vrednost serije ne odstopa več.	
Inovativno odstopanje Pojavi se kot odstopanje z nadaljnjimi učinki na opazovanja. Opazimo lahko začetni (prvi) učinek z zamikom in podaljšanjem učinka na nadaljnja opazovanja (zmanjševanje ali povečevanje). Ta učinek se lahko sčasoma zmanjša ali poveča.	
Odstopanje pri prehodnih spremembah To se zgodi, ko vpliv eksponentno upada z nadaljnjimi opazovanji. Sčasoma se serija vrne na običajno raven.	
Sezonsko aditivno odstopanje Pojavi se kot presenetljivo velika ali presenetljivo majhna vrednost, ki se pojavlja periodično (v rednih časovnih presledkih).	

Vir: lastna študija

Če v časovni vrsti pustimo netipične podatke, to izkrivlja rezultate njihove analize in otežuje oblikovanje zaključkov, saj imajo netipični podatki izredno majhne ali izredno velike vrednosti. Zaradi njihove nekonsistentnosti se te vrednosti imenujejo **izstopajoče vrednosti**. Posledično povečujejo razpon v časovni vrsti (razpon najmanjše in največje vrednosti). Zato imajo netipični podatki velik izkrivljajoč učinek na vrednost napovedi (preglednica 8.3)

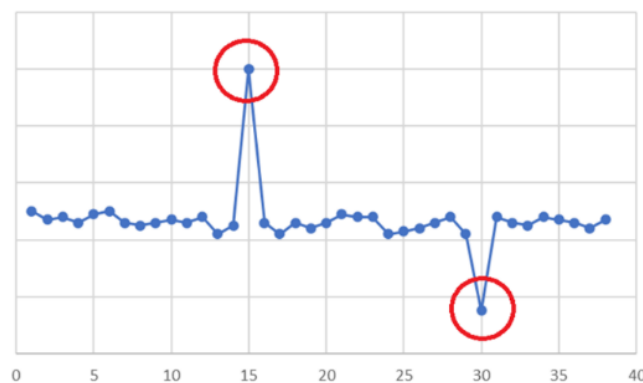
Odločitev o spremembi velikosti nenavadnega elementa, ali njegovi odstranitvi je za napovedovalca vedno zelo subjektivna, zato je potrebna previdnost. Zmanjšanje subjektivnosti napovedovalca pri odstranjevanju netipičnih primerov je mogoče s kvantitativnimi podatki. Uporabite lahko na primer **pravilo standardnega odklona**. To pomeni, da če so zgodovinski podatki nenavadni (npr. zunaj razpona skupinskega povprečja ($\bar{x}$) plus ali minus 2 ali 3 standardni odkloni), se spremenijo ali odstranijo



Vsako serijo podatkov je vredno predložiti v postopek razgradnje. Določi se lahko več korakov:

1. Določite funkcionalno obliko serije, kar pomeni, da določite vrsto trenda.
2. Poiščite odstopajoča opazovanja in jih nadomestite s povprečnimi vrednostmi ali tako imenovanimi zgornjimi in/ali spodnjimi filtri.
3. Preveri, ali se zadnji opazovani podatek v seriji obnaša značilno; če se ne, ga očisti.
4. Določitev koeficienta naklona trenda, da se določi stabilnost glavnega trenda, opaženega v seriji.
5. Preučite stabilnost trenutnega kratkoročnega trenda.

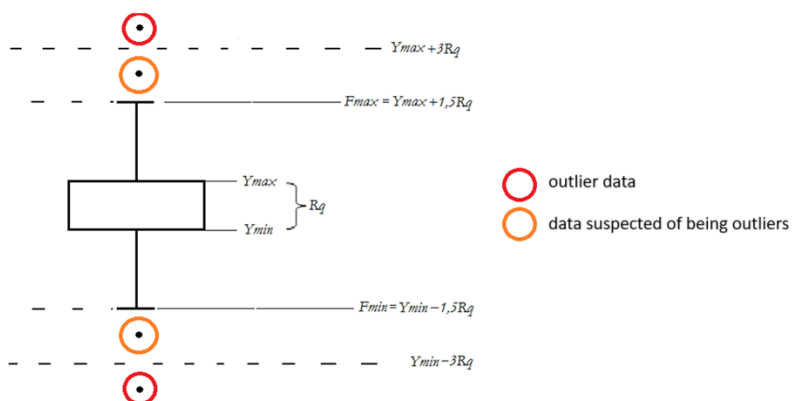
Filtri (minimalni ali maksimalni) so dobra rešitev, kadar se pojavijo izstopajoče vrednosti (slika 8.4).



Slika 8.4. Očitno neskladne vrednosti s splošno pravilnostjo časovnih vrst.

Vir: lastna študija

Filter se uporablja za popravljanje podatkov pred pripravo naslednje napovedi. Vrednost, ki odstopa od pravilne serije, se nadomesti z minimalnim ali maksimalnim filtrom (slika 8.5). Skrajne izstopajoče vrednosti se najdejo nad $y_{max} + 3R_q$ ali pod $y_{min} - 3R_q$. Vrednosti, za katere se sumi, da so izstopajoče, so vključene v območja $(y_{min} - 1,5R_q; y_{min} - 3R_q)$ in $(y_{max} + 1,5R_q; y_{max} + 3R_q)$.



Slika 8.5. Vrednosti filtrov in izstopajoče vrednosti

Vir: (Grzybowska, 2009)

To je predstavljeno z modelom:

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

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

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

kjer:

F_{min} - najmanjša vrednost filtra

F_{max} - največja vrednost filtra

y_{min} - najmanjša vrednost, določena iz časovne vrste

y_{max} - največja vrednost, določena iz časovne vrste

R_q - medkvartilno območje.

8.6. Metode napovedovanja časovnih vrst

Metode napovedovanja časovnih vrst so razdeljene glede na trend podatkov. Napovedi se lahko določijo za konstantno povpraševanje, povpraševanje, podobno trendu (naraščajoče ali padajoče), in sezonsko povpraševanje (slika 8.6).



Konstantno povpraševanje	Naivne metode
	Povprečne metode
	Metoda eksponentnega glajenja (Brownov model)
	Model ARMA
Trendovsko povpraševanje	Linearna metoda eksponentnega glajenja (Holtov model)
	Metoda preproste linearne regresije
	Model ARIMA
	Model RW
Sezonsko povpraševanje	Holt-Winters' sezonska metoda (Holt-Winters' model)

Slika 8.6. Kvantitativne metode za napovedovanje časovnih vrst

Vir: lastna študija

V predstavljenih modelih se parameter y vedno nanaša na dejanske vrednosti povpraševanja, parameter $\hat{y}_t$ pa na izdelano napoved.

Naivne metode

Za metode naivnega napovedovanja je značilno, da so preproste, hitre in poceni. Omogočajo izdelavo napovedi na podlagi majhne količine preteklih podatkov. Naivne metode služijo tudi kot referenčna točka za druge metode napovedovanja (Kucharski, 2013).

Naivne metode so najpreprostejše mehanske metode. Razvite so bile ob predpostavki, da se povpraševanje v prihodnosti ne bo bistveno spremenilo. Zelo primerne so, kadar ni velikih nihanj v napovedani spremenljivki. Temeljijo izključno na preteklih opazovanjih. Naivni modeli imajo spomin samo na eno (zadnje) opazovanje, zato ne bodo filtrirali šumov v podatkih, temveč jih bodo kopirali v prihodnost.

Naivni modeli so sestavljeni iz preprostih projektivnih modelov. To pomeni, da potrebujejo vhodne podatke iz nedavnih opazovanj in da se ne izvaja statistična analiza. So izjemno preprosti in hkrati presenetljivo učinkoviti. Prednost teh metod je hitra odločitev o napovedani vrednosti. Pomanjkljivost pa je nezmožnost analize vzročno-posledičnih povezav, na katerih temelji napovedana spremenljivka



Za namene te študije bodo predstavljene tri naivne metode: (1) naivna napoved; (2) sezonska naivna metoda; (3) metoda drifta.

Naivna napoved

Naivna napoved je napoved, pri kateri je napovedana vrednost za določeno obdobje preprosto enaka vrednosti, ugotovljeni v prejšnjem obdobju. To predstavlja formalni model:

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

kjer:

$\check{y}_t$ - napoved za prihodnje obdobje

$y_{(t-1)}$ - dejanska vrednost povpraševanja iz prejšnjega obdobja.



Formula, uporabljena v Excelu:

napoved_(t) = povpraševanje_(t-1)

Sezonska naivna metoda

Tudi naivna metoda je uporabna za podatke z majhnimi sezonskimi nihanji. V tem primeru je vsaka napoved enaka zadnji opazovani vrednosti iz iste sezone (npr. iz istega meseca prejšnjega leta). Napovedi prevzamejo vrednost, opazovano v prejšnji sezoni. Model je uporaben pri majhnih naključnih nihanjih in aditivni sezonskosti. To predstavlja formalni model:

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

kjer:

$\check{y}_{t+h|T}$ - napoved za prihodnje obdobje

m - sezonsko obdobje

k - zaključeni deli $(h-1)/m$ (tj. število zaključenih let v obdobju napovedi pred $T+h$).



Model je videti bolj zapleten, kot je v resnici. Če je na primer napoved izdelana na podlagi mesečnih podatkov, velja za vse prihodnje mesečne vrednosti in je enaka zadnji opazovani vrednosti za ta mesec prejšnjega leta. Pri četrtnih podatkih je napoved vseh prihodnjih vrednosti za *drugo četrtno leto* enaka zadnji opaženi vrednosti za *drugo četrtno leto* (kjer *drugo četrtno leto* pomeni drugo četrtno leto). Podobna pravila veljajo tudi za druge mesece in četrtna ter druga sezonska obdobja.



To pojasnjuje formula, ki se uporablja v programu Excel:

napoved_(t) = povpraševanje_(t, prejšnje leto)

Napoved za obdobje t je enaka povpraševanju iz ustreznega obdobja prejšnjega leta. Pri sezonski naivni metodi bo potreben enoletni zamik.

Metoda zdrsa

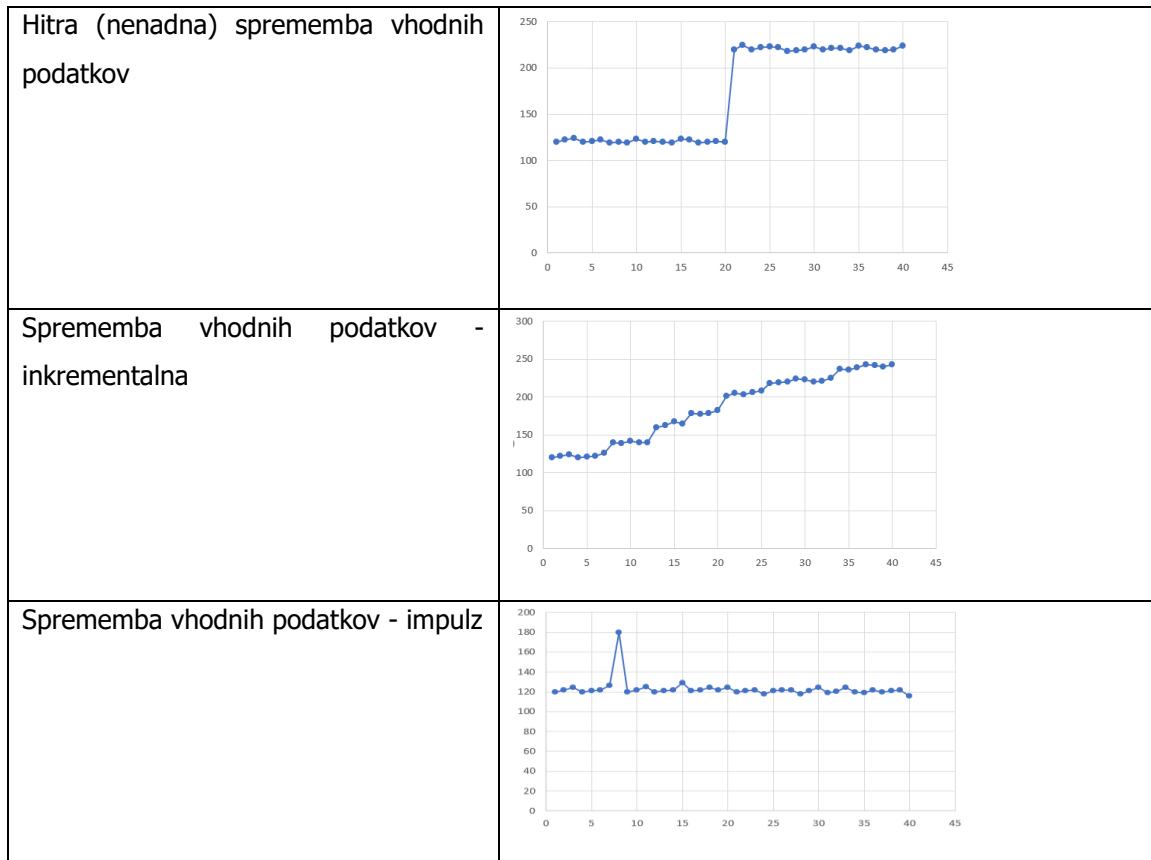
Pri metodi zdrsa, ki je različica sezonske naivne metode, se dovoli, da se napovedi s časom povečujejo ali zmanjšujejo, pri čemer je količina spremembe s časom (imenovana drift) nastavljena na povprečno spremembo, ki je bila ugotovljena v preteklih podatkih. Metoda uporablja dodatno komponento, imenovano premik

Dršenje se nanaša na zmanjšanje učinkovitosti modela zaradi sprememb podatkov in razmerja med vhodnimi in izhodnimi spremenljivkami. To pa lahko povzroči poslabšanje kakovosti modela napovedovanja, kar ima za posledico netočne napovedi. Dršenje spremenljivk se nanaša na spremembe vhodnih vrednosti, npr. zaradi nenadnih sprememb v prodajnih trendih. Spreminjanje vhodnih podatkov je lahko:

- nasilne (nenadne), npr. zaradi zapor med pandemijo COVID-19,
- narašča (počasi se spreminja),
- impulzno (enkratno), npr. v primeru nepravilno posredovanih podatkov.
-



Preglednica 8.4. Vrste odnašanja



Vir: lastna študija

To je predstavljeno s formalnim modelom:

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

kjer:

$\tilde{y}_{t+h|T}$ - napoved za prihodnje obdobje

$h \left(\frac{y_t - y_1}{t-1} \right)$ - sestavni del, ki je povezan z zdrsom.

To je enako, kot če bi potegnili črto med prvim in zadnjim opazovanjem ter jo ekstrapolirali v prihodnost.



To pojasnjuje formula, ki se uporablja v programu Excel:



$$\text{napoved}_{(t)} = \text{povpraševanje}_{(\text{iz zadnjega obdobja prejšnjega leta})} + [h * (\text{povpraševanje}_{(\text{iz zadnjega obdobja prejšnjega leta})} - \text{povpraševanje}_{(\text{iz prvega obdobja prejšnjega leta})}) / n -$$

Napoved za obdobje t je enaka povpraševanju za zadnje obdobje prejšnjega leta + komponenta premika. Komponenta premika vsebuje število h , ki se nanaša na naslednje število izdelanih napovedi, t pa določa število obravnavanih obdobj v letu.

Povprečne metode

Metode drsečega povprečja delujejo kot filtri, saj iz podatkovnih vrst odstranijo kratkoročna nihanja. Metode drsečega povprečja za izdelavo napovedi uporabljajo določeno število sosednjih podatkov o povpraševanju.

Z večanjem števila preteklih podatkov, na podlagi katerih je izdelana napoved, se povečuje učinek glajenja. To pomeni, da uporaba večjega števila podatkov v modelu močnejše zgladi vrsto. Povzroča tudi počasnejši odziv na spremembe ravni napovedane spremenljivke. In obratno. Uporaba manjšega števila preteklih podatkov pomaga hitreje odražati spremembe povpraševanja iz zadnjih obdobj. Napoved je nato bolj občutljiva na naključna nihanja. Za namene te študije bodo predstavljene 4 metode povprečenja: (1) globalno povprečje ali globalno povprečje; (2) enostavno drseče povprečje, SMA; (3) eksponentno drseče povprečje, EMA; (4) tehtano drseče povprečje, WMA.

Globalno povprečje (mean) ali globalno povprečje (average)

Napoved z uporabo metode globalnega povprečja temelji na vseh razpoložljivih preteklih opazovanjih, vključenih v serijo. S to metodo se določi osrednja tendenca, ki je lokacija središča podatkovne vrste v statistični porazdelitvi.

Vrednost napovedi z uporabo metode globalnega povprečja je treba izračunati tako, da seštejemo vrednosti vseh preteklih podatkov in izračunano vrednost delimo s številom analiziranih obdobj.



To je predstavljeno s formalnim modelom:

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

kjer:

n - število analiziranih obdobj.



To pojasnjuje formula, ki se uporablja v programu Excel:

napoved_(t) = povpraševanje/n

Uporaba aritmetične sredine celotnega niza podatkov izkrivlja rezultat napovedi. Podatki, uporabljeni pri tej metodi, so preveč zastareli, kar izkrivlja pravilno sliko prihodnjega povpraševanja.

Enostavno drseče povprečje, SMA

Metoda enostavnega drsečega povprečja uporablja tipično aritmetično povprečje, vendar le za določeno količino zgodovinskih podatkov. Urejeni podatki pomagajo zgladiti podatke o povpraševanju ter zmanjšajo vpliv naključnih nihanj in zastarelih podatkov. Ime drseče povprečje pomeni, da se vsaka napoved izračuna na podlagi podatkov iz prejšnjih *x* obdobj. Preprosto drseče povprečje ne razlikuje zgodovinskih podatkov in teh podatkov ne uteži.

Preprosto drseče povprečje je aritmetično drseče povprečje, ki se izračuna tako, da se seštejejo zadnji podatki o povpraševanju in nato dobljena vrednost deli s številom obdobj v izračunanem povprečju. To je predstavljeno s formalnim modelom:

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

kjer:

m - število analiziranih obdobj.



To pojasnjuje formula, ki se uporablja v programu Excel:

za povprečje treh elementov:



**napoved_(t) = SREDNINA(povpraševanje_(t-1); povpraševanje_(t-2);
povpraševanje_(t-3));**

Za izračun drsečega povprečja lahko uporabite preprosto formulo, ki temelji na funkciji AVERAGE z relativnimi referencami.

Ob kopiranju formul po stolpcu navzdol se območje v vsaki vrstici spremeni, da se upoštevajo vrednosti, ki so potrebne za vsako povprečje.

Daljše kot je drseče povprečje, večji je **zamik**. To je mogoče razložiti na naslednji način:

- Napoved, ki temelji na 3 zgodovinskih podatkih, je kratkoročno drseče povprečje; je kot motorni čoln, ki je gibljev in se hitro spreminja
- Napoved, ki temelji na 50 zgodovinskih podatkih, je dolgoročno drseče povprečje; je kot oceanski tanker - počasen in počasi se spreminja.
- Zato je treba pri izbiri ustreznega števila zgodovinskih obdobj upoštevati faktor zamika (ne uporabljajte preveč podatkov)

EkspONENTNO drseče povprečje, EMA

Metoda eksponentnega drsečega povprečja omogoča zmanjšanje zakasnitve z večjim upoštevanjem nedavnih zgodovinskih vrednosti podatkov. Zaradi tega je metoda bolj odzivna na nedavne vrednosti podatkov. EkspONENTNO drseče povprečje je običajno bolj občutljivo na nedavne spremembe povpraševanja kot preprosto drseče povprečje. To je predstavljeno s formalnim modelom:

$$\tilde{y}_t = p_{t-1} + \alpha(y_{t-1} - p_{t-1})$$

$$\alpha = \frac{2}{n + 1}$$



kjer:

– *multiplier*

n - izbrano časovno obdobje.

Izračun eksponentnega drsečega povprečja vključuje tri korake:

1. Izračun enostavnega drsečega povprečja za obdobje (predhodna napoved). SMA je potrebna le za zagotavljanje začetne vrednosti za nadaljnje izračune.
2. Izračun množitelja za obtežitev eksponentnega drsečega povprečja.

Primer: če je napoved sestavljena iz treh obdobj, se multiplikator izračuna na naslednji

način: $\text{multiplikator} = \alpha = \frac{2}{n+1} = \frac{2}{3+1} = 0,5$

3. Izračun trenutne napovedi v skladu z eksponentnim drsečim povprečjem

Opomnik: Prva izračunana napoved se imenuje predhodna napoved.



To pojasnjuje formula, ki se uporablja v programu Excel:

$\text{napoved}_{(t)} = \text{napoved}_{(t-1)} + \text{multiplikator} * (\text{povpraševanje}_{(t-1)} - \text{napoved}_{(t-1)})$

Metoda EMA se uporablja za zajemanje krajših gibanj trendov, saj se osredotoča na najnovejše podatke in nedavne napovedi.

Uteženo drseče povprečje, WMA

To je različica preprostega drsečega povprečja (SMA). Metoda tehtanega drsečega povprečja (WMA) je drseče povprečje, ki daje težo zadnjim vrednostim povpraševanja. To pomeni, da imajo najnovejši podatki večji vpliv na vrednost napovedi kot starejši podatki. To je mogoče z uporabo ponderiranega faktorja. Uporaba ponderiranih koeficientov omogoča natančnejše napovedi. Za to metodo velja, da je bolj občutljiva na spremembe v povpraševanju.



Napovedi s tehtanim drsečim povprečjem dobimo tako, da vsako vrednost povpraševanja pomnožimo z vnaprej določenim tehtanim faktorjem in dobljene vrednosti seštejemo. To je predstavljeno s formalnim modelom:

$$\tilde{y}_t = \sum_{i=t+1-m}^t (y_i \cdot \varpi_i)$$

kjer:

ϖ - ponderirani koeficient.

Če želite določiti njihovo vrednost, si zapomnite nekaj pravil:

- Vrednosti ponderiranih koeficientov so v območju $, < 0,1 >$
- Vsak naslednji uporabljeni ponderirani koeficient je večji od svojega predhodnika $\varpi_i < \varpi_{i+1} < \varpi_{i+2}$. To je zelo pomembno načelo, saj razlikuje pomembnost uporabljenih zgodovinskih podatkov. Starejši imajo nižji ponderirani koeficient, novejši podatki so pomembnejši in imajo višji ponderirani koeficient,
- Vsota vseh ponderiranih koeficientov mora biti enaka 1: $\sum_1^n \varpi_i = 1$
- Število ponderiranih koeficientov je odvisno od števila analiziranih zgodovinskih obdobj iz časovnih vrst.

To je razloženo s formulo, ki se uporablja v Excelu

za 3-elementno tehtano povprečje:



napoved_(t) = (povpraševanje_(t-3) * $\omega_{(1)}$) + (povpraševanje_(t-2) * $\omega_{(2)}$) + (povpraševanje_(t-1) * $\omega_{(3)}$)

za 5-elementno tehtano povprečje:



$$\text{napoved}_{(t)} = (\text{povpraševanje}_{(t-5)} * \omega_{(1)}) + (\text{povpraševanje}_{((t-)(4))} * \omega_{(2)}) \\ + (\text{povpraševanje}_{(t-3)} * \omega_{(3)}) + (\text{povpraševanje}_{(t-2)} * \omega_{((4)(1))}) + \\ (\text{povpraševanje}_{(t-1)} * \omega_{((5))})$$

Pri metodi tehtanega drsečega povprečja je treba določiti vrednost konstante glajenja (koliko preteklih obdobij je treba uporabiti) in ravni posameznih uteži tehtanih koeficientov.

Metode eksponentnega glajenja

Pogosto se uporabljajo metode eksponentnega glajenja (Chatfield et al., 2001). Obstaja 15 različnih metod. Vsaka različica je določena za različen scenarij napovedovanja. Najbolj znane različice metode eksponentnega glajenja so Simple Exponential Smoothing (SES) (brez trenda, brez sezonskosti), Holtova linearna metoda (aditivni trend, brez sezonskosti), Holt-Wintersova aditivna metoda (aditivni trend, aditivna sezonskost) in Holt-Wintersova multiplikativna metoda (aditivni trend, sezonskost). multiplicative) (De Gooijer in Hyndman, 2006). Raziskovalci so predlagali številne različice prvotnih metod eksponentnega glajenja; Carreno in Madinaveitia (1990) sta na primer predlagala spremembe za obravnavo diskontinuitet, Rosas in Guerrero (1994) pa sta obravnavala napovedi z eksponentnim glajenjem ob upoštevanju ene ali več omejitev. Za namene te študije bodo predstavljene tri metode eksponentnega glajenja: (1) enostavno eksponentno glajenje, SES (model Browna); (2) linearno eksponentno glajenje, LES (model Holta); (3) Holt-Wintersova sezonska metoda (model Holt-Winters).

Enostavno eksponentno glajenje, SES (Brownov model)

Enostavno eksponentno glajenje je osnovna oblika eksponentnega glajenja. Metoda eksponentnega glajenja (Brownov model) je razmeroma natančna metoda napovedovanja povpraševanja. Upošteva faktor eksponentnega glajenja (α). Ta koeficient nadzoruje hitrost, s katero podatki vplivajo na izdelane napovedi. Hkrati metoda daje večjo težo novejšim podatkom. Ko so podatki bolj oddaljeni, jim pripisuje eksponentno padajoče uteži.

Če želite določiti vrednost eksponentnega faktorja glajenja, upoštevajte naslednja pravila:



- vrednost eksponentnega koeficienta glajenja je v območju $(0,1)$
- Vrednost eksponentnega koeficienta glajenja se izbere eksperimentalno. Uporabiti je treba naslednjo predpostavko: bližje ko je koeficient 0, bolj so podatki zglajeni (napoved je manj občutljiva na spremembe povpraševanja) in napovedovalec bolj zaupa napovedi iz prejšnjega obdobja; kazalnik, ki je bližje 1, pomeni, da je napoved bolj občutljiva na spremembe povpraševanja in da napovedovalec izhaja iz dejanskega stanja, ki se je zgodilo v prejšnjem obdobju.

To je predstavljeno s formalnim modelom:

$$\hat{y}_t = \alpha \cdot y_{t-1} + (1 - \alpha) \cdot p_{t-1}$$

kjer:

α faktor eksponentnega glajenja.

Izračun napovedi z uporabo enostavne metode eksponentnega glajenja vključuje tri korake:

1. Izračun naivne napovedi za prvo obdobje (začetna napoved). Začetna napoved je potrebna le za zagotovitev začetne vrednosti za nadaljnje izračune.
2. Določanje faktorja eksponentnega glajenja; faktor eksponentnega glajenja $\alpha = (0,1)$
3. Izračun napovedi po metodi enostavnega eksponentnega glajenja.



Formula, uporabljena v Excelu:

$$\text{napoved}_{(t)} = \text{alfa} * \text{povpraševanje}_{(t-1)} + [(1 - \text{alfa}) * \text{napoved}_{(t-1)}]$$

Za napovedovanje na podlagi podatkov brez izrazitega trenda ali sezonskosti se uporablja preprosta metoda eksponentnega glajenja.

Linearno eksponentno glajenje, LES (Holtov model)



Metoda dvojnega eksponentnega glajenja (tako imenovani Holtov model) zajema linearne trende v podatkih. To je pravi model za povpraševanje, pri katerem je mogoče opaziti konstanten trend naraščanja ali upadanja. Vendar pa ni sezonskosti.

Model dvojnega eksponentnega glajenja temelji na dveh faktorjih glajenja. Eden se nanaša na glajenje ravni spremenljivke (naključna nihanja), drugi pa na njeno povečanje (trendna nihanja). Oba koeficienta morata biti znotraj razpona: $(0,1)$. To je predstavljeno s formalnim modelom:

$$\begin{aligned}\tilde{y}_t &= L_{t-1} + T_{t-1} \\ L_t &= \alpha y_{t-1} + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1}) \\ T_t &= \beta(L_{t-1} - L_{t-2}) + (1 - \beta)T_{t-1}\end{aligned}$$

kjer:

α - faktor glajenja ravni spremenljivke

β - dejavnik glajenja rasti.

V skladu z modelom sta potrebni dve začetni vrednosti L_t in $T_{(t)}$:

$L_t = y_{t-1}$ - po naivni metodi;

$T_t = y_{t-1} - y_{t-2}$

Formula, uporabljena v Excelu:



napoved_(t) = [alfa * povpraševanje_(t-1) + (1 - alfa)(naključno nihanje_(t-1)) + trendno nihanje_(t-1)] + [beta * (naključno nihanje_(t-1) - (naključno nihanje_(t-2)) + (1 - beta) * trendno nihanje_(t-1)]

Holt-Wintersova sezonska metoda (Holt-Wintersov model)

Metoda sezonskega eksponentnega glajenja, imenovana tudi Holt-Wintersov model, je zelo primerna za napovedovanje povpraševanja za podatke, za katere sta značilna tako trend kot sezonskost (www_8.1). Vendar je treba pridobiti dolge vrste podatkov o povpraševanju, saj je treba preveriti ponavljajoča se ciklična nihanja (potrditev, da v vrsti obstaja sezonsko



povpraševanje). Sezonska nihanja se pojavljajo v aditivni ali multiplikativni različici (Kucharski, 2013).

Dodatna nihanja se pojavijo, kadar je v posameznih podobdobjih sezonskega cikla mogoče opaziti odstopanja ravni analiziranega pojava od povprečne ravni ali trenda v smislu absolutne vrednosti.

To predstavlja formalni model:

$$\check{y}_t = L_{t-1} + T_{t-1} + S_{t-p}$$

$$L_t = \alpha(y_t - S_{t-p}) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1})$$

$$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}$$

$$S_t = \delta(y_t - L_t) + (1 - \delta)S_{t-p}$$

kjer:

α - faktor glajenja ravni spremenljivke

β - faktor glajenja trenda

δ - koeficient sezonske komponente

L_t - komponenta na ravni v času t

T_t - komponenta trenda v času t

S_t - sezonska komponenta v času t

p - sezonsko obdobje.

Formula, uporabljena v Excelu:



**napoved_(t) = komponenta ravni_(t-1) + komponenta trenda_(t-1) +
komponenta sezonskosti_(t-p)**

**komponenta ravni_(t) = alfa * [povpraševanje_(t) - komponenta
sezonskosti_(t)] + (1 - alfa) * (komponenta ravni_(t-1) + komponenta
trenda_(t-1))**



komponenta trenda_(t) = beta * (komponenta ravni_(t) - komponenta ravni_(t-1)) + [(1 - beta) * komponenta trenda_(t-1)]

komponenta sezonskosti_(t) = gama * (povpraševanje_(t) - komponenta ravni_(t)) + (1 - gama) * komponenta sezonskosti_(t-p)

komponenta sezonskosti_(t-p) za štiri četrletja

komponenta sezonskosti₍₁₎ = povpraševanje₍₁₎ / povprečno povpraševanje₍₁₋₄₎

komponenta sezonskosti₍₂₎ = povpraševanje₍₂₎ / povprečno povpraševanje₍₁₋₄₎

komponenta sezonskosti₍₃₎ = povpraševanje₍₃₎ / povprečno povpraševanje₍₁₋₄₎

komponenta sezonskosti₍₄₎ = povpraševanje₍₄₎ / povprečno povpraševanje₍₁₋₄₎

Multiplikativna nihanja se pojavijo, kadar je v posameznih podobdobjih cikla mogoče opaziti odstopanje od povprečne ravni ali trenda za določeno stalno relativno vrednost (Sobczyk, 2006). To je predstavljeno s formalnim modelom:

$$\check{y}_t = (L_{t-1} + T_{t-1})S_{t-p}$$

$$L_t = \alpha \left(\frac{y_t}{S_{t-p}} \right) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1})$$

$$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}$$

$$S_t = \delta \left(\frac{y_t}{L_t} \right) + (1 - \delta)S_{t-p}$$

kjer:

α - faktor glajenja ravni spremenljivke

β - faktor glajenja trenda

δ - koeficient sezonske komponente



L_t - komponenta na ravni v času t

T_t - komponenta trenda v času t

S_t - sezonska komponenta v času t

p - sezonsko obdobje.

Ne smemo pozabiti, da je aditivni trend povezan z dvojnimi eksponentnim glajenjem z linearnim trendom, multiplikativni trend pa z dvojnimi eksponentnim glajenjem z eksponentnim trendom (www_8.2).

Formula, uporabljena v Excelu:

$\text{napoved}_{(t)} = (\text{komponenta ravni}_{(t-1)} + \text{komponenta trenda}_{(t-1)}) * \text{komponenta sezonskosti}_{(t-p)}$

$\text{komponenta ravni}_{(t)} = \text{alfa} * [\text{povpraševanje}_{(t)} / \text{komponenta sezonskosti}_{(t)}] + (1 - \text{alfa}) * (\text{komponenta ravni}_{(t-1)} + \text{komponenta trenda}_{(t-1)})$

$\text{komponenta trenda}_{(t)} = \text{beta} * (\text{komponenta ravni}_{(t)} - \text{komponenta ravni}_{(t-1)}) + [(1 - \text{beta}) * \text{komponenta trenda}_{(t-1)}]$



$\text{komponenta sezonskosti}_{(t)} = \text{gama} * (\text{povpraševanje}_{(t)} / \text{komponenta ravni}_{(t)}) + (1 - \text{gama}) * \text{komponenta sezonskosti}_{(t-p)}$

komponenta sezonskosti_(t-p) za štiri četrletja

$\text{komponenta sezonskosti}_{(1)} = \text{povpraševanje}_{(1)} / \text{povprečno povpraševanje}_{(1-4)}$

$\text{komponenta sezonskosti}_{(2)} = \text{povpraševanje}_{(2)} / \text{povprečno povpraševanje}_{(1-4)}$

$\text{komponenta sezonskosti}_{(3)} = \text{povpraševanje}_{(3)} / \text{povprečno povpraševanje}_{(1-4)}$



$$\text{komponenta sezonskosti}_{(4)} = \frac{\text{povpraševanje}_{(4)}}{\text{povprečno povpraševanje}_{(1-4)}}$$

Avtoregresijske metode

Med modeli napovedovanja imajo posebno mesto modeli stacionarnih serij ARMA (AutoRegressive Moving Average) in nestacionarnih serij ARIMA (AutoRegressive Integrated Moving Average model). To so modeli, ki temeljijo na pojavu avtokorelacije in so nastali z integracijo avtoregresijskega modela AR (AutoRegressive model) in modela MA (Moving Average) (Grzelak, 2019).

Za namene te študije bodo predstavljene tri avtoregresivne metode: (1) avtoregresivno drseče povprečje (ARMA); (2) avtoregresivno integrirano drseče povprečje (ARIMA); (3) naključna hoja (RW).

Modela ARMA in ARIMA imata veliko podobnosti. Sestavini AR(p) - splošni avtoregresijski model in MA - splošni model drsečega povprečja MA(q) sta enaki. Razlika med modeloma ARMA in ARIMA je v tem, da se razlikujeta. Če v modelu ARMA ni razlik, postane preprosto model ARIMA.

Avtoregresijsko drseče povprečje, ARMA

Pogoj za napovedovanje po metodi ARMA je vrsta podatkov, za katere je značilna stacionarnost. To pomeni, da lahko v tej vrsti razlikujemo konstantno srednjo vrednost, konstantno varianco in konstantno kovarianco, ki je odvisna le od časovnega intervala med vrednostmi (Schaffer et al., 2021).

V skladu z modelom ARMA je napovedana vrednost v času t odvisna od njenih preteklih vrednosti in od razlik med dejanskimi preteklimi vrednostmi napovedane spremenljivke in njenimi vrednostmi, pridobljenimi iz modela - napake napovedi. Ta model se imenuje model ARMA(p,q), kjer se p nanaša na red avtoregresijskega polinoma, q pa je red polinoma drsečega povprečja. To je predstavljeno s formalnim modelom:

$$\hat{y}_t = \varepsilon_t + (\alpha y_{t-1} + \varepsilon_t) + (\beta y_{t-2} - \alpha y_{t-1} + \varepsilon_t) + (\varepsilon_t + \alpha \varepsilon_{t-1})$$



kjer:

α - parameter avtoregresijskega modela

β - parameter modela drsečega povprečja

ε - modelska napaka (beli šum).

Formula, uporabljena v Excelu:

napoved_(t) = napaka modela_(t) + komponenta₁ + komponenta₂ + komponenta₃



Napaka modela_(t) = NORM.S.INV(rand())

komponenta₁ = alfa * komponenta_{1(t-1)} + napaka modela_(t)

komponenta₂ = beta * komponenta_{2(t-2)} - alfa * komponenta_{2(t-1)} + napaka modela_(t)

komponenta₃ = napaka modela_(t) + alfa * modelska napaka_(t-1)

Avtoregresijsko integrirano drseče povprečje, ARIMA

Pri modelih ARIMA je pozornost namenjena nestacionarnosti serije. V modelu so trije parametri: avtoregresijski parameter (p), parameter drsečega povprečja (q) in red diferenciacije (d). Model ARIMA(p,q,d) se opisuje tudi s številkami, na primer: (1,1,0), kar pomeni, da je v vrsti p=1 en sam avtoregresijski parameter, q=1 en sam parameter drsečega povprečja, d =0 pa ne pride do diferenciacije (Malska in Wachta, 2015).). Za dani primer je formalni splošni model naslednji:

$$\tilde{y}_t = \alpha + y_{t-1} + \beta_1(y_{t-1} - y_{t-2})$$

kjer:

α - parameter avtoregresijskega modela

β - parameter drsečega povprečja.



Formula, uporabljena v Excelu:

napoved_(t) = alfa + povpraševanje_(t-1) + beta * [povpraševanje_(t-1) - povpraševanje_(t-2)]

Naključni sprehod, RW

Model naključne hoje je podkategorija modela ARIMA. V preprostem modelu RW se predpostavlja, da je vsaka napoved vsota zadnjega opazovanja in naključnega izraza napake. Zato predpostavlja, da je zadnje opazovanje najboljši pokazatelj za oblikovanje najbližje naslednje napovedi. Ta model je precej preprost za razumevanje in izvajanje. Uporablja se, kadar je v zaporedju podatkov opazen trend razvoja. To je predstavljeno s formalnim modelom:

$$\tilde{y}_t = y_{t-1} + \varepsilon_t$$

$$\varepsilon_t = y_{t-1} - y_{t-2}$$

kjer:

ε - modelska napaka (beli šum).



Formula, uporabljena v Excelu:

napoved_(t) = povpraševanje_(t-1) + [povpraševanje_(t-1) - povpraševanje_(t-2)]

Ugotovljeno je bilo, da številne kompleksne metode napovedovanja, ki temeljijo na linearni strukturi, ne morejo premagati naivnega modela RW (Adhikari & Agrawal, 2014).

Regresijske metode

V regresijskih modelih ni mogoče govoriti o vplivu ene spremenljivke na drugo. S pomočjo spremenljivke ali niza spremenljivk se pojasnjuje druga spremenljivka. Za uporabo



regresijskih metod je potrebna večja količina preteklih podatkov - daljše kot je obdobje opazovanja preteklih podatkov, večja je možnost natančnega določanja napovedi.

Poznamo številne različice regresijskih modelov: linearna regresija, nelinearna regresija, logistična regresija, stopenjska regresija, ordinalna regresija. Formula za splošno obliko regresije je naslednja:

$$\hat{y}_t = f(X, \beta) + \varepsilon_t$$

kjer:

X - pojasnjevalna, napovedna spremenljivka

β - regresijski koeficient

$f(X, \beta)$ - regresijska enačba

ε_t - naključna napaka.

Za namene te študije bodo predstavljene tri metode eksponentnega glajenja: (1) metoda projekcije trenda; (2) metoda enostavne linearne regresije; (3) metoda večkratne linearne regresije.

Metoda projekcije trenda

Metoda projekcije trendov je različica linearne metode. Jet je najbolj klasična metoda poslovnega napovedovanja, ki obravnava gibanje spremenljivk skozi čas. Razlikujemo lahko med **grafično metodo** - pri kateri so podatki prikazani na grafu, skozi katerega se ročno potegne črta. Pri risanju črte se upošteva najmanjša razdalja med označenimi točkami in črto; metodo prilaganja enačbe trenda z uporabo podatkov in enačbe ravne ali eksponentne črte.

Metoda enostavne linearne regresije

Metoda linearne regresije je najpreprostejša različica regresije. Namen metode linearne regresije je, da se podatkom prilaga ravna črta. Zato morate poiskati rešitev, ki vam bo omogočila poiskati optimalno premico, ki bo najbolje prikazala razmerje med podatki. Pri preprosti metodi linearne regresije model napovedovanja temelji na linearni tendenci. Za določitev regresijske premice in s tem vrednosti v linearnem regresijskem modelu morate izračunati koeficienta premice a in b . To predstavlja formalni model:



$$\tilde{y}_t = an + b$$

kjer:

a - vrednost spremenljivke v analiziranem obdobju

b - vrednost povečanja ali zmanjšanja odvisne spremenljivke

n - serijska številka analiziranega in napovedanega obdobja.

Za določitev parametrov a in b morate izračunati sistem dveh enačb. Ta ima naslednjo obliko:

$$\begin{cases} a \sum_{i=1}^n t_i^2 + b \sum_{i=1}^n t_i = \sum_{i=1}^n t_i \cdot y_i \\ a \sum_{i=1}^n t_i + b \cdot n = \sum_{i=1}^n y_i \end{cases}$$

kjer:

t_i - zaporedna številka obdobja ($t = 1, 2, 3, \dots$), ki je vrednost neodvisne časovne spremenljivke

y_i - odvisna spremenljivka (npr. povpraševanje po določeni dobrini v določenem časovnem obdobju)

a - vrednost spremenljivke v analiziranem obdobju

b - vrednost povečanja ali zmanjšanja odvisne spremenljivke

n - število vseh analiziranih obdobj.



Najhitreje pa lahko zgornje regresijske koeficiente izračunate z uporabo funkcije LINEST.

Sintaksa: **LINEST(znan_y,[znan_x],[konstanta],[statistika])**

Metoda večkratne linearne regresije

Večkratna linearna regresija omogoča oblikovanje modelov linearnih povezav med več spremenljivkami. Metoda večkratne linearne regresije se uporablja pri analizi podatkov za



preučevanje zapletenih razmerij med več spremenljivkami. To je predstavljeno s formalnim modelom:

$$\check{y}_t = a + b_1 y_1 + b_2 y_2 + \dots + b_i y_i + \varepsilon$$

kjer:

a - Vrednost spremenljivke v analiziranem obdobju.

b - vrednost povečanja ali zmanjšanja odvisne spremenljivke

ε - modelska napaka (beli šum).

8.7. Napake v napovedi

Za oceno natančnosti napovedi je treba izmeriti napake napovedi. Glede na to, da ni zagotovila za popolno napoved prihodnjega povpraševanja (Hopp in Spearman, 1999), je vsaka napoved podvržena napakam.

Raziskovalci razlikujejo med sistematičnimi in nesistematičnimi učinki napak v napovedih (Zeiml et al., 2019). Uspešnost sistema napovedovanja se običajno meri z različnimi merami napak napovedi (preglednica 8.5).

Preglednica 8.5. Izbrane napake napovedi

Napaka v napovedi	Model	Tolmačenje
Srednja kvadratna napaka (MSE)	$MSE = \frac{\sum (y_t - p_t)^2}{n}$	Srednja kvadratna napaka je lahko le pozitivna, njena vrednost pa mora biti čim manjša. Vrednost te napake, ki je enaka 0, pomeni odlično natančnost napovedi.
Korenska srednja kvadratna napaka (RMSE)	$= \sqrt{\frac{\sum (p_t - y_t)^2}{n}}$	Vrednost napake mora biti čim bližje 0. Manjša kot je vrednost povprečne kvadratne napake, boljši je model. Tudi popoln model ima vrednost, ki je enaka 0.
Povprečna absolutna odstotna napaka (MAPE)	$MAPE = \frac{\sum E_t - A_t }{n}$	To je ena izmed najbolj priljubljenih mer napak. Vrednost 0 pomeni, da model nima povprečne napake, kar pomeni, da mora biti vrednost čim bližje 0. Pri enakih napakah napovedi je zaradi manjših dejanskih vrednosti relativna napaka večja.



Povprečna odstotna napaka (MPE)	$MPE = \frac{100\%}{n} \sum \frac{a_t - f_t}{a_t}$	To je povprečni odstotek napake (ali odstopanja). Pove, kolikšno bo povprečno odstopanje od dejanske vrednosti v obdobju napovedi. MPE je uporaben, ker omogoča preverjanje, ali model napovedi sistematično podcenjuje (bolj negativna napaka) ali precenjuje (pozitivna napaka).
Srednje absolutno odstopanje (MAD)	$MAD = \sum \frac{ x_t - \bar{x}_t }{n}$	Gre za preprosto razširitev absolutne variance. Povprečni absolutni odklon se uporablja kot merilo variabilnosti podatkov.

Vir: (Hyndman & Koehler, 2006; Zeiml, et al., 2019)

8.8 Prednosti napovedovanja z uporabo Excel Forecasting

Za napovedovanje se lahko uporablja program Microsoft Excel. Z uporabo razvitih algoritmov in na podlagi zbranih podatkov iz preteklosti lahko pripravite obrazce za izdelavo napovedi in posledično sprejmete prave poslovne odločitve. Excel je osnovno orodje za napovedovanje.

Tabela 8.6. Izbrane funkcije programa Excel

Funkcija	Razlaga:
=ZELENINA	Ta funkcija omogoča izračun povprečja na podlagi obstoječih vrednosti.
=SUM	Funkcija omogoča izračun vsote na podlagi obstoječih vrednosti.
=FORECAST	Funkcija omogoča napovedovanje prihodnje vrednosti na podlagi obstoječih vrednosti z uporabo linearne regresije.
=FORECAST.ETS	Izračuna ali napoveduje prihodnjo vrednost na podlagi obstoječih (preteklih) vrednosti z uporabo različice algoritma eksponentnega glajenja (ETS).



=LINEST	Izračuna statistične podatke za črto z metodo najmanjših kvadratov.
=FORECAST.LINEAR	Iz obstoječih vrednosti z linearno regresijo izračuna ali predvidi prihodnjo vrednost.
=TREND	Uporablja se za določitev linearnega trenda.
=FORECAST.ETS.SEASONALITY	Izračuna dolžino sezonskega vzorca na podlagi obstoječih vrednosti in časovnice.

Vir: lastna študija

Excel za napovedovanje uporabljajo številna mala, srednja in velika podjetja (tudi korporacije), saj ima na voljo številna ustrezna orodja. Podatke je mogoče preprosto shraniti in izračunati v Excelovem delovnem zvezku. Excel lahko pridobljene in obdelane podatke vizualizira na različne načine, kar je koristno in pripomore k lažjemu napovedovanju (www_8.3).

Konec koncev Excel uporablja številne formule, ki jih je mogoče uporabiti v delovnem zvezku programa za pomoč pri izračunu predvidenih vrednosti. Excel podpira več različnih funkcij, ki omogočajo praktično uporabo programa (preglednica 8.6). Njihovo razumevanje je ključnega pomena za to, da boste Excel kar najbolje izkoristili.

Pomanjkljivosti programa Excel vključujejo potrebo po ročni sinhronizaciji podatkov in ročnem posodabljanju podatkov. Druga pogosta težava je možnost napak zaradi nepravilno izvedenega uvoza podatkov ali zaradi prekinitve formule. Ker je Excel program za ročni vnos podatkov, podatki, ki se uporabljajo za napovedovanje, niso podatki v realnem času.

8.9 Umetna inteligenca pri napovedovanju

Podatki o dobavni verigi so večdimenzionalni in nastajajo na več točkah verige, za različne namene, v velikih količinah (zaradi številnih dobaviteljev, izdelkov in strank) in z veliko hitrostjo (zaradi številnih transakcij, ki se nenehno obdelujejo v omrežjih oskrbovalne verige). Zaradi te kompleksnosti in večdimenzionalnosti oskrbovalnih verig se je treba od konvencionalnih (statističnih) pristopov k napovedovanju povpraševanja, ki temeljijo na



ugotavljanju statistično povprečnih trendov (ki jih označujejo atributi povprečja in variance) (Michna, i in., 2020), preusmeriti k inteligentnim napovedim, ki se lahko učijo iz preteklih podatkov in se inteligentno razvijajo, da bi se prilagodile predvidevanju nenehno spreminjajočega se povpraševanja v oskrbovalnih verigah.

Odgovor na nove potrebe in izzive je anticipativna logistika, ki podpira procese, kot je napovedovanje povpraševanja. Njeno bistvo je možnost uporabe umetne inteligence (AI). Gre za kombinacijo sodobnih tehnologij, kot so Big Data (BD), strojno učenje (ML) in umetna inteligenca (Sczaniecka in Smarzyńska, 2018). Tehnološki napredek v zadnjih letih je privedel do vse pogostejšega ustvarjanja in shranjevanja velikih količin podatkov. Ti podatki se sčasoma zajemajo na različnih točkah (npr. v različnih členih oskrbovalne verige) in shranjujejo na različnih mestih. Zato jih je treba učinkovito obdelati, da bi iz njih pridobili uporabno in dragoceno znanje (Galicia et al., 2019).

Veliki podatki se nanašajo na dinamične, obsežne, hitre in raznolike podatkovne nize, ki presegajo zmožnosti obdelave tradicionalnih pristopov za upravljanje podatkov (Chen et al, 2014). Veliki podatki lahko zagotovijo veliko edinstvenih vpogledov v stvari, kot so tržni trendi, nakupni vzorci strank in cikli vzdrževanja, ter načine za zmanjšanje stroškov in sprejemanje bolj usmerjenih poslovnih odločitev (Wang et al, 2016). Raziskave kažejo, da lahko analiza velikih količin podatkov (Big Data Analytics - BDA) zagotovi način za pridobivanje natančnejših napovedi, ki bolje odražajo potrebe strank, olajša ocenjevanje uspešnosti oskrbovalne verige, izboljša učinkovitost oskrbovalne verige, skrajša odzivne čase in podpira oceno tveganja v dobavni verigi (Awwad et al., 2018)).

Analitika velikih količin podatkov (Big Data Analytics - BDA) na področju upravljanja oskrbovalne verige (Supply Chain Management - SCM) pridobiva vse večjo pozornost (Seyedan & Mafakheri, 2020). Analiza podatkov o oskrbovalni verigi je postala zapletena naloga zaradi (Awwad et al., 2018)

- vse večje število subjektov SC,
- vedno več različnih konfiguracij SC glede na homogenost ali heterogenost izdelkov,
- soodvisnosti med temi subjekti,



- negotovost glede dinamičnega obnašanja teh sestavnih delov,
- pomanjkanje informacij o subjektih oskrbovalne verige,
- mrežno povezanih proizvodnih enot zaradi njihovega vse večjega usklajevanja in sodelovanja, da bi dosegli visoko raven prilagajanja in prilagajanja različnim potrebam strank,
- vse večja uporaba praks digitalizacije oskrbovalne verige (in uporaba tehnologije Blockchain) za sledenje dejavnostim oskrbovalne verige.

Metode umetne inteligence se v svetu zelo intenzivno razvijajo, tako teoretično kot aplikativno (Trojanowska in Malopolski, 2004). Med metodami umetne inteligence se za napovedovanje uporabljajo umetne nevronske mreže. Nevronske mreže imajo številne lastnosti, ki so uporabne za analizo in napovedovanje časovnih vrst. Njihova učinkovitost je povezana predvsem z ugaševanjem sprejete strukture na podlagi podatkov. Postopek izgradnje nevronskega modela vključuje raziskovanje razpoložljivih podatkovnih nizov in omogoča samodejno ocenjevanje modela. Dodatna prednost nevronske mreže je njihovo enostavno prilagajanje spreminjajočim se tržnim razmeram (Ciežak et al, (2006).

V nasprotju s tradicionalnimi metodami, ki temeljijo na modelih, so umetne nevronske mreže (ANN) samoprilagodljive metode, ki temeljijo na podatkih. Učijo se iz primerov in zajemajo subtilne funkcionalne odnose med podatki, tudi če osnovni odnosi niso znani ali jih je težko opisati. Umetne nevronske mreže lahko posplošujejo (Hornik et al., 1989). Po preučitvi predstavljenih podatkov lahko sklepajo o nevidnem delu populacije, tudi če vzorčni podatki vsebujejo šumeče informacije. Imajo tudi splošnejše in prožnejše funkcionalne oblike kot tradicionalne statistične metode (Zhang et al., 1998).

Vprašanja

1. Katere so omejitve uporabe metod časovnih vrst pri napovedovanju povpraševanja?
2. Katere so glavne komponente časovne vrste in kakšen je njihov pomen v procesu napovedovanja?
3. Katere so različne strategije za ravnanje z odstopajočimi podatki?



VIRI

Adhikari R., Agrawal R.K. (2014) A combination of artificial neural network and random walk models for financial time series forecasting. *Neural Comput & Applic* 24, 1441-1449.

Ali M.M., Boylan J.E. & Syntetos A.A. (2012). Forecast errors and inventory performance under forecast information sharing, *International Journal of Forecasting*, 28(4), 830-841.

Altendorfer K. & 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. & 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. & 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. & 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 & Hall/CRC, Floryda: Boca Raton

Chen, M., Mao, S., Zhang, Y. & 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. & 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
- Galicia A., Talavera-Llames R., Troncoso A., Koprinska 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. & Spearman M.L. (1999). Factory physics. 2nd. edn. McGraw-Hill / Irwin: Boston
- Hornik K., Stinchcombe M. & White H. (1989) Multilayer feedforward networks are universal approximators. Neural networks, 2(5), 359-366.
- Hyndman R.J. & 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. & 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. & Guerrero V.M. (1994) Restricted forecasts using exponential smoothing techniques. International Journal of Forecasting, 10(4), 515-527.
- Sczaniecka, E. & Smarzyńska, N. (2018). Logistyka wyprzedzająca, czyli innowacyjne podejście do branży e-commerce. Journal of TransLogistics, 4(1), pp. 119-128



Seyedan M. & 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. & 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. & Erkip N. (2009) Using imperfect advance demand information in ordering and rationing decisions, International Journal of Production Economics, 121(2), 665-677.

Trojanowska M. & 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. & Wojciechowska, N. (2015). Zastosowanie klasycznych metod prognozowania popytu w logistyce dużych sieci handlowych. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, 41, 545-554

Wolny, M. & Kmiecik, 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. & 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. & 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/> (dostop: 08.02.2024)

(www_8.3) <https://www.inventory-planner.com/forecasting-in-excel/> (dostop: 08.02.2024)

(www_8.4) [IPM Insights Metrics \(oracle.com\)](https://ipm.oracle.com/) (dostop: 05.02.2024)



9. UPRAVLJANJE ZALOG



V tem poglavju so predstavljena najpomembnejša vprašanja, povezana z upravljanjem zalog. Poseben poudarek je bil namenjen analizi logističnih podatkov, za katero se lahko uporablja preglednica.

Tu boste našli:

- raven storitev za stranke,
- funkcije in delitev zalog,
- stroški zalog,
- osnovni modeli klasifikacije zalog,
- osnovni modeli dopolnjevanja.

9.1. Uvod

V sedanjih razmerah delovanja globalne oskrbovalne verige je ključni dejavnik, ki določa konkurenčnost, čas, potreben za uvedbo izdelka ali storitve na trg. Organizacije, ki želijo pridobiti ali ohraniti konkurenčno prednost, morajo izvajati rešitve, za katere sta značilni hitrost in prilagodljivost pri odzivanju na povpraševanje strank in tržna nihanja. Pred pandemijo COVID-19 so se mnoga podjetja nagibala k strategiji JIT (just in time), s katero so zmanjšala raven zalog in povečala učinkovitost z dobavo surovin in sestavnih delov točno takrat, ko so potrebni v proizvodnem procesu. Prilagodljivost je bila pomembna, vendar ne vedno prednostna naloga, saj je bilo ključno vzdrževati nizke ravni zalog in čim bolj skrajšati čas izpolnjevanja naročil.

Po pandemiji COVID-19 se je močno povečal poudarek na prožnosti in odpornosti sistemov. Podjetja, ki so se prej zanašala na dobavo "just in time", so začela spreminjati svoj pristop v smeri večje varnosti in diverzifikacije dobavnih verig, da bi bila bolj pripravljena na prihodnje motnje. Postalo je jasno, da morajo biti sistemi za upravljanje zalog bolj dinamični, da se lahko hitro odzovejo na nepričakovane spremembe v povpraševanju in razpoložljivosti surovin ali sestavnih delov. Zato so številne organizacije začele vzdrževati višje ravni varnostnih



zalog ter vlagati v napredne analitične tehnologije in umetno inteligenco, ki omogočajo boljše napovedovanje in odzivanje na spremembe v realnem času.

Tradicionalne metode napovedovanja, čeprav se pogosto uporabljajo, niso vedno učinkovite, saj lahko napake v napovedi povzročijo potrebo po skladiščenju dodatnih zalog. Zato je učinkovitejša rešitev uporaba dejanskih podatkov o porabi strank, ki omogoča boljše prilagajanje logističnih sistemov in zmanjšuje odvisnost od napovedi. Vendar je treba paziti, da se ohrani najvišja raven storitev za stranke (CSL), hkrati pa omejijo stroški in zmanjšajo zamrznjena sredstva v oskrbovalnem omrežju (Cyplik in Hadaś, 2012).

Zaloge so količina blaga, ki jo podjetje hrani za zadovoljitev trenutnih in prihodnjih potreb (Brunaud et al., 2019). Zaloge so opredmetene sestavine kratkoročnih sredstev. Zaloge imajo določeno lokacijo, mesto skladiščenja, njihovo velikost pa je mogoče izraziti s količinskimi in vrednostnimi merami (Niemczyk et al., 2011).

Zaloge zavzemajo prostor in vežejo kapital. Zato je upravljanje zalog nujno za zagotavljanje neprekinjenega poslovanja. **Upravljanje zalog** se nanaša na postopek nadzora in obvladovanja ravni zalog, ravni skladišč in njihovega skladiščenja v podjetju. To vključuje odločanje o tem, koliko zalog je treba hraniti, kdaj jih je treba ponovno naročiti ali dopolniti ter kako optimizirati uporabo zalog, da bi zadostili povpraševanju, hkrati pa zmanjšali stroške in povečali učinkovitost (Song et al., 2020). Učinkovito upravljanje zalog vključuje naloge, kot so napovedovanje povpraševanja, sledenje ravni zalog, dopolnjevanje zalog, optimizacija skladiščnega prostora in zmanjševanje zalog ali presežnih zalog (Jain et al., 2022).

Cilj upravljanja zalog je zagotoviti, da so pravi izdelki na voljo v pravih količinah, ob pravem času in na pravem mestu, da se izpolnijo potrebe kupcev pri čemer se je treba izogibati izpadu zalog, prevelikim zalogam in s tem povezanim stroškom (Jain et al., 2022; Matusiak, 2022).

9.2. Raven storitev za stranke

Storitve za stranke so širok pojem, zato je težko oblikovati jasno opredelitev. Ta pojem zajema vse vidike interakcije med ponudnikom in potrošnikom, vključno z nematerialnimi



in materialnimi elementi (Strojny, 2008). Zato se storitev za stranke pogosto obravnava s treh različnih vidikov (Bowersox in Closs, 1996):

- storitve za stranke kot posebne dejavnosti - to je poseben sklop nalog, ki jih mora podjetje opraviti, da izpolni pričakovanja strank, npr. obdelava naročil, izdaja računov, obravnava vračil in pritožb,
- storitve za stranke kot merjenje uspešnosti dejavnosti - to pomeni ocenjevanje skozi prizmo različnih kazalnikov uspešnosti, kot sta odstotek pravočasno in v celoti dostavljenih naročil ter hitrost obdelave naročil,
- storitev za stranke kot filozofija vključuje ustvarjanje okolja in organizacijske kulture, katere cilj je zagotoviti najvišjo raven zadovoljstva strank z optimalnimi storitvami na vseh ravneh delovanja podjetja.

V okviru upravljanja zalog je ključna naloga pri oblikovanju in vzdrževanju varnostnih zalog zagotavljanje ustrezne ravni storitev za stranke. Zato je treba opredeliti raven storitev za stranke (CSL), ki jo je mogoče upoštevati z vidika posameznega asortimaja izdelkov (Bowersox in Closs, 1996; Cyplik in Hadaś, 2012):

- verjetnostno - kot verjetnost, da v danem ciklu dopolnjevanja zalog ne pride do pomanjkanja,
- kvantitativno - kot stopnja izpolnitve kvantitativnega povpraševanja.

Verjetnostna raven storitev za stranke pomeni verjetnost, da bodo od trenutka oddaje naročila, tj. začetka procesa dopolnjevanja zalog, do trenutka, ko bo prejeta pošiljka na voljo za uporabo (kar pomeni konec cikla dopolnjevanja zalog), vse potrebe zadovoljene, ne da bi zaloge zmanjkale. To je opredeljeno kot verjetnostna raven storitve, ki je izražena v odstotkih (Bowersox in Closs, 1996; Cyplik in Hadaś, 2012). Verjetnostno raven storitev za stranke je mogoče izračunati po formuli:

$$PSL = (I_d - I_{dn}) / I_d \times 100\%$$

kjer:

PSL - verjetnostna raven storitev,

I_d - število ciklov dopolnjevanja zalog v proučevanem obdobju,



I_{dn} - število ciklov dopolnjevanja zalog, v katerih je bilo v proučevanem obdobju zabeleženo pomanjkanje



Formula, uporabljena v Excelu:

$$\text{PSL} = \frac{[\text{število ciklov dopolnjevanja zalog}] - [\text{število ciklov dopolnjevanja zalog, v katerih je bilo zabeleženo pomanjkanje}]}{[\text{število ciklov dopolnjevanja zalog}]} * 100\%$$

PSL (verjetnost zadovoljitve povpraševanja v ciklu dopolnjevanja) 95 % pomeni, da bo podjetje v 95 od 100 primerov, ko bodo stranke želele kupiti izdelek, lahko izpolnilo njihova naročila brez zamud in čakanja na dobavo.

Kvantitativna raven storitev za stranke se nanaša na izvajanje naročil v količinskem smislu. Stopnja zapolnitve povpraševanja (DFR) - določa, kolikšen odstotek povpraševanja, ki so ga sporočili kupci, je bil sproščen iz zaloge (Bowersox & Closs, 1996; Cyplik & Hadaś, 2012).

Stopnjo zapolnitve povpraševanja lahko izračunate s formulo:

$$DFR = (PR - NB) / PR$$

kjer:

DFR - stopnja zapolnitve povpraševanja,

PR - povpraševanje, skupno število naročenih enot,

NB - število pomanjkljivosti.



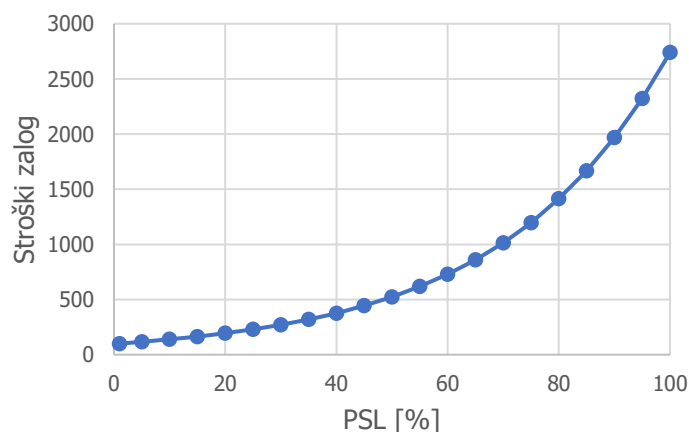
Formula, uporabljena v Excelu:

$$DFR = \frac{[\text{zahteva}] - [\text{število pomanjkljivosti}]}{[\text{povpraševanje}]}$$



Stopnja izpolnitve povpraševanja (**DFR**) 0,95 pomeni, da bo 95 % vseh naročil, ki jih oddajo stranke, izpolnjenih neposredno iz razpoložljivih zalog, le 5 % pa jih bo morda potrebovalo dodaten čas za dopolnitev zalog ali pa ne bodo izpolnjena zaradi

Ne glede na sprejeto definicijo je očitno, da je za razmerje med stopnjo storitev za stranke in naložbami v zaloge značilno eksponentno razmerje (slika 9.1). To pomeni, da pri visokih odstotkih ravni storitev za stranke (PSL) vsako nadaljnje povečanje tega kazalnika povzroči eksponentno povečanje naložb v zaloge (Cyplik & Hadaś, 2012).



Slika 9.1. Povezava med PSL in stroški zalog

Vir: lastna študija

Izboljšanje logističnih storitev za stranke je zapleten in sistematičen proces. Najpogosteje se analizirajo naslednji elementi, ki so razdeljeni v tri faze (Powell Robinson in Satterfield, 1990).

- pred-transakcijski - cilj je pripraviti organizacijo na storitve za stranke: npr. politika storitev za stranke, organizacijska struktura, standardi, postopki in navodila, usposabljanje za storitve za stranke,
- transakcijski - neposreden stik stranke s podjetjem in dokončanje transakcije v skladu z njenimi zahtevami: npr. odstotek neizpolnjenih naročil, informacije o



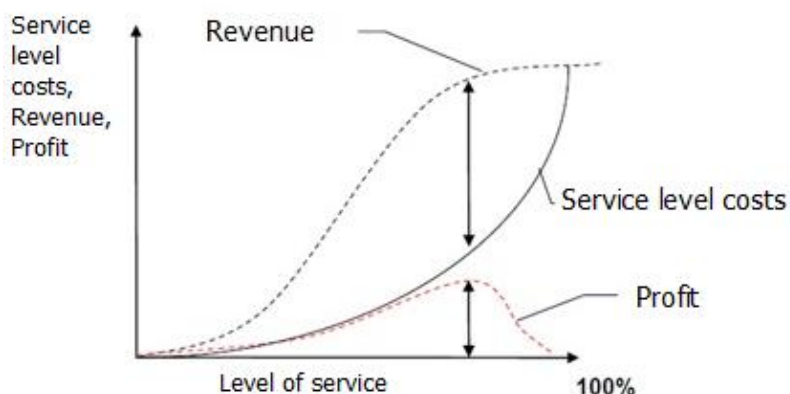
naročilu, enostavnost oddaje naročila, pogostost, zanesljivost, popolnost, točnost dostave,

- post-transakcijski, omogoča podjetju, da ohranja nadaljnje stike s stranko: npr. namestitve, garancije, popravila, sledenje izdelkom, obravnavanje pritožb strank, vračila, zamenjava okvarjenih izdelkov, zagotavljanje nadomestnih izdelkov.

Trenutno je največji poudarek na transakcijskih elementih logističnih storitev za stranke. Razdelimo jih lahko v štiri glavne skupine, povezane z (Papiernik-Wojdera in Sikora, 2022):

- čas, želi stranka prejeti naročilo čim prej, zato si prizadeva za skrajšanje časa izpolnitve naročila,
- zanesljivost, ki se obravnava v treh razsežnostih: zagotovilo, da bo naročilo, izvedeno brez pomanjkljivosti in poškodb pri transportu, popolnost prejetega naročila v skladu s specifikacijo iz pogodbe, točnost izpolnitve naročila,
- udobje, povezano z razpoložljivostjo izdelkov, stopnjo individualizacije storitev glede na potrebe strank, celovitostjo ponudbe, pogostostjo dostave, najmanjšo velikostjo pošiljke za dostavo, priročnostjo komunikacije (lokacija, infrastruktura),),
- komunikacijo, ki vključuje usposobljenost osebja, enostavnost oddaje naročila, razpoložljivost informacij o stanju naročila, informacije in nasvete o poprodajnih storitvah, jasnost, razumljivost in popolnost dokumentacije, komunikacijska sredstva in orodja IT, ki podpirajo komunikacijo s stranko

Opozoriti je treba, da mora podjetje najti ravnovesje med stroški storitve in zadovoljstvom strank, da bi povečalo dobiček (slika 9.2). Prenizka raven storitev lahko omeji prihodke, previsoka pa lahko pretirano poveča stroške, kar zmanjša dobiček (Placencia et al., 2020). Po prekoračitvi točke ravnovesja dodatni stroški, povezani z nadaljnjim povečevanjem ravni storitev, odtehtajo povečanje prihodkov, zaradi česar se dobiček zmanjša.



Slika 9.2. Povezava med ravno storitev za stranke ter prihodki in dobičkom

Vir: lastna študija

9.3. Funkcije in vrste popisov

Logistične procese, ki potekajo v podjetjih in dobavnih verigah, nenehno spremlja ustvarjanje zalog. Zaloge se ustvarjajo za izravnavo razlike v intenzivnosti blagovnih tokov. Zato lahko navedemo naslednje **funkcije zalog** (Bril in Łukasik, 2013; Hachuła in Schmeidel, 2016):

- zagotavljanje razpoložljivosti blaga ob pojavu povpraševanja,
- zaščito pred naključnimi nihanji neodvisnega povpraševanja in potreb po materialu v podjetju,
- zaščita pred nepričakovanimi spremembami časa obdelave naročila,
- zaščita pred zvišanjem cen,
- doseganje nižjih cen zaradi večjega obsega nakupov,
- nižji stroški transporta zaradi večjega obsega nakupov,
- potrebo po nakupu sezonskega blaga,
- potrebo po začitvi nekaterih materialov zaradi tehnoloških razlogov.

Na **raven in strukturo zalog** v podjetju vplivajo številni dejavniki. Med njimi so naslednji (Bril & Łukasik, 2013):



- obseg in ritem proizvodnje,
- pogostost dostave in obseg enkratne dostave materialov,
- razlike v stroških transporta velikih in majhnih serij zalog ter stroških skladiščenja,
- dolžina obdobja priprave materialov za proizvodnjo,
- stopnjo razširitve ponudbe izdelkov,
- razvoj informacijskih tehnologij,
- razvoj trga transportnih storitev,
- uporabljene metode načrtovanja in upravljanja zalog.

Zaloge v podjetju lahko razdelimo glede na različna merila. Za potrebe obračunov na področju računovodstva in njihovega mesta v dobavni verigi se razlikujejo (Selivanova et al., 2018):

- materiali - surovine, osnovni in pomožni materiali, polizdelki tuje proizvodnje, embalaža, rezervni deli in odpadki,
- končni izdelki - končni izdelki, opravljene storitve, dokončana dela, vključno z gradbenimi in montažnimi deli, znanstvenimi in raziskovalnimi deli, projektantskimi deli, geodetskimi in kartografskimi deli itd.
- polizdelki in nedokončani izdelki - nedokončana proizvodnja, to je nedokončana proizvodnja (storitve, vključno z gradbenimi deli) in polizdelki (nedokončani izdelki) lastne proizvodnje,
- Blago - opredmetene sestavine obratnih sredstev, kupljene za prodajo v nespremenjeni obliki; predplačila za dobavo materiala.

Na področju obvladovanja zalog pa se uporablja delitev zalog glede na količinsko strukturo zalog (glede na stopnjo obračanja): obračalne zaloge, neobračalne zaloge, zaloge, ki ne izkazujejo gibanja (presežne zaloge, varnostne zaloge), ali funkcije zalog - razlog nastanka: (Bril & Łukasik, 2013; Matusiak, 2022; Wild, 2017; Krzyżaniak & Cyplik, 2008; Fertsch, 2006; Krzyżaniak, 2015).).

Elementi strukture popisa so:



- **ciklična zaloga**, rotirajoča zaloga; gre za zaloge, ki jih podjetje porabi pri običajni proizvodnji ali distribuciji in jih ponovno ustvari v rutinskem procesu naročanja; ciklična zaloga v določenem obdobju je enaka polovici povprečnega obsega pošiljk v tem obdobju:

$$S_C = \frac{1}{2} \times \overline{DS}$$

kjer:

S_C - ciklična zaloga,

$\overline{DS}$ - povprečna velikost dostave.



Formula, uporabljena v Excelu:

$S_C = 0,5 * [\text{povprečna velikost pošiljke}] = 0,5 * [\text{AVERAGE}([\text{obseg celic}])]$

- **Odvečne zaloge** so opredeljene kot neobratne, podvojene ali mrtve zaloge, ki za podjetje nimajo vrednosti in bi jih bilo treba odprodati ali odstraniti; vzdrževanje teh zalog je za podjetje neupravičen strošek. Presežna zaloga je presežek zalog nad potrebami, opredeljenimi s povprečnim povpraševanjem v ciklu dopolnjevanja zalog in predvideno ravno storitev za stranke. Izračuna se po naslednji formuli:

$$S_E = S_{AV} - S_S - S_C$$

kjer:

S_E - presežna zaloga,

S_{AV} - srednja zaloga,

S_S - varnostna zaloga,

S_C - ciklična zaloga.



Formula, uporabljena v Excelu:

$$S_E = [\text{srednja zaloga}] - [\text{varnostna zaloga}] - [\text{ciklična zaloga}]$$

Parametri sistemov dopolnjevanja so:

- **varnostna zaloga**, zaloga, ki se ne obrača, je namenjena preprečevanju izrednih izpadov v proizvodnji ali distribuciji in je varovalo za zamude pri dobavah in izpolnjevanju naročil, je odvisna od ravni storitev za stranke na podlagi verjetnostnega pristopa (PSL). Varnostna zaloga za pretekle podatke zahteva naslednje informacije: povprečno povpraševanje na časovno enoto, povprečni čas cikla dopolnjevanja, standardni odklon povpraševanja, standardni odklon časa cikla dopolnjevanja. Varnostna zaloga za napovedne podatke zahteva: napoved povpraševanja, pogodbeni čas cikla dopolnjevanja, standardno napako napovedi, predpostavljeno zamudo pri izvedbi. Ne glede na časovno perspektivo so potrebni podatki o sprejeti ravni storitev za stranke, uporabljenem sistemu dopolnjevanja zalog in razpoložljivem proračunu. Varnostna zaloga se lahko spreminja z nihanjem povpraševanja in dobavnih rokov. Izračuna se na naslednji način:

$$S_S = \omega(PSL) \times \sigma_{(DT)}$$

kjer:

S_S - varnostna zaloga,

$\omega(PSL)$ - varnostni faktor, ki je odvisen od ravni storitev za stranke in vrste porazdelitve, ki opisuje spremenljivost povpraševanja v ciklu dopolnjevanja; v literaturi in praktičnih aplikacijah se najpogosteje predpostavlja normalna porazdelitev, ki se za določeno raven POP odčita iz statističnih tabel,

$\sigma_{(DT)}$ - standardni odklon povpraševanja v ciklu dopolnjevanja, se izračuna po formuli:

$$\sigma_{PT} = \sqrt{\sigma_T^2 \cdot D^2 + \sigma_P^2 \cdot T}$$

kjer:



$\sigma(P)$ odstopanje od povpraševanja,
 $\sigma(T)$ - odstopanje časa cikla dopolnjevanja,
 D - povprečno povpraševanje,
 T - čas cikla dopolnjevanja.



Formula, uporabljena v Excelu:

$S_s = [\text{varnostni faktor}] * [\text{standardni odklon povpraševanja v ciklu dopolnjevanja}]$

- **informacijska zaloga** se uporablja v sistemih: obnavljanje zalog na podlagi informacijske ravni, min-max, periodično z določeno informacijsko ravno in fiksnimi količinami dobave, periodično z določeno informacijsko ravno in maksimalno ravno ter spremenljivimi količinami dobave. Informacijska zaloga se izračuna z naslednjo formulo:

$$S_I = D \times T + S_s$$

kjer:

S_I - zaloga informacij,
 D - povprečno povpraševanje v sprejeti časovni enoti (npr. dan, teden),
 T - čas cikla dopolnjevanja zalog,
 S_s - varnostna zaloga.



Formula, uporabljena v Excelu:

$S_I = [\text{povprečno povpraševanje}] * [\text{čas cikla dopolnjevanja zalog}] + [\text{varnostna zaloga}] = [\text{AVERAGE}([\text{območje celic}])] * [\text{čas cikla dopolnjevanja zalog}] + [\text{varnostna zaloga}]$

- **Minimalna zaloga** se uporablja v tako imenovanem sistemu obnavljanja zalog, min-max, in se v sistemu dopolni, ko njena raven



pade pod določeno minimalno vrednost; vedno se dopolni do določene najvišje ravni zaloge. Minimalna zaloga se izračuna po formuli:

$$S_{MIN} = p_{(MAX)} \times T_d$$

kjer:

S_{MIN} - minimalna zaloga,

p_{MAX} - največja načrtovana poraba,

T_d - čas dostave.



Formula, uporabljena v Excelu:

$$Z_{MIN} = [\text{največja načrtovana poraba}] * [\text{dobavni rok}]$$

- **Največja zaloga** se uporablja v sistemih obnove zalog: na podlagi periodičnega pregleda, min-max, periodično s posebnimi informacijami in največjo ravno ter spremenljivim obsegom dobave. Največja zaloga se izračuna po formuli:

$$S_{MAX} = D \times (T + T_0) + S_s$$

kjer:

S_{MAX} - največja zaloga,

D - povprečno povpraševanje na časovno enoto (npr. dan, teden),

T - čas cikla dopolnjevanja,

T_0 - čas rednega cikla pregleda,

S_s - varnostna zaloga.



Formula, uporabljena v Excelu:

$$\begin{aligned} S_{MAX} &= [\text{povprečno povpraševanje}] * ([\text{čas cikla} \\ &\text{dopolnjevanja}] + [\text{čas cikla rednega pregleda}] + [\text{varnostna} \\ &\text{zaloga}] = \\ &= [\text{AVERAGE}([\text{območje celic}])] * ([\text{čas cikla dopolnjevanja}] + \\ &[\text{čas rednega cikla pregleda}] + [\text{varnostna zaloga}]) \end{aligned}$$



- **proste zaloge** ali razpoložljive zaloge so zaloge, ki so trenutno ali v predvidljivi prihodnosti na voljo za izdajo strankam (zunanjim ali notranjim); upoštevajo se zaloge, ki so bile naročene pri dobaviteljih, vendar še niso bile dobavljene, vendar bodo dobavljene v predvidljivi prihodnosti in bodo povečale raven zalog; blago, ki ga je kupila zunanja stranka ali rezervirala notranja stranka, vendar še ni fizično zapustilo skladišča, ni vključeno v razpoložljive zaloge. Prosta zaloga se izračuna na naslednji način:

$$S_F = S_W + S_O - S_R$$

kjer:

S_F - prosta zaloga,

S_W - zaloga v skladišču,

S_O - zaloga naročena, vendar nedobavljena,

S_R - zaloga rezervirana, vendar ne sproščena iz zaloge.



Formula, uporabljena v Excelu:

$$S_F = [\text{zaloga v skladišču}] + [\text{naročena zaloga}] - [\text{rezervirana zaloga}]$$

Zaloge po merilu vzroka nastanka so naslednje:

- **zaloge nedokončane proizvodnje** so materiali in polizdelki v proizvodnem prostoru ter zaloge na poti, ki se vrednotijo po proizvodnih stroških, ki v skladu z Zakonom o računovodstvu vključujejo stroške, neposredno povezane z določenim izdelkom, in upravičen del stroškov, posredno povezanih s proizvodnjo izdelka.
- **sezonska zaloga** se ustvarja za zadovoljitev povpraševanja skozi vse leto, vendar se proizvaja le sezonsko (kmetijski proizvodi, sadje), je namerno ustvarjena in je posledica razlike med obsegom prodaje in obsegom proizvodnje v določenem obdobju,
- **promocijske zaloge** se vzdržujejo med tržno promocijo in se kopičijo pred datumom promocije; gre za zaloge, ki se vzdržujejo zato, da se logistični sistem lahko hitro odzove na tržno ali cenovno promocijo,



- **špekulativne zaloge** se ustvarjajo v pričakovanju rasti cen, sprememb deviznih tečajev ali sprememb v družbenopolitični razsežnosti.

9.4. Osnovni sistemi dopolnjevanja zalog

Osnovni modeli dopolnjevanja zalog v logistiki zajemajo več pogosto uporabljenih sistemov, ki organizacijam pomagajo upravljati ravni zalog, da bi zmanjšale stroške in zagotovile razpoložljivost izdelkov. Ti vključujejo:

- Sistem ROP (točka ponovnega naročila) z informacijsko zalogo: naročila se oddajo, ko raven zaloge doseže vnaprej določeno točko (točka ponovnega naročila), kar zagotavlja, da se izdelki dopolnijo, preden se izčrpajo, s čimer se zmanjša tveganje izpadov zalog,
- Sistem ROC (Reorder Cycle) z maksimalno zalogo: naročila se oddajajo v določenih časovnih intervalih, njihova količina pa upošteva trenutno raven zalog, da bi se dopolnila do maksimalne ravni,
- Sistem JIT (Just-In-Time): zaloge se dopolnjujejo le po potrebi, pogosto zaradi zmanjšanja stroškov skladiščenja. Ta sistem se uporablja v proizvodnih okoljih, ki želijo čim bolj zmanjšati zaloge,
- Sistem Kanban: naročila se sprožijo s fizičnimi signali (kot so kartice), kar zagotavlja neprekinjen pretok materiala, ta model pa zagotavlja prožnost pri dopolnjevanju zalog glede na spreminjajoče se povpraševanje,
- Sistem EOQ (Economic Order Quantity): določa ekonomsko količino naročila, da bi se zmanjšali stroški naročanja in skladiščenja; običajno se uporablja v stabilnih okoljih, kjer je povpraševanje predvidljivo,
- Sistem MRP (načrtovanje materialnih potreb) se uporablja za načrtovanje materialnih potreb na podlagi napovedanega povpraševanja in urnikov proizvodnje.

Zgornji modeli se uporabljajo glede na potrebe in operativne značilnosti podjetja. Vsak ima svoje prednosti in se izbere na podlagi dejavnikov, kot so spremenljivost povpraševanja, stroški vzdrževanja zalog in zapletenost oskrbovalne verige. Zaradi svoje razširjene uporabe so



osnovni sistemi za dopolnjevanje zalog. Opisana sta osnovna načina dopolnjevanja zalog: ROP in ROC.

Sistem **ROP (Reorder Point)** se nanaša na odločanje o naročanju na podlagi razpoložljive ravni zaloge: če zaloga pade pod raven informacijske zaloge, se sproži naročilo. Točka ponovnega naročila je opredeljena kot raven zaloge, pri kateri je treba oddati naročilo, da se prepreči izčrpanje zaloge pred prihodom naslednje dobave. Varnostna zaloga se doda, da se zmanjša tveganje pomanjkanja zalog. Ta sistem se najpogosteje uporablja za zaloge, razvrščene v skupini A in B v skladu s klasifikacijo ABC, zaradi najmanjših ravni zalog, ki jih ustvarja v skladišču (Cyplik, 2005). Točka ponovnega naročila se izračuna po formuli:

$$ROP = D \times T + Z_B$$

kjer:

ROP - točka ponovnega naročila,

D - povprečno povpraševanje v sprejeti časovni enoti (npr. dan, teden),

T - čas cikla dopolnjevanja,

S_s - varnostna zaloga.

Sistem ROP je učinkovit v okoljih, kjer je povpraševanje relativno stabilno in je cikel dopolnjevanja zalog dobro opredeljen. Pomaga zmanjšati tveganje za izpad zalog, hkrati pa ohranja optimalno raven zalog. Osnovna pravila za uporabo sistema ROP so naslednja:

- **določiti točko ponovnega naročila**, ki je raven zaloge, pri kateri se sproži novo naročilo; upoštevati mora pričakovano povpraševanje in varnostno zalogo v pripravljalnem obdobju,
- predpostavlja se, da se vzdržuje **varnostna zaloga**, da se prepreči pomanjkanje zalog v primeru nenadnega povečanja povpraševanja ali zamud pri dobavi,
- za pravočasen začetek postopka naročanja je potrebno **redno spremljanje ravni zalog**,
- preseganje ali padec pod točko ponovnega naročila pomeni, da je treba **oddati novo naročilo**, da se ohrani neprekinjena dobava in preprečijo motnje v proizvodnji ali distribuciji,



- temelji na **napovedovanju povpraševanja**, zato je za določitev povprečnega povpraševanja in oceno variabilnosti nujno uporabiti zanesljive pretekle podatke in napovedi, da se natančno določi točka ponovnega naročila.

Sistem **ROC (Reorder Cycle)** vključuje naročanje v določenem ciklu z določenim obdobjem pregleda. Količina naročila je spremenljiva in izhaja iz razlike med najvišjo stopnjo zaloge in trenutno razpoložljivo zalogo. Velikost naročila se določi po metodi lot za lot, da se pokrije povpraševanje celotnega cikla. Največja zaloga se določi na podlagi pričakovanega povpraševanja v ciklu ob upoštevanju varnostne zaloge. Cikel naročila je vnaprej določen in omogoča redne dobave, vendar lahko zahteva večje varnostne zaloge zaradi tveganja, povezanega z nerednim povpraševanjem. Ta sistem se uporablja za zaloge, razvrščene v skupino C v skladu s klasifikacijo ABC (Cyplik, 2005). Velikost naročila v sistemu ROC se izračuna po formuli:

$$Q = S_{MAX} - S_F$$

kjer:

Q - velikost naročila,

S_{MAX} - največja zaloga,

S_F - proste zaloge (tekoče).

Sistem ROC je primeren za okolja s fiksnim urnikom dobave, kjer je mogoče napovedati povpraševanje v obdobju cikla. Zagotavlja stabilnost pri upravljanju zalog in se lahko uporablja v razmerah, kjer je rednost naročil prednostna naloga. Osnovna pravila za uporabo sistema ROC so naslednja:

- Temelji na naročanju **na rednih, vnaprej določenih časovnih presledkih (ciklih)**; pri določanju cikla naročanja je treba upoštevati povpraševanje in čas dopolnjevanja, da se zagotovi ustrezna pogostost naročil,
- določi se **najvišja raven zaloge**, ki služi kot cilj za vsako naročilo; najvišja raven zaloge mora upoštevati pričakovano povpraševanje med ciklom in varnostno zalogo,
- naročila se oddajajo **v rednih ciklih**, vendar **je količina naročila lahko prilagodljiva**, saj se prilagaja trenutni ravni zalog in pričakovanemu



povpraševanju, kar omogoča odzivnost na spremembe povpraševanja brez spreminjanja urnika naročil, in

- **Redno spremljanje** ravni zalog je bistvenega pomena za zagotovitev, da se cikli naročil in količine ustrezno prilagajajo spreminjajočemu se povpraševanju in razpoložljivosti ponudbe.

9.5. Stroški zalog

Stroški zalog so pomemben dejavnik pri upravljanju proizvodnih zmogljivosti in zalog. Zaloge vežejo kapital in povzročajo stroške, povezane z naročanjem, skladiščenjem in morebitnim pomanjkanjem. Podjetja morajo skrbno načrtovati ravni zalog, da bi čim bolj zmanjšala te stroške in optimizirala celotno uspešnost oskrbovalne verige (Song et al., 2020).

Koncept stroškov ima različne vidike in v literaturi je mogoče najti številne opredelitve. Na splošno so **stroški** ekonomska kategorija, ki jih opisuje kot porabo določenih virov za proizvodnjo predmeta ali opravljanje storitve. Za stroške so značilne naslednje značilnosti (Matusiak, 2022):

- predstaviti porabo proizvodnih dejavnikov na dragocen način,
- so nastale za določen namen,
- jih je mogoče dodeliti točno določenim obdobjem,
- je mogoče primerjati stroške s prihodki,
- so vključeni v običajno poslovanje podjetja.

Stroški zalog so posledica potrebe po uporabi finančnih sredstev v različnih fazah njihovega kopičenja in skladiščenja. Vključujejo stroške, povezane s celotnim življenjskim ciklom zalog, od nakupa surovin, prek njihovega skladiščenja do proizvodnih in distribucijskih procesov (Śliwczyński, 2008).

Stroške, ki nastanejo v podjetju in dobavni verigi v zvezi z zalogami, lahko razdelimo v tri kategorije (Skowronek in Sarjusz-Wolski, 2012):

- stroški dopolnjevanja zalog,
- stroški posedovanja zalog,



- stroški pomanjkanja.

Postopek nastajanja stroškov, povezanih z zalogami, se začne z zavestnimi koraki za izbiro dobavitelja in pripravo naročila ter konča s prejemom materiala ali izdelkov v vire podjetja. V okviru skladiščnih dejavnosti je to dejanje evidentiranja prejema blaga in izdaje ustreznega skladiščnega dokumenta, imenovanega zunanji prejemni dokument.

Stroške dopolnjevanja zalog lahko razdelimo na stroške naročanja in stroške transporta. Pri **stroških naročanja** lahko razlikujemo naslednje sestavine (Krzyżaniak & Cyplik, 2008; Śliwczyński, 2008):

- stalni stroški - stroški plač v oddelkih za dobavo ali nabavo, stroški infrastrukture (prostori, oprema, sistemi IT), stalni stroški povezav IKT, naročnine za uporabo nabavnih platform, stalni stroški licenc programske opreme, ki jo uporabljajo oddelki za dobavo ali nabavo,
- spremenljivi stroški - spremenljivi stroški uporabe nakupovalnih platform, spremenljivi elementi stroškov telefonskih storitev, stroški nadurnega dela.

Formula za izračun variabilnih stroškov dopolnjevanja:

$$VRC = n_d \times c_d$$

kjer:

VRC - spremenljivi stroški dopolnjevanja,

n_d - število dobav v obravnavanem obdobju,

c_d - stroški, povezani z eno dostavo.



Formula, uporabljena v Excelu:

$$VRC = [\text{število dostav}] * [\text{stroški dostave}]$$

Največji del stroškov dopolnjevanja zalog so **transportni stroški**. V njem lahko izločimo naslednje sestavine (Krzyżaniak & Cyplik, 2008; Śliwczyński, 2008):



- stalni stroški - pri lastnem transportu so to stroški amortizacije in zavarovanja vozil, stroški plač voznikov, stroški pregleda vozil; pri zunanjem transportu so to stroški plač zaposlenih, ki naročajo in nadzorujejo izvajanje transportnih storitev,
- spremenljivi stroški - pri lastnem transportu so to stroški goriva in delovanja vozila, stroški vožnje po plačljivih cestnih odsekih, stroški zavarovanja, dodatkov in nadur voznikov; pri zunanjem transportu so to stroški transporta, ki ga opravijo ponudniki storitev, in stroški zavarovanja.

Stroški skladiščenja zalog so stroški, povezani z lastništvom in skladiščenjem blaga v skladišču ali drugih skladiščih. Fizično se v podjetju evidentirajo od trenutka sprejema materiala, blaga in izdelkov v zalogo in izdaje dokumenta PZ. Stroški vzdrževanja zalog vključujejo stroške skladiščenja in stroške oslabitve vrednosti. Pri **stroških skladiščenja** lahko ločimo naslednje sestavine (Krzyżaniak & Cyplik, 2008; Śliwczyński, 2007):

- stalni stroški - za lastno skladišče so to stroški amortizacije zgradb in skladiščne opreme, stroški obratovanja zgradb in skladiščne opreme, stroški zavarovanja skladiščne infrastrukture, stroški plač delavcev v skladišču (stalno); za zunanje skladišče so to stroški plač zaposlenih, ki naročajo in nadzorujejo izvajanje skladiščnih storitev logističnega operaterja,
- spremenljivi stroški - za lastno skladišče so to stroški zamrznjenega kapitala, stroški plač sezonskih delavcev, stroški energije (razsvetljava, hlajenje, pogon viličarjev); za zunanje skladišče so to stroški skladiščenja, izračunani na podlagi števila skladiščenih palet, časa skladiščenja in cenika upravljavca. Formula za izračun spremenljivih stroškov skladiščenja:

$$VHC = \mu_0 \times S \times P$$

kjer:

VHC - spremenljivi stroški imetja zalog,

μ_0 - koeficient periodičnih stroškov posedovanja zalog,

S - zaloga v količinskem smislu,



P - nakupna cena; v primeru proizvodnje so to celotni stroški proizvodnje enote zaloge.



Formula, uporabljena v Excelu:

$$\text{VHC} = [\text{koeficient periodičnih stroškov posedovanja zalog}] * [\text{zaloge}] * [\text{nakupna cena}]$$

Faktor stroškov vzdrževanja zalog μ_0 kaže, kolikšen odstotek povprečne vrednosti zaloge predstavlja strošek njenega vzdrževanja. Izračunamo ga lahko kot razmerje med stroški vzdrževanja zalog in povprečno vrednostjo zalog. Vrednost koeficienta μ_0 se lahko giblje v širokem razponu (od 0,05 do 0,20) in je odvisna od pogojev skladiščenja zalog, načel njihovega financiranja in vrste skladiščenega blaga (Krzyżaniak in Cyplik, 2008).

Stroški skladiščenja so relativno fiksni, zaradi stalne zaposlenosti in skladiščne infrastrukture v veliki meri, neodvisni od velikosti in prometa v skladiščih, odvisni pa so predvsem od obdobja skladiščenja zalog.

Stroški kapitala, zamrznjenega v zalogah, so finančni stroški, ki izhajajo iz zamrznitve kapitala. Odvisni so od velikosti tega kapitala (vrednost zaloge) in časa zamrznitve (čas vzdrževanja zaloge). Stroški zamrznitve kapitala v zalogah so hipotetični stroški in predstavljajo alternativne stroške, ki jih ima podjetje z neproduktivno zamrznitvijo kapitala v zalogah, namesto da bi na primer kapital vložilo v banko (kot depozit).

Stroški izgube vrednosti imajo le spremenljivi del. Med njimi lahko razlikujemo naslednje kategorije stroškov (Krzyżaniak & Cyplik, 2008; Śliwczyński, 2007):

- stroški izgube vrednosti so posledica spreminjanja njihove cene na trgu; nastanejo zaradi razvrednotenja zalog, tj. izgube njihove trenutne vrednosti zaradi staranja: fizičnega - zaradi izgube funkcionalnih lastnosti in sprememb fizikalno-kemijskih lastnosti zaradi dolgotrajnega skladiščenja ali ekonomskega



(moralnega) - zaradi sprememb modnih trendov in novih tržnih modelov, preferenc kupcev ter hitrega znanstvenega in tehnološkega napredka,

- stroške odtujitve, če ima blago, ki se hrani na zalogi, omejen rok uporabe ali rok trajanja,
- stroški škode, kraje itd.

Stroški izpada zalog odražajo izgubljene koristi, zlasti dobiček, ki bi ga podjetje lahko doseglo, če bi imelo zaloge na pravem mestu, ob pravem času, v pravi količini in v pravem obsegu. Pomanjkanje zalog povzroči motnje v proizvodnji, zaradi česar je treba reorganizirati proizvodni načrt za druge izdelke, za katere so na voljo surovine, in preurediti proizvodne stroje, kar pomeni začasne izpade in pogosto nadurno delo ali delo na proste dneve. V okviru izvajanja pogodb lahko pomanjkanje zalog povzroči potrebo po plačilu pogodbenih kazni zaradi nedobave blaga. Najhujši učinek pa je izguba ugleda podjetja in njegovega konkurenčnega položaja na trgu, ki je posledica pomanjkanja razpoložljivosti izdelkov v skladu s pričakovanji strank (Śliwczyński, 2008). Formula za izračun stroškov razprodaje zalog:

$$SOC = FSOC + VSOC = C_{SO} \times p(SO) \times N_R + N_{SO} \times c_{(SO)}$$

kjer:

SOC - stroški odpreme zalog,

$FSOC$ - fiksni stroški zalog,

$VSOC$ - variabilni stroški zalog,

C_{SO} - stroški, nastali zaradi pomanjkanja zalog,

$p(SO)$ - verjetnost, da se v določenem ciklu dopolnjevanja zalog pojavi izpad zalog,

N_R - število ciklov dopolnjevanja zalog v obravnavanem obdobju,

N_{SO} - povprečno (pričakovano) število izpadov zalog v obravnavanem obdobju,

c_{SO} - stroški, ki nastanejo v primeru izčrpanja zaloge ene enote.



Formula, uporabljena v Excelu:

$$SOC = [\text{fiksni stroški izdaje zalog}] + [\text{variabilni stroški izdaje zalog}]$$



$$\text{SOC} = [\text{strošek, ki je nastal zaradi izpada zalog}] * [\text{verjetnost izpada zalog}] * [\text{število ciklov dopolnjevanja zalog}] + [\text{povprečno število izpada zalog}] * [\text{strošek izpada na enoto}]$$

Stroški izgubljenih koristi se v svojem fiksnem delu nanašajo na ocenjeno vrednost izgubljene marže po prenehanju sodelovanja s stranko (če je do prekinitve sodelovanja s stranko prišlo zaradi pomanjkanja zalog). V spremenljivem delu gre za vrednost izgubljene marže, ki je posledica nedobave določenega števila artiklov, ki jih je naročila stranka (Krzyżaniak in Cyplik, 2008).

Pogodbene kazni za fiksni del vključujejo stroške nujnega nakupa, stroške izpada proizvodnega sistema in kazni, ki so odvisne od nedobave (ne glede na število nedobavljenih enot). Spremenljivi del sestavljajo kazni, ki so odvisne od števila enot, ki niso dobavljene v skladu s specifikacijami naročila (Krzyżaniak in Cyplik, 2008).

Poleg tega so lahko s preseganjem določene ravni zaloge povezani tudi stroški presežne zaloge. Fiksni stroški presežne zaloge so lahko na primer posledica potrebe po najemu dodatnega skladišča. Spremenljivi stroški so odvisni od višine presežka in so povezani s (Krzyżaniak in Cyplik, 2008):

- stroški najema dodatnega skladiščnega prostora pri logističnem operaterju,
- pogodbene kazni za zadržanje transportnih sredstev (npr. železniških cistern),
- stroške, ki so posledica povečanega tveganja izteka zalog.

Če povzamemo, je obvladovanje stroškov, povezanih z zalogami, pomembno za učinkovito upravljanje proizvodnje in ravni zalog. Z izvajanjem ustreznih metod upravljanja zalog lahko podjetja zmanjšajo stroške poslovanja in povečajo učinkovitost celotne oskrbovalne verige (Song et al., 2020).

9.6. Osnovni modeli klasifikacije zalog

Analiza ABC temelji na pravilu "80-20", znanem v ekonomiji, ki ga je oblikoval italijanski ekonomist Vilfredo Pareto. Po njegovih glavnih predpostavkah približno 20 %



elementov določa učinke določenega vprašanja v 80 % - to je klasična delitev. Paretovo načelo je pomemben pripomoček pri odločanju o razvrščanju fizičnega blaga. Pri uporabi analize ABC se pri klasičnem pristopu vsi elementi asortimenta razdelijo v tri razrede (A, B in C) pri čemer se kot merilo te delitve upošteva delež posameznih asortimentov v skupni vrednosti prodaje (Pandya & Thakkar, 2016; Tanwari et al., 2000). Postopek delitve postavk izdelkov v skladu z analizo ABC temelji na jasnem klasifikacijskem merilu, ki je določen odstotek vrednosti prometa (Krzyżaniak & Cyplik, 2008).



Metoda ABC vključuje naslednje korake (Cyplik & Hadaś, 2012):

- [1] Izračun letne vrednosti porabe za vsako postavko izdelka,
- [2] Razvrščanje vrednosti porabe v padajočem vrstnem redu,
- [3] Seštevanje vrednosti vseh predmetov,
- [4] Izračun deleža vrednosti porabe vsake postavke v skupni vrednosti porabe,
- [5] Izračun zbranih odstotkov,
- [6] Določitev razdelitve v skupine A, B in C.



Formula, uporabljena v Excelu:

- [1] Izračunajte [vrednost porabe asortimaja] = [nakupna cena]*[obseg porabe]
- [2] Razvrsti padajoče za [vrednost porabe izdelka]
- [3] Povzemite celoten stolpec [vrednost porabe izdelka] z uporabo funkcije SUM([vrednost porabe izdelka]).
- [4] Izračunajte [delež] vsake postavke kot [vrednost porabe zalog]/SUM([vrednost porabe zalog]).
- [5] Izračunajte kumulativni odstotek za vsak asortiman kot [kumulativni odstotek postavke n+1]=[kumulativni odstotek postavke n]+[kumulativni odstotek postavke n+1].

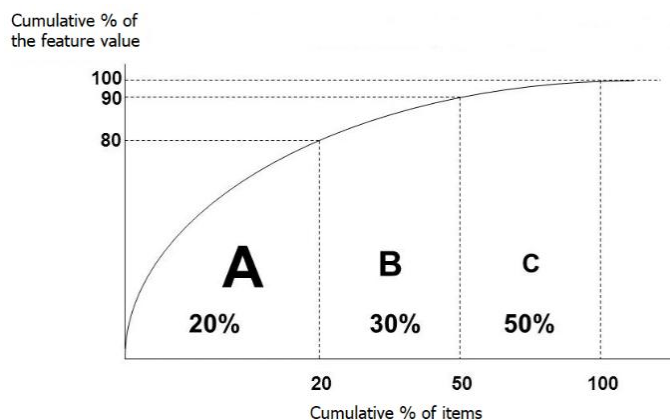


[6] Sortiment razvrstite v skupine A, B, C s funkcijo: =IF([kumulativni delež postavke 1]<80%; "A"; IF([kumulativni delež postavke 1]<95%; "B"; "C"))

V **analizi ABC** so izdelki, razvrščeni kot A, najbolj dragoceni in zahtevajo posebno pozornost ter pogoste preglede. Izdelki skupine B zahtevajo zmeren nadzor, izdelki skupine C pa so najmanj dragoceni in jih je mogoče upravljati z enostavnejšimi postopki.

A, v

kateri je približno 20 % izdelkov. To so materiali, ki predstavljajo največji delež prodaje in so na splošno majhni po številu. Naslednjih 15 % vrednosti porabe bo določilo postavke, ki se uvrščajo v skupino B. Preostale postavke bodo tvorile skupino C, ki je najštevilčnejša. Ta asortiment le v majhni meri prispeva k skupni vrednosti prodaje (Cyplik & Hadaś, 2012), (Chu et al., 2008). Vendar je treba opozoriti, da je takšna delitev konvencionalna in da se glede na pogoje poslovanja in dobljene rezultate sprejmejo različne meje za ločevanje skupin izdelkov. Klasična oblika razmerij med količino in vrednostjo, skladna s Paretovim načelom, je prikazana na sliki 9.3.



Slika 9.3. Krivulja analize ABC

Vir: lastna študija

Namen **analize XYZ** je oceniti nihanja v povpraševanju ali porabi asortimaja (Pandya in Thakkar, 2016). Osredotoča se na količinsko gibanje dela zaloge (Al-dulaime & Emar, 2020). Analiza XYZ se izvaja na zalogah, ki se lahko v vsakem mesecu, za katerega se izvaja analiza,



precej razlikujejo, saj lahko na rezultate vplivajo različni zunanji dejavniki, kot so izgubljena ali zamujena prodajna naročila in dobave (Dhoka & Choudary, 2013).

Osnova za delitev po klasifikaciji XYZ je vrsta potrošnje - prodaja (Cyplik & Hadaś, 2012):

- iz predmetov, izdanih v velikih količinah, množične narave - skupina X,
- po srednje veliki potrošnji (v količinskem smislu) - skupina Y,
- za predmete, ki so objavljeni občasno, posamično - skupina Z.

Razdelitev v skupine XYZ je povezana tudi z merilom rednosti povpraševanja in natančnosti napovedovanja. V skladu s tem (Krzyżaniak in Cyplik, 2008):

- Skupina X vključuje postavke, ki se porabijo v velikih količinah, za katere je značilno redno povpraševanje z majhnimi nihanji, z visoko natančnostjo napovedi,
- Skupina Y so postavke z manjšim količinskim povpraševanjem, s sezonskimi nihanji povpraševanja ali jasnim trendom povpraševanja, za katere so napovedi srednje natančne,
- Skupina Z vključuje počasi premikajoče se artikole z nerednim povpraševanjem in nizko natančnostjo napovedi povpraševanja.



Pri analizi XYZ so v izračun vključeni naslednji koraki (Dhoka & Choudary, 2013):

- [1] Izračun vsote kvadratov,
- [2] Izračun standardnega odklona,
- [3] Izračun koeficienta variacije,
- [4] Razdelitev na skupine X, Y in Z



Formula, uporabljena v Excelu:

- [1] Izračun vsote kvadratov: $=\text{SUM}([\text{obseg celic}]-\text{VIR}([\text{obseg celic}]^2))$



[2] Izračun standardnega odklona: $=STDEV.S([območje\ celic])$

[3] Izračun CV kot razmerje med standardnim odklonom in povprečjem, izraženim v odstotkih, se izračuna po formuli:
$$=(STDEV.S([razpon\ celic]) / AVERAGE([razpon\ celic]))*100$$

Pri **analizi XYZ** imajo postavke, razvrščene kot X, stalno in predvidljivo povpraševanje, kar omogoča lažje načrtovanje in zmanjšanje varnostnih zalog. Postavke Y so zmerno predvidljive in zahtevajo prožnejši pristop k upravljanju zalog, postavke Z pa so najmanj predvidljive in lahko zahtevajo največje varnostne zaloge.

08).

Značilnosti teh skupin so predstavljene v preglednici 9.1.

Polje v matriki je kombinacija analiz ABC in XYZ. Razporeditev asortimenta v dve dimenziji omogoča sprejetje dobre strategije upravljanja zalog in omogoča boljši nadzor nad njimi (Pandya & Thakkar, 2016). Navedete lahko na primer:

- možnost racionalizacije za skupine AX, BX in AY,
- kontrolna kompleksnost za skupine AY, AZ in BZ.

Preglednica 9.1. Pristop z devetimi okviri k razmerju ABC-XYZ

	A	B	C
X	Visoka vrednost prometa z blagom, visoka natančnost napovedi povpraševanja	Povprečna vrednost prometa blago, visoka natančnost napovedi povpraševanja	Nizka vrednost prometa blago, visoka natančnost. napovedi povpraševanja
Y	Visoka vrednost prometa blago, povprečna natančnost napovedi povpraševanja	Povprečna vrednost prometa blago, povprečna natančnost napovedi povpraševanja	Nizka vrednost prometa blago, povprečna natančnost napovedi povpraševanja
Z	Visoka vrednost prometa z blagom, premajhna natančnost napovedi povpraševanja	Povprečna vrednost prometa z blagom, premajhna natančnost napovedi povpraševanja	Nizka vrednost prometa blago, pomanjkanje natančnosti napovedi povpraševanja

Vir: (Pandya & Thakkar, 2016)

Klasifikacija ABC/XYZ skupaj z določitvijo verjetnostne ravni storitev (PSL) ali stopnje izpolnitve povpraševanja (DFR) predstavlja ključne temelje za razvoj učinkovitega modela dopolnjevanja zalog. Te metode omogočajo identifikacijo in določanje prioritet zalog na podlagi



njihove predvidljive vrednosti in povpraševanja, kar je bistveno za optimizacijo procesov naročanja in upravljanja skladišča. Posledično omogočajo bolj ciljno usmerjen in učinkovit pristop k upravljanju zalog, kar povečuje operativno in finančno učinkovitost podjetja.

Za razvrščanje zalog za boljše upravljanje in optimizacijo oskrbovalnih verig se poleg metod ABC in XYZ lahko uporabljajo tudi naslednje metode (Mitra et al., 2015; Pandya & Thakkar, 2016; Sirisha & Kalyan, 2022):

- HML - razvrstitev na podlagi cene na enoto izdelka, pri čemer H (visoka) označuje izdelke z visoko ceno na enoto, M (srednja) s srednjo in L (nizka) z nizko,
- VED - klasifikacija, ki temelji na kritičnosti izdelkov, pri čemer V (Vital) označuje nepogrešljive izdelke, E (Essential) pomembne in D (Desirable) zaželeno,
- GOLF - klasifikacija na podlagi pogostosti uporabe in lokacije, pri čemer G označuje splošne izdelke, O - občasne, L - lokalne in F - hitro premikajoče se,
- SDE - razvrstitev na podlagi razpoložljivosti izdelkov, kjer S označuje redke izdelke, D - težko dostopne in E - lahko dostopne,
- FSN - klasifikacija na podlagi hitrosti vrtenja, pri čemer F označuje hitro vrteče se izdelke, S - počasi vrteče se, N - nevrteče se (ne vrteče se),
- SOS - razvrstitev na podlagi cikličnosti povpraševanja po določenem izdelku: Sezonski izdelki imajo visoko povpraševanje v določeni sezoni ali časovnem obdobju, izven-sezonski - imajo enakomerno povpraševanje skozi vse leto ali pa se njihovo povpraševanje poveča v obdobjih, ki ne veljajo za vrhunec sezone za kategorijo izdelkov.

Vprašanja

1. Kaj je verjetnostna raven storitev za stranke?
2. Kateri so osnovni modeli logističnega dopolnjevanja?
3. Katera je glavna predpostavka Paretovega načela?



VIRI

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., Bubilich, S., & Popko, Y. (2018). Features of formation of the accounting policy of the company 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



To poglavje je posvečeno najpomembnejšim vprašanjem, povezanim z optimizacijo transporta. Vključuje:

- osnovne opredelitve transportnega sistema,
- naravo in pomen optimizacije transportnih sistemov,
- opis uporabe transportnega vprašanja v praksi.

10.1. Uvod

V fazi distribucije imajo prevladujočo vlogo postopki transporta in posredovanja. Pomembno je poudariti, da se zaradi njihovega vse večjega pomena pojavlja potreba po inovacijah v zvezi z organizacijo gibanja tovora z uporabo ustrezno izbranih transportnih sredstev in načina transporta (Krawczyk, 2001). Zato se iščejo metode in orodja, ki bi zagotovili natančne odgovore na ključna vprašanja v zvezi s procesi transporta in špedicije. Lahko se vprašamo, ali je treba uvesti kakšne spremembe, in če je tako, kakšni bodo finančni rezultati? Izziv in hkrati potreba sodobnega podjetja je združiti ekonomske koristi ohranjanja visoke kakovosti storitev za stranke z zmanjšanjem stroškov transporta, ki je prav tako funkcija storitev za stranke. Pri tem vprašanje zmanjševanja stroškov dobi strateško razsežnost (Christopher, 2000).

Promet sodi na področje proizvodnje materialnih storitev, opravlja transport ljudi in blaga ter zagotavlja distribucijo in dobavo surovin in izdelkov industrije in kmetijstva v vse regije sveta, doma in v tujini. Glavna naloga transporta je v celoti in pravočasno zadovoljiti transportne potrebe nacionalnega gospodarstva in prebivalstva, povečati učinkovitost in kakovost transportnega omrežja. Glede na vodilno vlogo transporta v tržnem gospodarstvu je upravljanje transporta dodeljeno posebnemu področju, ki se imenuje transportna logistika. Transportna logistika vključuje številne elemente, med katerimi so glavni (Yahiaoui, 2019; Vakulenko in Evreenova, 2019):

- obremenitve,



- konsolidacijske postaje,
- transportna vozlišča,
- transportno omrežje,
- železniški vozni park,
- oprema za rokovanje,
- udeleženci logističnega procesa,
- transportne posode,
- pakiranje.

Glavne rezerve za izboljšanje transportnega in logističnega procesa so v racionalni organizaciji interakcij med udeleženci oskrbovalne verige, usklajevanju njihovih interesov ter iskanju vzajemno koristnih in ustreznih rešitev. Napredek informacijske tehnologije lahko bistveno izboljša učinkovitost transportne logistike, informacije in informacijska podpora pa imajo upravičeno mesto med ključnimi logističnimi funkcijami (Liu, Zhang in Wang, 2018; Sun et al., 2019).

Napredek informacijske tehnologije je prispeval k večji učinkovitosti transporta. Uporaba najnovejše informacijske tehnologije omogoča avtomatizacijo vseh informacijskih dejavnosti transportnih podjetij, ki so vključena v procese organiziranja tovarnega transporta. Avtomatizacija transportne logistike zagotavlja večjo učinkovitost in optimizacijo transporta. Z uvedbo avtomatiziranih sistemov za usmerjanje, obračunavanje in načrtovanje v transportnih podjetjih transportna logistika doseže novo raven (Dekhtyaruk idr. 2021).

10.2. Narava in pomen optimizacije transportnega sistema

Raziskave in delo na področju optimizacije transportnih sistemov so povezane s pomembnimi vprašanji transportne politike in imajo pomembno vlogo pri razvoju teorije transportne ekonomije. Razvoj dela in raziskav na področju optimizacije spodbuja ekonomska praksa transporta, ki nakazuje najpomembnejša vprašanja, ki jih je treba rešiti, ter določa obseg in smeri metodoloških raziskav. Po drugi strani je tema optimizacije transportnih sistemov spodbudila raziskovalce k uporabi dosežkov teorije sistemov in kibernetike pri reševanju ekonomskih problemov transporta. To je prispevalo k ugodnemu razvoju z vidika



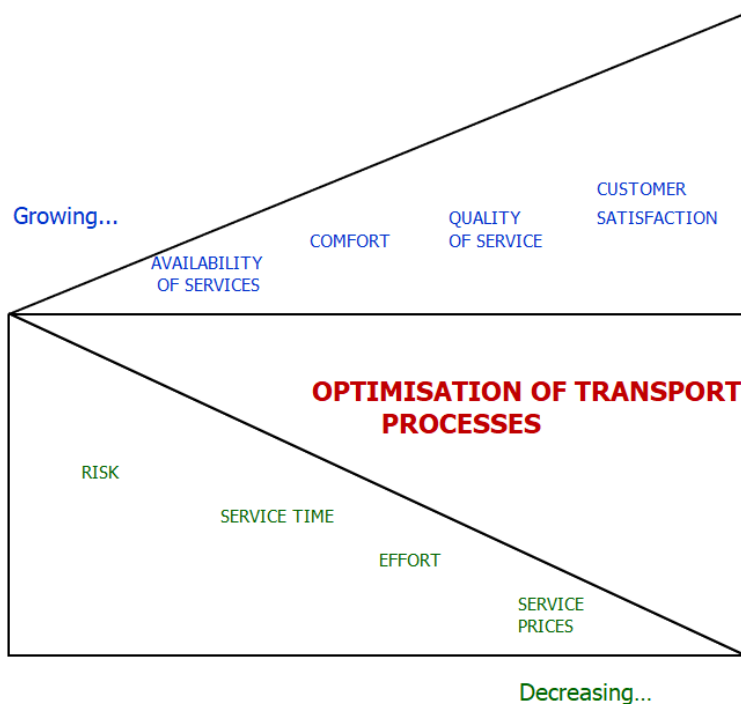
metodologije znanstvenega raziskovanja in spodbudilo zanimanje k vidikom transportne ekonomije metodološke narave (De Maio in Vitetta, 2015).

Optimalen transportni sistem je sistem, ki v celoti in pravilno zagotavlja zadovoljevanje obstoječih transportnih potreb (obseg, vrste, razpršenost območja) z najmanjšim vložkom družbenega dela, pri tem pa racionalno uporablja značilnosti in lastnosti (tehnične, operativne in ekonomske) posameznih vrst transporta. Z idejo te opredelitve, sprejete v literaturi, se vprašanje optimizacije transportnega sistema skrči na popolno in ustrezno zadovoljevanje transportnih potreb z merilom najmanjšega vložka družbenega dela (Wong et al., 2016)

Optimizacija v transportu je zelo širok pojem, ki zajema različne procese. Njihov cilj je izboljšati položaj udeležencev v transportu (pošiljateljev, prejemnikov in zaposlenih). V literaturi je najpogosteje mogoče najti vidike, povezane z optimizacijo in špedicijo. Običajno gre za zmanjšanje stroškov transporta in dostave. V praksi pa je vprašanje več-kriterijsko. Pomembna so tudi manj pogosta merila, med katerimi lahko omenimo udobje, ekologijo, kakovost transportnih storitev, zadovoljstvo strank in celo obrabo cest. Vendar so stroški in čas prevladujoči dejavniki. Logistične procese je treba obravnavati s strateškega in operativnega vidika. Strateški vidik se nanaša na dolgoročno načrtovanje in oblikovanje vizije podjetja. Operativna perspektiva se nanaša na trenutne razmere. Ti vidiki optimizacije morajo biti med seboj povezani in podprti z različnimi sistemi za upravljanje logistike. Tematika optimizacije transporta, tudi če je omejena na zmanjšanje stroškov, vključuje celotno zaporedje dejavnosti, ki zadevajo celotno dobavno verigo. Najpomembnejša je vzpostavitev učinkovitega distribucijskega omrežja, ki se nanaša na določitev lokacije kupcev in njihovih potreb, ki se lahko sčasoma spreminjajo, ter na optimalno lokacijo distribucijskih centrov, distribucijskih terminalov in skladišč. Pomembna je tudi izbira ustreznega voznega parka (velikost vozil, razdelitev na lastni in zunanji vozni park ter njihove zmogljivosti, kot so dvigalo, žerjav, hladilni prostor, tovorni prostor), saj lahko neustrezen vozni park bistveno zmanjša potencial transportnega podjetja. V postopku optimizacije transporta je treba analizirati tudi različne scenarije pretoka izdelkov ter globalno opredeliti ozka grla in dejavnike za zmanjšanje dobička podjetja (www_10.1).



Prednosti pravilno izvedenega postopka optimizacije so večja varnost, boljša kakovost storitev ter večja razpoložljivost blaga in storitev. Povezovanje sistemov in uporaba vnaprej določenih standardov skupaj s strokovnim izborom tehnik optimizacije je koristno za nacionalni in regionalni transport, prispeva pa tudi k povečanju konkurenčnosti podjetja. Najpomembnejše prednosti optimizacije, če je izvedena pravilno, so prikazane na sliki 10.1. Naslednja slika prikazuje spremembe, ki se zgodijo z izvajanjem postopkov optimizacije.



Slika 10.1. Spremembe, ki so posledica uporabe optimizacije transportnih procesov

Vir: (Zajdel & Filipowicz, 2008)

Omeniti je mogoče več vprašanj optimizacije. Najpomembnejša v skupini majhnih pošiljk so:

- izbira med posrednim in neposrednim prenosom,
- načrtovanje distribucijskega potenciala,
- upoštevati lokalno distribucijo.

Pri sprejemanju naročil za transport se vedno pojavi vprašanje izbire med neposrednimi dobavitelji in uporabo distribucijske mreže. Odločitev o transportu pošiljke je odvisna od



terminala in stroškov dostave. Ta problem se nanaša na dimenzije pošiljke. Velika pošiljka in dolga dostavna razdalja vas spodbujata k izbiri neposrednega transporta. Če je pošiljka enkratna, je problem lažje rešiti, saj je dovolj, da primerjamo stroške transporta z uporabo sistema terminalov. Vendar je treba opozoriti, da združevanje pošiljke z drugimi predmeti zmanjša stroške posrednega transporta. Oblikovanje distribucijskega omrežja za majhne pošiljke je strateško vprašanje. Skupne stroške sistema je mogoče izračunati z naslednjo formulo (Milewski, 2011):

$$K_{CSD} = \sum_{j=1}^n K_{d-o_j} + K_{T_j} + K_{P_j},$$

kjer:

$K_{(CSD)}$ - skupni stroški distribucijskega sistema,

K_{d-o_j} - stroški transporta in odstranjevanja i-tega terminala,

K_{T_j} - stroški terminala i-tega terminala,

K_{P_j} - stroški linearnega transporta i-tega terminala,

n - število priključkov.

Operativni problem je načrtovanje poti za transport paketov v okviru strateških ureditev. Celotne stroške transporta pošiljk po določeni poti lahko izrazimo s spodnjo formulo (Milewski, 2011):

$$K_{CDL} = \sum_{k=1}^o K_{i,k} * d_k,$$

kjer:

$K_{(CDL)}$ - skupni stroški lokalne distribucije,

$K_{i,k}$ - stroški transporta (dostave ali distribucije) pošiljk na poti k ,

d_k - dolžina poti k ,

o - število poti.

Glavni cilj metod in modelov optimizacije je reševanje problemov. Merilo optimizacije je običajno najkrajši možni čas transporta ali najkrajša pot. Ta pristop zadostuje ob predpostavki, da so skupni stroški neposredno odvisni od dolžine poti. Zato je treba pot izbrati tako, da je "čim krajša ali da je čas potovanja po njej čim krajši". Na tej točki je treba pozornost nameniti



optimizacijskemu modelu transportnega makrosistema (Milewski, 2011). Njegova naloga je razviti ustrezno število kazalnikov in ukrepov, potrebnih v procesu racionalnega upravljanja transporta med logističnim izvajanjem operativnih dejavnosti. Bolj natančno kot model odraža preizkušeno realnost, učinkovitejše so zmožnosti nadzora. Glede na podobnost se lahko optimizacijski model uporabi za neposredno oblikovanje poslovne strategije v sektorju transportnih storitev. Optimizacijski model transportnega sistema zagotavlja metode in znanstvena orodja za nadzor transportnega sistema. Zapišemo ga lahko v obliki naslednjega izraza (Ficoń, 2010).

$$MDE_{ST} = \langle Z_{ST}, P_{ST}(t) \parallel G_{ST}, F_{ST}, H_{ST} \rangle \xrightarrow{\max STO_{ST}} \min S_{ST},$$

kjer:

Z_{ST} - niz operativnih (logističnih) virov sistema ST ,

P_{ST} - niz operativnih (logističnih) procesov sistema ST ,

G_{ST} - niz omejitev in robnih pogojev sistema ST ,

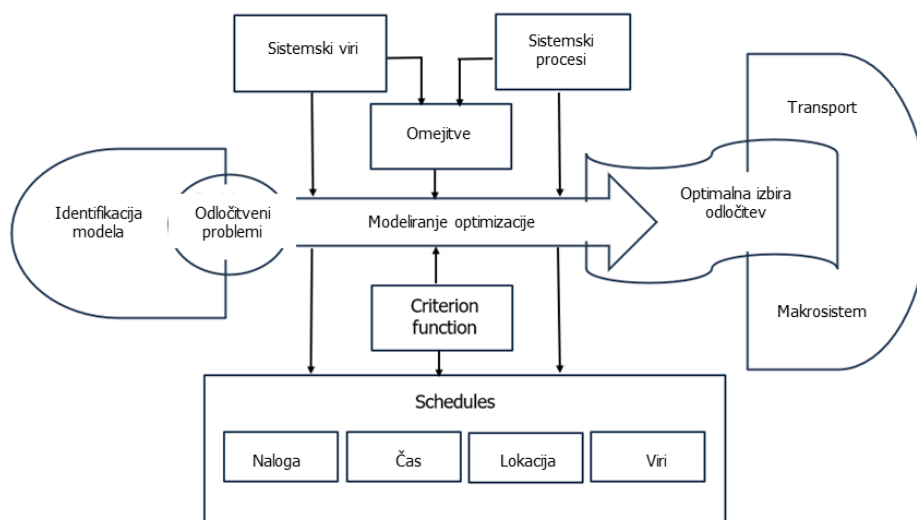
F_{ST} - Funkcija merila delovanja sistema ST ,

H_{ST} - niz sprejemljivih urnikov obratovanja za sistem ST ,

S_{ST} - globalni stroški delovanja transportnega makrosistema ST ,

STO - standardi logističnih storitev za stranke v transportnem sektorju.

Koncept optimizacije transportnega sistema je predstavljen na sliki 10.2.





Slika 10.2. Koncept optimizacijskega modeliranja transportnega sistema

Vir: (Ficoń, 2010)

Seveda obstajajo tudi drugi modeli, ki pomagajo reševati probleme optimizacije v transportu. Vprašanj optimizacije v transportu je še veliko več. Med njimi obstajajo razlike, ki so odvisne od podjetja, njegove velikosti in izdelkov, s katerimi razpolaga.

10.3. Problemi optimizacije transporta v praksi

Eden od osnovnih elementov optimizacije transporta je **optimizacija poti**. Ta vključuje načrtovanje poti za vozila, ki se uporabljajo za transport blaga, da bi optimizirali dobiček in storitve za stranke. Za podjetje to običajno pomeni zmanjšanje stroškov in časa transporta, za stranke pa nižje stroške in pravočasno dostavo. Ti cilji se dosežejo z zmanjšanjem prevožene razdalje, sposobnostjo prilagajanja vozniških redov spreminjajočim se razmeram in novim situacijam skozi čas, sinhronizacijo transporta s skladiščnimi operacijami ter sposobnostjo pogoste in hitre optimizacije za posodobitev trenutnega načrta. Čeprav je najpogostejši cilj pri transportnih nalogah zmanjšati stroške transporta na minimum ali si prizadevati za zmanjšanje razdalj, je pri transportu izdelkov, predvsem živil, ki jim lahko hitro poteče rok uporabe, izdelkov, ki hitro izgubijo svoje uporabne lastnosti, ali izdelkov, ki se dobavljajo po načelu pravočasno zaradi omejenih skladiščnih zmogljivosti ali previsokih stroškov skladiščenja pri prejemniku ali zamud pri dobavah prejšnjih členov v dobavni verigi, prednostni cilj čim bolj skrajšati dobavni čas za vse dobave. Krajši dobavni roki omogočajo izpolnitev pričakovanj strank glede dobavnih rokov in ohranitev uporabne vrednosti prepeljanih izdelkov, kar lahko nadomesti stroške, ki nastanejo zaradi uporabe transportnih sredstev. V navedenih primerih je zato najpomembnejši vidik skrajšanje najdaljšega transportnega časa v danem sistemu dostave, tj. izračun najkrajšega časa, v katerem je mogoče opraviti dostavo (Gaspars-Wieloch, 2011).

Eden od osnovnih elementov optimizacije transporta je optimizacija poti. Ta vključuje načrtovanje poti za vozila, ki se uporabljajo za transport blaga, da se optimizirata dobiček in storitev za stranke. Za podjetje to običajno pomeni zmanjšanje stroškov in časa transporta, za stranke pa nižje stroške in pravočasno dostavo. Ti cilji se dosežejo z zmanjšanjem prevožene



razdalje, sposobnostjo prilagajanja vozniških redov spreminjajočim se razmeram in novim situacijam skozi čas, sinhronizacijo transporta s skladiščnimi operacijami ter sposobnostjo pogoste in hitre optimizacije za posodobitev trenutnega načrta. Čeprav je najpogostejši cilj pri transportnih nalogah zmanjšati stroške transporta na minimum ali si prizadevati za čim manjše razdalje, je pri transportu izdelkov, predvsem živil, ki jim lahko hitro poteče rok uporabe, izdelkov, ki hitro izgubijo svoje uporabne lastnosti, ali izdelkov, ki se dobavljajo po načelu pravočasno zaradi omejenih skladiščnih zmogljivosti ali previsokih stroškov skladiščenja pri prejemniku ali zamud pri dobavah prejšnjih členov oskrbovalne verige, prednostni cilj čim bolj skrajšati čas izvedbe vseh dobav. Krajši dobavni roki omogočajo izpolnitev pričakovanj strank glede dobavnih rokov in ohranitev uporabne vrednosti prepeljanih izdelkov, kar lahko nadomesti stroške, ki nastanejo zaradi uporabe transportnih sredstev. V navedenih primerih je zato najpomembnejši vidik skrajšanje najdaljšega transportnega časa v danem sistemu dostave, tj. izračun najkrajšega časa, v katerem je mogoče opraviti dostavo (Gaspars-Wieloch, 2011).

Z vidika IT je optimizacija poti v transportu in logistiki tesno povezana s problemom potujočega prodajalca (TSP) in problemom razporejanja (VRP, Vehicle Routing Problem). Problem potujočega prodajalca je klasični kombinatorični problem optimizacije, ki vključuje načrtovanje najkrajše in najcenejše transportne poti, ki poteka skozi n določenih točk pošiljanja in prejemanja z danimi potnimi stroški med vsakim parom točk. Problem VRP je posplošitev problema TSP. V njem je mogoče imeti več potnikov (več vozil) z možnostjo večkratnega vračanja v bazo, preden dosežejo vseh n točk. Tako za problem TSP kot za problem VRP obstajajo številne posplošitve in dodatne praktične omejitve, ki lahko vključujejo časovna okna, zaporedne omejitve obiskanih lokacij, različne zmogljivosti vozil in voznikov ali omejitve zmogljivosti, ki so uporabne za dostavo in zbiranje (www_10.2).

Za rešitev naloge TSP je treba določiti raven zaloge izdelkov na vsaki točki pošiljanja, obseg povpraševanja na vsaki točki prejemanja ter stroške transporta od vsake točke pošiljanja do vsake točke prejemanja (Vinichenko, 2009). Če gre samo za en izdelek, se lahko povpraševanje v sprejemnih točkah dopolni iz ene ali več točk pošiljanja. Namen takšnega



načrta je izračunati količino izdelkov, ki se pošiljajo od vsake točke pošiljanja do vsake točke prejemanja, da se čim bolj zmanjšajo skupni stroški transporta (Stachurski in Wierzbicki, 2001).

Če so stroški potovanja neposredno sorazmerni s prepeljano količino, imamo opravka z linearno transportno nalogo. V nasprotnem primeru, če ta pogoj ni izpolnjen, postane transportna naloga nelinearna naloga. Ena izmed najbolj priljubljenih metod optimizacije je linearno programiranje (Silaen et al., 2019; Gass, 2013). Največja uporabnost te metode je opazna pri oblikovanju omrežja obratov, pri čemer so omejitveni pogoji za model velikost povpraševanja in ponudbe za proizvodne obrate, distribucijske centre ali posamezne trge. Ob dani ciljni funkciji, ki na primer predvideva zmanjšanje skupnih stroškov, je linearno programiranje koristno pri oblikovanju optimalnega modela razporeditve objektov, ki upošteva omejitve povpraševanja in ponudbe. Čeprav je metoda linearne programiranja precej praktična, obstajajo omejitve pri njeni uporabi, saj mora biti problem, ki ga je treba rešiti z njo, oblikovan deterministično, prav tako pa je treba problem podvreči linearnemu približku. Poleg tega pri linearnem programiranju ni mogoče upoštevati stalnih in spremenljivih stroškov poslovanja logističnih objektov (Coyle et al., 2002)

V logistični literaturi je mogoče najti veliko število znanstvenih člankov o teoriji in praksi organiziranja optimalnega transportnega sistema z uporabo različnih modelov in metod. V publikacijah (Lai & Bierlaire, 2015; De Maio & Vitetta, 2015; Manley, Orr & Cheng, 2015; Vitetta, 2016) so predstavljene študije optimizacije poti po merilu minimalnega časa dostave

V člankih (Hess et al., 2015; Nyrkov, Sokolov in Belousov, 2015) so bile za določitev optimalne poti uporabljene metode, ki temeljijo na alternativnem vzorčenju. Nasprotno pa so avtorji publikacij (Zhilenkov, Nyrkov in Cherniy, 2015; Omelianenko et al., 2019; Tomashevskii, 2007; Cheng in Wu, 2020; Zaychenko, 2014) uporabili metode modeliranja poti za transportne sisteme na podlagi fuzzy logike. V objavah (Shang et al., 2020; Shramenko & Shramenko, 2019) so njihovi avtorji za načrtovanje optimalne poti uporabili hevristični model, v člankih (Maleev, et al., 2019,; Skvortsov, Pshonkin & Luk'yanov, 2018,) pa je bil opisan kvantni model za določitev optimalne poti v transportnih sistemih.



Rezultati modeliranja izbire optimalnih poti z uporabo podatkov **globalnega sistema za določanje položaja** (GPS), osredotočenega na tovornjake, ki opravljajo dolge vožnje, so na voljo v publikacijah (Khripach et al., 2018; Navrodska et al., 2019; Fialko et al., 2020).

V nadaljevanju so posamezni koraki pri reševanju transportne naloge podrobno predstavljeni na praktičnem primeru transportne naloge s časovnim merilom za optimizacijo oskrbe verige supermarketov, ki je bil opisan v članku (Gaspars-Wieloch, 2011).

Opredelitev problema transporta s časovnim merilom za optimizacijo oskrbe verige supermarketov

V opisanem problemu optimizacije transporta je obravnavana veriga supermarketov, razporejenih v različnih delih države. Za vsak teden se razvije nova ponudba blaga, ki se poleg vedno obstoječe ponudbe, ki vključuje živila in drogerijske izdelke, kupcem prodaja le šest dni, od ponedeljka do sobote, ali dokler ne zmanjka zalog. Ponudba tedna med drugim vključuje belo tehniko, papirne izdelke, oblačila, igrače, orodje ali vrtnarske izdelke. Pogosto je ponudba izdelkov prilagojena letnemu času in praznikom, kot so božič, velika noč, valentinovo, dan vseh svetih, prvo sveto obhajilo itd. Tedenska ponudba je določena precej vnaprej, izdelki, ki jih zajema, pa so na zalogi pri trgovcih na debelo, ki so razporejeni po vsej državi. Glede na možnosti, ki jih imajo na voljo dobavitelji, se različne vrste blaga dostavijo trgovcem na debelo teden dni vnaprej na različne dneve (tudi ob sobotah zjutraj), preden se začnejo prodajati. Veletrgovci morajo za vsako trgovino pripraviti komplete izdelkov. Primer kompleta lahko vsebuje 20 prtičkov, 30 televizorjev, 40 veder, 20 parov japonk, 30 loncev, 20 medvedkov, 30 parov hlač, 60 krem za roke, 50 žog in 40 zvezkov

Ker kompleti morda ne bodo dokončani do konca tedna in ker v supermarketih ni dovolj prostora za skladiščenje, želi podjetje v noči iz nedelje na ponedeljek v vse trgovine dostaviti tedensko ponudbo in jo nemudoma razporediti po policah.

Vsak tovornjak, ki zapusti skladišče, takoj dostavi sklope izdelkov v več ali celo več supermarketov, ki tvorijo sektor. Supermarketi v sektorju so precej blizu drug drugemu (npr. v istem mestu). Čas, potreben za oskrbo sektorja, je odvisen od tega, od katerega veletrgovca je vozilo preusmerjeno. Ključni cilj podjetja je čim bolj skrajšati najdaljši čas dostave.



Matematični model naloge transporta

Splošna oblika modela, ki opisuje zaprt transportni problem s časovnim kriterijem, je lahko predstavljena na naslednji način (Gaspars-Wieloch, 2011):

$$\max_{x_{ij} > 0} \{t_{ij}\} \rightarrow \min \quad (1)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i \quad (i = 1, \dots, m) \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j \quad (j = 1, \dots, n) \quad (3)$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j \quad (5),$$

kjer:

x_{ij} - količina blaga, prepeljanega od i-tega dobavitelja do j-tega kupca,

t_{ij} - čas transporta blaga od i-tega dobavitelja do j-tega prejemnika,

n - število prejemnikov,

m - število dobaviteljev,

a_i - dobava i-tega dobavitelja,

b_j - povpraševanje j-te stranke.

Kadar ni enakosti med celotno ponudbo in celotnim povpraševanjem, se zadnja formula (5) ne upošteva in pogoji ponudbe (2) ali povpraševanja (3) se spremenijo v neenakosti. Zgoraj opisani matematični model je uporaben v okoliščinah, ko odločevalec ne predpostavlja drugih dejavnikov, kot so nezadostno število dobavnih vozil, zahtevana minimalna raven zadovoljitve povpraševanja ali razlika v naravi časa transporta in časa raztovarjanja.

V znanstvenih člankih (Sikora, 2008) je bil predstavljen algoritem za reševanje predhodno opisanega problema transporta. V nadaljevanju so navedeni nadaljnji koraki postopka v skladu z navedenim algoritmom (Gaspars-Wieloch, 2011):



1. Prvi korak je določitev dopustne osnovne enačbe z metodo najmanjšega matričnega elementa, znano kot metoda MEM, ki temelji na tabeli časov.
2. V drugem koraku je pomembno določiti najdaljši čas dostave (T^k) za določeno rešitev na podlagi formule (6):

$$T^k = \max_{x_{ij} > 0} \{t_{ij}\}, \quad (6)$$

kjer:

T^k - najdaljši čas dostave v k-ti iteraciji.

3. za k-to rešitev je treba v skladu s formulo (7) predložiti preglednico stroškov (c_{ij}):

$$c_{ij}^k = \left\{ \begin{array}{ll} 0 & t_{ij} < T^k \\ 1 & t_{ij} = T^k \\ 10 & t_{ij} > T^k \end{array} \right\} \quad \text{if} \quad (7)$$

4. Naslednji korak je preverjanje optimalnosti rešitve na podlagi preglednice stroškov. Če kriterij optimalnosti (Δ_{ij}) za vse osnovne poti ni negativen, se postopek na tej stopnji konča. Če so merila optimalnosti negativna, sledite korakom v petem koraku.

$$\Delta_{ij}^k = c_{ij}^k - \alpha_i^k - \beta_j^k, \quad (8)$$

kjer:

α_i^k, β_j^k - dvojne spremenljivke, tj. potenciali v k-ti iteraciji.

5. je treba ponovno določiti sprejemljivo osnovno rešitev, pri čemer je treba upoštevati najbolj negativno merilo optimalnosti, nato pa se vrniti na drugi korak.

Zgornji algoritem temelji na tako imenovani potencialni metodi, ki je opisana v številnih publikacijah, na primer (Leonard, 1997). Če v konkretnem problemu odločanja obstajajo druge predpostavke v zvezi z omejeno zmogljivostjo pakiranja transportnih sredstev, se mora obravnavani postopek dodatno sklicevati na načela,



ki so bila sprejeta pri postopku za nalogo transporta z omejeno zmogljivostjo poti (Codeca in Cahill, 2022; Sanz in Escobar Gomez, 2013).

Algoritem se lahko uporablja kot ročni postopek pri nalogah z majhnim številom dobaviteljev in strank. Pri zahtevnejših nalogah je priporočljivo uporabiti ustrezen program, izdelan za algoritem v katerem koli programskem jeziku.

Druga možnost za predstavljeni postopek je lahko razvito informacijsko orodje za optimizacijo, kot je na primer Solver, ki je vključen v program Microsoft Excel. Vendar je treba upoštevati, da različica programa Solver vpliva na vrsto nalog, ki jih je mogoče rešiti. Z vsako novejšo različico je na voljo več možnosti glede števila pogojev ali spremenljivk v nalogi, časa, potrebnega za rešitev naloge, in vrste uporabljenih funkcij. V standardni različici programa Solver ni mogoče uporabiti nobene funkcije "if", "max{" ali "min{"}. Funkcija "max" se pojavi v matematičnem modelu, opisanem s formulami (1)-(5), zato se zdi, da naloge ni mogoče rešiti s standardno različico programa Solver. Za izvedbo izračunov je v nadaljevanju obravnavan primer s specifičnimi numeričnimi podatki, za katerega je bil oblikovan ustrezen matematični model. Primer zadeva verigo supermarketov, ki jo sestavljajo trije veletrgovci, P (na jugu države), Z (na zahodu države) in PW (na severovzhodu države), ter 50 trgovin, razdeljenih v 8 diferenciranih sektorjev, označenih s črkami (A, B, C, D, E, F, G in H)). Na podlagi prepeljanih proizvodov lahko vsak veletrgovec sestavi 18 kompletov. Povpraševanje po kompletih po sektorjih je naslednje:

$$Z_A = 6; Z_B = 7; Z_C = 9; Z_D = 6; Z_E = 8; Z_F = 5; Z_G = 4; Z_H = 5, \text{ pri čemer } \sum_{j=1}^8 50$$

Čas, ki ga potrebujejo dostavna vozila za oskrbo vsakega sektorja, je sestavljen iz časa potovanja od trgovca na debelo do sektorja, ki ni odvisen od števila trgovin v sektorju, in časa raztovarjanja v samem sektorju, ki je odvisen od števila trgovin, kot je prikazano v preglednicah 10.1 in 10.2. Predpostavljeno je bilo, da se čas transporta v sektorju, ki je v praksi določen z razdaljo med trgovinami v sektorju, upošteva pri časih raztovarjanja asortimenta v vsaki trgovini. Cilj je čim bolj zmanjšati čas dostave, ki traja najdlje.

Preglednica 10.1. Približni čas potovanja (t_{ij}^p , v urah)



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

Vir: (Gaspars-Wieloch, 2011)

Preglednica 10.2. Povprečni čas raztovarjanja enote (t_i^r , v urah)

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

Vir: (Gaspars-Wieloch, 2011)

Zgoraj predstavljeni primer s številčnimi podatki je nekoliko bolj zapleten kot standardni transportni problem s časovnim merilom. Zato je natančen zapis optimizacijske naloge, ki velja za obravnavani primer, le delno podoben splošnemu matematičnemu modelu, kar ponazarjajo formule (9)-(21). Ciljno funkcijo za minimiziranje časa dostave lahko zapišemo na naslednji način (Gaspars-Wieloch, H. in: Szymczak, M. (ur.), 2011, str. 17-18):

$$\begin{aligned}
 & \max \{ (9 \min \{x_{11}, 1\} + \frac{1}{3}x_{11}), (6 \min \{x_{12}, 1\} + \frac{1}{2}x_{12}), (3 \min \{x_{13}, 1\} + \frac{1}{3}x_{13}), (3 \min \{x_{14}, 1\} + \\
 & \quad + \frac{2}{5}x_{14}), (6 \min \{x_{15}, 1\} + \frac{1}{2}x_{15}), (9 \min \{x_{16}, 1\} + \frac{2}{5}x_{16}), (12 \min \{x_{17}, 1\} \\
 & \quad + \frac{1}{4}x_{17}), (7 \min \{x_{18}, 1\} \\
 & \quad + \frac{2}{5}x_{18}), (5 \min \{x_{21}, 1\} + \frac{1}{3}x_{21}), (4 \min \{x_{22}, 1\} + \frac{1}{2}x_{22}), (5 \min \{x_{23}, 1\} + \frac{1}{3}x_{23}), (6 \min \{x_{24}, 1\} \\
 & \quad + \frac{2}{5}x_{24}), (9 \min \{x_{25}, 1\} + \frac{1}{2}x_{25}), (12 \min \{x_{26}, 1\} + \frac{2}{5}x_{26}), (9 \min \{x_{27}, 1\} + \frac{1}{4}x_{27}), \\
 & \quad (7 \min \{x_{28}, 1\} + \frac{2}{5}x_{28}), (8 \min \{x_{31}, 1\} + \frac{1}{3}x_{31}), (5 \min \{x_{32}, 1\} + \frac{1}{2}x_{32}), (11 \min \{x_{33}, 1\} + \\
 & \quad \frac{1}{3}x_{33}), (5 \min \{x_{34}, 1\} + \frac{2}{5}x_{34}), (3 \min \{x_{35}, 1\} + \frac{1}{2}x_{35}), (3 \min \{x_{36}, 1\} + \frac{2}{5}x_{36}), (4 \min \{x_{37}, 1\} + \\
 & \quad \frac{1}{4}x_{37}), (3 \min \{x_{38}, 1\} + \frac{2}{5}x_{38}) \} \rightarrow \min
 \end{aligned} \tag{9}$$



Pogoji, ki se nanašajo na sektorsko povpraševanje, so zapisani na naslednji način (Gaspars-Wieloch, 2011):

$$x_{11} + x_{21} + x_{31} = 6 \quad (10)$$

$$x_{12} + x_{22} + x_{32} = 7 \quad (11)$$

$$x_{13} + x_{23} + x_{33} = 9 \quad (12)$$

$$x_{14} + x_{24} + x_{34} = 6 \quad (13)$$

$$x_{15} + x_{25} + x_{35} = 8 \quad (14)$$

$$x_{16} + x_{26} + x_{36} = 5 \quad (15)$$

$$x_{17} + x_{27} + x_{37} = 4 \quad (16)$$

$$x_{18} + x_{28} + x_{38} = 5 \quad (17)$$

V nadaljevanju so predstavljeni pogoji, ki veljajo za oskrbo trgovcev na debelo (Gaspars-Wieloch, 2011):

$$x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{16} + x_{17} + x_{18} \leq 18 \quad (18)$$

$$x_{21} + x_{22} + x_{23} + x_{24} + x_{25} + x_{26} + x_{27} + x_{28} \leq 18 \quad (19)$$

$$x_{31} + x_{32} + x_{33} + x_{34} + x_{35} + x_{36} + x_{37} + x_{38} \leq 18 \quad (20)$$

Pogoj, ki je povezan s celovitostjo odločitvenih spremenljivk, ima naslednjo obliko (Gaspars-Wieloch, 2011):

$$x_{11}, x_{12}, \dots, x_{38} \in N, \quad (21)$$

kjer:

x_{11} - število kompletov, prepeljanih iz skladišča P v supermarket A,

⋮

x_{38} - število kompletov, prepeljanih iz skladišča PW v supermarket H.

Obravnavani primer je eden od precej zapletenih, ne le zaradi pomanjkanja neposredne možnosti reševanja optimizacijskih problemov, ki vsebujejo funkciji "max{" in "min{" v standardni različici programa Solver. Nadaljnji zapleti vključujejo dve vrsti uvedenega časa: čas



prihoda v vsak sektor in čas praznjenja v sektorju. To je bilo potrebno, ker se izdelki, ki se prevažajo s tovornjaki, ne raztovorijo na enem mestu, temveč v več trgovinah. Zato obstaja povezava med časom natovarjanja in številom oskrbovanih supermarketov. Prej opisanega algoritma ne bi smeli neposredno uporabiti za to vrsto problema.

Oblikovanje Excelove preglednice v predstavljenem primeru naloge transporta

Na sliki 10.3 je prikazan način vnosa podatkov v preglednico Microsoft Excel za obravnavani primer naloge transporta. Celice z naslovi C8-J10 so polja, v katerih bodo prikazane optimalne vrednosti odločitvenih spremenljivk ($x_{11}, x_{12}, \dots, x_{38}$). V vrstici s številko 11 so bile izračunane seštete vrednosti polj ustreznih stolpcev preglednice C8-J10. Predstavljajo levo stran pogojev (10)-(17). Formulirana zahteva je vključena v vrstico s številko 12. Dodane vrednosti iz območij celic C8:J8, C9:J9, C10:J10 so prikazane v stolpcu z oznako K. Vsebujejo skupno število kompletov, prepeljanih od veletrgovcev P, Z oziroma PW, tj. levo stran omejitev dobave (18)-20. Vrednosti ponudbe posameznih veletrgovcev so prikazane v stolpcu 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		9	6	3	3	6	9	12	7		
17	Travel time to sector	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		0	0	0	0	0	0	0	0		
25	Total unloading time	0	0	0	0	0	0	0	0		
26		0	0	0	0	0	0	0	0		
27											
30	Total journey time	9	6	3	3	6	9	12	7		
31	(fixed) and unloading	5	4	5	6	9	12	9	7		
32	time (variable)	8	5	11	5	3	3	4	3		
33											
36	Base and non-base	0	0	0	0	0	0	0	0		
37	routes	0	0	0	0	0	0	0	0		
38		0	0	0	0	0	0	0	0		
39											
43	Total time on base	0	0	0	0	0	0	0	0	Objective function	
44	routes	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	
45		0	0	0	0	0	0	0	0		



Slika 10.3. Podatki, vneseni v preglednico v tem primeru naloge transporta

Vir: (Gaspars-Wieloch, 2011)

V vrsticah 16-45 je povzetek parametrov in formul, potrebnih za določitev ciljne funkcije. Podatki iz preglednic 10.1 in 10.2 so predstavljeni v vrsticah 16-18 in 20. Skupni čas raztovarjanja od i-tega veletrgovca do j-tega sektorja v vrsticah 24-26 je bil izračunan z množenjem časa raztovarjanja na enoto iz vrstice 20 s številom dobavljenih kompletov v vrsticah 8-10, kot je prikazano na sliki 10.4.

14		=C20*C8	=D20*D8	=E20*E8	=F20*F8	=G20*G8	=H20*H8	=I20*I8	=J20*J8
15	Total unloading time	=C20*C9	=D20*D9	=E20*E9	=F20*F9	=G20*G9	=H20*H9	=I20*I9	=J20*J9
16		=C20*C10	=D20*D10	=E20*E10	=F20*F10	=G20*G10	=H20*H10	=I20*I10	=J20*J10

Slika 10.4. Izračun skupnega časa raztovarjanja

Vir: pripravljeno na podlagi (Gaspars-Wieloch, 2011).

Na sliki 10.5 je prikazana metoda za določitev skupnega časa vožnje in časa raztovarjanja v vrsticah s številkami 30-32.

30	Total journey time (fixed) and unloading time	=C16+C24	=D16+D24	=E16+E24	=F16+F24	=G16+G24	=H16+H24	=I16+I24	=J16+J24
31	(variable)	=C17+C25	=D17+D25	=E17+E25	=F17+F25	=G17+G25	=H17+H25	=I17+I25	=J17+J25
32		=C18+C26	=D18+D26	=E18+E26	=F18+F26	=G18+G26	=H18+H26	=I18+I26	=J18+J26

Slika 10.5. Izračun skupnega časa raztovarjanja

Vir: pripravljeno na podlagi (Gaspars-Wieloch, 2011).

Namen zapisa " $\min\{x_{ij}, 1\}$ " v formuli (9) je izluščiti osnovne poti. V standardni različici programa Solver ni mogoče reševati nalog, pri katerih je prisotna funkcija " $\min\{\}$ ". Zato je treba osnovne poti določiti drugače. Če ima količnik v formuli (22) vrednost blizu števila 1, se ta pot lahko imenuje osnovna pot. Če pa je kvocient enak nič, potem se transport po proučevani poti ne bo izvajal, kot je prikazano na sliki 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)	=J8/(J8+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)	=J9/(J9+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)	=J10/(J10+0,00001)



Slika 10.6. Določanje baznih in nebaznih poti

Vir: pripravljeno na podlagi (Gaspars-Wieloch, 2011).

Z opisano metodo lahko v zadnji korak vključite samo čase osnovnih poti. Enačbe za izračun skupnega časa na osnovnih poteh so prikazane na sliki 10.7 in so v vrsticah 43-45. Polja v vrsticah 43-45 so zaporedni argumenti za funkcijo max, ki se pojavi v formuli (9). Sama ciljna funkcija je v celici L44.

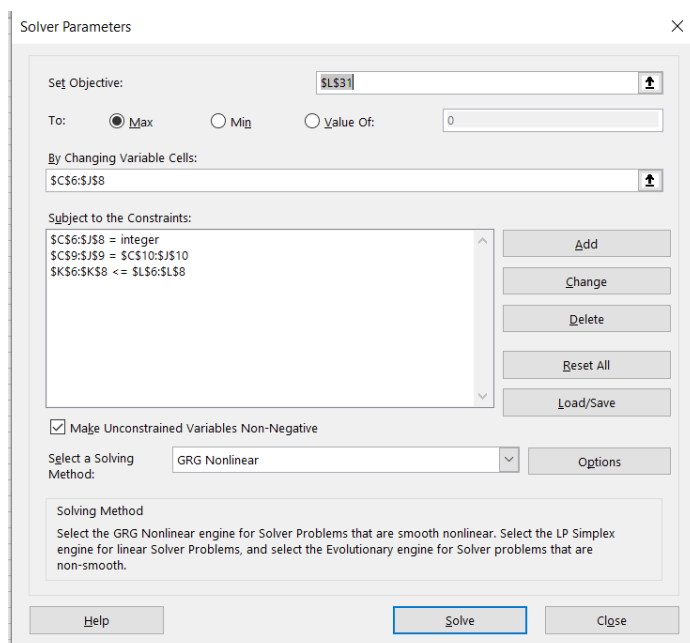
43		=C36*C30	=D36*D30	=E36*E30	=F36*F30	=G36*G30	=H36*H30	=I36*I30
44	Total time on base routes	=C37*C31	=D37*D31	=E37*E31	=F37*F31	=G37*G31	=H37*H31	=I37*I31
45		=C38*C32	=D38*D32	=E38*E32	=F38*F32	=G38*G32	=H38*H32	=I38*I32

Slika 10.7. Določitev skupnih stroškov na osnovnih poteh

Vir: pripravljeno na podlagi (Gaspars-Wieloch, 2011).

Reševanje problema v predstavljeni nalogi transporta

Da bi dobili optimalno rešitev, je treba okno Solver še dopolniti (Slika 10.8). V možnostih je treba izbrati nenegativnost spremenljivk, nato pa izbrati ukaze "Solve" (Rešiti), "Store Solution" (Shrani rešitev) in "Ok" (Ok).



Slika 10.8. Formule v oknu Solver



Vir: pripravljeno na podlagi (Gaspars-Wieloch, 2011).

Izračuni so prikazani na sliki 10.9. Vendar je treba biti previden, saj se je pri ustvarjanju delovnega lista uspelo izogniti uporabi funkcij tipa "min{}", medtem ko je funkcija "max{}" še vedno ostala. Zato je treba rezultate natančneje preučiti. Transport izdelkov na poti, ki povezuje veletrgovca P s sektorjem F, trenutno traja najdlje, tj. 9,8 ure, in mora oskrbovati dve trgovini ($x_{16} = 2$). Zato je treba poskusiti poiskati ugodnejše načrtovanje dostave z dodajanjem pogoja $x_{16} \leq 1$, tj. $0,4 \leq 1$. To bo skrajšalo čas transporta in raztovarjanja na največ 9,8-0,4=9,4 ure, kar bo omogočilo ugodnejšo rešitev.

	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		0	1,5	2,31	0,8	1,5	0,8	0	0		
19	Total unloading time	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)	9	7,5	5,31	3,8	7,5	9,8	12	7		
23	and unloading time (variable)	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. Prva rešitev optimizacijske naloge

Vir: (Gaspars-Wieloch, 2011)

Drugi načrt je na sliki 10.10. Vanj velja vključiti pogoj, tj. $x_{28} \leq 2$, saj bo tako prispeval k skrajšanju časa dostave na poti Z-H za vsaj 0,4 ure (čas raztovarjanja izdelkov v sektorju H bo potem 8,2-0,4=7,8 ure).



	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. Druga rešitev optimizacijske naloge

Vir: (Gaspars-Wieloch, 2011)

Tretja rešitev je prikazana na sliki 10.11. Čas na poti Z-H se je dejansko skrajšal na 7,5 ure, vendar je bil najdaljši čas zabeležen na poti P-E (8 ur). Morda nas mika, da bi preverili, ali bi dodajanje merila $x_{15} \leq 3$, *czyli* $\$G\$8 \leq 3$ izboljšalo končni 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. Tretja rešitev optimizacijske naloge

Vir: (Gaspars-Wieloch, 2011)

Pri četrti rešitvi, prikazani na sliki 10.12, je najdaljši čas dostave že samo 7,5 ure. Po uvedbi omejitev za poti, ki zdaj določajo vrednost ciljne funkcije: $x_{12} \leq 2$, *czyli* $\$D\$8 \leq 2$ i $x_{15} \leq 2$, *czyli* $\$G\$8 \leq 2$.

Na sliki 10.13 je prikazana peta najbolj optimalna rešitev. Tudi če dodamo še več omejitev, ne bodo več izboljšale dobavnih rokov.



	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. Četrta rešitev optimizacijske naloge

Vir: (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. Peta rešitev optimizacijske naloge

Vir: (Gaspars-Wieloch, 2011).

Predpostavka za optimalno rešitev naloge je, da bo na obeh poteh najdaljši čas dostave 7,4 ure: P-H in Z-H. Vsak sektor bo oskrbovan s kompleti glede na prijavljeno povpraševanje. Ponudba veletrgovcev s PW bo uporabljena v največji možni meri. Za oskrbo verige supermarketov bo potrebnih 13 tovarnjakov.

Če primerjamo rezultate četrte in pete rešitve, lahko zaradi majhne časovne razlike ($7,5 - 7,4 = 0,1$ h) dejansko izberemo četrto možnost. Pri tem je treba omeniti, da bi bilo treba pri četrtem načrtu poleg nekoliko daljšega časa dostave poslati do 14 tovarnih vozil. Dobljeni rezultat seveda ni edina optimalna rešitev. Različne simulacije lahko pripeljejo do različnih zaključkov.

Analiza znanstvenih del, ki so bila omenjena v prejšnjih poglavjih tega članka, kaže, da raziskovalci v svojih študijah uporabljajo različne analitične pristope k organizaciji tovarnega



transporta in načinom delovanja objektov ter načinom delovanja posameznih elementov in delov logističnih sistemov. To omogoča izbiro metode, s katero je mogoče optimizirati transportni sistem, ki je izjemno pomemben element logističnih procesov v podjetju in vpliva na donosnost podjetja.

Vprašanja

1. Kateri so glavni problemi transportne politike, povezani z optimizacijo transportnega sistema?
2. Kateri so glavni cilji optimizacije poti za podjetje in prejemnike?
3. Kaj je problem prodajnega potnika (TSP) in kako je povezan z optimizacijo poti?

VIRI

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.

Brooke, A.; Kendrick, D.; and Meeraus, A. 1992, *GAMS, A User's Guide*, Boyd and Fraser, Danvers

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.



Zhilenkov, 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/optymalizacja-transportu>, access 2024.05.30.

(www_10.2) <http://optifacility.mooncoder.com/site/pl/optymalizacja-tras>, access 2024.05.30.



SEZNAM TABEL

Preglednica 1.1. Vhodni podatki za nalogo optimizacije, ki jo rešuje Solver	22
Preglednica 2.1. Preglednica s primerjavo vrst grafikonov glede na njihove lastnosti.....	40
Preglednica 4.1. Razlike med nadzorom v oskrbovalni verigi in v podjetju	76
Preglednica 5.1. Razvoj meril za ocenjevanje dobaviteljev - cena/stroški in plačilni pogoji ...	91
Preglednica 5.2. Razvoj meril za ocenjevanje dobaviteljev - dobave	91
Preglednica 5.3. Razvoj meril za ocenjevanje dobaviteljev - kakovost izdelkov	92
Preglednica 5.4. Razvoj meril za ocenjevanje dobaviteljev - potencial dobaviteljev	92
Preglednica 5.5. Merilo odpornosti	106
Tabela 6.1. Primeri področij, ki se lahko v okviru zunanjega izvajanja prenesejo na storitveno podjetje.....	112
Preglednica 6.3. Osnovne vrste zunanjega izvajanja	115
Preglednica 6.4. Osnovne vrste zunanjega izvajanja	130
Tabela 8.1. Prednosti napovedovanja povpraševanja.....	152
Tabela 8.2. Vizualizacija časovnih vrst	155
Preglednica 8.3. Izbrane vrste odstopanj	157
Preglednica 8.4. Vrste odnašanja	164
Preglednica 8.5. Izbrane napake napovedi	181
Tabela 8.6. Izbrane funkcije programa Excel	182
Preglednica 9.1. Pristop z devetimi okviri k razmerju ABC-XYZ	215
Preglednica 10.1. Približni čas potovanja (t_{ijp} , v urah)	232
Preglednica 10.2. Povprečni čas raztovarjanja enote (t_{ir} , v urah)	233



SEZNAM SLIK

Slika 1.1. Pogled na podatkovni trak z ukazi za filtriranje.....	18
Slika 1.2. Primer uporabe samodejnega filtriranja po formatu (po ikonah celic in barvi pisave).	18
Slika 1.3. Pogled na okno Sortiranje z nastavljenimi merili za večstopenjsko razvrščanje.	19
Slika 1.4. Primer poročila z vrtilno tabelo v Excelu	20
Slika 1.5. Vrtilna tabela, ki prikazuje Povprečno število prodanih izdelkov, dostavljenih določeni stranki z uporabo posameznih vrst transporta	21
Slika 1.6. Uporaba Solver-ja za primer optimizacijske naloge	23
Slika 2.1. Grozdni stolpčni diagram.....	30
Slika 2.2. Zloženi stolpčni diagram	30
Slika 2.3. Krožni diagram.....	31
Slika 2.4. Črtni diagram.....	32
Slika 2.5. Diagram delnic.....	32
Slika 2.6. Polarni diagram.....	33
Slika 2.7. Histogram.....	34
Slika 2.8. Pareto diagram.....	34
Slika 2.9. Toplotna karta	35
Slika 2.10. Kombinirani diagram.....	36
Slika 2.11. Kako ustvariti nadzorno ploščo.....	37
Slika 2.12. Primer nadzorne plošče za prodajo	38
Slika 2.13. Uporaba nadzornih plošč.....	39
Slika 2.14. Primer operativne nadzorne plošče	40
Slika 3.1. Delitev skladiščnega prostora	47
Slika 3.2. Skladiščni modul za skladiščenje v vrstah brez opreme s pravokotno razporeditvijo palet LU.....	48
Slika 3.3. Skladiščni modul za skladiščenje v vrstah brez opreme z vzporedno razporeditvijo paletnih GVŽ.....	49



Slika 3.4. Skladiščni modul za skladiščenje blokov brez opreme	50
Slika 3.5. Ilustracija primera porazdeljenega popisa.....	55
Slika 3.6. Prikaz primera centraliziranega popisa.....	57
Slika 5.1. Izbrana merila za ocenjevanje dobaviteljev.....	90
Slika 6.1. Razvoj koncepta zunanjega izvajanja	113
Slika 6.2. Kritični obseg proizvodnje	121
Slika 6.3. Faze zunanjega izvajanja	122
Slika 6.4. Izračun podatkov za grafično določitev točke preloma	124
Slika 6.5. Graf točke preloma.....	125
Slika 6.6. Ocena problema "Naredi ali kupi" ob upoštevanju kvantitativnih in kvalitativnih dejavnikov	127
Slika 8.1. Splošni model napovedovanja	151
Slika 8.2. Metode napovedovanja - vrste	154
Slika 8.3. Kvantitativne metode napovedovanja.....	154
Slika 8.4. Očitno neskladne vrednosti s splošno pravilnostjo časovnih vrst.	159
Slika 8.5. Vrednosti filtrov in izstopajoče vrednosti.....	160
Slika 8.6. Kvantitativne metode za napovedovanje časovnih vrst.....	161
Slika 9.1. Povezava med PSL in stroški zalog	194
Slika 9.2. Povezava med ravno storitev za stranke ter prihodki in dobičkom	196
Slika 9.3. Krivulja analize ABC.....	213
Slika 10.1. Spremembe, ki so posledica uporabe optimizacije transportnih procesov	223
Slika 10.2. Koncept optimizacijskega modeliranja transportnega sistema	226
Slika 10.3. Podatki, vneseni v preglednico v tem primeru naloge transporta.....	236
Slika 10.4. Izračun skupnega časa raztovarjanja.....	236
Slika 10.5. Izračun skupnega časa raztovarjanja.....	236
Slika 10.6. Določanje baznih in nebaznih poti.....	237
Slika 10.7. Določitev skupnih stroškov na osnovnih poteh.....	237
Slika 10.8. Formule v oknu Solver	237
Slika 10.9. Prva rešitev optimizacijske naloge.....	238
Slika 10.10. Druga rešitev optimizacijske naloge.....	239



Slika 10.11. Tretja rešitev optimizacijske naloge	239
Slika 10.12. Četrta rešitev optimizacijske naloge.....	240
Slika 10.13. Peta rešitev optimizacijske naloge	240



Katarzyna Grzybowska, dr.

Je docentka na Fakulteti za inženirski menedžment Tehnološke univerze v Poznaniu. Predava na področju upravljanja oskrbovalnih verig in operativnega upravljanja v logistiki. Glavna področja njenega akademskega zanimanja so upravljanje oskrbovalne verige (digitalna oskrbovalna veriga, trajnostna oskrbovalna veriga, odnosi znotraj oskrbovalne verige, odpornost oskrbovalne verige) in upravljanje sprememb v novem gospodarstvu (avtomatizacija poslovnih procesov). Je avtorica in soavtorica več kot 140 člankov, objavljenih v knjigah, revijah in konferenčnih zbornikih. Sodeluje pri znanstvenih, didaktičnih in poslovnih projektih.

ORCID: 0000-0002-4026-2473



Katarzyna Ragin-Skorecka, dr. ing.

Je raziskovalna in pedagoška delavka z dolgoletnimi izkušnjami. Znanstveno se ukvarja z vprašanji procesnega in projektnega vodenja ter podporo teh področij z informacijskimi tehnologijami (vključno z umetno inteligenco). Študente uvaja v skrivnosti naslednjih predmetov: elektronsko gospodarstvo, programsko inženirstvo, projektno vodenje, veliki podatki v managementu. Vodi magistrska dela študentov managementskega inženirstva in logistike. Je predsednica odbora za štipendiranje. Je vodja laboratorija za informacijske sisteme v managementu in skupine za e-izobraževanje. Vodi tudi učni projekt Pametna tovarna 4.0.

ORCID: 0000-0002-7359-9232



Katarzyna Siemieniak, mag. inž.

Diplomirala je na Fakulteti za strojništvo Univerze v Poznaniu, smer upravljanje in trženje. Predavatelj na Fakulteti za inženiring managementa Tehnološke univerze v Poznaniu, Inštitut za management in informacijske sisteme. Doslej je vodila laboratorijske vaje pri predmetih, kot so: Računalništvo, Informacijska tehnologija v managementu, Informacijska tehnologija, Podatkovne baze, Napredne funkcije MS Office na fakultetah Management Engineering, Engineerin Management, Logistika in Varnostno inženirstvo. Je avtorica publikacij o uporabi fuzzy modela in sivih sistemov pri analizi izgub delovnega časa v proizvodnih podjetjih. Je tudi članica fakultetne skupine za kakovost izobraževanja, kjer je v okviru svojih nalog pripravila rezultate raziskav o usodi diplomantov Fakultete za management inženirstva na Tehniški univerzi v Poznaniu, soustvarila poročila o samoocenjevanju za akreditacijo KAUT in PKA.

ORCID: 0000-0002-1961-5182



Piotr Cyplik PhD, DSc, inž.

Je izredni profesor. Predava na področju upravljanja oskrbovalnih verig, upravljanja proizvodnje, upravljanja zalog, nabavne logistike ter modelov napovedovanja. Je avtor ali soavtor, urednik ali sourednik 20 monografij in več kot 130 člankov v znanstvenih revijah, poglavij v monografijah in več kot 30 konferenčnih prispevkov. Je glavni urednik revije LogForum, ki je indeksirana v Scopusu in WoS. Ima bogate izkušnje pri pridobivanju projektov iz skladov EU. Bil je vodja ali glavni izvajalec več kot 10 raziskovalno-razvojnih projektov,



financiranih iz programov EU na področju razvoja visokega šolstva in raziskovalnega dela za podjetja. Vodil je 4 in sodeloval pri več nadaljnjih razvojnih in pedagoških projektih, financiranih iz programov Leonardo da Vinci in Erasmus+. Je aktiven svetovalec na področju širše razumljenega upravljanja proizvodnje, optimizacije logističnih procesov in upravljanja oskrbovalnih verig. Vodil je več kot 60 svetovalnih projektov na omenjenem področju za podjetja z nacionalnim in mednarodnim dosegom.

ORCID: [0000-0002-5775-6760](https://orcid.org/0000-0002-5775-6760)



Michał Adamczak, dr. ing.

Raziskovalni in pedagoški delavec na šoli za logistiko v Poznaniu. Vodja oddelka za logistiko na tej univerzi. Član upravnega odbora poljskega združenja za logistiko. Specializiran za upravljanje, zaloge, upravljanje oskrbovalne verige in upravljanje proizvodnje. Pri svojem delu uporablja orodja za analizo logističnih podatkov, statistične analize, modeliranje in simulacije procesov, vključno s preglednico Ms Excel. Avtor odprtih in zaprtih programov usposabljanja o zgoraj navedenih temah. Izvajalec več deset svetovalnih projektov za trgovska in proizvodna podjetja. Vodilni znanstvenik v številnih projektih, ki se izvajajo v okviru programa ERASMUS+. Avtor več kot 100 znanstvenih objav v priznanih domačih in tujih revijah. Udeleženec številnih mednarodnih konferenc.

ORCID: [0000-0003-4183-7264](https://orcid.org/0000-0003-4183-7264)



Jędrzej Jankowski-Guzy, MSc

Raziskovalni in pedagoški delavec na Fakulteti za logistiko v Poznaniu. Namestnik direktorja oddelka za ekonomske analize na ministrstvu za družino, delo in socialno politiko. Izvajalec številnih razvojnih projektov za podjetja v proizvodnem in logističnem sektorju. Trener na področju upravljanja dobavnih verig, analize podatkov in napovedovanja. 10 let izkušenj na področju analiz, kontrolinga in razvoja v proizvodnih podjetjih in logističnih operaterjih.

ORCID: 0009-0005-1484-2836



Adrianna Toboła-Walaszczyk, mag. inż.

Diplomirala je na Fakulteti za inženiring menedžmenta Tehnološke univerze v Poznaniu, smer logistika. Raziskovalni in pedagoški delavec, visokošolski učitelj na Šoli za logistiko v Poznaniu, asistent in koordinator na Katedri za logistiko. Predavatelj modeliranja in simulacije poslovnih procesov, logistike in upravljanja oskrbovalnih verig na rednem in izrednem študiju na Šoli za logistiko v Poznaniu. Avtor znanstvenih publikacij s področja logistike, upravljanja oskrbovalnih verig, modeliranja poslovnih procesov in industrije 4.0. Raziskovalec preteklih in tekočih razvojnih projektov, ki jih financira EU v okviru programa ERASMUS+. Raziskovalec številnih optimizacijskih in razvojnih projektov za podjetja v proizvodnem in logističnem sektorju.

ORCID: 0000-0002-5966-8852

BUSINESS ANALYTICS SKILLS FOR THE FUTURE- PROOF SUPPLY CHAINS