

Predviđanje potražnje u opskrbnom lancu

Živikić, Matej

Master's thesis / Diplomski rad

2022

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:145:171840>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-21**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Ekonomski fakultet u Osijeku

Diplomski studij Logistički menadžment

Matej Živikić

Predviđanje potražnje u opskrbnom lancu

Diplomski rad

Osijek, 2022. godina

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Ekonomski fakultet u Osijeku

Diplomski studij Logistički menadžment

Matej Živikić

Predviđanje potražnje u opskrbnom lancu

Diplomski rad

Naziv kolegija: Logističko planiranje u opskrbnom lancu

JMBAG: 0010222490

e-mail: zivikicm@gmail.com

Mentor: prof.dr.sc. Davor Dujak

Osijek, 2022. godina

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek

Faculty of Economics in Osijek

Graduate Study Logistic management

Matej Živikić

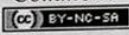
Demand forecasting in supply chain

Graduate paper

Osijek, 2022.

IZJAVA

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

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

Ime i prezime studenta/studentice: Matej Živikić

JMBAG: 0010222490

OIB: 00175986092

e-mail za kontakt: zivikicm@gmail.com

Naziv studija: Diplomski studij, Logistički menadžment

Naslov rada: Predviđanje potražnje u opskrbnom lancu

Mentor/mentorica diplomskog rada: Prof.dr.sc. Davor Dujak

U Osijeku, 20. 9. 2022. godine

Potpis Matej Živikić

Sažetak

Zbog sve veće nestabilnosti tržišta i ponude proizvoda na tržištu, tvrtke pridodaju veću pažnju prognoziranju potražnje njihovih proizvoda. Kvalitetno napravljena prognoza je temelj uspješnosti poslovanje jer samo ona može dovesti do smanjenja troškova zaliha ili troška izgubljene prodaje. Važan je balans između kvantitativnih i kvalitativnih metoda jer samo uključivanjem i događaja iz okoline koje povijesni podaci ne poznaju, može se stvoriti dobra prognoza. Prognoze su rijetko savršene i svaka u sebi sadrži određenu mjeru pogreške koju je bitno smanjiti vremenom i stalnim doradama.

Kako bi se prognoza potražnje kvalitetno provela u djelo, potrebno je dobro agregatno planiranje koje je sastavni dio procesa svakog poslovanja. U agregatnom planiranju tvrtka može odabrati strategiju stabilne razine, gdje će proizvodnja biti jednaka kroz sva razdoblja, strategiju slijeđenja tržišta gdje promjenom kapaciteta proizvodnje prati potražnju ili njihovu kombinaciju, odnosno hibridnu strategiju.

U radu su kroz teoriju objašnjene metode vremenske serije i uz njihovu pomoć stvorene su prognoze na prikupljenim podacima korištenjem devet kvantitativnih metoda.

Ključne riječi: planiranje potražnje, analiza vremenskih serija, agregatno planiranje, sezonalnost, trend, kvantitativne metode, kvalitativne metode.

Abstract

Due to the increasing instability of the market and the supply of products on the market, companies are paying more attention to forecasting the demand for their products. A well-made forecast is the basis of successful business because only it can lead to a reduction in inventory costs or the cost of lost sales. A balance between quantitative and qualitative methods is important, because only by including events from the environment that historical data do not know, a good forecast can be created. Forecasts are rarely perfect and each one contains a certain amount of error that must be reduced with time and constant refinements.

In order to effectively implement the demand forecast, good aggregate planning is necessary, which is an integral part of the process of every business. In aggregate planning, the company can choose a stable level strategy, where production will be the same throughout all periods, a market tracking strategy, where it follows demand by changing the production capacity, or a combination of them, i.e. a hybrid strategy.

In this paper we explain theory of time series methods and with their help we create forecasts on collected data using nine quantitative methods.

Keywords: demand forecasting, time series analysis, aggregate planning, seasonality, trend, quantitative and qualitative methods.

Sadržaj

1. Uvod.....	1
2. Metodologija rada	3
2.1. Predmet istraživanja	3
2.2. Metode istraživanja	3
2.3. Hipoteze istraživanja	4
2.4. Izvori istraživanja.....	5
3. Predviđanje potražnje.....	5
3.1. Značaj previđanja potražnje	5
3.2. Vremensko razdoblje predviđanja.....	6
3.3. Karakteristike prognoza (predviđanja).....	6
3.4. Komponente prognoze i metode predviđanja.....	7
3.4.1. Kvalitativne tehnike predviđanja.....	8
3.4.2. Kvantitativni modeli predviđanja.....	9
3.4.2.1. Modeli vremenskih serija	10
3.4.2.1.1. Naivna metoda.....	10
3.4.2.1.2. Metoda prosjeka	11
3.4.2.1.3. Metoda pomičnog prosjeka	11
3.4.2.1.4. Ponderirani pomični prosjek	12
3.4.2.1.5. Eksponecijalno izgladivanje.....	12
3.4.2.1.6. Holt metoda (Eksponecijalno izgladivanje s trendom)	14
3.4.2.1.7. Metoda linearnog trenda.....	15
3.4.2.1.8. Metoda eksponecijalnog izgladivanja s trendom i sezonalnosti	18
3.5. Izračun točnosti prognoziranja	20
4. Agregatno planiranje	23
4.1. Troškovi agregatnog planiranja.....	23

4.2. pristupi usklađivanja proizvodnje i potražnje	25
4.3. Strategije agregatnog planiranja.....	26
4.4. Dezagregacija	28
5. Predviđanje potražnje i agregatno planiranje na primjeru odabranog gospodarskog subjekta	29
5.1. Primjena metoda vremenskih serija	30
5.1.1. Naivna metoda.....	31
5.1.2. Metoda prosjeka	37
5.1.3. Metoda pomičnog prosjeka	39
5.1.4. Ponderirani pomični prosjek	43
5.1.5. Eksponencijalno izgladivljanja.....	45
5.1.6. Metoda eksponencijalnog izgladivljanja s trendom	48
5.1.7. Metoda linearnog trenda.....	51
5.1.8. Metoda eksponencijalnog izgladivljanja s trendom i sezonalnosti	53
5.2. Analiza i usporedba svih obrađenih metoda	59
6. Izrada agregatnog plana na temelju dobivenih prognoza.....	60
7. Rasprava	64
7.1. Testiranje hipoteza	64
7.2. Prijedlozi za poboljšanje	65
8. Zaključak.....	66
Literatura	67
Popis tablica	69
Popis grafikona.....	69
Popis slika	70

1. Uvod

Predviđanje potražnje važan je čimbenik svakog poslovanja. Tvrtke su oduvijek predviđale potražnju, neke s ciljem, dok su neke to činile bez saznanja kako upravo to što rade smatramo predviđanjem. Još od vremena kada nisu postojale metode koje danas poznajemo i koristimo kupovale su se sirovine i razmišljalo o količini moguće prodaje. Prije 50 godina, pa i više, prognoza je bila sigurno pogrešna. Danas, uz svu modernu tehnologiju i razne kvantitativne metode, prognoza je opet pogrešna. Nitko ne može tvrditi da će sutra, sljedeći tjedan, sljedeći mjesec prodati točno određenu količinu koju je prognozirao. Možda hoće ako kroz oglašavanje najavi super niske cijene i s time još stvori dodatne probleme. Ono što današnju prognozu razlikuje od prijašnjih je njihova pogreška prilikom izrade. Jedna od osnovnih karakteristika prognoza je da su rijetko savršene ali uvijek se može utjecati da greška bude manja. Loše metode predviđanja ne mogu dovesti do pogrešnih rezultata jer ne postoje loše metode. Svaka je metoda raspoređena za što je ona dobra, korisna i jedino krivo analizirani podaci mogu dovesti do uporabe metode koja neće dati dobre rezultate i dovesti do izgubljene prodaje ili držanja velikih količina zaliha. Iz tog razloga potrebno je dobro analizirati dobivene podatke kako bi se uočila kretanja razine, trenda, sezonalnosti te u skladu s time upotrijebila metoda kojoj to i pripada. U radu će se objasniti kvalitativne metode koje se temelje na ljudskoj prosudbi iz razloga nedovoljnog broja relevantnih podataka. Među njima ubrajamo istraživanje tržišta, intervju zaposlenika, ankete, Delfi metoda. Osim kvalitativnih, u radu su objašnjene i kvantitativne metode koje su danas sve pristupačnije i široko korištene u lancu opskrbe. Najpoznatija metoda kvantitativnog predviđanja potražnje je analiza vremenskih serija. Analiza vremenskih serija znači predviđanje buduće vrijednosti u određenom vremenskom horizontu i razvoj modela temeljenih na prošlim podacima i usmjeravanja budućih strateških odluka. Kvantitativne metode mogu bez kvalitativnih, moguće je i obrnuto, ali najbolje rezultate omogućuje njihova kombinacija, jer ono što se trenutno događa u okolini poduzeća nema u povijesnim podacima. Analizom podataka i uvidom u povijesne kretnje prodaje prognostičar dobije prvi uvid koja metoda bi mogla dati najmanju pogrešku. U radu su korišteni stvarni podaci prodaje odabranog gospodarskog subjekta u periodu od 5 godina, koji su analizirani i provedeni kroz osam kvantitativnih metoda među kojima se tražila najmanja prognostička pogreška. Početnom analizom podataka dobio se prvi uvid u moguću najprikladniju metodu, no ipak je provedeno kroz i one manje prikladne kako bi se kroz to istraživanje potvrdilo ono što se navodi u teoriji. U radu je prvo opisana teorija kao temelj onoga što se prati u istraživačkom

dijelu koji slijedi kao nastavka nakon svih objašnjenih metoda. Ono što slijedi prognozu je planiranje proizvodnje temeljene na danoj prognozi. Riječ je o agregatnom planiranju koji je sastavni dio procesa poslovanja kako bi se osigurala neprekinuta proizvodnja i učinkovito iskoristili svi dostupni resursi. Tvrтка može birati između tri strategije agregatnog plana gdje se isprepliću strategija stabilne razine proizvodnje koja održava konstantnu radnu snagu i količinu proizvodnje, strategija slijeđenja tržišta koja u svakom trenutku želi proizvoditi točno onu količinu koje tržište traži i hibridna strategija koja je, kako i samo ime kaže, kombinacija prethodne dvije strategije. Uz korištenje prikupljenih podataka prikazat će se kroz primjere strategije agregatnog planiranja

2. Metodologija rada

Rad se bavi metodama prognoziranja potražnje i kreiranja agregatnog plana na temelju dobivenih podataka. U svrhu izrade diplomskog rada provedeno je istraživanje u odabranom gospodarskom subjektu te na temelju dobivenih podataka kreirana prognoza potražnje. Tim istraživanjem želi se pronaći „najbolja“ metoda prognoziranja s najmanjom greškom prognoze

2.1. Predmet istraživanja

Predmet istraživanja su metode koje ubrajamo u analizu vremenskih serija kako bi se kroz njihovu obradu i analizu dobivenih podataka prikazali i objasnili rezultati istraživanja. Prognoza je danas postala temelj poslovanja gdje bez dobre prognoze i planiranja tvrtka može vrlo lako oslabjeti i na kraju nestati s tržišta. Istraživanjem u radu pronalazi se metoda i njena prognoza koja daje dobre rezultate.

2.2. Metode istraživanja

Metoda općenito označava planski postupak ispitivanja i istraživanja neke pojave, odnosno način rada za ostvarivanje nekog cilja na filozofskom, znanstvenom, političkom ili praktičnom području (Zelenika, 2000: 313).

Tijekom pisanja rada korištena je induktivna metoda jer se korištenjem prikupljenih podataka i individualnim činjenicama dolazi do zaključaka o primjeni metoda prognoziranja u poslovanju.

U radu je korištena i metoda analize gdje su se kroz metodu kvantitativne analize obradili povijesni podaci o prodaji proizvoda.

U radu je korištena i metoda dokazivanja gdje se kroz teoriju i kvantitativne metode pokušalo utvrditi točnost određenih spoznaja. Također, nastojalo se utvrditi točnost postavljenih hipoteza. U slučaju odbacivanja hipoteza, koristit će metoda opovrgavanja.

Metoda klasifikacije, također je korištena u radu jer su se određeni pojmovi podijelili na posebne, koje taj pojam obuhvaća.

Metoda kompilacije je postupak preuzimanja tuđih rezultata znanstvenoistraživačkog rada, odnosno tuđih opažanja stavova, zaključaka i spoznaja. Metoda kompilacije korištena je u radu, ali u skladu sa svim pravilnicima citiranja korištene literature .

U teorijskom dijelu korištena je i metoda deskripcije, odnosno postupak jednostavnog opisivanja činjenica, procesa, ali bez znanstvenog tumačenja i objašnjavanja.

Tijekom pisanja rada korištena je i komparativna metoda gdje su se uspoređivali rezultati sličnih kvantitativnih metoda, koji su doveli do različitih zaključaka.

U radu se koristilo i grafičko prikazivanje statističkih podataka, jer se s s raznim vrstama grafikona uspoređivali dobiveni rezultati.

Zelenika (2000) opisuje intervju kao znanstveni razgovor gdje se prikupljeni podaci i informacije, odnosno spoznaje upotrebljavaju u znanstvene svrhe. Također, Zelenika (2000) navodi četiri osnovne vrste intervju: slobodni, standardizirani, individualni i grupni. U svrhu izrade rada korišten je slobodni intervju s kojim se kroz „običan“ razgovor htjelo ući dublje u problematiku koja se istražuje.

Također, koristila se i matematička metoda gdje se kroz korištenje raznih matematičkih formula dolazilo do rezultata

2.3. Hipoteze istraživanja

U radu će se nakon definiranog predmeta istraživanja pokušati dokazati ili opovrgnuti postavljenu hipotezu. U radu se istražuju 3 hipoteze

H1 – Iako je svaka prognostička metoda vezana uz situaciju u kojoj je primjenjiva, pregled povijesnih podataka i utvrđivanjem prisutnosti sezonalnosti, trenda ili oboje u dostupnim podacima neće imati utjecat na odabir prognostičke metode te veličinu pogreške.

H2 – Kvalitativne metode koje se oslanjaju na vlastitu prosudbu ili intuiciju zaposlenika s dugogodišnjim iskustvom, potrebno je koristiti zajedno s kvantitativnim metodama kako bi se na kraju dobila manja pogreška prognoze.

H3 – Na temelju dobivenih povijesnih podataka, najmanju pogrešku prognoze kreirat će metoda koja u obzir uzima postojanje trenda i sezonalnosti u danom skupu podataka.

2.4. Izvori istraživanja

Izvori korišteni u svrhu pisanja rada su sekundarne prirode jer se u većem dijelu rada koriste podaci iz raznih stručnih knjiga. Među značajnijim izvorima koji se koriste u radu su knjige Briš Alić i dr., 2022, Heizer i dr., 2017, Reid i dr., 2013 te Stevenson, 2014. Problemi tijekom pretrage dostupne literature nisu su pojavljivali jer predviđanje potražnje sve više dolazi do značaja u svakodnevnom poslovanju te brojni autori iz različitih struka pridodaju sve veću pažnju ovoj temi. Za potrebe istraživačkog dijela rada, prikupljeni su podaci o prodaji proizvoda široke potrošnje s kojima se želi doći do primarnih podataka

3. Predviđanje potražnje

3.1. Značaj previđanja potražnje

Predviđanje potražnje čini temelj planiranja u opskrbnom lancu. Menadžeri svakog dana donose odluke ne znajući što budućnost donosi. Stvaraju zalihe ne znajući kolika će biti potražnja, ulaganje u novu radnu opremu, postrojenje unatoč neizvjesnosti koliko će kapaciteta biti iskorišteno. Uvijek pokušavaju procijeniti i pripremiti se na ono što budućnost donosi. Upravo izrada dobre procjene i smanjenje jaza prognoze i stvarnosti je glavna svrha, značaj predviđanja potražnje (Heizer i dr., 2017).

Predviđanje potražnje je umjetnost i znanost u jednome. Osoba zadužena za izradu prognoze potražnje mora znati dobro balansirati između subjektivne procjene i rezultata dobivenih putem kvantitativnih metoda. Predviđanje je jedna od važnijih poslovnih funkcija jer je ona temelj za sve ostale odluke u poslovanju. Odluke poput koja tržišta slijediti, koliko proizvoditi za zalihe, nabava sirovina, koliko ljudi zaposliti ili smanjiti radni kapacitet. Loša prognoza može dovesti do pogrešnih poslovnih odluka koje mogu dovesti do prevelikih zaliha u skladištu ili premalo zaliha i nemogućnosti zadovoljavanje potražnje, odnosno dolaskom do izgubljene prodaje (Russel, 2011).

Gilliland (2016) navodi kako se predviđanje potražnje često nekritički temelji samo na povijesnim podacima prodaje, te stvaranje istinite prognoze potražnje nije uvijek podložno kvantitativnim formulama temeljenim na povijesnoj prodaji.

Tvrtke karakteriziraju potražnju kao „ono što kupci žele u kratkom vremenu“, ponekad uz dodatnu napomenu „po cijenu koju su voljni platiti, zajedno s drugim proizvodima koje žele u tom trenutku“. Kada tvrtke govore o potražnji, one misle na nesputanu ili pravu potražnju, koja ne uzima u obzir njihovu sposobnost da zadovolje potražnju. Prava potražnja je uglavnom nevidljiva, pa ju možemo samo približno odrediti mjerljivim količinama (Gilliland, 2016: 61).

3.2. Vremensko razdoblje predviđanja

Svaka prognoza je napravljena za neko određeno buduće vremensko razdoblje. S obzirom na vremenski horizont razlikujemo kratkoročne, srednjoročne i dugoročne prognoze. Kratkoročne prognoze mjerimo u danima, tjednima, mjesecima, do najviše jedne godine. Prognoze za upravljanje zalihama, planiranje nabave, stvaranje rasporeda poslova, poslovnih zadataka, određivanje razine radne snage. Srednjoročna prognoza odnosi se na razdoblje od 3 mjeseca do 3 godine. Planiranje proizvodnje, prodaje, analiza različitih operativnih poslova dio su srednjoročnih prognoza. Dugoročna prognoza koja je u vremenskom rasponu 3 godine ili više sadrži aktivnosti poput planiranja novih proizvoda, nove lokacije, proširenje pogona, istraživanje i razvoj (Heizer i dr., 2017).

Granica između kratkoročne, srednjoročne ili dugoročne prognoze nije uvijek jasna. Za neke tvrtke kratkoročna prognoza može biti i duža od jedne godine, dok će za neke srednjoročna biti u mjesecima. Duljina prognoze u velikoj mjeri ovisi o tome na kojem tržištu poduzeće posluje i koja je brzina promjene životnog ciklusa proizvoda, koliko je tržište podložno tehnološkim promjenama.

3.3. Karakteristike prognoza (predviđanja)

Postoje brojne metode i tehnike za stvaranje dobre prognoze. Sve metode su prilično različite jedna od druge. Razlikuju se po stupnju složenosti, količini podataka koje koriste i načinu na koji kreiraju rješenja. Ipak sve metode imaju određene zajedničke karakteristike, koje je bitno za znati. To su:

- Prognoze su rijetko savršene i svaka u sebi sadrži određenu mjeru pogreške, a to je razlika između stvarne i one predviđene potražnje. Zbog toga je gotovo nemoguće napraviti savršeno predviđanje. Jednostavan primjer je dolazak konkurentskog proizvoda na tržište prognoziranog proizvoda gdje se stvara manja potražnja ili provođenje marketinških aktivnosti s čime se utječe na povećanje potražnje. U oba navedena slučaja ne može se točno odrediti točna prognoza jer nitko ne zna kakav će utjecaj navedene aktivnosti imati na potražnju. Cilj je u prosjeku generirati dobre prognoze tijekom vremena i približiti što je moguće manjoj pogrešci prognoze.
- Prognoze za grupu proizvoda su točnije od predviđanja pojedinačnih proizvoda. Prilike za grupiranje proizvoda mogu se pronaći ako se određene sirovine koriste za više proizvoda. Pogreška napravljena na temelju grupe proizvoda općenito je manja od pogreške predviđanja na temelju jednog proizvoda.
- Prognoze su točnije za kraće u odnosu na duže vremensko razdoblje. Što je manje vremensko razdoblje prognoziranja, to je niži stupanj neizvjesnosti. Podaci se u kratkom roku mijenjaju puno manje nego što je to u dugoročnim prognozama. Zbog toga prognostičari imaju puno veći stupanj točnosti u predviđanju za sljedeća 3 tjedna, nego u predviđanju potražnje za godinu dana.
- Što je poduzeće dalje u lancu opskrbe (od krajnjeg kupca), to je težina prognoziranja veća zbog izražene distorzije informacija (Reid i dr., 2013).

3.4. Komponente prognoze i metode predviđanja

Metode predviđanja mogu se razvrstati u dvije osnovne skupine: kvalitativne i kvantitativne. Metode kvalitativnog prognoziranja, koje se još nazivaju metodama procjenjivanja, prvenstveno su subjektivnog karaktera i oslanjaju se na ljudsku prosudbu. To su procjene prognostičara ili stručnjaka na temelju vlastitih intuicija, znanja ili iskustva. Kvalitativne metode su najpogodnije kada tvrtka ima malo dostupnih povijesnih podataka, prilikom razvoja novog proizvoda ili kada prognostičari imaju tržišne informacije koje mogu utjecati na tijek potražnje. S druge strane, metode kvantitativnog predviđanja temelje se na matematičkom modeliranju. Oslanjanju se na povijesne podatke i/ili povezane varijable za predviđanje buduće potražnje. U slučaju kada tvrtka raspolaže velikom količinom povijesnih podataka, kvantitativne metode stvaraju prednost odabira budući da ljudi imaju ograničene sposobnosti obrade informacija i lako dolaze do točke preopterećenja, a kvantitativne metode imaju sposobnost obrade velikih količina podataka, informacija u isto vrijeme.

Svaka od navedenih metoda ima svoje prednosti, ali i nedostatke. Iako su kvantitativne metode objektivne i točnije, mora se pronaći dobar balans između objektivnih i subjektivnih metoda. Kvantitativne metode su dobre koliko su dobri inputi, odnosno podaci koji se unose. Kvalitativne metode, s druge strane imaju mogućnost unosa i obrade podataka koju su dobiveni „izvan kutije“. Pod pojmom „izvan kutije“ podrazumijevamo informacije dobivene promatranjem tržišta i njegovog kretanja, npr. reklamna kampanja konkurenta, planirani popusti, stanje gospodarstva. Sve su to čimbenici koji se moraju sagledati malo šire od čimbenika kvantitativnih metoda. U nastavku će se detaljnije objasniti svaka navedena metoda.

3.4.1. Kvalitativne tehnike predviđanja

Ponekad, prognostičari se oslanjaju na prosudbu i vlastitu intuiciju za donošenje odluke o prognozi. Uprava ili osoba zadužena za izradu prognoze možda neće imati dovoljno vremena za prikupljanje i analizu kvantitativnih podataka, s toga se oslanjaju ne metode subjektivne procjene.

U nastavku su navedeni primjeri kvalitativnih tehnika predviđanja (Stevenson, 2014):

- Procjena stručnjaka – U brojnim slučajevima, potrebne povratne informacije mogu doći iz tvrtke. Vodstvo, zaposlenici s dugogodišnjim iskustvom već imaju opsežno znanje s određenim tržištem, proizvodom ili bazom kupaca. Tada oni mogu biti izvrstan resurs za pomoć u kvalitativnom predviđanju. Prednost je u tome što okuplja znanja i talente raznih zaposlenika. Međutim, postoji rizik utjecaja dominante osobe, odnosno da će mišljenje određenog menadžera prevladati.
- Vanjsko savjetovanje – Često tvrtke nemaju vodstvo koje je dovoljno iskusno za napraviti kvalitetnu kvalitativnu prognozu, pogotovo ako je tvrtka mlađa. Zbog toga, tvrtke se okreću suradnji s trećim stranama, vanjskim stručnjacima s razvijenim iskustvom za traženo tržište.
- Istraživanje tržišta – Paneli, upitnici, ankete samo su dio metoda za istraživanje tržišta gdje kupci mogu signalizirati buduće trendove i promjene ponašanja prilikom kupnje. Može pomoći ne samo u izradi prognoza, već i u poboljšanju trenutnog dizajna proizvoda i planiranja novih proizvoda. Prednost anketa je ta što se mogu primijetiti želje potrošača i na temelju rezultata povećati konkurentsku prednost, dobivanje informacija koje možda nisu nigdje drugdje dostupne. S druge strane, potrebno je puno

vremena, znanja za izradu kvalitetne ankete koja će donijeti reprezentativne rezultate i znanje za ispravno tumačenje dobivenih informacija.

- Povijesna analogija – Predviđanje se temelji na prošlim podacima sličnih proizvoda. Ovo je dosta jeftina metoda za predviđanje potražnje prilikom implementacije novog proizvoda. Nedostatak je što se oslanja na povijest drugog proizvoda i nema jamstvo da će se dogoditi podudaranje.
- Delphi metoda – Ponavljajući proces s kojim se želi prikupiti mišljenja od grupe stručnjaka u cilju stvaranja što bolje prognoze. Delphi metoda oslanja se na stručnjake koji poznaju određenu temu. Metoda se sastoji od nekoliko krugova upitnika koji omogućuju stručnjacima iznošenje vlastitog mišljenja.

Heizer i dr. (2017) navode tri različite vrste sudionika u ovoj metodi: donositelji odluka tj. grupa do deset stručnjaka koji će praviti stvarnu prognozu, pomoćnici koji tu za pomoć oko pripreme, distribucije, prikupljanja i sumiranja svih upitnika i rezultata anketa, ispitanici su grupa ljudi čije se mišljenje ocjenjuje, grupa daje inpute donositeljima odluke prije nego što se napravi prognoza.

Postupak Delphi metode:

1. Odaberite stručnjake koji će sudjelovati. Trebalo bi odabrati niz stručnih osoba iz različitih područja.
2. Putem upitnika prikupite predviđanja svih sudionika
3. Sažmite rezultate i podijelite ih sudionicima zajedno s odgovarajućim novim pitanjima.
4. Ponovite 4. korak ako je potrebno. Podijelite konačne rezultate svim sudionicima (Jacobs, 2018:510).

3.4.2. Kvantitativni modeli predviđanja

Kvantitativne metode razlikuju se od kvalitativnih jer se temelje na matematičkoj analizi, koriste povijesne podatke potražnje kako bi se stvorila prognoza. Možemo ih podijeliti u dvije kategorije: modeli vremenskih serija i asocijativni modeli. Iako su oba modela kvantitativne prirode, razlikuju se po načinu stvaranja prognoze. Modeli vremenske serije pretpostavljaju da su sve informacije o budućoj potražnji sadržane u vremenskom nizu podataka (Reid, 2013).

Asocijativni modeli pretpostavljaju da je varijabla koju želimo predvidjeti na neki način povezana s drugim varijablama u okruženju. Cilj je otkriti kako su te varijable povezane i dobivene informacije koristiti za predviđanje potražnje (Reid, 2013).

U nastavke će se objasniti 9 metoda predviđanja analizom vremenskih serija.

1. Naivna metoda
2. Metoda prosjeka
3. Metoda pomičnog prosjeka
4. Ponderirani pomični prosjek
5. Metoda eksponencijalnog izgladivanja
6. Metoda eksponencijalnog izgladivanja s trendom
7. Metoda linearnog trenda
8. Metoda eksponencijalnog izgladivanja s trendom i sezonalnosti

3.4.2.1. Modeli vremenskih serija

3.4.2.1.1. Naivna metoda

Naivna metoda jedna je od najjednostavnijih metoda prognoziranja. Pretpostavlja da će potražnja u sljedećem razdoblju biti jednaka potražnji u posljednjem razdoblju. Ako je prodaja određenog proizvoda u travnju bila 87 jedinica, prema ovoj metodi potražnja u svibnju također će biti 87 jedinica. Pretpostavlja se da postoji mala promjena od razdoblja do razdoblja.

Matematički to možemo izraziti na sljedeći način (Reid, 2013: 289):

$$F_{t+1} = A_t$$

gdje je: F_{t+1} = prognoza za sljedeće razdoblje, $t+1$

A_t = stvarna vrijednost tekućeg razdoblja, t

t = trenutno vremensko razdoblje

Jedna od prednosti naivne metode je to što je vrlo jednostavna za korištenje. Najisplativija i najučinkovitija metoda prognoziranja kada postoje mala odstupanja od jednog do drugog razdoblja.

Uz sve navedeno, troškovi prognoziranja su minimalni, brza i laka priprema. Glavni nedostatak je nemogućnost pružanja vrlo točne metode, međutim može poslužiti kao polazna točka za usporedbu točnosti ostalih metoda (Stevenson, 2014).

3.4.2.1.2. Metoda prosjeka

Metoda prosjeka pretpostavlja da je prognoza jednaka prosjeku povijesnih podataka za n razdoblja.

Matematički ju možemo izraziti na sljedeći način (Reid, 2013: 290):

$$F_{t+1} = \frac{\sum A_t}{n} = \frac{A_t + A_{t-1} + \dots + A_{t-n}}{n}$$

gdje je: F_{t+1} = prognoza potražnje za sljedeće razdoblje, $t+1$

A_t = stvarna vrijednost tekućeg razdoblja, t

n = broj razdoblja

3.4.2.1.3. Metoda pomičnog prosjeka

Metoda pomičnog prosjeka koristi najnovije podatke u stvaranju prognoze. Korisna je za prognoziranje potražnje u stabilnim uvjetima bez izraženosti trenda ili sezone. Slična je metodi prosjeka jedino što ne uzima prosjek svih razdoblja nego obuhvaća izračune za određena razdoblja, kao što je period tri mjeseca ili pet mjeseci, ovisno o tome koliko prognostičar želi „izgladiti“ podatke o potražnji. Kako se pojavljuju noviji podaci, najstariji se odbacuju. Broj promatranih razdoblja korištenih za izračun održava se konstantnim. Na taj način prognoza „teče“ kroz vrijeme odražavajući samo najnovije vrijednosti.

Matematički ju možemo izraziti na sljedeći način (Reid, 2013: 291):

$$F_{t+1} = \frac{\sum A_t}{n} = \frac{A_t + A_{t-1} + \dots + A_{t-n}}{n}$$

gdje je: F_{t+1} = prognoza potražnje za sljedeće razdoblje, $t+1$

A_t = stvarna vrijednost tekućeg razdoblja, t

n = broj razdoblja korištenih u pomičnom prosjeku

Ako je osjetljivost važna, treba koristiti pomični prosjek s relativno manjim brojem razdoblja. To će omogućiti brzu prilagodbu, postupnoj promjeni podataka, ali će također uzrokovati

osjetljivost prognoze i na slučajne varijance. Suprotno tome korištenje više razdoblja u prognozi manje reagira na stvarne promjene. Zbog toga, prognostičar mora sam odlučiti koliko razdoblja će se koristiti i odmjeriti trošak sporijeg reagiranja na promjene (više razdoblja) ili reagiranje na svaku slučajnu varijancu. Prednost ove metode je u lakoći korištenja, nedostatak je taj što su sve vrijednosti pod istim ponderom, ista se važnost pridodaje svakoj vrijednosti (Stevenson, 2014).

3.4.2.1.4. Ponderirani pomični prosjek

U metodi pomičnog prosjeka svako promatrano razdoblje ima jednaki ponder. Npr. u pomičnom prosjeku od tri razdoblja svako razdoblje je ponderirano jednom trećinom, u pomičnom prosjeku od pet razdoblja svako razdoblje je ponderirano jednom petinom. Kada prognostičar odabranim razdobljima pridodaje različite pondere, pod uvjetom da je njihov zbroj jedan, tada koristi ponderirani pomični prosjek.

Matematički metodu možemo izraziti na sljedeći način (Reid, 2013: 294):

$$F_{t+1} = \sum C_t A_t = C_1 A_1 + C_2 A_2 + \dots + C_t A_t$$

gdje je: F_{t+1} = prognoza potražnje za sljedeće razdoblje

C_t = težina/ponder u razdoblju t

A_t = stvarna vrijednost u razdoblju t

Ako se koriste četiri pondera, za pripremu prognoze koriste se četiri zadnja razdoblja. Izbor težine, odnosno pondera proizvoljan je, prognostičar na temelju iskustva dodjeljuje težinu svakom razdoblju. Ako su najnovija razdoblja previše ponderirana, prognoza bi mogla pretjerano reagirati na slučajne promjene. U slučaju da je prognoza ponderirana premalo, prognoza bi tada mogla podcijeniti stvarne promjene u potražnji. Precizno određivanja pondera za svako razdoblje zahtjeva eksperimentiranje metodom pokušaja, pogreške (Russel i dr., 2011).

3.4.2.1.5. Eksponencijalno izgladivanje

Sofisticirani model predviđanja koji je jednostavan za razumijevanje i korištenje. Za stvaranje prognoze za sljedeće vremensko razdoblje, potrebne su tri početne informacije:

1. Prognoza za trenutno razdoblje.
2. Stvarna vrijednost trenutnog razdoblja .
3. Konstanta izgladivanja, vrijednost između 0 i 1 (Reid, 2013).

Prednosti eksponencijalnog izgladivanja u odnosu na metodu pomičnog prosjeka su trostruki:

1. Povijesni podaci se ne ignoriraju.
2. Povijesnim podacima s pridodaje manja težina, važnost.
3. Jednostavan izračun koji zahtjeva samo najnovije podatke (Fitzsimmons, 2011).

Svaka nova prognoza temelji se na prethodnoj prognozi zbrojeno s postotnim djelom razlike između stvarne potražnje u posljednjem razdoblju i prognozirane vrijednosti posljednjeg razdoblja:

Sljedeća prognoza = Prethodna prognoza + α (Stvarna potražnja – Prethodna prognoza)

gdje (Stvarna potražnja – Prethodna prognoza) predstavlja grešku prognoze, α težinu, odnosno konstantu izgladivanja.

Matematički metodu možemo izraziti na sljedeći način (Stevenson, 2014: 89):

$$F_t = F_{t-1} + \alpha(A_{t-1} - F_{t-1})$$

gdje je: F_t = Prognoza za razdoblje t

F_{t-1} = Prognoza za prethodno razdoblje, t-1

A_{t-1} = Stvarna potražnja za prethodno razdoblje

α = Konstanta izgladivanja ($0 \leq \alpha \leq 1$)

Brzina prilagodbe prognoze na pogrešku određena je konstantom izgladivanja. Što je vrijednost α bliža nuli, prognoza će se sporije prilagođavati razlikama između stvarne i predviđene potražnje. Suprotno tome, što je vrijednost bliža 1, to je prognoza osjetljivija na promjene potražnje. Najčešće se koriste vrijednosti u rasponu od 0,01 do 0,50. Međutim, određivanje vrijednosti konstante je subjektivno te često temeljeno na iskustvu dobiveno pokušajem, pogreškom. (Russel, 2011)

Važno je istaknuti kako je kod ove metode potrebna početna prognoza kako bi napravili prognozu za sljedeće razdoblje. Za rješavanje ovog problema i generiranje početne prognoze često se koristi naivna metoda, prva stvarna vrijednost kao prognoza za sljedeće razdoblje.

Druga mogućnost stvaranja početne prognoze je metoda pomičnog prosjeka, prosjek nekoliko razdoblja. (Reid, 2013)

Prije nastavka važno je napomenuti kako su do sada svi kvantitativni modeli namijenjeni za prognoziranje podataka gdje nije prisutan trend ili sezonalnost. U nastavku pažnja će biti posvećena kvantitativnim modelima koji se mogu koristiti u slučaju izraženosti trenda i senzualnosti.

3.4.2.1.6. Holt metoda (Eksponecijalno izgladivanje s trendom)

U slučaju gdje vremenska serija pokazuje prisutnost rastućeg ili padajućeg trenda, tada gore navedene metode neće biti dovoljno dobre za izradu predviđanja.

Ako vremenska serija pokazuje trend, a za izračun se koristi eksponecijalno izgladivanje, prognoza će zaostajati za trendom. Ako podaci rastu, svaka će prognoza biti preniska. Ako se smanjuje, prognoza će biti previsoka (Stevenson, 2014:97).

Većina metoda koje se koriste za predviđanje trenda isti su modeli koji se koriste za previđanje razine, s dodatnom značajkom koja je dodana za kompenzaciju zaostajanja do kojeg bi inače došlo (Reid, 2013).

1957. godine Charles C. Holt proširio je jednostavno eksponecijalno izgladivanje kako bi uključio komponentu linearnog trenda, dodavanja mogućnosti predviđanja podataka s trendovima (Christou, 2012).

Holt – ova metoda koristi dvije konstante izgladivanja, α i β (s vrijednostima između 0 i 1), te tri jednadžbe. Prva jednadžba izgladuje razinu, druga izgladuje trend, a treća generira prognozu zbrajanjem prve dvije jednadžbe.

Matematički metodu možemo izraziti na sljedeći način (Reid, 2013: 297):

$$L_t = \alpha(A_t) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1})$$

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

$$F_{t+1} = L_t + T_t$$

Gdje je: F_{t+1} = prognoza uključujući trend za vremensko razdoblje t

L_t = eksponecijalno izgladen prosjek

T_t = Eksponencijalno izgladen trend

α = konstanta izgladivanja za prognoze

β = konstanta izgladivanja za trend

A_t = Stvarna potražnja u razdoblju t

Važno je naglasiti kako je na samome početku potrebno napraviti inicijalizaciju, izračunati vrijednosti nultog trenda i razine. Za rješavanje ovog problema mnogi autori navode linearnu regresiju kao način dobivanja nulte razine i trenda, dok pojedini autori za nultu razinu koriste razliku stvarne potražnje prvog i drugog razdoblja, dok kod procjena trenda koriste dostupne prošle podatke ili subjektivnu procjenu (Render, 2018).

3.4.2.1.7. Metoda linearnog trenda

Sljedeću metoda za prognoziranje vremenskih serija s trendom nazivamo metodom linearnog trenda. Grafikon 1 prikazuje potražnju za 10 razdoblja. Promatrajući grafikon, lako se uočava postojanje povećavajućeg trenda. Kako bi se napravila prognoza potražnje, metoda linearnog trenda uklopit će liniju trenda kroz podatke.

Matematički metodu možemo izraziti na sljedeći način (Reid, 2013: 299):

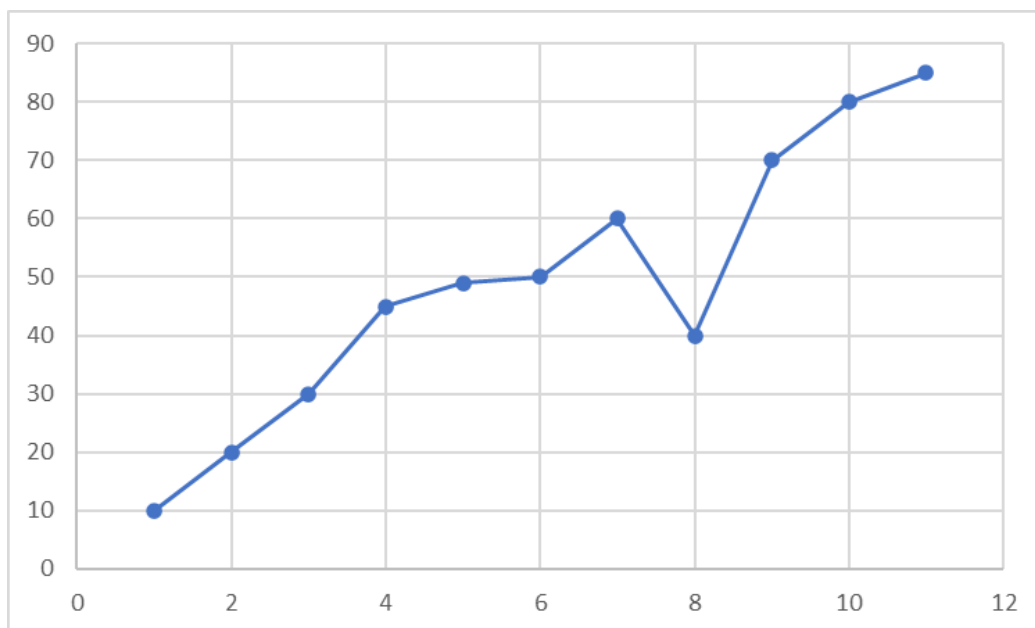
$$Y = a + bx$$

Gdje je: Y = prognoza potražnje

X = vremensko razdoblje

X je nezavisna varijabla, a Y ovisna varijabla jer potražnja ovisi o vremenskom razdoblju. Kako X raste, Y raste u rastućem trendu. Y će se smanjiti kako X raste u opadajućem trendu (Gupta, 2014).

Grafikon 1: Rastući trend



Izvor: Izrada autora

U jednadžbi linije trenda, a je sjecište Y -osi koja je vrijednost potražnje (varijabla Y) kada je $X = 0$. Nagib linije predstavljen je s b što daje promjenu vrijednosti potražnje (varijabla Y) za jediničnu promjenu vrijednosti X . To jest, b predstavlja iznos za koji će se potražnja promijeniti ako se vremensko razdoblje promjeni za jedan (Gupta, 2014:132).

Koeficijenti pravca a i b , mogu se izračunati metodom najmanjeg kvadrata (Gupta, 2014):

$$b = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$a = \frac{\sum y}{n} - b \left(\frac{\sum x}{n} \right)$$

Gdje je: n = broj perioda

y = vrijednost vremenske serije

U nastavku će se detaljno kroz primjer generirati prognoza za 11. i 12. tjedan pomoću linearnog trenda. Potražnja za određenim proizvodom u posljednjih 10 tjedana, te vrijednosti potrebne za izračun parametara a i b prikazani su u tablici 1.

Tablica 1: Podaci za izračun potrebnih parametara

Vrijeme (x)	Potražnja (y)	xy	x ²
1	8	8	1
2	16	32	4
3	30	90	9
4	47	188	16
5	50	250	25
6	61	366	36
7	40	280	49
8	63	504	64
9	89	801	81
10	92	920	100
ΣX	Σy	ΣXy	Σx ²
55	496	3439	385

Izvor: Izrada autora prema dostupnim podacima

$$\text{Izračun parametra } b : b = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} = \frac{10 \cdot 3439 - 55 \cdot 496}{10 \cdot 389 - 55^2} = \frac{7110}{865} = 8,22$$

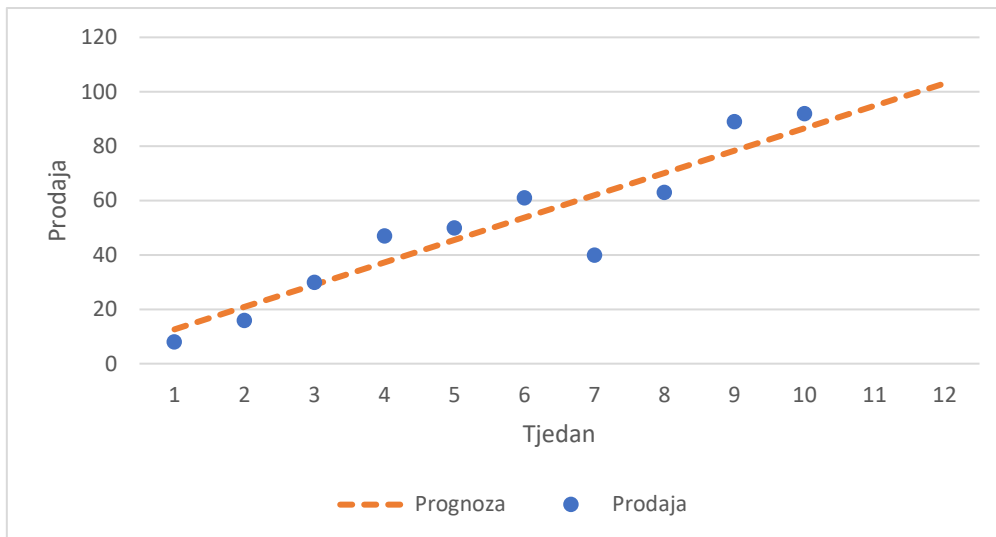
$$\text{Izračun parametra } a : a = \frac{\sum y}{n} - b \left(\frac{\sum x}{n} \right) = \frac{496}{10} - 8,22 * \left(\frac{55}{10} \right) = 4,39$$

$$\text{Izračun linije trenda: } Y = a + bx = 4,39 + 8,22x$$

$$\text{Prognoza potražnje za 11. tjedan: } Y = 4,39 + 8,22 * 11 = 95$$

$$\text{Prognoza potražnje za 12. tjedan: } Y = 4,39 + 8,22 * 12 = 103$$

Grafikon 2: Pramac linije trenda



Izvor: Izrada autora prema dostupnim podacima

3.4.2.1.8. Metoda eksponencijalnog izgladivanja s trendom i sezonalnosti

Metoda zvana još Holt – Winters – ova metoda ili trostruko eksponencijalno izgladivanje proširenje je Holt metode za predviđanje potražnje s podacima koji imaju prisutnost trenda i sezonalnosti. Sastoji se od jednadžbe za prognozu i tri jednadžbe izgladivanja, za razinu (L), trend (T) i sezonsku komponentu (S) (Mahadevan, 2015).

Postoje dvije varijacije ove metode, aditivna metoda i multiplikativna. Aditivna metoda je poželjna kada su sezonske varijacije otprilike konstantne kroz određeni vremenski period, dok je multiplikativna metoda poželjna kada se sezonske varijacije mijenjaju proporcionalno razini serije (Hyndman, 2014:188).

U aditivnom modelu sezonalnost je izražena kao količina (npr. 20 jedinica) koja se dodaje ili oduzima od prosjeka serije kako bi se uključila sezonalnost. Dok u multiplikativnom modelu sezonalnost je izražena kao postotak prosjeka vrijednosti (npr. 1.10), koji se koristi za množenje vrijednosti serije kako bi se uključila sezonalnost (Stevenson, 2014:132).

Jednadžba za generiranje prognoze, izgladivanja razine, trenda i sezone su (Chopra, 2015: 203):

$$L_t = \alpha \left(\frac{A_t}{S_t} \right) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1})$$

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

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

$$F_t = (L_t + T_t) S_{t+1}$$

Gdje je: F_t = prognoza za vremensko razdoblje t

L_t = eksponencijalno izgladen prosjek

T_t = Eksponencijalno izgladen trend

S_t = Sezonska procjena

α = konstanta izgladivanja alfa

β = konstanta izgladivanja beta

γ = konstanta izgladivanja gama

A_t = Stvarna potražnja u razdoblju t

Predviđanje za n perioda unaprijed (Chopra, 2015:203):

$$F_{t+n} = (L_t + T_t n) S_{t+1}$$

Gdje je α ($0 < \alpha < 1$) konstanta izgladivanja razine, β ($0 < \beta < 1$) konstanta izgladivanja trenda i γ ($0 < \gamma < 1$) konstanta izgladivanja sezonskog faktora (Chopra, 2015:203).

Kako bi se generirala prognoza potražnje potrebne su početne procjene nulte razine i trenda, te sezonskih čimbenika (S_1, \dots, S_p). Potrebne nulte procjene dobit će se kroz 4 koraka:

Korak 1: U prvom koraku prema stvaranju nulte procjene trenda i razine potrebno je desezonirati originalne podatke o potražnji. Desezonirana potražnja je ona koja bi bila uočena kada ne bi postojale sezonske fluktuacije, te će se dobiti uz pomoć formule (Chopra, 2015:196):

$$\bar{D}_t = \left[D_{t-\left(\frac{p}{2}\right)} + D_{t+\left(\frac{p}{2}\right)} + \sum_{i=t+1-\left(\frac{p}{2}\right)}^{t-1+\left(\frac{p}{2}\right)} 2Di \right] / (2p)$$

Periodičnost (p) predstavlja broj razdoblja nakon kojih se sezonski ciklus ponavlja (Chopra, 2015:196).

Korak 2: U drugom koraku, nakon stvaranja desezonirane potražnje, uz pomoć linearne regresije potrebno je odrediti jednadžbu pravca, prema formula (Chopra, 2015:196):

$$\bar{D}_t = L + Tt$$

Prilikom izračuna koeficijenta alfa, koji sada predstavlja L , odnosno razinu i koeficijenta beta, koji sada predstavlja T , odnosno trend, potrebno je je pripaziti da \bar{D}_t sada predstavlja desezoniranu potražnju, a ne više stvarne vrijednosti potražnje u razdoblju t . Potražnja mora biti desezonirana prije izračuna linearne regresije jer izvorni podaci o potražnji nisu linearni i rezultat linearne regresije sa stvarnim podacima neće dati dobar rezultat. Nakon dobivenih potrebnih parametara, sada je moguće dobiti desezoniranu potražnju za svako razdoblje (Chopra, 2015).

Korak 3: Nakon dobivene desezonirane potražnje za svako razdoblje, sljedeći korak je izračun sezonskog indeksa za sva razdoblja koji je omjer stvarne potražnje D_t i desezonirane potražnje \bar{D}_t . Što prema formuli izgleda (Chopra, 2015:196):

$$\bar{S}_t = \frac{D_t}{\bar{D}_t}$$

Korak 4: Nakon izračuna sezonskih indeksa za svako razdoblje, sljedeće potrebno je odrediti sezonski indeks za slična razdoblja . Oznaka p predstavlja broj razdoblja nakon kojih sezonski ciklus ponavlja. Na primjer, ako je $p=4$, što znači da su prisutna 4 kvartala u godini, te razdoblja 1, 5 i 9 imaju sličan sezonski indeks u koraku 2. Konačni sezonski indeks dobit će se prosjekom navedena tri kvartala (Chopra, 2015).

3.5. Izračun točnosti prognoziranja

Jedna od osnovnih karakteristika prognoza je ta da su prognoze rijetko savršene. S druge strane, važan kriterij za odabir pravog modela predviđanja je upravo njegova točnost. Podaci se s vremenom mijenjaju, a model koji je jednom dao dobru prognozu možda više u budućnosti neće biti adekvatan. Točnost modela za prognoziranje se može odrediti samo ako se prati njegova izvedba prognoze tijekom vremena, što uključuje praćenje pogrešaka prognoze. Iako je pogrešku nemoguće izbjeći, cilj je ipak težiti da pogreška prognoze bude što manja. Pogreška prognoze je razlika između stvarne vrijednosti i prognozirane vrijednosti za određeno razdoblje. Matematički ju možemo izraziti na sljedeći način (Reid, 2013: 307):

$$E_t = A_t - F_t$$

Gdje je: E_t = pogreška prognoze za razdoblje t

A_t = stvarna vrijednost za razdoblje t

F_t = prognoza za razdoblje t

Negativne pogreške nastaju kada je prognoza veća od stvarne vrijednosti, dok su pozitivne pogreške rezultat visokih stvarnih vrijednosti u odnosu na prognozu u razdoblju t (Stevenson, 2014).

Na primjer, ako je stvarna vrijednost za određeno razdoblje bila 200 jedinica, a prognoza istog razdoblja 180, pogreška je +20. U primjeru je došlo do pojave pozitivne pogreške što je rezultat nižih prognoza u odnosu na stvarnu vrijednost

Postoje različite mjere za utvrđivanje pogreške prognoze, u nastavku će se obraditi tri najčešće korištene :

- Srednje apsolutno odstupanje (engl. *Mean Absolute Deviation – MAD*)
- Srednje kvadratno odstupanje (*Mean Squared Error - MSE*)
- Srednja apsolutna pogreška u postocima (*Mean absolute percent error - MAPE*)

Navedene mjere za računanje pogrešaka matematički možemo izraziti na sljedeći način (Reid, 2013:307):

$$MAD = \frac{\sum |A_t - F_t|}{n}$$

$$MSE = \frac{\sum |A_t - F_t|^2}{n - 1}$$

$$MAPE = \frac{\sum \frac{|A_t - F_t|}{A_t} * 100}{n}$$

Kada postoji razlika između stvarne i prognozirane vrijednosti za određeno razdoblje, potrebno je utvrditi je li razlika uzrokovana slučajnim oscilacijama ili je posljedica pristranosti u prognozi. Pristranost prognoze je trajna težnja prognoze da bude iznad ili ispod stvarne vrijednosti (Reid, 2013).

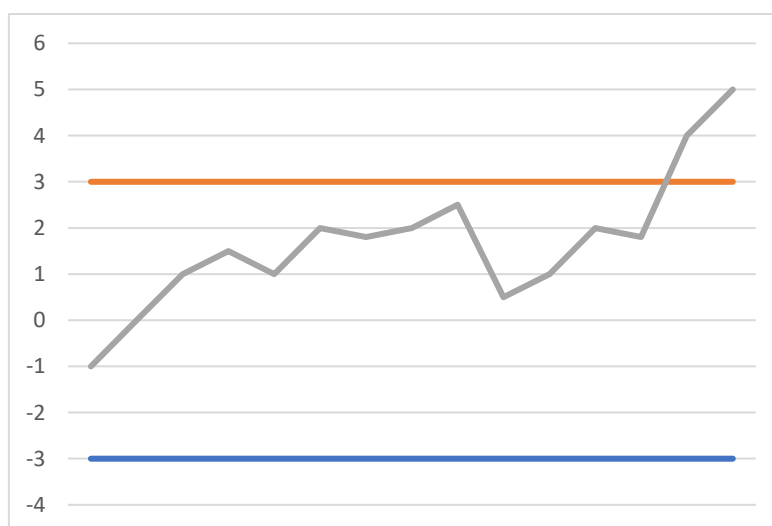
Jedan od načina kontrole pristranosti prognoze je korištenje metode pratećeg signala. Prateći signal mjera je koja se koristi za praćenje kvalitete prognoze, računa se kao kvocijent kumulativne pogreške i srednje apsolutnog odstupanja (Stevenson, 2014:143).

$$PS_t = \frac{\sum(A_t - F_t)}{MAD_t}$$

Pozitivan prateći signal znak je da je potražnja veća od prognoze, dok je negativni signal znak kako je potražnja manja od prognoze. Dobar prateći signal, onaj s niskom kumulativnom pogreškom, ima otprilike isti broj pozitivnih i negativnih pogrešaka. Pozitivne i negativne pogreške trebale bi uravnotežiti jedna drugu kako bi se prateći signal usmjerio prema nuli (Heizer, 2017:177).

Kada se prateći signal izračuna, uspoređuje se s unaprijed određenim kontrolnim granicama. Prelaskom tih granica, donje ili gornje, signal se aktivira. To je znak problema kod metode predviđanja i da je nužno preispitati što je uzrok lošim rezultatima (Nahmas, 2015:192). Grafikon 3 prikazuje sivu liniju signala praćenja koja prelazi zadanu granicu, odnosno raspon prihvatljive varijacije. Ako je metoda koja se koristi eksponencijalno izgladivanje, možda je onda potrebno provjeriti koristi li se dobra konstanta izgladivanja.

Grafikon 3: Linija signala praćenja



Izvor: Izrada autora

Prilikom odlučivanja gornje i donje granice, mora se pronaći razumna vrijednost. Odnosno granice koje nisu toliko niske da se aktiviraju prilikom svake pogreške, a opet i ne tako visoke

da bi se loše prognoze redovito zanemarivale. Jedan *MAD* je ekvivalentan približno 0.8 standardne devijacije, tako da je $\pm 2 \text{ MAD-a} = 1.6$ standardnih devijacija, $\pm 3 \text{ MAD-a} = 2.4$ standardne devijacije i $\pm 4 \text{ MAD-a} = 3.2$ standardne devijacije. Očekuje se da će 89% pogrešaka biti unutar $\pm 2 \text{ MAD-a}$, 98% pogrešaka $\pm 3 \text{ MAD-a}$, i 99% pogrešaka unutar $\pm 4 \text{ MAD-a}$ (Render, 2018).

4. Agregatno planiranje

Predviđanje potražnje može utjecati na dugoročne, srednjoročne i kratkoročne odluke. Dugoročne prognoze pružaju podatke za višegodišnje planove tvrtke, dugoročni planovi zahtijevaju strategije poput kapaciteta, dodatnih ulaganja, lokacije proizvodnje, kreiranja novih proizvoda, razvoja opskrbnog lanca, itd. Srednjoročni planovi u skladu su s dugoročnim planovima, njihov obujam rada ograničen je količinom resursa koji su utvrđeni od strane top menadžmenta, dugoročnim planovima. Izazov je uskladiti ograničenu proizvodnju s dinamičnim tržištem. Zadatak kratkoročnih planova je transformacija srednjoročnih planova u tjedne, dnevne planove (Heizer, 2017).

Agregatno planiranje sastavni je dio procesa poslovnog planiranja. Cilj agregatnog plana je razvoj cjelokupnog plana proizvodnje za razdoblje od 3 do 18 mjeseci, kako bi se osigurala neprekinuta proizvodnja, učinkovito korištenje resursa u svrhu zadovoljavanja očekivane potražnje. . Plan daje detaljan opis ukupne proizvodnje i broja zaposlenika, što omogućuje daljnje odluke o količini zaliha, prekovremenog ili skraćenog radnog vremena, odluke o zapošljavanju ili otpuštanju zaposlenika, podugovaranje (Reid,2013).

4.1. Troškovi agregatnog planiranja

Kao i kod drugih vrsta planiranja cilj je pronaći balans kvalitetne izvedbe i manjih troškova. Od značajne je važnosti identificirati troškove koji mogu odrediti put uspjeha agregatnog planiranja (Nahmas,2015)

1. Troškovi izjednačavanja radne snage – Troškovi izjednačavanja su oni troškovi koji nastaju u situaciji variranja potražnje tijekom određenog perioda. Tvrtka promjenom razine proizvodnje pokušava biti uz korak trenutnoj potražnji i tako utječe na jedan od istaknutijih troškova, troška zapošljavanja i otpuštanja radne snage. Povećanje radne

snage traži vrijeme za oglašavanje, intervjuiranje potencijalnih zaposlenika i njihovu obuku za rad. Otpuštanje zaposlenika u vremenu manje potražnje može dovesti do troškova koje je ponekad teže izmjeriti, poput troška lošeg statusa kao poslodavca. U danom trenutku to se možda neće osjetiti, ali prilikom sljedećeg zapošljavanja mogu se osjetiti posljedice manjeg broja zainteresiranih. Također, česte varijacije broja zaposlenih mogu utjecati na moral zaposlenika, njihovu motivaciju što na kraju isto ima ulogu u kreiranju dobrog poslovanja. Mnoge tvrtke zapošljavaju sezonske radnike, kako bi uspješno izvršili planiranu proizvodnju koja je rezultat analize prijašnjih prodaja i prognoze potražnje.

2. Trošak zaliha – Dodatni troškovi koji uključuju skladištenje, zbrinjavanje gotovih proizvoda koji se nisu prodali. Zalihe nastaju u trenutku kada je proizvodnja veća u danom trenutku od potražnje. Ako tvrtka uspije kontrolirati proizvodnju „rame uz rame“ s potražnjom, tada se uštedeni novac od troška zaliha može usmjeriti u neke druge stvari s povratom koji varira od industrije do industrije. Tvrtke ponekad mogu imati i motivaciju za držanjem zaliha, poput ekonomije obujma, špekulacije, visok stupanj neizvjesnosti.
3. Trošak izgubljene prodaje – Manjak zaliha, odnosno ne postojanje zaliha koje mogu zadovoljiti potražnju tržišta. Trošak nastaje u situaciji kada je potražnja veća od kapaciteta proizvodnje. U idealnoj situaciji došlo bi do naknadne isporuke narudžbe, ali često kupac nije voljan čekati te odlazi dalje.
4. Trošak radnog vremena – Ovdje se ubraja trošak proizvodnje jedne jedinice proizvoda tijekom radnog vremena, plaća zaposlenika, izravni i neizravni troškovi materijala i ostali troškovi proizvodnje.
5. Trošak prekovremenog rada i podugovaranja – Često planirana količina ne može se ispuniti unutar regularnog radnog vremena. Zbog toga dolazi do potrebe za dodatnim satima kako bi se došlo do željenog rezultata. Trošak podugovaranja nastaje ako prva tvrtka ne želi prekovremene sate svojih zaposlenika već taj dio prenese na drugu tvrtku koja se obvezuje tu količinu proizvesti.
6. Trošak mirovanja – Riječ o nedovoljnoj iskorištenosti radne snage, strojeva. Plaćeno vrijeme u kojem je zaposlenik ili stroj neproduktivan zbog faktora koji su pod kontrolom uprave ili izvan nje. Ako tvrtka želi biti učinkovita tijekom dužeg vremenskog razdoblja mora smanjiti vrijeme mirovanja. Mirovanje je prazan hod što je propuštena korist zbog ne proizvodnje.

4.2. Pristupi usklađivanja proizvodnje i potražnje

Prije samog kreiranja agregatnog plana, tvrtka mora znati odgovor na pitanja poput (Heizer,2017):

- Trebaju li svoj dogovor na povećanu potražnju kreirati kroz stvaranje zaliha u vremenu manje potražnje?
- Trebaju li u razdoblju povećane potražnje zapošljavati, odnosno smanjiti radnu snagu u vremenu manjeg kapaciteta rada.
- Trebaju li na potražnju utjecati promjenom cijene ili nekim drugim čimbenicima.
- Trebaju li koristiti podugovaranje kao odgovor na povećanu potražnju.

Sve su ovo dopuštene metode planiranja, s kojima tvrtka može „igrati“ na terenu tržišta. Oni uključuju zalihe, povratne narudžbe, manipulaciju potražnje, prekovremeni rad, razine radne snage, podugovaranje, zapošljavanje i otpuštanje. Sve navedeno možemo razvrstati u dvije skupine planiranja, kapaciteta i potražnje, koje tvrtka može odabrati prilikom izrade agregatnog plana.

Za prvu skupine, temeljenu na potražnji, Reid (2013) navodi dvije reaktivne i jednu proaktivnu opciju. Reaktivne opcije su korištenje zaliha i naknadne narudžbe kao odgovor na potražnju. Dok je proaktivna opcija „pomjeranje“ potražnje, odnosno raznim metodama potaknuti povećanje potražnje u vrijeme njezine smanjenosti.

- Korištenje zaliha omogućuje stabilno poslovanje u vremenu povećane potražnje. Tijekom dužeg razdoblja tvrtka proizvodi na određenoj razini umjesto da mijenja cijelu proizvodnju tj. povećava kapacitet iz jednog razdoblja u sljedeće. U vremenu kada je potražnja manja od proizvodnje, dodatne jedinice idu u zalihe. Kada je potražnja veća od proizvodnog kapaciteta, izuzimanjem dodatnih jedinica sa zaliha popunjava se jaz između proizvodnog kapaciteta i nastale potražnje.
- Naknadne narudžbe nastaju kada tvrtka u danom trenutku nema dovoljno proizvodnog kapaciteta ili zaliha kako bi ispunila kupčev zahtjev, tada nudi naknadnu isporuku proizvoda. Kupac tada ima dvije opcije, pričekati ili proizvod potražiti negdje drugdje. S obzirom na sve veću ponudu na tržištu, tvrtka moru imati jedinstvenu ponudu s dobrim razlogom za pričekati malo duže. Jedinstvena ponuda može biti najniža cijena ili je tvrtka jedini proizvođač proizvoda. U drugom slučaju, kada kupac nije voljan pričekati, stvara se izgubljena prodaja.

- Pomjerenje potražnje je situacija u kojoj tvrtka različitim alatima pokušava rasteretiti najopterećenije razdoblje, različitim pogodnostima potaknuti kupce da svoje aktivnosti obavljaju u vremenu manjeg intenziteta. Primjeri za to mogu biti snižene cijene hrane i pića u restoranu u vrijeme kada je potražnja puno manja.

Druga skupina, temeljena na kapacitetu, svoj odgovor kreira kroz promjenu kapaciteta prateći kretanje potražnje. Ovdje ubrajamo mogućnosti poput prekovremenog rada, skraćeno radno vrijeme, podugovaranje, zapošljavanje i otpuštanje.

- Prekovremeni rad je opcija koju tvrtka odabire kada želi povećati izlazni kapacitet s nepromijenjenom količinom radne snage. Ponekad, ta opcija je skuplja u odnosu na druge i zbog toga preporuka je koristiti kratkotrajno iz razloga same produktivnosti i na kraju kvalitete cijelog rada.
- Skraćeno radno vrijeme je opcija u vremenu smanjene potražnje. Umjesto osam sati radno vrijeme može biti šest ili sedam, a sve kako bi se na kraju proizvelo u skladu s potražnjom. Umjesto proizvodnje za zaliha i stvaranja troška skladištenja, tvrtka svoj trošak prebacuje na manju aktivnost radnih strojeva po danu.
- Podugovaranje je angažiranje druge tvrtke za obavljanje određenog posla kako bi se osigurao dodatni kapacitet proizvodnje tijekom povećane potražnje. Prednosti su dodatna količina proizvoda bez ulaganja u povećanje kapaciteta proizvodnje, dok je nedostatak manjak kontrole nad izvođačem, trošak isporuke dijelova i vraćanja gotovih proizvoda.
- Zapošljavanje ili otpuštanje radnika mijenja veličinu radne snage s obzirom na veličinu potražnje u danom vremenu. Osim velikih troškova koje strategija donosi, a o kojima je bilo riječ, proizvodnja može podnositi velike gubitke zbog nekompetentnosti novo zaposlenih.

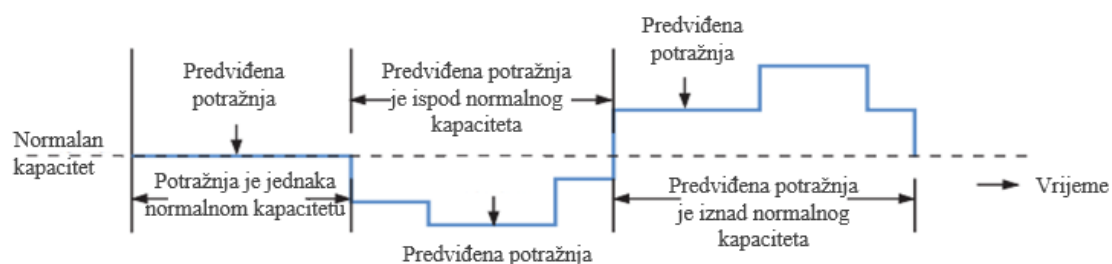
4.3. Strategije agregatnog planiranja

Agregatno planiranje možemo podijeliti u dvije „čiste“ proizvodne strategije i njihovu kombinaciju. Prva čista strategija je stabilna razina proizvodnje, dok je druga strategija slijeđenja tržišta.

Strategija stabilne razine proizvodnje održava radnu snagu stabilnom te proizvodi istu količinu u svakom vremenskom razdoblju. Tijekom zadanog vremenskog razdoblja proizvodnja je jednaka prosječnoj potražnji. Umjesto zapošljavanja, otpuštanja ili kupovanja dodatnih strojeva

tvrtka proizvode u vrijeme manje potražnje stavlja na zalihe, te ih izuzima tijekom njezinog povećanja. Prednost strategije je stabilnost radne snage, dok je nedostatak gomilanje zaliha u slučaju dužeg razdoblja smanjene potražnje ili pretjerane naknadne narudžbe. Slika 1 prikazuje primjer ove strategije. U prvom periodu potražnja i proizvodnja su jednake. U drugom periodu potražnja pada dok je razina proizvodnje konstantna tijekom cijelog razdoblja, višak proizvodnje se stavlja na zalihe sve do trenutka povećanja potražnje koji se događa u trećem periodu, gdje se pojavljuju i naknadne narudžbe zbog nedovoljne količine zaliha (Stevenson, 2014).

Slika 1: Kretanje potražnje i proizvodnje u agregatnom planu.



Izvor: Izrada autora prema Stevenson (2014: 466)

Strategija slijeđenja tržišta kao što ime govori proizvodnjom slijedi tržište, odnosno potražnju tijekom određenog vremenskog razdoblja. Dok je je strategija stabilne razine usredotočena na proizvodnju iste količine proizvoda koja je izvedena prosječnom potražnjom u određenom vremenskom razdoblju i stabilnom radnom snagom, strategija slijeđenja tržišta mijenja razinu radne snage s obzirom trenutnu potražnju i potrebu za kapacitetom. Prednost ove strategije je u minimiziranju troška zaliha jer proizvodnja prati potražnju, dok je nedostatak trošak zapošljavanja, otpuštanja i potraga za dodatnom opremom u vrijeme najveće potražnje.

Hibridna strategija je kombinacije stabilne proizvodnje i slijeđenja tržišta. Tvrtke će koristit sve dostupne kombinacije prilikom osmišljavanja strategije za agregatno planiranje. Neke od strategija mogu (Mahadevan, 2015:627):

- Hibridna strategija 1: Stalna radna snaga, promjena razine proizvodnje s dodatnim smjenama po potrebi, stvaranje zaliha i podugovaranje.
- Hibridna strategija 2: Stalna radna snaga, korištenje podugovaranja tijekom razdoblja velike potražnja i stvaranja zaliha.

4.4. Dezagregacija

Rastavljanje agregatnog plana naziva se dezagregacijom, što se odnosi na stvaranje fokusiranih operativnih planova, stvaranje praktičnijih rješenja za niže razine tvrtke. Proces razbijanja agregatnog, grupnog plana na više manjih operativnih zadataka, planova za kraće vremensko razdoblje (Türkay i dr., 2021).

Kako bi se cijela proizvodnja stavila u funkciju potrebno je agregatni plan razdvojiti na jedinice proizvoda. To znači razdvajanje skupnog plana na specifične zahtjeve proizvoda kako bi se odredila potrebna količina zaposlenih, potrebne vještine, sirovine, specifični zahtjevi proizvoda, planiranje transporta, stvaranje sigurnosnih zaliha, itd. (Stevenson, 2014)

Nahmas(2015) navodi dva pristupa kreiranja agregatnog plana, odozdo prema gore i odozgo prema dolje. Pristup odozdo prema gore započinje s planiranjem pojedinačnih proizvoda, gdje se u sljedećem koraku ti planovi spajaju u agregatni plan. Pristup odozgo prema dolje započinje s agregatnim planom na visokoj razini, koji se u sljedećem koraku spušta na operativnu razinu i razdvaja kako bi se razvili detaljni planovi proizvodnje pojedinačnih proizvoda.

Nakon rastavljanja agregatnog plana, nastaje glavni plan proizvodnje. Plan opisuje što će se proizvoditi, kada i u kojim količinama, za vremensko razdoblje do osam tjedana.

5. Predviđanje potražnje i agregatno planiranje na primjeru odabranog gospodarskog subjekta

U nastavku rada prikazat će predviđanje potražnje koristeći metode obrađene u prethodnim lekcijama. Dobivene prognoze stvorit će se na temelju podataka o prodaji proizvoda široke potrošnje odabranog gospodarskog subjekta smještenog u vrlo dinamičnom okruženju, jakoj eksternoj okolini koja indirektno utječe na poslovanje tvrtke, te koju karakteriziraju brze, burne i neočekivane promjene. Gospodarski subjekt svoje poslovanje obavlja s brojim inozemnim tvrtkama s kojima zadovoljava svakodnevne potrebe za sirovinama, ali i domaćim tvrtkama, akterima u neposrednoj okolini poduzeća koji subjektu omogućuju laku i brzu dostupnost potrebnim sirovinama u slučaju velikih promjena na globalnom tržištu.

Poslovanje u dinamičnom okruženju istiskuje dinamične odgovore i držanje korak uz aktere prisutne na tržištu. Upravo takvo ponašanje ima i odabrani gospodarski subjekt koji s „očima na leđima“, u jakoj eksternoj okolini koja indirektno utječe na njihovo poslovanje, uspješno obavlja svoje zadatke i ispunjava planove i želje usmjerene prema kupcima.

U svom prvom koraku kreiranja prognoze potražnje odabrani gospodarski subjekt stvara godišnji plan na temelju pregleda povijesnih podataka, trendova na tržištu, analize agencije o kretanjima prodaje određene kategorije, planova distributera, dobavljača, marketinških planova, komunikacije s kupcima. Nakon kreiranja godišnjeg plana, na redu je stvaranje četiri preciznije slike potražnje, odnosno četiri kvartala. Svaki kvartal sadrži proceduru usporedbe s istim kvartalom prijašnjih godina s naglaskom na malo većim uvažavanjem prošle godine kao najbližeg povijesnog istog kvartala. Nakon kreiranja kvartalnih planova na redu je stvaranje mjesečnih planova, gdje se ponovno radi usporedba s povijesnim podacima, ali sada na mjesečnoj bazi, gdje je ipak malo veći značaj na zadnjih 12 mjeseci i trenutnog kretanja proizvoda na tržištu. Godišnji plan tvrtke je željeni scenarij, ono nešto kada bi se ostvarilo bilo idealno za cijelo poslovanje, ali tržište miješa karte i zbog toga se mjesečni i kvartalni planovi rade skroz neovisno o godišnjem, on je tu kako bi se stvorila početna točka od koje se kreće u daljnje planiranje, ali i ne mora. Precizni mjesečni planovi su temelj dobre organizacije nabave sirovina, radne snage, proizvodnje i kreiranja količine sigurnosnih zaliha, upravo zbog navedenog tvrtka ima tradiciju kreiranja preciznog trenutnog mjeseca, dok je sljedeći mjesec usklađen ali s mogućnostima dorade, kako vrijeme prolazi sljedeći mjesec postaje prioritet dok mjesec nakon njega postaje usklađeni. Komunikacija s krajnjim kupcima, pozicioniranje

proizvoda, veća zastupljenost u katalogima, nagrade su čimbenici koje također treba uzeti u obzir jer upravo navedene stvari mogu imati značaj u povećanju potražnje za proizvodima.

Poslovanje na dinamičnom tržištu s proizvodima široke potrošnje traži stalno kretanje naprijed i poboljšanje u svim segmentima poslovanja, godišnja prognoza će na početku biti idealna, ali se također u jednom trenutku može sve preokrenuti. Pandemija je pokazala da nitko nije zaštićen od promjena koliko god dobro nešto planirao, jer u tom trenutku istaknuli su se oni s fleksibilnim poslovanjem što je jako dobro učinila i analizirana tvrtka. Godišnji, kvartalni, mjesečni, pa i tjedni plan je bio tu, ali sve pada u vodu kada je pandemija nastupila na scenu, jer dolazi do potražnje za drugim proizvodima i u tom trenutku treba sve preokrenuti.

5.1. Primjena metoda vremenskih serija

Prije početka izrade prognoze s bilo kojom metodom potrebno je pregledati i prikazati sve raspoložive podatke o prodaji odabranih proizvoda. Pregled podataka služi kako bi se što jasnije uočilo kretanje prodaje kroz određeno razdoblje, uočavanje rastućeg, padajućeg trenda, sezone ili oboje. Za potrebe ovog rada prikupljeni su podaci o prodaji proizvoda na području Republike Hrvatske u razdoblju pet godina, od početka 2015. godine, pa do kraja 2019. godine. Ovdje je riječ o grupi proizvoda, točnije 15 proizvoda koji u svome sastavu imaju veliki broj istih sirovina. Prve četiri godine koristit će se za generiranje prognoze potražnje, dok će peta godina, odnosno 2019. biti usporedba dobivenih rezultata u radu i stvarne prodaje. Tablica 2 prikazuje prikupljene podatke o prodaji tijekom 5 godina. Iako su u radu korišteni samo podaci o prodaji, radi boljeg zadovoljavanja potražnje u budućnosti preporuke su koristiti podatke o cjelovitoj potražnji i izgubljene prodaje. Kako bi se stvorila točnija prognoza za sljedeće razdoblje.

Tablica 2: Podaci o prodaji proizvoda xy tijekom 5 godina

2015.		2016.		2017		2018		2019	
Q	Kol.	Q	Kol.	Q	Kol.	Q	Kol.	Q	Kol.
Q1	286.915,00	Q1	267.412,00	Q1	224.034,00	Q1	162.881,00	Q1	191.009,00
Q2	323.140,00	Q2	377.470,00	Q2	203.943,00	Q2	239.947,00	Q2	209.714,00
Q3	489.266,00	Q3	436.865,00	Q3	328.008,00	Q3	324.417,00	Q3	302.173,00
Q4	290.042,00	Q4	335.894,00	Q4	245.804,00	Q4	242.500,00	Q4	250.414,00

Izvor: Izrada autora prema prikupljenim podacima

Podaci iz tablice 2 koristit će se za izradu prognoze s metodama navedenim i objašnjenim ranije u ovom radu, to su naivna metoda, metoda prosjeka, metoda pomičnog prosjeka, ponderiranog pomičnog prosjeka, metoda eksponencijalnog izgladivanja, metoda eksponencijalnog

izglađivanja s trendom, metoda eksponencijalnog izglađivanja s trendom i sezonalnosti, metoda linearnog trenda te provjere pogrešaka u predviđanjima.

Razlog potreba za velikom količinom podataka je uvid kretanja i prepoznavanja trenda ili sezone među podacima kako bi se na temelju toga približilo točnijoj metodi prognoziranja. Grafikon 4 prikazuje kretanje prodaje kroz 20 kvartala, na x osi prikazano je vremensko razdoblje u kvartalima i godinama, dok je kod svakog kvartala prikazana količina prodanih proizvoda. Prateći kretanje krivulje može se uočiti ponavljajući događaj, sezonska varijacija u trećem kvartalu gdje je istaknuta u svakoj godini najveća prodaja, dok prvi kvartal bilježi najmanju prodaju. Također među podacima vidljiv je i opadajući trend.

U radu je već istaknuto kako nisu sve metode prikladne za generiranje prognoze ako se uoči trend ili sezone u danim podacima, te kako bi korištenje krivih metoda dovelo do krivih zaključaka i usmjerenja. Iako je u podacima uočena sezona i opadajući trend, u nastavku će provesti kroz sve metode kako bi se uvidjela pogreška metode.

Grafikon 4: Kretanje prodaje kroz 20 kvartala



Izvor: Izrada autora prema dostupnim podacima

5.1.1. Naivna metoda

U nastavku ispitat će se točnost prognoziranja potražnje korištenjem pristupa naivne metode. Kod ovog primjera potrebno je:

- Prognozirati potražnju za sva razdoblja.
- Utvrđiti pogrešku prognoze za svako razdoblje i kumulativnu pogrešku.
- Utvrđiti vrijednost srednje apsolutnog odstupanja (*MAD*).

- d) Utvrditi vrijednost srednje kvadratnog odstupanja (*MSE*).
- e) Utvrditi vrijednost srednje apsolutne pogreške u postocima (*MAPE*).
- f) Utvrditi vrijednost pratećeg signala za sva razdoblja.

Rješenje:

- a) Naivna metoda je metoda koja pretpostavlja da će potražnja u sljedećem razdoblju biti jednaka potražnji u posljednjem razdoblju, što bi prema formuli naivne metode prognoza za drugo razdoblje bila:

$$F_{t+1} = A_t = 286.915,00$$

Dobivene prognozirane vrijednosti potražnje za sva ostala razdoblja korištenjem naivne metode prikazane su u tablici 3

Tablica 3: Prognozirane vrijednosti naivne metode

Razdoblje	Stvarna potražnja	Prognoza
1	286.915,00	
2	323.140,00	286.915,00
3	489.266,00	323.140,00
4	290.042,00	489.266,00
5	267.412,00	290.042,00
6	377.470,00	267.412,00
7	436.865,00	377.470,00
8	335.894,00	436.865,00
9	224.034,00	335.894,00
10	203.943,00	224.034,00
11	328.008,00	203.943,00
12	245.804,00	328.008,00
13	162.881,00	245.804,00
14	239.947,00	162.881,00
15	324.417,00	239.947,00
16	242.500,00	324.417,00
17		242.500,00

Izvor: Izrada autora prema dostupnim podacima

- b) Pogreška prognoze razlika je između stvarne vrijednosti i prognozirane vrijednosti za određeno razdoblje. Prema tome, formula za dobivanje pogreške prognoze za drugo razdoblje i sva ostala razdoblja je:

$$E_2 = A_2 - F_2 = 323.140,00 - 286.915,00 = 36.225,00$$

Dobiveni rezultat interpretira se kao pozitivna prognostička pogreška jer je stvarna vrijednost drugog razdoblja veća u odnosu na prognozu istog razdoblja.

Pogreške prognoze za sva ostala razdoblja prikazane su u tablici 4.

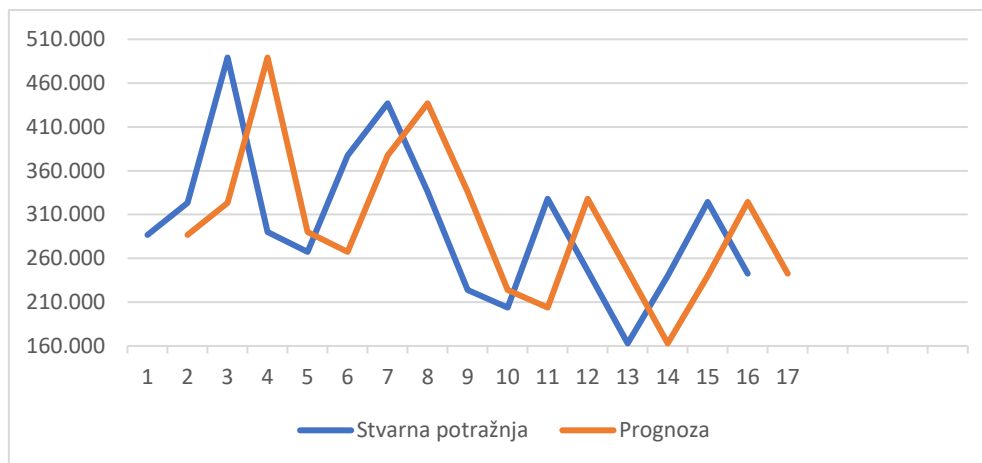
Tablica 4: Pogreške prognoze naivne metode

Razdoblje	Stvarna potražnja	Prognoza	Pogreška	Kumulativ pogrešaka
1	286.915,00			
2	323.140,00	286.915,00	36.225,00	36.225,00
3	489.266,00	323.140,00	166.126,00	202.351,00
4	290.042,00	489.266,00	-199.224,00	3.127,00
5	267.412,00	290.042,00	-22.630,00	-19.503,00
6	377.470,00	267.412,00	110.058,00	90.555,00
7	436.865,00	377.470,00	59.395,00	149.950,00
8	335.894,00	436.865,00	-100.971,00	48.979,00
9	224.034,00	335.894,00	-111.860,00	-62.881,00
10	203.943,00	224.034,00	-20.091,00	-82.972,00
11	328.008,00	203.943,00	124.065,00	41.093,00
12	245.804,00	328.008,00	-82.204,00	-41.111,00
13	162.881,00	245.804,00	-82.923,00	-124.034,00
14	239.947,00	162.881,00	77.066,00	-46.968,00
15	324.417,00	239.947,00	84.470,00	37.502,00
16	242.500,00	324.417,00	-81.917,00	-44.415,00
17		242.500,00		

Izvor: Izrada autora prema dostupnim podacima

Tablica 4 prikazuje i kumulativnu pogrešku koja je negativna, te je također moguće uočiti prevladavanje negativnih prognostičkih pogrešaka što je znak da su u većini razdoblja prognoze veće u odnosu na stvarnu potražnju. Navedeno je moguće uočiti i u sljedećem grafikonu 5.

Grafikon 5: Kretanje stvarne potražnje i prognoze naivne metode



Izvor: Izrada autora prema dostupnim podacima

- c) Izračun srednjeg apsolutnog odstupanja (*MAD*) dobio se kao kvocijent kumulativne apsolutne pogreške i broja promatranih razdoblja. Prema danoj formuli za srednje apsolutno odstupanje, vrijednost je:

$$MAD = \frac{\sum |A_t - F_t|}{n} = \frac{1.359.225,00}{15} = 90.615,00$$

Vrijednost srednje apsolutnog odstupanja za sva razdoblja moguće je vidjeti u tablici 5.

Tablica 5: Vrijednost srednje apsolutnog odstupanja naive metode

Razdoblje	Stvarna potražnja	Prognoza	Pogreška	Ipogreškal	Kumulativ Ipogreškal	MAD
1	286.915,00					
2	323.140,00	286.915,00	36.225,00	36.225,00	36.225,00	36.225,00
3	489.266,00	323.140,00	166.126,00	166.126,00	202.351,00	101.175,50
4	290.042,00	489.266,00	-199.224,00	199.224,00	401.575,00	133.858,33
5	267.412,00	290.042,00	-22.630,00	22.630,00	424.205,00	106.051,25
6	377.470,00	267.412,00	110.058,00	110.058,00	534.263,00	106.852,60
7	436.865,00	377.470,00	59.395,00	59.395,00	593.658,00	98.943,00
8	335.894,00	436.865,00	-100.971,00	100.971,00	694.629,00	99.232,71
9	224.034,00	335.894,00	-111.860,00	111.860,00	806.489,00	100.811,13
10	203.943,00	224.034,00	-20.091,00	20.091,00	826.580,00	91.842,22
11	328.008,00	203.943,00	124.065,00	124.065,00	950.645,00	95.064,50
12	245.804,00	328.008,00	-82.204,00	82.204,00	1.032.849,00	93.895,36
13	162.881,00	245.804,00	-82.923,00	82.923,00	1.115.772,00	92.981,00
14	239.947,00	162.881,00	77.066,00	77.066,00	1.192.838,00	91.756,77
15	324.417,00	239.947,00	84.470,00	84.470,00	1.277.308,00	91.236,29
16	242.500,00	324.417,00	-81.917,00	81.917,00	1.359.225,00	90.615,00
17		242.500,00				

Izvor: Izrada autora prema dostupnim podacima

- d) Srednje kvadratno odstupanje (*MSE*) kvocijent je kumulativne kvadrirane pogreške i broja promatranih razdoblja. Prema formuli za izračun srednje apsolutnog odstupanja, vrijednost je:

$$MSE = \frac{\sum |A_t - F_t|^2}{n} = \frac{156.674.987.603,00}{15} = 10.444.999.173,53$$

Vrijednosti srednje kvadratnog odstupanja za sva razdoblja moguće je vidjeti u tablici 6.

Tablica 6: Vrijednost srednjeg kvadratnog odstupanja naivne metode

Razdoblje	Stvarna potražnja	Prognoza	Pogreška	Pogreška ²	Kumulativ kvadriranih pogrešaka	MSE
1	286.915,00					
2	323.140,00	286.915,00	36.225,00	1.312.250.625,00	1.312.250.625,00	1.312.250.625,00
3	489.266,00	323.140,00	166.126,00	27.597.847.876,00	28.910.098.501,00	14.455.049.250,50
4	290.042,00	489.266,00	-199.224,00	39.690.202.176,00	68.600.300.677,00	22.866.766.892,33
5	267.412,00	290.042,00	-22.630,00	512.116.900,00	69.112.417.577,00	17.278.104.394,25
6	377.470,00	267.412,00	110.058,00	12.112.763.364,00	81.225.180.941,00	16.245.036.188,20
7	436.865,00	377.470,00	59.395,00	3.527.766.025,00	84.752.946.966,00	14.125.491.161,00
8	335.894,00	436.865,00	-100.971,00	10.195.142.841,00	94.948.089.807,00	13.564.012.829,57
9	224.034,00	335.894,00	-111.860,00	12.512.659.600,00	107.460.749.407,00	13.432.593.675,88
10	203.943,00	224.034,00	-20.091,00	403.648.281,00	107.864.397.688,00	11.984.933.076,44
11	328.008,00	203.943,00	124.065,00	15.392.124.225,00	123.256.521.913,00	12.325.652.191,30
12	245.804,00	328.008,00	-82.204,00	6.757.497.616,00	130.014.019.529,00	11.819.456.320,82
13	162.881,00	245.804,00	-82.923,00	6.876.223.929,00	136.890.243.458,00	11.407.520.288,17
14	239.947,00	162.881,00	77.066,00	5.939.168.356,00	142.829.411.814,00	10.986.877.831,85
15	324.417,00	239.947,00	84.470,00	7.135.180.900,00	149.964.592.714,00	10.711.756.622,43
16	242.500,00	324.417,00	-81.917,00	6.710.394.889,00	156.674.987.603,00	10.444.999.173,53
17		242.500,00				

Izvor: Izrada autora prema dostupnim podacima

- e) Srednja apsolutna pogreška u postocima (*MAPE*) kvocijent je kumulativne postotne apsolutne pogreške i broja promatranih razdoblja. Prema danjoj formuli za srednju apsolutnu pogrešku u postocima, vrijednost za promatrani primjer iznosi:

$$MAPE = \frac{\sum \frac{|A_t - F_t|}{A_t} * 100}{n} = \frac{469,02\%}{15} = 31,27\%$$

Vrijednost srednje apsolutne pogreške u postocima za sva razdoblja moguće je vidjeti u tablici 7.

Tablica 7: Vrijednost srednje apsolutne pogreške naivne metode

Razdoblje	Stvarna potražnja	Prognoza	Pogreška	Ipogreškal	%Ipogreškal	Kumulativ %Ipogreškal	MAPE
1	286.915,00						
2	323.140,00	286.915,00	36.225,00	36.225,00	11,21%	11,21%	11,21%
3	489.266,00	323.140,00	166.126,00	166.126,00	33,95%	45,16%	22,58%
4	290.042,00	489.266,00	-199.224,00	199.224,00	68,69%	113,85%	37,95%
5	267.412,00	290.042,00	-22.630,00	22.630,00	8,46%	122,32%	30,58%
6	377.470,00	267.412,00	110.058,00	110.058,00	29,16%	151,47%	30,29%
7	436.865,00	377.470,00	59.395,00	59.395,00	13,60%	165,07%	27,51%
8	335.894,00	436.865,00	-100.971,00	100.971,00	30,06%	195,13%	27,88%
9	224.034,00	335.894,00	-111.860,00	111.860,00	49,93%	245,06%	30,63%
10	203.943,00	224.034,00	-20.091,00	20.091,00	9,85%	254,91%	28,32%
11	328.008,00	203.943,00	124.065,00	124.065,00	37,82%	292,73%	29,27%
12	245.804,00	328.008,00	-82.204,00	82.204,00	33,44%	326,18%	29,65%
13	162.881,00	245.804,00	-82.923,00	82.923,00	50,91%	377,09%	31,42%
14	239.947,00	162.881,00	77.066,00	77.066,00	32,12%	409,20%	31,48%
15	324.417,00	239.947,00	84.470,00	84.470,00	26,04%	435,24%	31,09%
16	242.500,00	324.417,00	-81.917,00	81.917,00	33,78%	469,02%	31,27%
17		242.500,00					

Izvor: Izrada autora prema dostupnim podacima

- f) Prateći signal mjera je koja se koristi kako bi se pratila kvaliteta prognoze, vrijednost pratećeg signala računa se kao kvocijent kumulativne pogreške i srednje apsolutnog odstupanja. Prema navedenoj formuli vrijednost pratećeg signala za drugo razdoblje je:

$$PS_2 = \frac{\sum(A_2 - F_2)}{MAD_2} = \frac{36.225,00}{36.225,00} = 1$$

Rezultat pratećeg signala za drugo razdoblje iznosi jedan, što ne prelazi zadanu kontrolnu granicu koja iznosi $\pm 4 MAD$ -a, te je također pokazatelj veće stvarne vrijednosti potražnje u odnosu na prognozu. Vrijednosti pratećeg signala za sva ostala razdoblja prikazane su u tablici 8, te su u intervalu $[-1,33, 2]$, s čime ne prelaze zadanu granicu pristranosti.

Tablica 8: Prateći signal naivne metode

Razdoblje	Stvarna potražnja	Prognoza	Pogreška	Kumulativ pogreška	MAD	Prateći signal
1	286.915,00					
2	323.140,00	286.915,00	36.225,00	36.225,00	36.225,00	1,00
3	489.266,00	323.140,00	166.126,00	202.351,00	101.175,50	2,00
4	290.042,00	489.266,00	-199.224,00	3.127,00	133.858,33	0,02
5	267.412,00	290.042,00	-22.630,00	-19.503,00	106.051,25	-0,18
6	377.470,00	267.412,00	110.058,00	90.555,00	106.852,60	0,85
7	436.865,00	377.470,00	59.395,00	149.950,00	98.943,00	1,52
8	335.894,00	436.865,00	-100.971,00	48.979,00	99.232,71	0,49
9	224.034,00	335.894,00	-111.860,00	-62.881,00	100.811,13	-0,62
10	203.943,00	224.034,00	-20.091,00	-82.972,00	91.842,22	-0,90
11	328.008,00	203.943,00	124.065,00	41.093,00	95.064,50	0,43
12	245.804,00	328.008,00	-82.204,00	-41.111,00	93.895,36	-0,44
13	162.881,00	245.804,00	-82.923,00	-124.034,00	92.981,00	-1,33
14	239.947,00	162.881,00	77.066,00	-46.968,00	91.756,77	-0,51
15	324.417,00	239.947,00	84.470,00	37.502,00	91.236,29	0,41
16	242.500,00	324.417,00	-81.917,00	-44.415,00	90.615,00	-0,49
17		242.500,00				

Izvor: Izrada autora prema dostupnim podacima

5.1.2. Metoda prosjeka

U nastavku ispitat će se točnost prognoziranja potražnje korištenjem pristupa metode prosjeka

Kod ovog primjera potrebno je:

- Prognozirati potražnju za sva razdoblja.
- Utvrđiti vrijednost *MAD*, *MSE*, *MAPE* i pratećeg signala.

Rješenje:

- Metoda prosjeka pretpostavlja da je prognoza jednaka prosjeku povijesnih podataka za *n* razdoblja, što bi prema formuli metode prosjeka prognoza za peto razdoblje bila:

$$F_5 = \frac{\sum A_t}{n} = \frac{286.915 + 323.140 + 489.266 + 290.042}{4} = 347.341,00$$

Dobivene prognozirane vrijednosti potražnje za sva ostala razdoblja korištenjem metode prosjeka prikazane su u tablici 9.

Tablica 9: Prognozirana vrijednost metode prosjeka

Razdoblje	Stvarna potražnja	Prognoza
1	286.915,00	
2	323.140,00	286.915,00
3	489.266,00	305.028,00
4	290.042,00	366.441,00
5	267.412,00	347.341,00
6	377.470,00	331.355,00
7	436.865,00	339.041,00
8	335.894,00	353.016,00
9	224.034,00	350.876,00
10	203.943,00	336.782,00
11	328.008,00	323.499,00
12	245.804,00	323.909,00
13	162.881,00	317.400,00
14	239.947,00	305.514,00
15	324.417,00	300.831,00
16	242.500,00	302.403,00
17		298.659,00

Izvor: Izrada autora prema dostupnim podacima

b) Izračun srednjeg apsolutnog odstupanja (*MAD*) dobio se kao kvocijent kumulativne apsolutne pogreške (1.183.720,00) i broja promatranih razdoblja (15). Na posljetku rezultat srednjeg apsolutnog odstupanja je 78.914,68

Izračun srednjeg kvadriranog odstupanja (*MSE*) dobio se kao kvocijent kumulativne kvadrirane pogreške (131.645.802.667,00) i broja promatranih razdoblja (15). Na posljetku rezultat je 8.776.386.844,80

Izračun srednje apsolutne pogreške u postocima (*MAPE*) dobije se kao kvocijent kumulativne apsolutne postotne pogreške (453,87) i broja promatranih razdoblja (15). Na posljetku rezultat srednje apsolutne pogreške u postocima je 30,26%

Vrijednosti pratećeg signala za sva razoblja u metodi prosjeka prikazani su u tablici 10 te su u intervalu [-5,05, 2,49], s čime prelaze zadanu kontrolnu granicu pristranosti od ± 4 *MAD*-a, te je nužno preispitati uzrok ovih kretanja

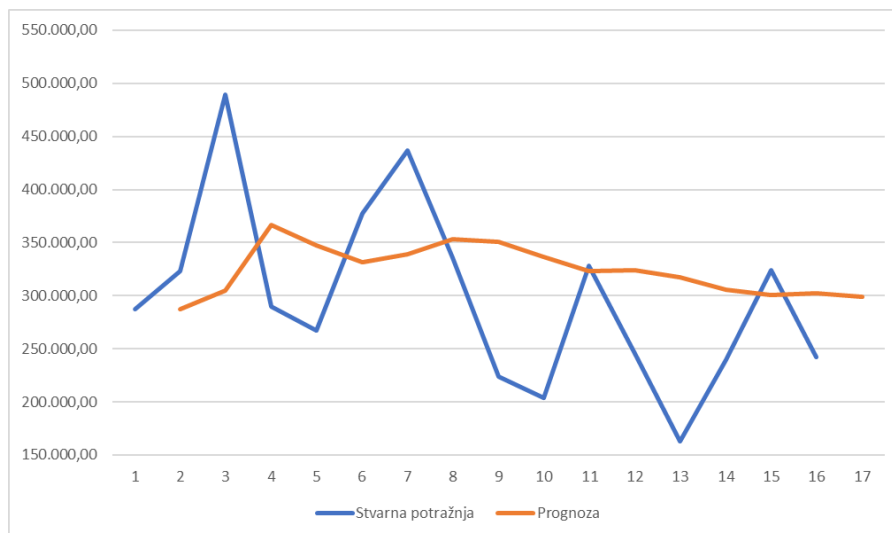
Tablica 10 prikazuje prevladavanje negativnih prognostičkih pogrešaka, što znači da je u 9 prognoza, od 15, stvarna vrijednost potražnje manja od one prognozirane. Navedeno je moguće učiti i u grafikonu 6.

Tablica 10: Konačne vrijednosti metode prosjeka

Razdoblje	Stvarna potražnja	Prognoza	Pogreška	IPogreška	Pogreška ²	%Pogreška	MAD	MSE	MAPE	Prateći signal
1	286.915,00									
2	323.140,00	286.915,00	36.225,00	36.225,00	1.312.250.625,00	11,21%	36.225,00	1.312.250.625,00	11,21%	1,00
3	489.266,00	305.028,00	184.238,00	184.238,00	33.943.640.644,00	37,66%	110.231,50	17.627.945.634,50	24,43%	2,00
4	290.042,00	366.441,00	-76.399,00	76.399,00	5.836.807.201,00	26,34%	98.954,00	13.697.566.156,67	25,07%	1,46
5	267.412,00	347.341,00	-79.929,00	79.929,00	6.388.645.041,00	29,89%	94.197,75	11.870.335.877,75	26,27%	0,68
6	377.470,00	331.355,00	46.115,00	46.115,00	2.126.593.225,00	12,22%	84.581,20	9.921.587.347,20	23,46%	1,30
7	436.865,00	339.041,00	97.824,00	97.824,00	9.569.534.976,00	22,39%	86.788,33	9.862.911.952,00	23,28%	2,40
8	335.894,00	353.016,00	-17.122,00	17.122,00	293.162.884,00	5,10%	76.836,00	8.495.804.942,29	20,69%	2,49
9	224.034,00	350.876,00	-126.842,00	126.842,00	16.088.892.964,00	56,62%	83.086,75	9.444.940.945,00	25,18%	0,77
10	203.943,00	336.782,00	-132.839,00	132.839,00	17.646.199.921,00	65,14%	88.614,78	10.356.191.942,33	29,62%	-0,78
11	328.008,00	323.499,00	4.509,00	4.509,00	20.331.081,00	1,37%	80.204,20	9.322.605.856,20	26,79%	-0,80
12	245.804,00	323.909,00	-78.105,00	78.105,00	6.100.391.025,00	31,78%	80.013,36	9.029.677.235,18	27,25%	-1,78
13	162.881,00	317.400,00	-154.519,00	154.519,00	23.876.121.361,00	94,87%	86.222,17	10.266.880.912,33	32,88%	-3,44
14	239.947,00	305.514,00	-65.567,00	65.567,00	4.299.031.489,00	27,33%	84.633,31	9.807.815.572,08	32,45%	-4,28
15	324.417,00	300.831,00	23.586,00	23.586,00	556.299.396,00	7,27%	80.272,79	9.146.992.988,07	30,65%	-4,22
16	242.500,00	302.403,00	-59.903,00	59.903,00	3.588.369.409,00	24,70%	78.914,80	8.776.418.082,80	30,26%	-5,05
17		298.659,00								

Izvor: Izrada autora prema dostupnim podacima

Grafikon 6: Kretanje potražnje i prognoze u metodi prosjeka



Izvor: Izrada autora prema dostupnim podacima

5.1.3. Metoda pomičnog prosjeka

U nastavku ispitat će se točnost prognoziranja potražnje korištenjem metode pomičnog prosjeka.

Kod ovog primjera potrebno je:

- Prognozirati potražnju za sva razdoblja, uz korištenje 2, 4, 6, 8 razdoblja, te na istom grafikonu prikazati odnose stvarnih i prognoziranih vrijednosti potražnje za sva promatrana razdoblja (R=2, R=4, R=6, R=8).

- b) Utvrditi vrijednost *MAD*, *MSE*, *MAPE* te pratećeg signala u metodi dvomjesečnog pomičnog prosjeka

Rješenje:

- a) U ovom primjeru, koriste se najnoviji podaci kako bi se dobila prognoza za željeno razdoblje. Slična je prijašnjoj metodi, jedino što ne uzima prosjek svih razdoblja nego samo za određeni broj, kao što je period od 2, 4, 6, ili 8 mjeseci. S pojavom novih podataka, stariji se odbacuju. U tablici 11 prikazana je metoda dvomjesečnog pomičnog prosjeka, a prvo razdoblje za koje je moguće prognozirati potražnju je razdoblje 3, što bi prema formuli pomičnog prosjeka prognoza bila:

$$F_{t+1} = \frac{\sum A_t}{n} = \frac{A_t + A_{t-1} + \dots + A_{t-n}}{n} = \frac{286.915 + 323.140}{2} = 305.028,00$$

Tablica 11 prikazuje dobivene prognozirane vrijednosti za sva ostala razdoblja korištenjem dvomjesečnog pomičnog prosjeka.

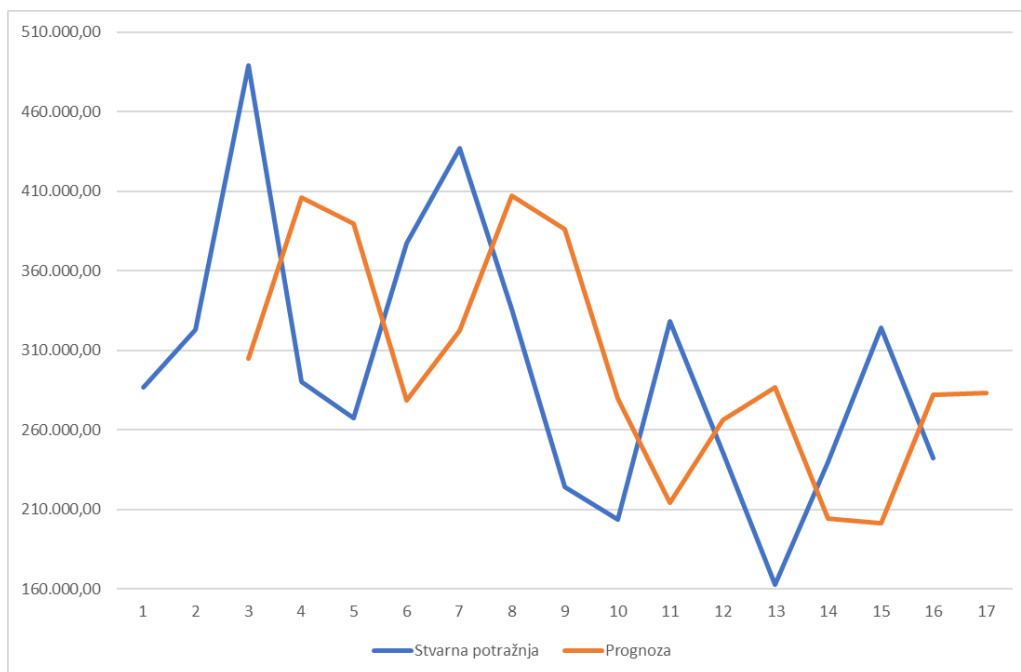
Tablica 11: Vrijednosti dvomjesečnog pomičnog prosjeka

Razdoblje	Stvarna potražnja	Prognoza	Pogreška	IPogreškal	Pogreška ²	%Pogreškal	MAD	MSE	MAPE	Prateći signal
1	286.915,00									
2	323.140,00									
3	489.266,00	305.028,00	184.238,00	184.238,00	33.943.640.644,00	37,66%	184.238,00	33.943.640.644,00	37,66%	1,00
4	290.042,00	406.203,00	-116.161,00	116.161,00	13.493.377.921,00	40,05%	150.199,50	23.718.509.282,50	38,85%	0,45
5	267.412,00	389.654,00	-122.242,00	122.242,00	14.943.106.564,00	45,71%	140.880,33	20.793.375.043,00	41,14%	-0,38
6	377.470,00	278.727,00	98.743,00	98.743,00	9.750.180.049,00	26,16%	130.346,00	18.032.576.294,50	37,39%	0,34
7	436.865,00	322.441,00	114.424,00	114.424,00	13.092.851.776,00	26,19%	127.161,60	17.044.631.390,80	35,15%	1,25
8	335.894,00	407.168,00	-71.274,00	71.274,00	5.079.983.076,00	21,22%	117.847,00	15.050.523.338,33	32,83%	0,74
9	224.034,00	386.380,00	-162.346,00	162.346,00	26.356.223.716,00	72,46%	124.204,00	16.665.623.392,29	38,49%	-0,60
10	203.943,00	279.964,00	-76.021,00	76.021,00	5.779.192.441,00	37,28%	118.181,13	15.304.819.523,38	38,34%	-1,27
11	328.008,00	213.989,00	114.019,00	114.019,00	13.000.332.361,00	34,76%	117.718,67	15.048.765.394,22	37,94%	-0,31
12	245.804,00	265.976,00	-20.172,00	20.172,00	406.909.584,00	8,21%	107.964,00	13.584.579.813,20	34,97%	-0,53
13	162.881,00	286.906,00	-124.025,00	124.025,00	15.382.200.625,00	76,14%	109.424,09	13.747.999.887,00	38,71%	-1,65
14	239.947,00	204.343,00	35.604,00	35.604,00	1.267.644.816,00	14,84%	103.272,42	12.707.970.297,75	36,72%	-1,41
15	324.417,00	201.414,00	123.003,00	123.003,00	15.129.738.009,00	37,92%	104.790,15	12.894.260.121,69	36,82%	-0,21
16	242.500,00	282.182,00	-39.682,00	39.682,00	1.574.661.124,00	16,36%	100.139,57	12.085.717.336,14	35,35%	-0,62
17		283.459,00								

Izvor: Izrada autora prema dostupnim podacima

Grafikon 7 prikazuje odnos stvarne potražnje i prognoziranih vrijednosti dobivenih dvomjesečnim pomičnim prosjekom.

Grafikon 7: Stvarna potražnja i prognoza u dvomjesečnom pomičnom prosjeku



Izvor: Izrada autora prema dostupnim podacima

Tablica 12 i grafikon 8 prikazuju odnos stvarnih vrijednosti potražnje i prognoziranih vrijednosti dobivenih metodom pomičnog prosjeka s različitim brojem razdoblja (R=2, R=4, R=6, R=8)

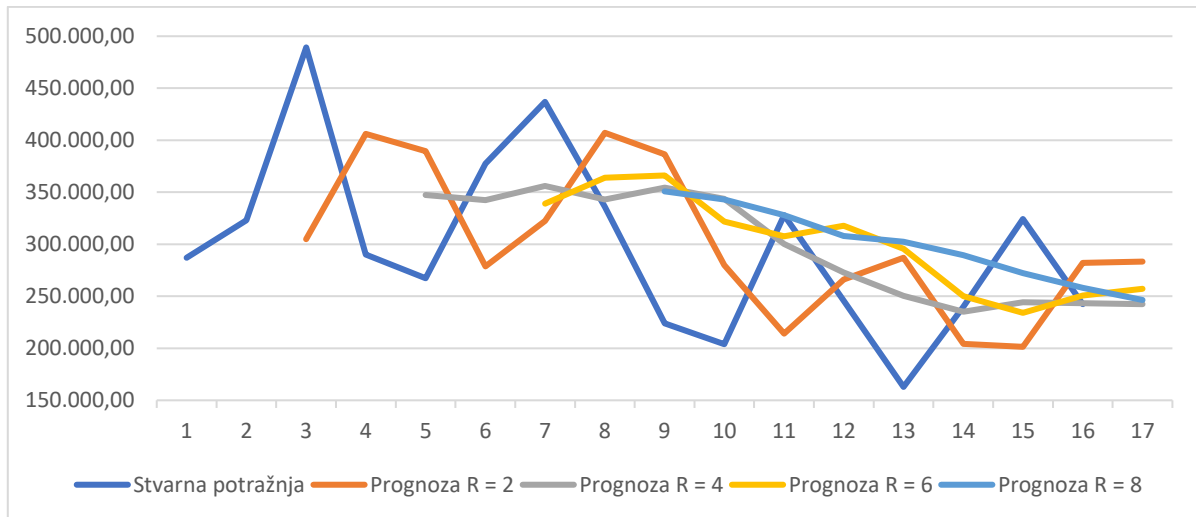
Tablica 12: Usporedba vrijednosti s različitim brojem razdoblja

Razdoblje	Stvarna potražnja	Prognoza R = 2	Prognoza R = 4	Prognoza R = 6	Prognoza R = 8
1	286.915,00				
2	323.140,00				
3	489.266,00	305.028,00			
4	290.042,00	406.203,00			
5	267.412,00	389.654,00	347.341,00		
6	377.470,00	278.727,00	342.465,00		
7	436.865,00	322.441,00	356.048,00	339.041,00	
8	335.894,00	407.168,00	342.948,00	364.033,00	
9	224.034,00	386.380,00	354.411,00	366.159,00	350.876,00
10	203.943,00	279.964,00	343.566,00	321.953,00	343.016,00
11	328.008,00	213.989,00	300.184,00	307.603,00	328.116,00
12	245.804,00	265.976,00	272.970,00	317.703,00	307.959,00
13	162.881,00	286.906,00	250.448,00	295.758,00	302.429,00
14	239.947,00	204.343,00	235.159,00	250.094,00	289.363,00
15	324.417,00	201.414,00	244.160,00	234.103,00	272.172,00
16	242.500,00	282.182,00	243.263,00	250.834,00	258.116,00
17		283.459,00	242.437,00	257.260,00	246.442,00

Izvor: Izrada autora prema dostupnim podacima

Iz grafikona 8 može se uočiti da što je veći broj razdoblja, to je reakcija na promjenu potražnje sporija. Krivulja koja pokazuje pomične prosjeke za osam razdoblja, sporije reagira na promjenu potražnje u odnosu na krivulju s dva razdoblja.

Grafikon 8: Usporedba vrijednosti s različitim brojem razdoblja



Izvor: Izrada autora prema dostupnim podacima

b) Izračun srednjeg apsolutnog odstupanja (*MAD*) dobio se kao kvocijent kumulativne apsolutne pogreške (1.401.954,00) i broja promatranih razdoblja (14). Na posljetku rezultat srednjeg apsolutnog odstupanja je 100.139,57

Izračun srednjeg kvadriranog odstupanja (*MSE*) dobio se kao kvocijent kumulativne kvadrirane pogreške (169.200.042.706,00) i broja promatranih razdoblja (14). Na posljetku rezultat je 12.085.717.336,14

Izračun srednje apsolutne pogreške u postocima (*MAPE*) dobije se kao kvocijent kumulativne apsolutne postotne pogreške (494,96) i broja promatranih razdoblja (14). Na posljetku rezultat srednje apsolutne pogreške u postocima 35,35%

U metodi dvomjesečnog pomičnog prosjeka vrijednosti pratećeg signala je u intervalu [-1,65, 1,25], te ne prelazi zadanu kontrolnu granicu od ± 4 *MAD*-a, te se dobiveni rezultati smatraju zadovoljavajućim. Tablica 11 prikazuje vrijednosti pratećeg signala za sva razdoblja.

5.1.4. Ponderirani pomični prosjek

Ponderirani pomični prosjek u odnosu na metodu pomičnog prosjeka svakom razdoblju daje određeni ponder, kako bi se s time istaknula važnost određenog razdoblja. U nastavku je kroz korake objašnjen dolazak do konačnih rezultata korištenjem ove metode.

U ovom primjeru potrebno je:

- S obzirom na zadane pondere, utvrditi za koje je prvo razdoblje moguće prognozirati potražnju, te za istu i sve ostale moguće utvrditi prognozu potražnje
- Grafički prikazati vrijednosti stvarne i prognozirane potražnje
- Izračunati vrijednost *MAD*, *MSE*, *MAPE* i prateći signal

Rješenje:

- Za potrebe izračuna dodijeljena su četiri pondera, $C_1=0,10$ $C_2=0,20$ $C_3=0,30$ $C_4=0,40$. S obzirom na četiri zadana pondera, prvo razdoblje za koje je moguće napraviti prognozu je peto razdoblje. Prema formuli za ponderirani pomični prosjek prognoza za navedeno razdoblje je:

$$\begin{aligned} F_{t+1} &= \sum C_t A_t = C_1 A_1 + C_2 A_2 + \dots + C_t A_t \\ &= 0,40 * 290.042,00 + 0,30 * 489.266,00 + 0,20 * 323.140,00 + 0,10 \\ &\quad * 286.915,00 = 356.117,00 \end{aligned}$$

Najveća težina, odnosno ponder dodijeljen je najbližoj stvarnoj vrijednosti za koju se radi izračun, dok je najmanji ponder pripao najdaljem razdoblju.

Dobivene prognozirane vrijednosti potražnje za sva ostala razdoblja korištenjem ponderiranog pomičnog prosjeka prikazane su u tablici 13.

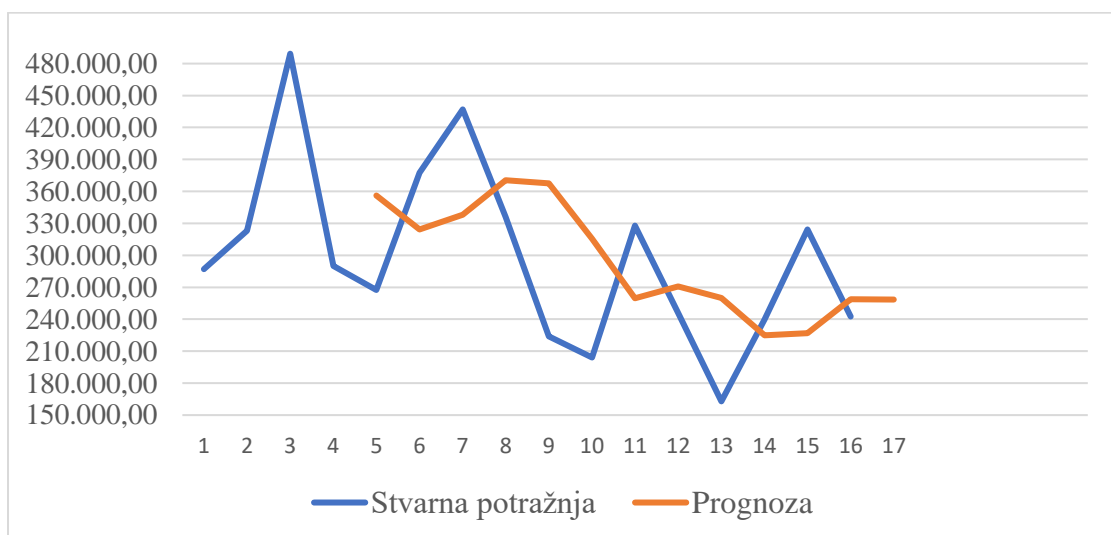
Tablica 13: Vrijednosti za sva razdoblja ponderiranog pomičnog prosjeka

Razdoblje	Stvarna potražnja	Prognoza	Pogreška	IPogreškal	Pogreška ²	%IPogreškal	MAD	Prateći signal	MSE	MAPE
1	286.915,00									
2	323.140,00									
3	489.266,00									
4	290.042,00									
5	267.412,00	356.117,00	-88.705,00	88.705,00	7.868.577.025,00	33,17%	88.705,00	-1,00	7.868.577.025,00	33,17%
6	377.470,00	324.145,00	53.325,00	53.325,00	2.843.555.625,00	14,13%	71.015,00	-0,50	5.356.066.325,00	23,65%
7	436.865,00	338.147,00	98.718,00	98.718,00	9.745.243.524,00	22,60%	80.249,33	0,79	6.819.125.391,33	23,30%
8	335.894,00	370.474,00	-34.580,00	34.580,00	1.195.776.400,00	10,29%	68.832,00	0,42	5.413.288.143,50	20,05%
9	224.034,00	367.653,00	-143.619,00	143.619,00	20.626.417.161,00	64,11%	83.789,40	-1,37	8.455.913.947,00	28,86%
10	203.943,00	315.502,00	-111.559,00	111.559,00	12.445.410.481,00	54,70%	88.417,67	-2,56	9.120.830.036,00	33,17%
11	328.008,00	259.653,00	68.355,00	68.355,00	4.672.406.025,00	20,84%	85.551,57	-1,85	8.485.340.891,57	31,41%
12	245.804,00	270.783,00	-24.979,00	24.979,00	623.950.441,00	10,16%	77.980,00	-2,35	7.502.667.085,25	28,75%
13	162.881,00	259.916,00	-97.035,00	97.035,00	9.415.791.225,00	59,57%	80.097,22	-3,50	7.715.236.434,11	32,17%
14	239.947,00	224.890,00	15.057,00	15.057,00	226.713.249,00	6,28%	73.593,20	-3,60	6.966.384.115,60	29,58%
15	324.417,00	226.805,00	97.612,00	97.612,00	9.528.102.544,00	30,09%	75.776,73	-2,21	7.199.267.609,09	29,63%
16	242.500,00	258.908,00	-16.408,00	16.408,00	269.222.464,00	6,77%	70.829,33	-2,60	6.621.763.847,00	27,73%
17		258.603,00								

Izvor: Izrada autora prema dostupnim podacima

- b) Grafikon 9 prikazuje odnos stvarne vrijednosti i prognozirane potražnje dobivenih metodom ponderiranog pomičnog prosjeka.

Grafikon 9: Stvarna potražnja i prognoza u metodi ponderiranog pomičnog prosjeka



Izvor: Izrada autora prema dostupnim podacima

- c) Izračun srednjeg apsolutnog odstupanja (*MAD*) dobio se kao kvocijent kumulativne apsolutne pogreške (849.952,00) i broja promatranih razdoblja (12). Na posljepku rezultat srednjeg apsolutnog odstupanja je 70.829,33

Izračun srednjeg kvadriranog odstupanja (*MSE*) dobio se kao kvocijent kumulativne kvadrirane pogreške (79.461.166.164,00) i broja promatranih razdoblja (12). Na posljepku rezultat je 6.621.763.847,00

Izračun srednje apsolutne pogreške u postocima (*MAPE*) dobije se kao kvocijent kumulativne apsolutne postotne pogreške (332,70) i broja promatranih razdoblja (12). Na posljepku rezultat srednje apsolutne pogreške u postocima je 27,73%
Vrijednost pratećeg signala kreće se u intervalu [-3,60, 0,79], te ne prelazi zadanu kontrolnu granicu od $\pm 4 MAD$ -a. Tablica 13. prikazuje vrijednosti pratećeg signala za sva razdoblja.

5.1.5. Eksponeencijalno izgladivanja

U ovom primjeru potrebno je :

- Prognozirati potražnju za prvo moguće razdoblje te za sva ostala razdoblja.
- Grafički prikazati vrijednosti stvarne potražnje i prognozirane potražnje
- Grafički usporediti rezultate prognoziranja potražnje uz korištenje različitih vrijednosti konstanti izgladivanja.
- Izračunati vrijednost *MAD*, *MSE*, *MAPE* i prateći signal

Rješenje:

- Prvi korak u kreiranju prognoze za određeno razdoblje navedenom metodom je stvaranje početne prognoze, koja se dobije korištenjem naivne metode ili metodom pomičnog prosjeka. Tablica 14 prikazuje rezultate prognoziranja potražnje gdje se za početnu prognozu za drugo razdoblje koristila naivna metoda. Korištenjem naivne metode za kreiranje početne prognoze stvara se mogućnost prognoziranja potražnje za sljedeće razdoblje, što bi prema formuli metode ekspanencijalnog izgladivanja prognoza za treće razdoblje bila:

$$F_t = F_{t-1} + \alpha(A_{t-1} - F_{t-1}) = 286.915,00 + 0,40 * (323.140,00 - 286.195,00) \\ = 301.405,00$$

Dobivene prognozirane vrijednosti potražnje za sva ostala razdoblja korištenjem ekspanencijalnog izgladivanja prikazane su u tablici 14

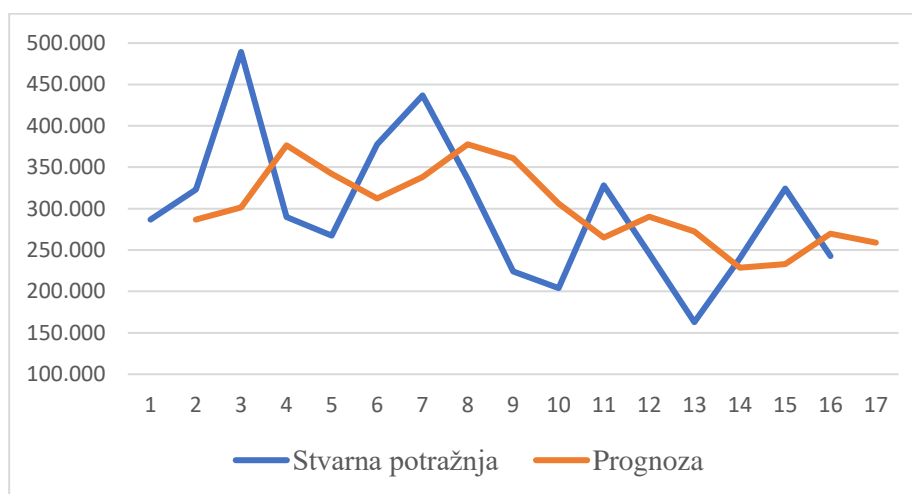
Tablica 14: Prognozirane vrijednosti ekspanencijalnog izgladivanja

Razdoblje	Stvarna potražnja	Prognoza	Pogreška	IPogreškal	Pogreška ²	%Pogreškal	MAD	MSE	MAPE	Prateći signal
1	286.915,00									
2	323.140,00	286.915,00	36.225,00	36.225,00	1.312.250.625,00	11,21%	36.225,00	1.312.250.625,00	11,21%	6,19
3	489.266,00	301.405,00	187.861,00	187.861,00	35.291.755.321,00	38,40%	112.043,00	18.302.002.973,00	24,80%	1,68
4	290.042,00	376.550,00	-86.508,00	86.508,00	7.483.634.064,00	29,83%	103.531,33	14.695.880.003,33	26,48%	0,98
5	267.412,00	341.947,00	-74.535,00	74.535,00	5.555.466.225,00	27,87%	96.282,25	12.410.776.558,75	26,83%	0,28
6	377.470,00	312.133,00	65.337,00	65.337,00	4.268.923.569,00	17,31%	90.093,20	10.782.405.960,80	24,92%	1,02
7	436.865,00	338.268,00	98.597,00	98.597,00	9.721.368.409,00	22,57%	91.510,50	10.605.566.368,83	24,53%	2,08
8	335.894,00	377.707,00	-41.813,00	41.813,00	1.748.326.969,00	12,45%	84.410,86	9.340.246.454,57	22,80%	1,76
9	224.034,00	360.982,00	-136.948,00	136.948,00	18.754.754.704,00	61,13%	90.978,00	10.517.059.985,75	27,60%	0,13
10	203.943,00	306.203,00	-102.260,00	102.260,00	10.457.107.600,00	50,14%	92.231,56	10.510.398.609,56	30,10%	-0,98
11	328.008,00	265.299,00	62.709,00	62.709,00	3.932.418.681,00	19,12%	89.279,30	9.852.600.616,70	29,00%	-0,31
12	245.804,00	290.383,00	-44.579,00	44.579,00	1.987.287.241,00	18,14%	85.215,64	9.137.572.128,00	28,01%	-0,85
13	162.881,00	272.552,00	-109.671,00	109.671,00	12.027.728.241,00	67,33%	87.253,58	9.378.418.470,75	31,29%	-2,08
14	239.947,00	228.684,00	11.263,00	11.263,00	126.855.169,00	4,69%	81.408,15	8.666.759.755,23	29,24%	-2,09
15	324.417,00	233.190,00	91.227,00	91.227,00	8.322.365.529,00	28,12%	82.109,50	8.642.160.167,64	29,16%	-0,97
16	242.500,00	269.681,00	-27.181,00	27.181,00	738.806.761,00	11,21%	78.447,60	8.115.269.940,53	27,97%	-1,36
17		258.809,00								

Izvor: Izrada autora prema dostupnim podacima

- b) Grafikon 10 prikazuje odnos stvarnih vrijednosti i prognozirane potražnje uz korištenje konstante izgladivanja $\alpha = 0,40$.

Grafikon 10: Odnos stvarne potražnje i prognoza, $\alpha = 0,40$



Izvor: Izrada autora prema dostupnim podacima

- c) Grafikon 11 i tablica 15 prikazuju odnos stvarnih vrijednosti i prognozirane potražnje uz korištenje konstante izgladivanja $\alpha = 0,20$; $\alpha = 0,40$; $\alpha = 0,60$ i $\alpha = 0,80$

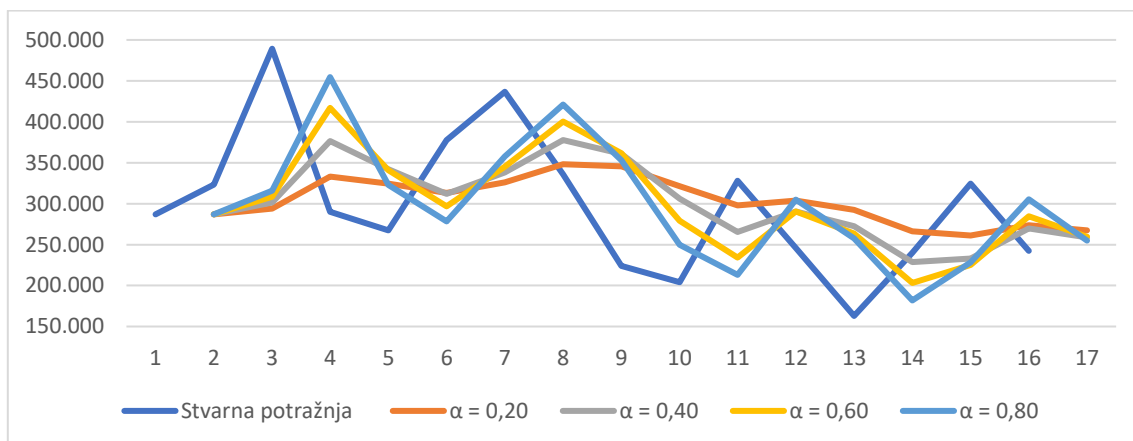
Tablica 15: Odnos stvarnih vrijednosti i prognozirane potražnje uz različite konstante izgladivanja

Razdoblje	Stvarna potražnja	$\alpha = 0,20$	$\alpha = 0,40$	$\alpha = 0,60$	$\alpha = 0,80$
1	286.915,00				
2	323.140,00	286.915,00	286.915,00	286.915,00	286.915,00
3	489.266,00	294.160,00	301.405,00	308.650,00	315.895,00
4	290.042,00	333.182,00	376.550,00	417.020,00	454.592,00
5	267.412,00	324.554,00	341.947,00	340.834,00	322.952,00
6	377.470,00	313.126,00	312.133,00	296.781,00	278.520,00
7	436.865,00	325.995,00	338.268,00	345.195,00	357.680,00
8	335.894,00	348.169,00	377.707,00	400.197,00	421.028,00
9	224.034,00	345.714,00	360.982,00	361.616,00	352.921,00
10	203.943,00	321.378,00	306.203,00	279.067,00	249.812,00
11	328.008,00	297.891,00	265.299,00	233.993,00	213.117,00
12	245.804,00	303.915,00	290.383,00	290.402,00	305.030,00
13	162.881,00	292.293,00	272.552,00	263.644,00	257.650,00
14	239.947,00	266.411,00	228.684,00	203.187,00	181.835,00
15	324.417,00	261.119,00	233.190,00	225.243,00	228.325,00
16	242.500,00	273.779,00	269.681,00	284.748,00	305.199,00
17		267.524,00	258.809,00	259.400,00	255.040,00

Izvor: Izrada autora prema dostupnim podacima

Iz grafikona 11 vidljivo je da što je konstanta izgladivanja veća (npr. 0,80), to je reakcija na promjenu potražnje brža.

Grafikon 11: Odnos stvarnih vrijednosti i prognozirane potražnje uz različite konstante izgladivanja.



Izvor: Izrada autora prema dostupnim podacima

d) Izračun srednjeg apsolutnog odstupanja (*MAD*) dobio se kao kvocijent kumulativne apsolutne pogreške (1.176.714,00) i broja promatranih razdoblja (15). Na posljetku rezultat srednjeg apsolutnog odstupanja je 78.447,60.

Izračun srednjeg kvadriranog odstupanja (*MSE*) dobio se kao kvocijent kumulativne kvadrirane pogreške (121.729.049.108,00) i broja promatranih razdoblja (15). Na posljetku rezultat je 8.115.269.940,53

Izračun srednje apsolutne pogreške u postocima (*MAPE*) dobije se kao kvocijent kumulativne apsolutne postotne pogreške (419,51) i broja promatranih razdoblja (15). Na posljetku rezultat srednje apsolutne pogreške u postocima je 27,97%

Vrijednost pratećeg signala kreće se u intervalu [-2,09, 6,19], te prelazi zadanu kontrolnu granicu od $\pm 4 MAD$ -a. Tablica 14 prikazuje rezultate pratećeg signala za sva razdoblja, te je moguće evidentirati problem u drugom razdoblju, gdje je prateći signal jedini izvan kontrolnih granica (6,19). Uzrok ovakvog odstupanja može biti korištena naivna metoda kako bi se stvorila početna prognoza. Rješenje ovog problema može biti korištenje drugog pristupa generiranju početne prognoze poput metode pomičnog prosjeka s kojim se stvara interval pratećeg signala od [-2,11, 1,78]

5.1.6. Metoda eksponencijalnog izgladivanja s trendom

U ovom primjeru potrebno je:

- a) Prognozirati potražnju za prvo moguće razdoblje te za sva ostala razdoblja.
- b) Grafički prikazati vrijednosti stvarne potražnje i prognozirane potražnje
- c) Izračunati vrijednost *MAD*, *MSE*, *MAPE* i prateći signal

Rješenje:

- a) Prvi korak prema generiranju prognoza uz pomoć Holt metode je izračun nulte razine i nultog trenda primjenom linearne regresije. Rezultati potrebnih koeficijenata *a* i *b* su:

Tablica 16: Potrebni podaci za izračun parametara

Vrijeme (X)	Potražnja (Y)	XY	X ²
1	286.915	286.915	1
2	323.140	646.280	4
3	489.266	1.467.798	9
4	290.042	1.160.168	16
5	267.412	1.337.060	25
6	377.470	2.264.820	36
7	436.865	3.058.055	49
8	335.894	2.687.152	64
9	224.034	2.016.306	81
10	203.943	2.039.430	100
11	328.008	3.608.088	121
12	245.804	2.949.648	144
13	162.881	2.117.453	169
14	239.947	3.359.258	196
15	324.417	4.866.255	225
16	242.500	3.880.000	256
ΣX	ΣY	ΣXY	ΣX²
136	4.778.538	37.744.686	1.496

Izvor: Izrada autora prema prikupljenim podacima

$$\text{Izračun parametra } b: b = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} = \frac{16 * 37.744.686 - 136 * 4.778.538}{16 * 1.496 - 136^2} = \frac{-45966192}{5.440} = -8.449,67$$

$$\text{Izračun parametra } a: a = \frac{\sum y}{n} - b \left(\frac{\sum x}{n} \right) = \frac{4778538}{16} - (-8450) * \left(\frac{136}{16} \right) = 370.480,80$$

U formuli linearne regresije, rezultat parametra a dodjeljuje se nultoj razini (S), dok je rezultat parametra b dodijeljen nultom trendu (T). Nakon izračuna nulte razine i nultog trenda, gdje se njihovim zbrojem dobila prognoza za prvo razdoblje, slijedi daljnji izračun za ostala razdoblje. U prijašnjem primjeru, jednostavnom eksponencijalnom izgladivanju potrebno je bilo zadati samo jedan koeficijent izgladivanja α . U ovom primjeru koristit će se dvije konstante izgladivanja, α za izgladivanje razine gdje je $\alpha = 0,5$ i β za izgladivanje trenda gdje je $\beta = 0,3$. Kako bi se generirala prognoza za bilo koje sljedeće razdoblje, potrebno je izračunati ponovno razinu i trend, ali ovaj put prema sljedećim navedeni formulama. Prognoza za drugo razdoblje i sva ostala dobije se kroz tri koraka, kako slijedi:

Korak 1: Izgladivanje razine

$$\begin{aligned} L_t &= \alpha(A_t) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1}) \\ &= 0,5 * 286.915,00 + (1 - 0,5) * (370.481,00 + (-8.449,00)) \\ &= 324.473,07 \end{aligned}$$

Korak 2: Izgladivanje trenda

$$\begin{aligned}
 T_t &= \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \\
 &= 0,3 * (324.473,07 - 370.480,80) + (1 - 0,3) * (-8.449,67) \\
 &= -19.717,09
 \end{aligned}$$

Korak 3: Generiranje prognoze zbrajanjem prve dvije jednadžbe

$$F_{t+1} = L_t + T_t = 324.473,07 + (-19.717,09) = 304.755,98$$

Dobivene prognozirane vrijednosti potražnje za sva ostala razdoblja korištenjem Holt metode prikazane su u tablici 17.

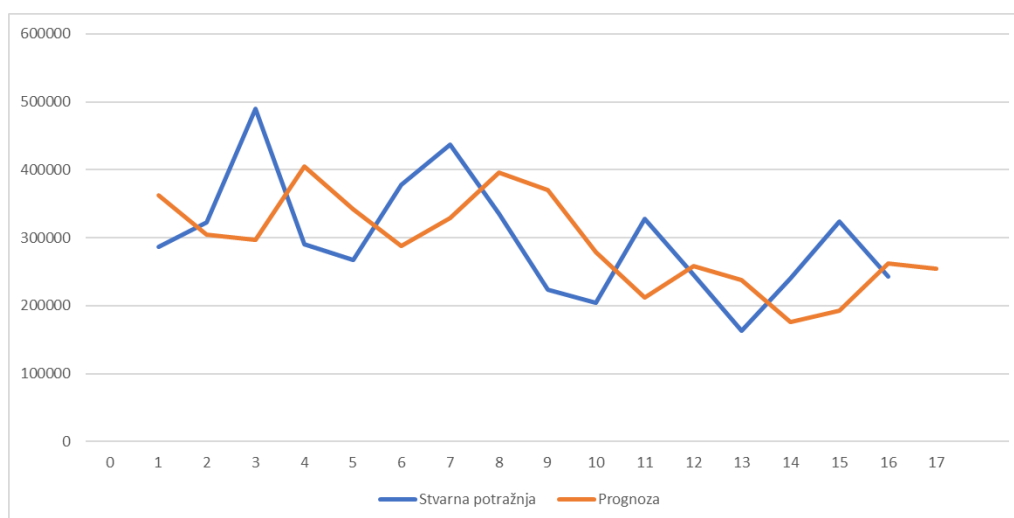
Tablica 17: Vrijednosti potražnje Holt metode

Razdoblje	Stvarna potražnja	L	T	Prognoza	Pogreška	IPogreškal	Pogreška*	%Pogreškal	MAD	MSE	MAPE	Prateći signal
0		370.480,80	-8.449,67									
1	286.915,00	324.473,07	-19.717,09	362.032,00								
2	323.140,00	313.947,99	-16.959,48	304.756,00	18.384,00	18.384,00	337.971.456,00	5,69%	18.384,00	337.971.456,00	5,69%	1,00
3	489.266,00	393.127,25	11.882,14	296.989,00	192.277,00	192.277,00	36.970.444.729,00	39,30%	105.330,50	18.654.208.092,50	22,49%	2,00
4	290.042,00	347.525,70	-5.362,97	405.010,00	-114.968,00	114.968,00	13.217.641.024,00	39,64%	108.543,00	16.842.019.069,67	28,21%	0,88
5	267.412,00	304.787,36	-16.575,58	342.163,00	-74.751,00	74.751,00	5.587.712.001,00	27,95%	100.095,00	14.028.442.302,50	28,15%	0,21
6	377.470,00	332.840,89	-3.186,85	288.212,00	89.258,00	89.258,00	7.966.990.564,00	23,65%	97.927,60	12.816.151.954,80	27,25%	1,13
7	436.865,00	383.259,52	12.894,80	329.655,00	107.210,00	107.210,00	11.493.984.100,00	24,54%	99.474,67	12.595.790.645,67	26,79%	2,19
8	335.894,00	366.024,16	3.855,75	396.155,00	-60.261,00	60.261,00	3.631.388.121,00	17,94%	93.872,71	11.315.161.713,57	25,53%	1,67
9	224.034,00	296.956,95	-18.021,14	369.880,00	-145.846,00	145.846,00	21.271.055.716,00	65,10%	100.369,38	12.559.648.463,88	30,48%	0,11
10	203.943,00	241.439,41	-29.270,06	278.936,00	-74.993,00	74.993,00	5.623.950.049,00	36,77%	97.549,78	11.789.015.306,67	31,18%	-0,65
11	328.008,00	270.088,67	-11.894,26	212.170,00	115.838,00	115.838,00	13.418.442.244,00	35,32%	99.378,60	11.951.958.000,40	31,59%	0,52
12	245.804,00	251.999,21	-13.752,82	258.195,00	-12.391,00	12.391,00	153.536.881,00	5,04%	91.470,64	10.879.374.262,27	29,18%	0,43
13	162.881,00	200.563,69	-25.057,63	238.247,00	-75.366,00	75.366,00	5.680.033.956,00	46,27%	90.128,58	10.446.095.903,42	30,60%	-0,40
14	239.947,00	207.726,53	-15.391,49	175.507,00	64.440,00	64.440,00	4.152.513.600,00	26,86%	88.152,54	9.961.974.187,77	30,31%	0,33
15	324.417,00	258.376,02	4.420,80	192.336,00	132.081,00	132.081,00	17.445.390.561,00	40,71%	91.290,29	10.496.503.928,71	31,06%	1,76
16	242.500,00	252.648,41	1.376,28	262.797,00	-20.297,00	20.297,00	411.968.209,00	8,37%	86.557,40	9.824.201.547,40	29,54%	1,62
17				254.025,00								

Izvor: Izrada autora prema prikupljenim podacima

- b) Grafikon 12 prikazuje odnos stvarnih vrijednosti i prognozirane potražnje uz korištenje konstante izgladivanja $\alpha = 0,50$ i $\beta = 0,30$.

Grafikon 12: Odnos stvarnih vrijednosti i prognozirane potražnje, $\alpha = 0,50$ i $\beta = 0,30$



Izvor: Izrada autora prema prikupljenim podacima

- c) Izračun srednjeg apsolutnog odstupanja (*MAD*) dobio se kao kvocijent kumulativne apsolutne pogreške (1.298.361,00) i broja promatranih razdoblja (15). Na posljepku rezultat srednjeg apsolutnog odstupanja je 86.557,40

Izračun srednjeg kvadriranog odstupanja (*MSE*) dobio se kao kvocijent kumulativne kvadrirane pogreške (147.363.023.211,00) i broja promatranih razdoblja (15). Na posljepku rezultat je 9.824.201.547,40

Izračun srednje apsolutne pogreške u postocima (*MAPE*) dobije se kao kvocijent kumulativne apsolutne postotne pogreške (443,15) i broja promatranih razdoblja (15). Na posljepku rezultat srednje apsolutne pogreške u postocima je 29,54%

Vrijednosti pratećeg signala su u intervalu [-0,65, 2,19], te ne prelaze zadanu kontrolnu granicu od ± 4 *MAD*-a, dobiveni rezultati smatraju se zadovoljavajućim. Tablica 17 prikazuje vrijednosti pratećeg signala za sva razdoblja.

5.1.7. Metoda linearnog trenda

U ovom primjeru potrebno je:

- Odrediti parametar a i b , te jednadžbu pravca.
- Izračunati prognozu potražnje za sva razdoblja.
- Grafički prikazati vrijednosti stvarne potražnje i prognozirane potražnje
- Izračunati vrijednost *MAD*, *MSE*, *MAPE* i prateći signal

Rješenje:

- a) Potreban izračun potrebnih parametara uz njihove formule napravljen je u prethodnoj metodi ($a = 370.481$, $b = -8.450$), što prema formuli jednadžbi pravca slijedi

$$Y = a + bx = 370.480,80 + (-8.449,67)x$$

- b) Dobivena vrijednost prognoze potražnje za prvo, drugo, treće i sedamnaesto razdoblje je:

$$Y = a + bx = 370.481 + (-8.450) * 1 = 362.032,00$$

$$Y = a + bx = 370.481 + (-8.450) * 2 = 353.582,00$$

$$Y = a + bx = 370.481 + (-8.450) * 3 = 345.132,00$$

$$Y = a + bx = 370.481 + (-8.450) * 17 = 226.837,00$$

Dobivene prognozirane vrijednosti potražnje za sva ostala razdoblja prikazane su u tablici 18.

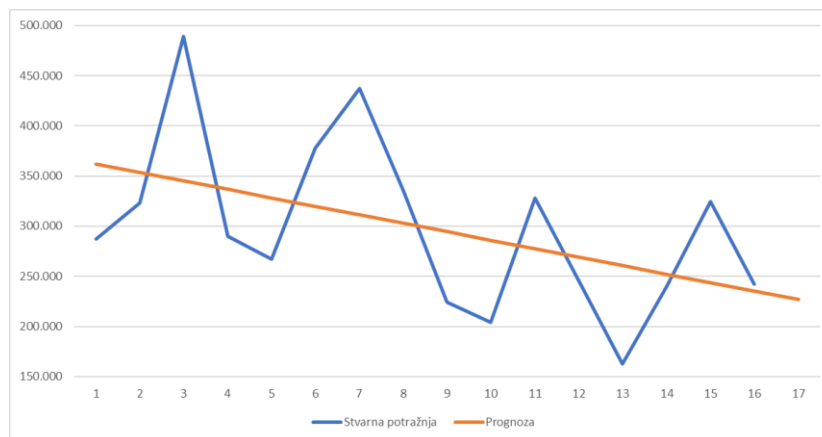
Tablica 18: Vrijednosti potražnje linearnog trenda

Razdoblje	Stvarna potražnja	Prognoza	Pogreška	IPogreškal	Pogreška ²	%Pogreškal	MAD	MSE	MAPE	Prateći signal
1	286.915	362.032,00	-75.117,00	75.117,00	5.642.563.689,00	26,18%	75.117,00	5.642.563.689,00	26,18%	-1,00
2	323.140	353.582,00	-30.442,00	30.442,00	926.715.364,00	9,42%	52.779,50	3.284.639.526,50	17,80%	-2,00
3	489.266	345.132,00	144.134,00	144.134,00	20.774.609.956,00	29,46%	83.231,00	9.114.629.669,67	21,69%	0,46
4	290.042	336.683,00	-46.641,00	46.641,00	2.175.382.881,00	16,08%	74.083,50	7.379.817.972,50	20,29%	-0,11
5	267.412	328.233,00	-60.821,00	60.821,00	3.699.194.041,00	22,74%	71.431,00	6.643.693.186,20	20,78%	-0,96
6	377.470	319.783,00	57.687,00	57.687,00	3.327.789.969,00	15,28%	69.140,33	6.091.042.650,00	19,86%	-0,16
7	436.865	311.334,00	125.531,00	125.531,00	15.758.031.961,00	28,73%	77.196,14	7.472.041.123,00	21,13%	1,48
8	335.894	302.884,00	33.010,00	33.010,00	1.089.660.100,00	9,83%	71.672,88	6.674.243.495,13	19,72%	2,06
9	224.034	294.434,00	-70.400,00	70.400,00	4.956.160.000,00	31,42%	71.531,44	6.483.345.329,00	21,02%	1,08
10	203.943	285.985,00	-82.042,00	82.042,00	6.730.889.764,00	40,23%	72.582,50	6.508.099.772,50	22,94%	-0,07
11	328.008	277.535,00	50.473,00	50.473,00	2.547.523.729,00	15,39%	70.572,55	6.148.047.404,91	22,25%	0,64
12	245.804	269.085,00	-23.281,00	23.281,00	542.004.961,00	9,47%	66.631,58	5.680.877.201,25	21,19%	0,33
13	162.881	260.636,00	-97.755,00	97.755,00	9.556.040.025,00	60,02%	69.025,69	5.978.966.649,23	24,17%	-1,10
14	239.947	252.186,00	-12.239,00	12.239,00	149.793.121,00	5,10%	64.969,50	5.562.597.111,50	22,81%	-1,35
15	324.417	243.736,00	80.681,00	80.681,00	6.509.423.761,00	24,87%	66.016,93	5.625.718.888,13	22,95%	-0,11
16	242.500	235.287,00	7.213,00	7.213,00	52.027.369,00	2,97%	62.341,69	5.277.363.168,19	21,70%	0,00
17		226.837,00								

Izvor: Izrada autora prema prikupljenim podacima

c) Grafikon 13 prikazuje odnos stvarnih vrijednosti i prognozirane potražnje

Grafikon 13: Stvarne vrijednosti i prognozirana linije trenda



Izvor: Izrada autora prema prikupljenim podacima

d) Izračun srednjeg apsolutnog odstupanja (*MAD*) dobio se kao kvocijent kumulativne apsolutne pogreške (997.467,00) i broja promatranih razdoblja (16). Na posljertku rezultat srednjeg apsolutnog odstupanja je 62.341,69

Izračun srednjeg kvadriranog odstupanja (*MSE*) dobio se kao kvocijent kumulativne kvadrirane pogreške (84.437.810.691,00) i broja promatranih razdoblja (15). Na posljertku rezultat je 5.277.363.168

Izračun srednje apsolutne pogreške u postocima (*MAPE*) dobije se kao kvocijent kumulativne apsolutne postotne pogreške (347,20) i broja promatranih razdoblja (16). Na posljetku rezultat srednje apsolutne pogreške u postocima je 21,70%
 Vrijednosti pratećeg signala su u intervalu [-2, 2,06], te ne prelaze zadanu kontrolnu granicu od $\pm 4 MAD$ -a. Tablica 18 prikazuje vrijednosti pratećeg signala za sva razdoblja.

5.1.8. Metoda eksponencijalnog izgladivanja s trendom i sezonalnosti

U ovoj metodi potrebno je:

- Desezonirati originalne podatke o potražnji
- Korištenjem linearne regresije odrediti jednadžbu pravca
- Uz pomoć jednadžbe pravca izračunati desezoniranu potražnju za sva razdoblja
- Izračunati početne sezonske indekse za sva razdoblja
- Uz pomoć početnih sezonskih indeksa izračunati stvarne sezonske indekse za svaki kvartal
- Korištenjem zadane formule izračunati trend, razinu i sezonalnost za sva dostupna razdoblja
- Korištenjem zadane formule izračunati prognozu potražnje za sva dostupna razdoblja.
- Uz korištenje zadane formule prognozirati za 4 perioda unaprijed.
- Grafički prikazati vrijednosti stvarne potražnje i prognoziranu potražnje
- Izračunati vrijednost *MAD*, *MSE*, *MAPE* i prateći signal

Rješenje:

- Kako bi se iz originalnih vrijednosti potražnje uklonile sezonske fluktuacije, potrebno je desezonirati potražnju uz korištenje navedene formule, što za treće razdoblje prema formuli slijedi:

$$\bar{D}_t = \frac{\left[D_{t-\left(\frac{p}{2}\right)} + D_{t+\left(\frac{p}{2}\right)} + \sum_{i=t+1-\left(\frac{p}{2}\right)}^{t-1+\left(\frac{p}{2}\right)} 2Di \right]}{2p} =$$

$$\bar{D}_3 = \frac{\left[D_{3-\left(\frac{4}{2}\right)} + D_{3+\left(\frac{4}{2}\right)} + \sum_{i=3+1-\left(\frac{4}{2}\right)}^{t-1+\left(\frac{p}{2}\right)} 2D \right]}{2 * 4} =$$

$$\bar{D}_3 = \frac{[D_1 + D_6 + \sum_{i=2}^4 2D]}{8} =$$

$$\bar{D}_3 = \frac{[D_1 + D_5 + D_2 + D_2 + D_3 + D_3 + D_4 + D_4]}{8}$$

$$= \frac{286.915 + 267.412 + 2 * (323.140 + 489.266 + 290.042)}{8}$$

$$= 344.902,88$$

Dobiveni rezultati desezonirane potražnje za ostala razdoblja prikazani su u tablici 19.

Tablica 19: Rezultati desezonirane potražnje

Razdoblje	Stvarna potražnja	Desezonirana potražnja D_t
1	286.915,00	
2	323.140,00	
3	489.266,00	344.902,88
4	290.042,00	349.256,25
5	267.412,00	349.497,38
6	377.470,00	348.678,75
7	436.865,00	348.988,00
8	335.894,00	321.874,88
9	224.034,00	286.576,88
10	203.943,00	261.708,50
11	328.008,00	242.803,13
12	245.804,00	239.659,50
13	162.881,00	243.711,13
14	239.947,00	242.849,25
15	324.417,00	
16	242.500,00	
17		

Izvor: Izrada autora prema dostupnim podacima

- b) Nakon izračuna desezonirane potražnje potrebno je odrediti jednadžbu pravca trenda. Potrebni podaci za izračun prikazani su u tablica 20.

Tablica 20: Podaci potrebni za izračun jednadžbe pravca trenda

Vrijeme (X)	Desezonirana potražnja (Y)	XY	X ²
3	344.903	1.034.709	9
4	349.256	1.397.025	16
5	349.497	1.747.487	25
6	348.679	2.092.073	36
7	348.988	2.442.916	49
8	321.875	2.574.999	64
9	286.577	2.579.192	81
10	261.709	2.617.085	100
11	242.803	2.670.834	121
12	239.660	2.875.914	144
13	243.711	3.168.245	169
14	242.849	3.399.890	196
ΣX	ΣY	ΣXY	ΣX²
102	3.580.507	28.600.367	1.010

Izvor: Izrada autora prema dostupnim podacima.

$$\text{Izračun parametra } b: b = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} = \frac{12 \cdot 28600367 - 102 \cdot 3.580.507}{12 \cdot 1010 - 102^2} = \frac{-22007310}{1716} = -12.824,74$$

$$\text{Izračun parametra } a: a = \frac{\sum y}{n} - b \left(\frac{\sum x}{n} \right) = \frac{3.580.507}{12} - (-12825) \cdot \left(\frac{102}{12} \right) = 407.385,83$$

Isto kao u Holt metodi, rezultat parametra a dodijeliti će se nultoj razini (L), dok će rezultat parametra b dodijeliti nultom trendu (T) za potrebe izračuna prve prognoze. U ovom koraku parametri a i b su potrebni kako bi se odredila jednadžba pravca koja prema formuli $\bar{D}_t = L + Tt$ sada izgleda $\bar{D}_t = 407.386 + (-12.825)t$.

- c) Uz pomoć jednadžbe pravca koji je dobiven u prethodnom koraku, potrebno je u nastavku izračunati desezoniranu potražnju, što za prvo, drugo i treće razdoblje prema formuli slijedi:

$$\bar{D}_1 = 407.386,83 + (-12.824,74) \cdot 1 = 394.561,09$$

$$\bar{D}_2 = 407.386,83 + (-12.824,74) \cdot 2 = 381.736,35$$

$$\bar{D}_3 = 407.386,83 + (-12.824,74) \cdot 3 = 368.911,61$$

Dobivene vrijednosti za ostala razdoblja prikazane su u tablici 21.

Tablica 21: Vrijednosti desezonirane potražnje

Razdoblje	Stvarna potražnja	Desezonirana potražnja \bar{D}_t
1	286.915,00	394.561,09
2	323.140,00	381.736,35
3	489.266,00	368.911,61
4	290.042,00	356.086,87
5	267.412,00	343.262,13
6	377.470,00	330.437,39
7	436.865,00	317.612,65
8	335.894,00	304.787,91
9	224.034,00	291.963,17
10	203.943,00	279.138,43
11	328.008,00	266.313,69
12	245.804,00	253.488,95
13	162.881,00	240.664,21
14	239.947,00	227.839,47
15	324.417,00	215.014,73
16	242.500,00	202.189,99
17		

Izvor: Izrada autora prema dostupnim podacima.

- d) Nakon dobivene desezonirane potražnje za svako razdoblje, sljedeći korak je izračun sezonskog indeksa za sva razdoblja koji je omjer stvarne potražnje D_t i desezonirane potražnje \bar{D}_t . Prema danoj formuli sezonski indeks za prvo razdoblje je:

$$\bar{S}_t = \frac{D_t}{\bar{D}_t} = \frac{286.915,00}{394.561,09} = 0,73$$

Dobivene vrijednosti za ostala razdoblja prikazane su u tablici 22.

Tablica 22: Vrijednosti sezonskih faktora

Razdoblje	Stvarna potražnja	Desezonirana potražnja \bar{D}_t	Sezonski indeks \bar{S}_t
1	286.915,00	394.561,09	0,73
2	323.140,00	381.736,35	0,85
3	489.266,00	368.911,61	1,33
4	290.042,00	356.086,87	0,81
5	267.412,00	343.262,13	0,78
6	377.470,00	330.437,39	1,14
7	436.865,00	317.612,65	1,38
8	335.894,00	304.787,91	1,10
9	224.034,00	291.963,17	0,77
10	203.943,00	279.138,43	0,73
11	328.008,00	266.313,69	1,23
12	245.804,00	253.488,95	0,97
13	162.881,00	240.664,21	0,68
14	239.947,00	227.839,47	1,05
15	324.417,00	215.014,73	1,51
16	242.500,00	202.189,99	1,20

Izvor: Izrada autora prema dostupnim podacima.

- e) Nakon izračuna sezonskih indeksa za svako razdoblje, sljedeće potrebno je odrediti sezonski indeks za slična razdoblja. S obzirom da je $p=4$, jer se sezonski ciklus ponavlja nakon četiri kvartala

$$S_1 = \frac{\bar{S}_1 + \bar{S}_5 + \bar{S}_9 + \bar{S}_{13}}{4} = \frac{0,73 + 0,78 + 0,77 + 0,68}{4} = 0,74$$

$$S_2 = \frac{\bar{S}_2 + \bar{S}_6 + \bar{S}_{10} + \bar{S}_{14}}{4} = \frac{0,85 + 1,14 + 0,73 + 1,05}{4} = 0,94$$

$$S_3 = \frac{\bar{S}_3 + \bar{S}_7 + \bar{S}_{11} + \bar{S}_{15}}{4} = \frac{1,33 + 1,38 + 1,23 + 1,51}{4} = 1,36$$

$$S_4 = \frac{\bar{S}_4 + \bar{S}_8 + \bar{S}_{12} + \bar{S}_{16}}{4} = \frac{0,81 + 1,10 + 0,97 + 1,20}{4} = 1,02$$

- f) Prognoza potražnje za prvo razdoblje dobivena je množenjem sezonskog faktora prvog razdoblja sa zbrojem nultog trenda i razine, koji su se dobili kroz postupak linearne regresije, što prema zadanoj formuli za prognozu slijedi:

$$F_1 = (L_0 + T_0)S_1 = (407.386,00 + (-12.824,70)) * 0,74 = 291.976,00$$

Dobivena vrijednost razine za prvo razdoblje, gdje je $\alpha = 0,7$ uz danu formulu je:

$$\begin{aligned} L_1 &= \alpha \left(\frac{A_1}{S_1} \right) + (1 - \alpha)(L_0 + T_0) \\ &= 0,7 * \left(\frac{286.915,00}{0,74} \right) + (1 - 0,7) * (407.386,00 + (-12.824,70)) \\ &= 389.913,89 \end{aligned}$$

Dobivena vrijednost trenda za prvo razdoblje, gdje je $\beta = 0,4$ uz danu formulu je:

$$\begin{aligned} T_1 &= \beta(L_1 - L_0) + (1 - \beta)T_0 \\ &= 0,4 * (389.913,89 - 407.386,00) + (1 - 0,4) * (-12.824,70) \\ &= -14.683,66 \end{aligned}$$

Dobivena vrijednost sezonalnosti za peto razdoblje, gdje je $\gamma = 0,2$ uz danu formulu je:

$$S_5 = \gamma \left(\frac{A_1}{L_1} \right) + (1 - \gamma)S_1 = 0,2 * \left(\frac{286.915,00}{389.913,89} \right) + (1 - 0,2) * 0,74 = 0,74$$

Dobivene vrijednosti razine, trenda, sezonalnosti i prognoze potražnje za sva razdoblja prikazane su u tablici 23.

Tablica 23: Vrijednosti razine, trenda sezonalnosti i prognoze

Razdoblje	Stvarna potražnja	L	T	S	Prognoza
		407.386,00	-12.824,70		
1	286.915,00	389.913,89	-14.683,66	0,74	291.976,00
2	323.140,00	353.846,75	-23.237,06	0,94	352.717,00
3	489.266,00	350.416,78	-15.314,22	1,36	449.630,00
4	290.042,00	300.613,87	-29.109,70	1,02	341.805,00
5	267.412,00	332.852,67	-4.570,30	0,74	200.688,00
6	377.470,00	379.649,19	15.976,43	0,93	306.828,00
7	436.865,00	343.904,31	-4.712,09	1,37	540.919,00
8	335.894,00	334.922,06	-6.420,16	1,01	342.234,00
9	224.034,00	307.712,76	-14.735,81	0,75	247.038,00
10	203.943,00	240.292,40	-35.809,63	0,95	277.323,00
11	328.008,00	230.900,50	-25.242,54	1,35	275.615,00
12	245.804,00	231.656,39	-14.843,17	1,01	207.253,00
13	162.881,00	217.607,33	-14.525,53	0,75	162.008,00
14	239.947,00	240.977,51	632,76	0,93	188.257,00
15	324.417,00	239.239,36	-315,61	1,36	329.170,00
16	242.500,00	238.373,85	-535,57	1,02	243.325,00

Izvor: Izrada autora prema dostupnim podacima

g) Prognoze za sljedeća četiri razdoblja su:

$$F_{17} = (L_{16} + T_{16})S_{17} = (238.373,85 + (-535,57)) * 0,75 = 177.780,00$$

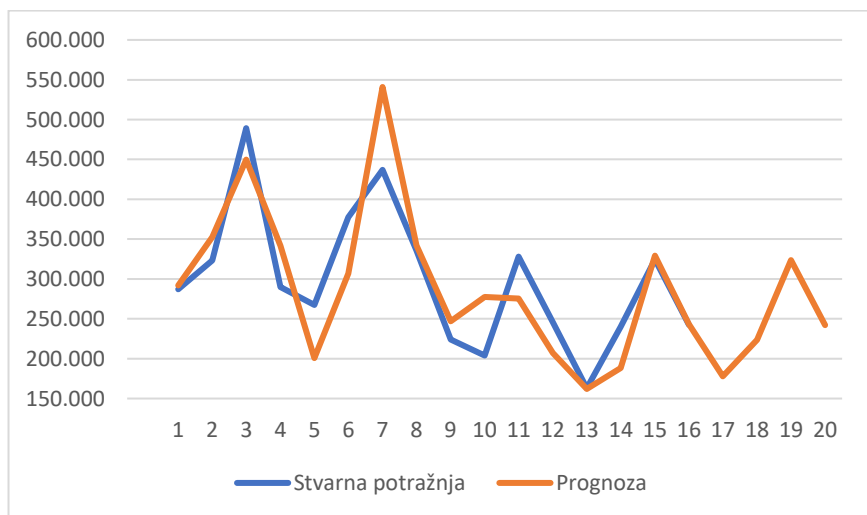
$$F_{18} = (L_{16} + 2T_{16})S_{18} = (238.373,85 + (-535,57)) * 0,94 = 223.746,00$$

$$F_{19} = (L_{16} + 3T_{16})S_{19} = (238.373,85 + (-535,57)) * 1,36 = 323.729,00$$

$$F_{20} = (L_{16} + 4T_{16})S_{20} = (238.373,85 + (-535,57)) * 1,02 = 242.166,00$$

h) Grafikon 14 prikazuje odnos stvarnih vrijednosti i prognozirane potražnje

Grafikon 14: Stvarne vrijednosti i prognoza u metod eksponencijalnog izgladivanja s trendom i sezonalnosti



Izvor: Izrada autora prema dostupnim podacima

i) Izračun srednjeg apsolutnog odstupanja (*MAD*) dobio se kao kvocijent kumulativne apsolutne pogreške (619.266,00) i broja promatranih razdoblja (16). Na posljetku rezultat srednjeg apsolutnog odstupanja je 38.704,13

Izračun srednjeg kvadriranog odstupanja (*MSE*) dobio se kao kvocijent kumulativne kvadrirane pogreške (38.301.552.500,00) i broja promatranih razdoblja (15). Na posljetku rezultat je 2.393.847.031,25

Izračun srednje apsolutne pogreške u postocima (*MAPE*) dobije se kao kvocijent kumulativne apsolutne postotne pogreške (208,03) i broja promatranih razdoblja (16). Na posljetku rezultat srednje apsolutne pogreške u postocima je 13,00%

Vrijednosti pratećeg signala su u intervalu [-2,47, 2,06], te ne prelaze zadanu kontrolnu granicu od ± 4 *MAD*-a.

5.2. Analiza i usporedba svih obrađenih metoda

Prvi korak u izradi prognoze i odabira metode je pregled dostupnih podataka. Povijesni podaci o prodaji i njihova dostupnost su oni koji će odrediti smjer kretanja prognoze. Ako nema dovoljno dostupnih kvantitativnih podataka, mogući izbor su kvalitativne metode. Također, jednom najbolja metoda neće uvijek biti takva. Okolina se mijenja i donosi nove podatke koje je potrebno pregledavati i u skladu s njima ažurirati prognozu.

Na samome početku, prije izračuna prognoze s bilo kojom metodom, napravio se pregled svih dostupnih podataka. Pregled s kojim se utvrdilo postojanje sezonalnosti, s najvećom prodajom u trećem kvartalu svake godine i opadajući trend. U teorijskom dijelu objašnjena je svaka metoda i za koji dio je ona najpogodnija, ako ima samo razinu, trend, sezonu ili njihovu kombinaciju. S obzirom da su u dostupnim podacima prisutni trend i sezona, postojala je pretpostavka kako će metoda eksponencijalnog izgladivanja biti metoda s najboljim rezultatima. Tablica 24 prikazuje sve korištene metode i razinu pogrešaka svake metode.

Tablica 24: Usporedba svih obrađenih metoda

Metoda	MAD	MSE	MAPE	PS
Naivna metoda	90.615,00	10.444.999.173,53	31,27%	[-1,33, 2]
Metoda prosjeka	78.914,80	8.776.418.082,80	30,26%	[-5,05, 2,49]
Metoda pomičnog prosjeka - dva mjeseca	100.139,57	12.085.717.336,14	35,35%	[-1,65, 1,25]
Metoda pomičnog prosjeka - četiri mjeseca	58.430,56	5.527.695.310,93	23,90%	[-5,21, 0,57]
Ponderirani pomični prosjek	70.829,33	6.621.763.847,00	27,73%	[-3,60, 0,79]
Metoda eksponencijalnog izgladivanja	78.447,60	8.115.269.940,53	27,97%	[-2,09, 6,19]
Metoda eksponencijalnog izgladivanja s trendom	86.557,40	9.824.201.547,40	29,54%	[-0,65, 2,19]
Metoda linearnog trenda	62.341,69	5.277.363.168,19	21,70%	[-2, 2,06]
Metoda eksponencijalnog izgladivanja s trendom i sezonalnosti	38.704,13	2.393.847.031,25	13,00%	[-2,47, 2,06]

Izvor: Izrada autora prema dostupnim podacima.

Unatoč tome što metoda pomičnog prosjeka s dva mjeseca ima najmanji raspon pratećeg signala, u svim mjerama za utvrđivanje pogreške prognoze je najlošija. Metoda eksponencijalnog izgladivanja s trendom i sezonalnosti opravdala je početnu pretpostavku kao najprikladnija metoda s obzirom na inpute.

6. Izrada agregatnog plana na temelju dobivenih prognoza

Nakon utvrđivanja i odabira najprikladnije metode za prognoziranje, slijedeći korak je kreiranje agregatnog plana na temelju dobivenih prognoza.

U nastavku ispitat ćemo prognozu potražnje za 12 mjeseci koristeći tri agregatna plana za zadovoljavanje potreba tržišta. U sva tri plana ukupna proizvodnja u 12 mjeseci je jednaka ukupnoj godišnjoj potražnji, koja iznosi 953.310 jedinica proizvoda. Trošak držanja zaliha u sva tri plana je 1.50 kn po jedinici, trošak nedostatnih količina je 5 kn po jedinici, trošak promjene razine proizvodnje je 100 kn/jed za podizanje razine i 150 kn/jed za spuštanje razine proizvodnje.

U strategiji stabilne razine, dnevna proizvodnja je jednaka prosječnoj razini potražnje za 12 mjeseci što iznosi 2.716 jedinica proizvoda. Ukupna proizvodnja umnožak je broja radnih dana u mjesecu i dnevne proizvodnje. U tablici 25 vidljiv je podataka potražnje proizvoda za siječanj (67.989), dok je ukupno proizvodnja za 16.206 jedinica proizvoda veća, te navedena količina ide u zalihi. U veljači je proizvedeno 47.467 jedinica proizvoda, dok je proizvodnja za taj mjesec 76.048, što znači da se ostalih 8.642 jedinice proizvoda pridodaju zalihama, te je razina zaliha na kraju veljače 53.429. Razina proizvodnje u sljedećim mjesecima je veća od potražnje, što dovodi do povećanja zaliha sve do lipnja kada potražnja raste i nadmašuje proizvodnju. Razina zaliha do kraja svibnja je bila 104.286 jedinica, dok se u lipnju spušta na 90.870 zbog

veće potražnje od proizvodnje u iznosu 13.417 jedinica proizvoda koji su povučeni iz zaliha zbog zadovoljavanja potražnje. U sljedećim razdobljima prevladava veća potražnja od proizvodnje što je rezultiralo sve većim smanjenjem stanja sa zaliha i završetak godine s nula zaliha.

Trošak zaliha na kraju godine iznosi 775.885 kn ($517.256 \cdot 1.50$), dok trošak manjka u ovoj strategiji nije prisutan. Ukupna proizvodnja je 953.310 jedinica proizvoda što rezultira 76.264.800 kn troška rada ($953.310 \cdot 2 \cdot 40$). Ukupni trošak materijala je 28.599.300 kn ($953.310 \cdot 30$). U 2018. godini, dnevna razina proizvodnje iznosila je 3000 jedinica proizvoda, dok je u 2019. razina spuštена za 284 jedinice (2.716). Trošak smanjenja razine proizvodnje iznosi 42.600. Na kraju, ukupni godišnji trošak strategije stabilne proizvodnje iznosi 105.682.585 kn.

Tablica 25: Strategija stabilne razine proizvodnje

	Siječanj	Veljača	Ožujak	Travanj	Svibanj	Lipanj	Srpanj	Kolovoz	Rujan	Listopad	Studeni	Prosinac
Potražnja	67.989	47.467	75.553	50.018	64.800	94.896	106.245	82.238	113.690	73.567	83.155	93.692
Broj radnih dana	31	28	31	30	31	30	31	17	30	31	30	31
Dnevna proizvodnja	2.716	2.716	2.716	2.716	2.716	2.716	2.716	2.716	2.716	2.716	2.716	2.716
Ukupna proizvodnja(jedinica)	84.195	76.048	84.195	81.479	84.195	81.479	84.195	46.172	81.479	84.195	81.479	84.195
Višak/manjak proizvodnje	16.206	28.581	8.642	31.461	19.395	-13.417	-22.050	-36.066	-32.211	10.628	-1.676	-9.497
Završne zalihe/manjak	16.206	44.787	53.429	84.891	104.286	90.870	68.820	32.754	544	11.172	9.497	0
Završne zalihe	16.206	44.787	53.429	84.891	104.286	90.870	68.820	32.754	544	11.172	9.497	0
Završni nedostatak	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trošak zaliha	24.310	67.181	80.144	127.337	156.429	136.305	103.230	49.131	816	16.758	14.246	0
Trošak nedostatka	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Promjena razine proizvodnje - gore	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Promjena razine proizvodnje - dolje	284	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trošak promjene razine proizvodnje- gore	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trošak promjene razine proizvodnje- dolje	42.600	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Izvor: Izrada autora prema dostupnim podacima.

U strategiji slijeđenja tržišta dnevna razina proizvodnje prati potražnju. U tablici 26 vidljivo je odsustvo zaliha i manjka. Međutim, razina proizvodnje mora se prilagođavati iz mjeseca u mjesec različitoj potražnji. U siječnju je dnevna razina proizvodnje 2.193 jedinica, što je smanjenje od 807 jedinica u odnosu na postavljeni kapacitet od 3000 jedinica. U veljači, dnevna razina proizvodnje radi zadovoljavanja potražnje spušta se na 1.695 jedinica dnevne proizvodnje, gdje se proizvodnja smanjuje za još 498 jedinica (2.193-1.695). U ožujku, dnevna proizvodnja raste na 2.437 jedinica. Ukupna proizvodnja je 953.310 jedinica proizvoda što rezultira 76.264.800 kn troška rada ($953.310 \cdot 2 \cdot 40$). Ukupni trošak materijala je 28.599.300 kn

(953.310*30), dok trošak prilagodbe proizvodnje iznosi 1.137.052 kn. Na kraju, ukupni godišnji trošak strategije stabilne proizvodnje iznosi 106.001.152 kn.

Tablica 26: Strategija slijeđenja tržišta

	Siječanj	Veljača	Ožujak	Travanj	Svibanj	Lipanj	Srpanj	Kolovoz	Rujan	Listopad	Studen	Prosinac
Potražnja	67.989	47.467	75.553	50.018	64.800	94.896	106.245	82.238	113.690	73.567	83.155	93.692
Broj radnih dana	31	28	31	30	31	30	31	17	30	31	30	31
Dnevna proizvodnja	2.193	1.695	2.437	1.667	2.090	3.163	3.427	4.838	3.790	2.373	2.772	3.022
Ukupna proizvodnja(jedinica)	67.989	47.467	75.553	50.018	64.800	94.896	106.245	82.238	113.690	73.567	83.155	93.692
Višak/manjak proizvodnje												
Završne zalihe/manjak												
Završne zalihe												
Završni nedostak												
Trošak zaliha												
Trošak nedostatak												
Promjena razina proizvodnje (jedinica)	-807	-498	742	-770	423	1.073	264	1.410	-1.048	-1.417	399	250
Promjena razine proizvodnje - gore			742		423	1.073	264	1.410			399	250
Promjena razine proizvodnje - dolje	807	498		770					1.048	1.417		
Trošak promjene razine proizvodnje- gore			74.200		42.300	107.288	26.406	141.027			39.900	25.049
Trošak promjene razine proizvodnje- dolje	121.021	74.692		115.489					157.200	212.481		
Broj zaposlenih	183	141	203	139	174	264	286	403	316	198	231	252

Izvor: Izrada autora prema dostupnim podacima.

Prethodne dvije strategije idu u različite krajnosti. Strategija stabilne razine održava stabilnu proizvodnju i tako čuva radnu snagu, dok strategija slijeđenja tržišta svim silama želi pratiti potražnju, pa i uz cijenu svega lošeg kojeg prati ovakva strategija. Sljedeća strategija, hibridna, pokušava uzeti ono najbolje iz svake i njihovom kombinacijom uz što manje troškove zadovoljiti potražnju. U ovoj strategiji, razina proizvodnje može se mijenjati nekoliko puta tijekom određenog vremenskog perioda. U tablici 27 prikazana je hibridna strategija gdje je dnevna proizvodnja ista u prvih pet mjeseci, što predstavlja prosječnu potražnju za navedeni period (siječanj-svibanj) 2.025 (305.827/151). Nakon toga dolazi do povećanja tijekom ljetnog razdoblja nakon čega se razina proizvodnje opet smanjuje. U hibridnom planu, uključene su zalihe, nedostatak proizvoda koji je vidljiv odmah u prvom mjesecu zbog veće potražnje u odnosu na proizvodnju. Ukupni godišnji trošak plana je 105.490.613 kn, što uključuje 76.264.800 kn troška rada, 28.599.300 kn troška materijala i 454.700 kn troška smanjenja i povećanja kapaciteta, 102.158 kn troška zaliha i 69.655 kn troška nedostatka proizvoda.

Tablica 27: Hibridna strategija

	Siječanj	Veljača	Ožujak	Travanj	Svibanj	Lipanj	Srpanj	Kolovoz	Rujan	Listopad	Studeni	Prosinac
Potražnja	67.989	47.467	75.553	50.018	64.800	94.896	106.245	82.238	113.690	73.567	83.155	93.692
Broj radnih dana	31	28	31	30	31	30	31	17	30	31	30	31
Dnevna proizvodnja	2.025	2.025	2.025	2.025	2.025	3.677	3.677	3.677	3.677	2.722	2.722	2.722
Ukupna proizvodnja (jedinica)	62.786	56.710	62.786	60.760	62.786	110.297	113.974	62.502	110.297	84.379	81.657	84.379
Višak/manjak proizvodnje	-5.203	9.243	-12.767	10.742	-2.014	15.401	7.729	-19.736	-3.393	10.812	-1.498	-9.313
Završne zalihe/manjak	-5.203	4.040	-8.728	2.015	0	15.401	23.130	3.393	0	10.812	9.314	0
Završne zalihe	0	4.040	0	2.015	0	15.401	23.130	3.393	0	10.812	9.314	0
Završni nedostatak	5.203	0	8.728	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trošak zaliha	0	6.060	0	3.023	0	23.102	34.695	5.090	0	16.218	13.971	0
Trošak nedostatka	26.015	0	43.640	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Promjena razina proizvodnje (jedinica)	-975	0	0	0	0	1.652	0	0	0	-955	0	0
Promjena razine proizvodnje - gore	0	0	0	0	0	1.652	0	0	0	0	0	0
Promjena razine proizvodnje - dolje	975	0	0	0	0	0	0	0	0	955	0	0
Trošak promjene razine proizvodnje- gore	0	0	0	0	0	165.200	0	0	0	0	0	0
Trošak promjene razine proizvodnje- dolje	146.250	0	0	0	0	0	0	0	0	143.250	0	0
Broj radnika	338	338	338	338	338	613	613	613	613	454	454	454

Izvor: Izrada autora prema dostupnim podacima.

Tablica 28 sumira prijašnje navedeno i daje laku usporedbu tri moguće strategije proizvodnje. Iako strategija razine i slijeđenja imaju nula troška nedostatnih količina, nisu uspjele smanjiti svoj ukupni trošak u odnosu na hibridnu strategiju. Hibridna strategija u ovom se primjeru pokazala kao optimalna, ali na kraju je ipak odluka tvrtke koju strategiju želi koristiti bez obzira na razlike u troškovima.

Tablica 28: Usporedba troškova svih strategija

	Stabilna razina proizvodnje	Strategija slijeđenja tržišta	Hibridna strategija
Trošak zaliha	775.885	0	102.158
Trošak nedostatnih količina	0	0	69.655
Trošak materijala	28.599.300	28.599.300	28.599.300
Trošak rada	76.264.800	76.264.800	76.264.800
Trošak smanjenja kapaciteta	42.600	680.882	289.500
Trošak povećanja kapaciteta	0	456.170	165.200
Ukupni godišnji trošak	105.682.585	106.001.152	105.490.613

Izvor: Izrada autora prema dostupnim podacima.

7. Rasprava

U nastavku testirat će se hipoteze koje su postavljene na početku istraživanja.

7.1. Testiranje hipoteza

Za istraživanje u ovom diplomskom radu prikupljeni su podaci o prodaji gospodarskog subjekta koji su kroz 9 metoda analize vremenske serije analizirani. Svaka je metoda pokazala svoje rezultate i svaki rezultat ima svoj razlog zbog čega se nešto dogodilo. Postavljene hipoteze su sljedeće:

H1 – Iako je svaka prognostička metoda vezana uz situaciju u kojoj je primjenjiva, pregled povijesnih podataka i utvrđivanjem prisutnosti sezonalnosti, trenda ili oboje u dostupnim podacima neće imati utjecat na odabir prognostičke metode te veličinu pogreške.

H2 – Kvalitativne metode koje se oslanjaju na vlastitu prosudbu ili intuiciju zaposlenika s dugogodišnjim iskustvom, potrebno je koristiti zajedno s kvantitativnim metodama kako bi se na kraju dobila manja pogreška prognoze.

H3 – Na temelju dobivenih povijesnih podataka, najmanju pogrešku prognoze kreirat će metoda koja u obzir uzima postojanje trenda i sezonalnosti u danom skupu podataka.

Hipoteza H1 odbacuje se jer prije odabira i kreiranje prognoze s bilo kojom danas dostupnom metodom prognostičar ili bilo koja druga osoba mora napraviti prvi korak, a to je detaljan pregled svojih povijesnih podataka, gdje upravo grafikoni s povijesnim podacima utječu na odabir metode. Detaljan pregled omogućuje uvid u kretanje prognoze prisutnost trenda, razine ili sezone. Poznavanjem specifičnosti metoda, lako će se uočiti koja metoda bi bila prikladna u slučaju postojanja trenda ili sezona. Ako se pregled podataka zanemari i lako se okrene bilo kojoj prognozi, sigurno će doći po pojave velikih pogrešaka što će na kraju rezultirati samo lošim poslovanjem.

Hipoteza H2 u potpunosti se prihvaća jer samo kombinacija navedenog može doprinijeti poboljšanju prognoze. Razlog je taj jer povijesne metode su povijesne i one kao takve ne znaju što se trenutno događa na tržištu, kakve su najave o krizi, kakve su najave i poskupljenju sirovina. U tom trenutku, u velikoj nestabilnosti tržišta dolazi do izražaja ljudski faktor gdje se sa iskustvom donose odluke i povećanju ili smanjenju određene prognoze.

Hipoteza H3 se prihvaća jer na početku pisanja rada i treće hipoteze, te prilikom pregleda dostupnih podataka moglo se samo pretpostaviti što bi se moglo odviti i kako bi se cijeli izračun mogao odvijati. Analiza podataka na početku je pokazala postojanje trenda i sezone, ali u tom trenutku nisu bile otpisane ostale metode. Kroz izračun devet metoda, onih koje uključuju trend i sezone, pa sve do onih za koje se znalo da ne podržavaju ovakve podatke, pokazalo se još jednom kroz teoriju i istraživački dio pozitivnu povezanost dobrog pregleda podataka i dobre metode, te najmanju pogrešku upravo metode koja uključuje trend i sezonalnost.

7.2. Prijedlozi za poboljšanje

U današnjem dinamičnom vremenu planiranje poslovanja je umjetnost. Umjetnici su zaposleni koji u ovom nestabilnom vremenu, svakodnevnim borbama i vlastitom kreativnošću kreiraju korake prema uspjehu. Savršeni recept za poslovanje ne postoji, mnogi se trude pronaći ga, ali to je tek kratkotrajna sreća. Okolina se mijenja, tržište se mijenja. Ono što je odlično danas, sutra se polako zaboravlja. Najvažniji input za planiranje danas nije samo najnovija tehnologija ili samo vrijedni zaposlenici, već njihova kombinacija i timski rad koji stvara posebnost, unikat. Svatko na ovom svijetu ima mjesta za poboljšanje jer tržište je takvo da stvara mjesta za napredak i stvara nove mogućnosti.

Vrijedni zaposlenici odabrane tvrtke su žila kucavica cijelog poslovanja, njihovo dugogodišnje iskustvo i marljivost je ključan sastojak u jedrenju tržištem. Njihov način planiranja potražnje uz jaku fleksibilnost prilagodbe s nadolazećim zahtjevima se pokazao do sada kvalitetnim. U nadolazećemu vremenu svakako je preporuka za razmišljanje o modernim softverima za planiranje potražnje, koji osim obrade velike količine podataka otvaraju vrata mnogim, novim mogućnostima poput povećanja točnosti prognoze uzimanja u obzir utjecaj promocije, cijene do vanjskih čimbenika poput konkurentskih proizvoda ili marketinških aktivnosti.

8. Zaključak

Svakim danom tržište je sve nestabilnije. Kriza u svijetu šteti svima, a najviše proizvođačima, upravo onima kojima je najviše potrebna dobra prognoza za njihove proizvode. Analiza povijesnih podataka daje dobar pregled svega što se događalo u zadnjih par godina, ali nije jedini izvor dobrih inputa prema kvalitetnoj prognozi. Tu su i procjene stručnjaka koji svojim iskustvom mogu doprinijeti smanjenju pogreške. Vanjsko savjetovanje ako tvrtka nema dovoljno iskustva ili istraživanje tržišta ako je riječ o novom proizvodu kojeg tek treba upoznati s potrošačima.

Spomenulo se kako prognoze mogu biti kratkoročne i dugoročne, ali da se s dugoročnim prognozama pojavljuje i veća pogreška. Tvrtka mora planirati i dugoročno, ali danas, u vrijeme ove neizvjesnosti dugoročno planiranje je za neke period od dva ili tri mjeseca. Prognoze su rijetko savršene i svaka u sebi sadrži određenu mjeru pogreške, zbog toga je gotovo nemoguće napraviti savršenu prognozu.

Pod inicijalizacijom u kreiranju prognoze može se smatrati pregled dostupnih povijesnih podataka kako bi se utvrdilo postojanje trenda, sezonalnosti ili oboje, te u smjeru toga pokušati odabrati metodu. Od osam metoda obrađenih u radu eksponencijalno izgladivanje, metode prosjeka i naivna metoda pokazale su rezultatima da dani podaci s uključenim trendom i sezonalnošću ne pripadaju kod njih, jer su metode prikladne za situaciju gdje trend i sezonalnost nisu prisutni jer ako vremenska serija pokazuje trend a koristi se metoda koja to ne uzima u obzir, prognoza će zaostajati za trendom. Metoda koja se pokazala najispravnijom, a i za koju se očekivalo da će stvoriti najmanju grešku prognoze je metoda eksponencijalnog izgladivanja s trendom i sezonalnosti koja je opravdala ovakva očekivanja s obzirom na njeno uvažavanje podataka s trendom i sezonalnošću. Nakon kreiranje prognoze i odabira najprikladnijeg model za trenutne dostupne podatke, sljedeći je korak bio stvaranje agregatnog plana s kojim su se prikazali troškovi proizvodnje kroz tri različita pristupa gdje je cilj pronaći balans kvalitetne izvedbe. Hibridna strategija kao ona koja uključuje ono najbolje iz stabilne razine proizvodnje i strategije slijeđenja tržišta pokazala se kao strategija s najmanjim troškovima, ali sami odabir strategije ne uzima samo ukupni trošak kao krajnju odluku već tvrtka mora odlučiti koji je oblik najprikladniji za njenu trenutnu situaciju

Literatura

1. Athanasopoulos, G. i Hyndman, R. (2014). *Forecasting: Principles and Practice*. Otexts.
2. Briš Alić, M. i dr., 2022. *Operacijski menadžment*. Osijek, Rijeka, Split, Zagreb: Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Ekonomski fakultet u Osijeku; Sveučilište u Rijeci, Ekonomski fakultet; Sveučilište u Splitu, Ekonomski fakultet; Sveučilište u Zagrebu, Ekonomski fakultet
3. Chopra, S., Meindl, P. (2015). *Supply Chain Management : Strategy, Planing, and Operation*. 6th Edition, New Yersey: Pearson.
4. Christou, T, I. (2012). *Quantitative Methods in Supply Chain Management: Models and Algorithm*. Springer
5. Fitzsimmons, J., A., Fitzsimmons, M, J. (2011). *Service management: Operations, Strategy, Information Technology*. 7th edition. McGraw-Hill/Irwin
6. Gilliland, M., Tashman L., Sglavo, U. (2016). *Business Forecasting: Practical Problems and Solutions*. Wiley
7. Gupta, S., Starr, M. (2014). *Production and Operations Management Systems*. CRC Press/Taylor & Francis Group.
8. Heizer, J., Render, B, Munson, C. (2017). *Operations Management: Sustainability and Supply Chain Management*. 12th edition. Pearson
9. Jacobs, F., R. (2018). *Upravljanje operacijama i lancem opskrbe*. 13. izdanje. Zagreb: Mate
10. Mahadevan, B. (2015). *Operations Management: Theory and practice*. 3th edition. Pearson
11. Nahmas, S., Olsen, T., L. (2015). *Production and Operations Analysis*. 7th edition, Waveland
12. Reid, D., R., Sanders, N., R. (2013). *Operations Management: An Integrated Approach*. 5th edition. Wiley
13. Render, B., Stair, R., M., Hanna, M., Hale, T., S. (2018). *Quantitative analysis for management*. 13th edition. Pearson
14. Russel, R., S. i Taylor, B.,W. (2011). *Operations Management: Creating Value Along the Supply Chain*. 7th edition. Wiley&Sons
15. Snyder, V., L. i Shen, M., Z. (2019). *Fundamentals of Supply Chain Theory*. Second edition, Wiley

16. Stevenson, W., J. (2014). *Operations Management*. 12th edition. New York: Mc Graw Hill Education
17. Šorić, K. (2021). *Analitičke metode za upravljanje lancem opskrbe*. Zagreb.
18. Türkay, M. i Babak Rasmi, S. A., 2021. *Aggregate Planning: Strategies, Models, and Analysis*.:Springer.
19. Zelenika R. (1998). *Metodologija i tehnologija izrade znanstvenog i stručnog djela*. Treće izmijenjeno i dopunjeno izdanje; Rijeka, Ekonomski fakultet u Rijeci.

Popis tablica

Tablica 1: Podaci za izračun potrebnih parametara.....	16
Tablica 2: Podaci o prodaji proizvoda xy tijekom 5 godina.....	30
Tablica 3: Prognozirane vrijednosti naivne metode	32
Tablica 4: Pogreške prognoze naivne metode.....	33
Tablica 5: Vrijednost srednje apsolutnog odstupanja naivne metode	34
Tablica 6: Vrijednost srednjeg kvadratnog odstupanja naivne metode.....	35
Tablica 7: Vrijednost srednje apsolutne pogreške naivne metode	36
Tablica 8: Prateći signal naivne metode.....	36
Tablica 9: Prognozirana vrijednost metode prosjeka	37
Tablica 10: Konačne vrijednosti metode prosjeka	39
Tablica 11: Vrijednosti dvomjesečnog pomičnog prosjeka	40
Tablica 12: Usporedba vrijednosti s različitim brojem razdoblja	41
Tablica 13: Vrijednosti za sva razdoblja ponderiranog pomičnog prosjeka	43
Tablica 14: Prognozirane vrijednosti eksponencijalnog izgladivanja.....	45
Tablica 15: Odnos stvarnih vrijednosti i prognozirane potražnje uz različite konstante izgladivanja	46
Tablica 16: Potrebni podaci za izračun parametara	48
Tablica 17: Vrijednosti potražnje Holt metode	50
Tablica 18: Vrijednosti potražnje linearnog trenda.....	52
Tablica 19: Rezultati desezonirane potražnje.....	54
Tablica 20: Podaci potrebni za izračun jednadžbe pravca trenda	54
Tablica 21: Vrijednosti desezonirane potražnje	55
Tablica 22: Vrijednosti sezonskih faktora.....	56
Tablica 23: Vrijednosti razine, trenda sezonalnosti i prognoze	57
Tablica 24: Usporedba svih obrađenih metoda	59
Tablica 25: Strategija stabilne razine proizvodnje	61
Tablica 26: Strategija slijeđenja tržišta	62
Tablica 27: Hibridna strategija	62
Tablica 28: Usporedba troškova svih strategija	63

Popis grafikona

Grafikon 1: Rastući trend	15
Grafikon 2: Pravac linije trenda	17
Grafikon 3: Linija signala praćenja	22
Grafikon 4: Kretanje potražnje kroz 20 kvartala.....	31
Grafikon 5: Kretanje stvarne potražnje i prognoze naivne metode.....	33
Grafikon 6: Kretanje potražnje i prognoze u metodi prosjeka	39
Grafikon 7: Stvarna potražnja i prognoza u dvomjesečnom pomičnom prosjeku	40
Grafikon 8: Usporedba vrijednosti s različitim brojem razdoblja.....	42
Grafikon 9: Stvarna potražnja i prognoza u metodi ponderiranog pomičnog prosjeka	44
Grafikon 10: Odnos stvarne potražnje i prognoza, $\alpha = 0,40$	46
Grafikon 11: Odnos stvarnih vrijednosti i prognozirane potražnje uz različite konstante izgladivanja.	47
Grafikon 12: Odnos stvarnih vrijednosti i prognozirane potražnje, $\alpha = 0,50$ i $\beta = 0,30$	50
Grafikon 13: Stvarne vrijednosti i prognozirana linije trenda.....	52
Grafikon 14: Stvarne vrijednosti i prognoza u metod eksponencijalnog izgladivanja s trendom i sezonalnosti	58

Popis slika

Slika 1: Kretanje potražnje i proizvodnje u agregatnom planu.	27
--	----