

# Primena inženjerskih statističkih metoda sa ciljem povećanja kvaliteta usluge i proizvoda

SASA Ž. VASILJEVIĆ, Akademija strukovnih studija Šumadija,

Odsek Kragujevac, Kragujevac

DRAGAN D. RAJKOVIĆ, Akademija strukovnih studija Šumadija,

Odsek Kragujevac, Kragujevac

ALEKSANDRA A. TANASKOVIĆ, Akademija strukovnih studija Šumadija,

Odsek Kragujevac, Kragujevac

Stručni rad

UDC: 005.6:519.2

DOI: 10.5937/tehnika2401115V

*Sa ciljem povećanja kvaliteta usluge ili proizvoda moguće je primeniti različite statističke metode. Ove statističke metode se mogu primeniti na ceo niz inženjerskih problema u vezi sa određenim procesima, proizvodima ili uslugama u delu prikupljanja i obrade podataka, kao i naknadnog zaključivanja. Samo prikupljeni podaci često ne mogu dati jasne zaključke o uticaju nekog faktora na kvalitet. Tako je, u ovom radu dat prikaz i kategorizacija određenih metoda, tehnika i alata za prikupljanje i obradu podataka. Tako u radu su prikazane inženjerske stističke metode koje se mogu koristiti u cilju povećanja kvaliteta usluge ili prizvoda na osnovu prikupljenih podataka, ali i donošenja zaključaka o uticaju različitih faktora na kvalitet usluge.*

**Ključne reči:** statističke metode, kvalitet, proizvod, usluga

## 1. UVOD

Statističke metode u analizi podataka predstavljaju značajne tehnike za donošenje određenih zaključaka. Na osnovu tih zaključaka se dolazi do zaključaka o pruženom kvalitetu i o aktivnostima koje je potrebno preuzeti za poboljšanje kvaliteta.

Statističke metode obezbeđuju sistematski pristup za razumevanje, merenje i poboljšanje kvaliteta korišćenjem uvida i analiza zasnovanih na podacima. One igraju ključnu ulogu u omogućavanju stalnog poboljšanja, obezbeđivanju ispunjavanja i prevazilaženja standarda kvaliteta u različitim industrijama. U suštini, statističke metode služe kao podrška procesu upravljanja kvalitetom, obezbeđujući alate i tehnike neophodne za merenje, analizu i unapređenje različitih aspekata kvaliteta u različitim industrijama [1]. Njihova integracija obezbeđuje kontinuirano poboljšanje i poštovanje standarda kvaliteta, što na kraju dovodi do povećanja zadovoljstva kupaca i poslovnog uspeha [2].

---

Adresa autora: Saša Vasiljević, Akademija strukovnih studija Šumadija – Odsek Kragujevac, Kragujevac, Kosovska 8

e-mail: svasiljevic@asss.edu.rs

Rad primljen: 05.12.2023.

Rad prihvaćen: 25.12.2023.

Kvalitet i statističke metode se međusobno mogu povezati kako bi se, osiguralo da proizvodi, usluge i procesi ispunjavaju ili premašuju unapred određene standarde. Statističke metode igraju ključnu ulogu u upravljanju kvalitetom obezbeđujući alate za merenje, analizu i unapređenje različitih aspekata kvaliteta [3]. Standard ISO 9001:2015 preporučuje primenu ovih metoda (zahtev 9.1.3-Metode analiziranja podataka mogu da obuhvate statističke tehnike) [4]. Stističke metode su skup matematičkih tehnika i alata koji se koriste za prikupljanje, analizu, tumačenje, predstavljanje i donošenje odluka na osnovu podataka. Ove metode se koriste u različitim oblastima da bi se razumeli obrasci, trendovi, odnosi i neizvesnosti unutar skupova podataka [5]. Oni pomažu u donošenju smislenih zaključaka ili predviđanju na osnovu podataka [6]. Cilj ovog rada jeste predstavljenje nekih od statističkih metoda koje se mogu primeniti u poboljšanju kvaliteta usluga i proizvoda. Takođe u slučaju uticajnih faktora predstavljene su metode koje se mogu primeniti u planiranju potrebnih faktora i kombinaciji u cilju donošenja zaključaka.

## 2. STATISTIČKE METODE I UPRAVLJANJE KVALITETOM

Statističke metode su veoma dragocene za poboljšanje kvaliteta u različitim oblastima iz nekoliko

razloga: omogućavaju donošenje odluka, identifikaciju varijabilnosti, analizu uzroka, poboljšanje procesa, predviđanje, kontinuirano poboljšanje, procena rizika, optimizacija resursa, kontrola kvaliteta, [7-10] ...

Donošenje odluka vođeno podacima: Statističke metode omogućavaju organizacijama da donose odluke na osnovu podataka, a ne na intuiciji ili nagađanju. Analizom podataka pomoću statističkih alata, preduzeća mogu da identifikuju obrasce, trendove i anomalije koje utiču na kvalitet. Ovo pomaže u donošenju odluka za poboljšanje procesa i proizvoda.

Kontrola kvaliteta: Statističke metode omogućavaju kontrolu kvaliteta nudeći alate kao što su kontrolne karte, koje prate procese tokom vremena kako bi otkrile varijacije i odstupanja od željenih standarda. Ovo omogućava trenutne korektivne radnje za održavanje konzistentnog kvaliteta.

Identifikovanje varijabilnosti: Poboljšanje kvaliteta često uključuje smanjenje varijabilnosti u procesima ili proizvodima. Statističke metode pomažu u razumevanju i kvantifikaciji ove varijabilnosti, omogućavajući organizacijama da odrede oblasti u kojima se mogu poboljšati. Smanjenjem varijabilnosti, konzistentnost i kvalitet se mogu poboljšati.

Analiza osnovnog uzroka: Statistički alati kao što su Pareto dijagrama, Išikava dijagram (riblje kosti) i regresiona analiza pomažu u identifikaciji osnovnih uzroka problema. Razumevanje ovih uzroka je ključno za sprovođenje ciljanih poboljšanja, a ne za rešavanje simptoma, što dovodi do efikasnijeg poboljšanja kvaliteta.

Poboljšanje procesa: Metodologije poboljšanja kvaliteta kao što su Six Sigma, Lean i Total Quality Management (TQM) u velikoj meri se oslanjaju na statističke tehnike. Ove metodologije imaju za cilj da pojednostave procese, minimiziraju defekte i optimizuju efikasnost kroz statističku analizu podataka procesa.

Optimizacija resursa: Statističke metode pomažu u optimizaciji alokacije resursa identifikacijom oblasti u kojima se resursi mogu efikasnije koristiti za poboljšanje kvaliteta.

Prediktivno modeliranje i predviđanje: Statističke metode uključuju prediktivno modeliranje i tehnike predviđanja koje pomažu u predviđanju potencijalnih problema sa kvalitetom. Analizom istorijskih podataka, organizacije mogu predvideti potencijalne probleme i preduzeti preventivne mere za održavanje ili poboljšanje kvaliteta.

Kontinuirano poboljšanje: Statističke metode podržavaju koncept stalnog poboljšanja obezbeđujući alate za merenje napretka, praćenje promena i praćenje uticaja primenjenih promena. Ovaj iterativni pristup

pomaže u stalnom poboljšanju kvaliteta tokom vremena.

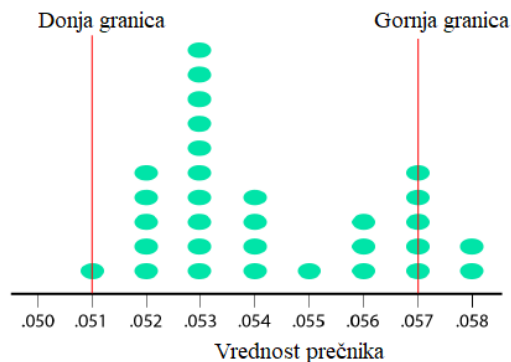
Procena i ublažavanje rizika: Statističke metode omogućavaju organizacijama da procene rizike povezane sa pitanjima kvaliteta. Putem tehnika kao što su Failure Mode Effects Analysis (FMEA), preduzeća mogu proaktivno da identifikuju potencijalne kvarove i preduzmu preventivne mere za ublažavanje rizika.

### 3. PRIKUPLJANJE PODATAKA

Prikupljanje podatka za potrebe istraživanja određene pojave se može vršiti na različite načine, gde u osnovi postoji podela na eksperimentalne i neeksperimentalne. Neke od tih metoda prikupljanja podataka su: anketiranje, snimanje određenog stanja (praćenjem određenog procesa), analiza dokumentacije, ili eksperimentalna merenja. Koja će metoda biti primenjena zavisi prvenstveno od samog procesa ali isto tako da li se radi o određenoj usluzi ili proizvodu [11, 12].

U odnosu na proizvod usluga ima nematerijalni karakter a za rezultat ima određenu korist. Za prikupljanje podataka u uslužnim delatnostima češća je upotreba anketnih metoda. Ankete se koriste za ocenjivanje zadovoljstva korisnika primenom različitih pitanja. Na taj način se dolazi do odgovora korisnika usluga na osnovu kojih se mogu doneti zaključci o ostvarenom kvalitetu usluge pa i o korektivnim merama koje pružalac usluge mora preduzeti da bi povećao kvalitet.

Kontrola loše izrađenog proizvoda		Datum: _____
Kontrola <u>Kelly Hall</u>		Proizvod: _____
Parametar	Brojanje	Ukupno:
Brzina rada mašine		5
Loša vrsta materijala		8
Loše rukovanje		5
Neidentifikovano		10
Ukupno grešaka:		28



Slika 1 – Različiti primeri kontrolne liste [13, 14]

Proizvod sa druge strane je neko materijalno dobro, koje ima određene karakteristike. U slučaju usluge je moguće koristiti više „načina“ prikupljanja podataka, poput anketnih upitnika, intervjua, posmatranja i metoda ograničenog ekeperimenta. Kao i u slučaju usluge moguće je primeniti metodu anketiranja korisnika da bi se utvrdio kvalitet tog proizvoda na osnovu ispunjenosti zahteva korisnika odnosno nivoa zadovoljstva korisnika, međutim moguće je utvrditi i kvalitet proizvoda određivanjem karakteristika kvaliteta proizvoda. U procesima proizvodnje nekog proizvoda moguće je koristiti kontrolne liste (engl. Check Sheet) za prikupljanje podataka. Na slici 1 je prikazan primer kontrolne liste. Kontrolni list je strukturirani, pripremljeni obrazac za prikupljanje i analizu podataka. Ovo je generički alat za prikupljanje i analizu podataka koji se može prilagoditi za širok spektar namena i smatra se jednim od sedam osnovnih alata za kvalitet. U slučaju proizvoda moguće je primeniti kontrolne liste sa merom skalom. U ovom primeru je dato i loše rukovanje i loš materijal sa ciljem da se ukaže da je moguće prikupiti podatke zbog kojih je moguće doći do neke neusaglašenosti ili lošeg kvaliteta.

Pored prethodno prikazane metode za prikupljanje podataka u slučaju poznatih faktora koji mogu uticati na kvalitet nekog proizvoda moguće je odrediti dozvoljeno variranje tih parametara da bi se statistički odredio najveći uticaj nekog faktora na kvalitet nekog proizvoda ili usluge. Takve metode se nazivaju metodama dizajna eksperimenta (engl. Design of experiments (DOE)). Dizajn eksperimenata (DOE) je definisan kao grana primenjene statistike koja se bavi planiranjem, sprovođenjem, analizom i tumačenjem kontrolisanih testova za procenu faktora koji kontrolišu vrednost parametra ili grupe parametara [15]. Primenom ovakve metode je moguće značajno skratiti broj ispitivanja i prikupljanja podataka. Poznato je da je što veći broj podataka povoljniji, ali i da ispod 30 podataka se smatra malim uzorkom dok iznad 30 podataka se smatra velikim uzorkom. Primenom DOE smanjuje se broj potrebnog broja uzoraka a dobijaju se statistički ispravni podaci [15, 16]. Kao primer se može posmatrati faktori koji utiču na kvalitet štampe 3D štampača. Ako se u obzir uzmu tri faktora koji utiču na vreme štampanja proizvoda na 3D štampaču, koji su prikazani u tabeli 1.

Tabela 1. Varirani parametri

Parametar	Vrednost/ značenje
Brzina pomeranja ekstrudera prilikom štampe (mm/s)	50, 60, 70, 80
Debljina jednog sloja plastike (mm)	0,18, 0,27
Temperatura ekstrudera (°C)	190, 220

Može se primenom Taguchi dizajna eksperimenta, koji je detaljno objašnjen u [17], dobiti potrebno variranje parametara kao što je prikazano u tabeli 2, da bi se dobili zaključci o uticaju faktora na vreme štampanja. Na ovaj način se skraćuje broj potrebnih merenja, a dobijaju se optimalne kombinacije parametara. Ovakvom analizom postavljenih parametara mogu se dobiti ispravni zaključci o uticaju faktora proizvodnje na kvalitet proizvoda.

Tabela 2. Preporučena kombinacija parametara

Brzina pomeranja ekstrudera prilikom štampe	Debljina jednog sloja plastike	Temperatura ekstrudera
50	0,18	190
50	0,27	220
60	0,18	190
60	0,27	220
70	0,18	220
70	0,27	190
80	0,18	220

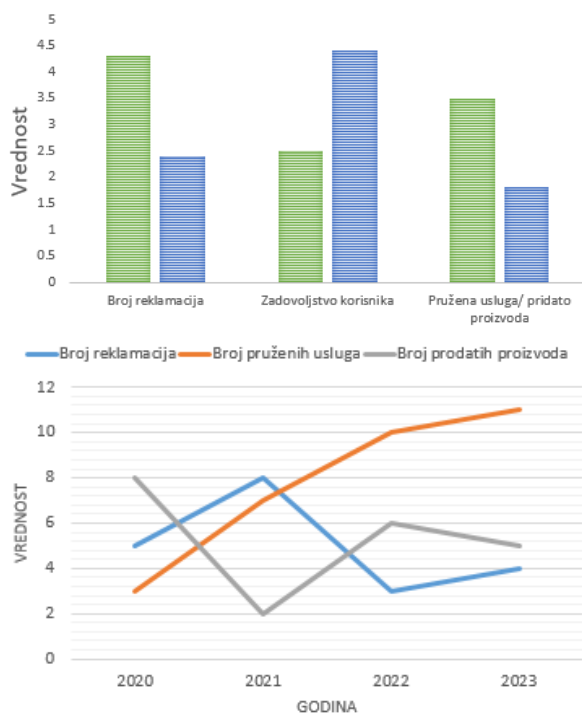
#### 4. GRAFIČKE STATISTIČKE METODE

Grafičke metode predstavljaju statističke metode koje grafički mogu prikazati uzrok uticaja na kvalitet proizvoda, procesa, usluge pa čak i neke druge neusaglašenosti. Na osnovu prikupljenih podataka mogu se formirati različiti grafički prikazi da bi se došlo do određenih zaključaka. Neke metode se mogu primeniti za prikazivanje prikupljenih podataka, a na osnovu izvedenih zaključaka mogu se formirati drugi dijagrami ili grafički prikazi za naknadne analize i zaključke [18]. Bitno je napomenuti da se često ove metode kombinuju sa drugim matematičkim metodama.

##### 4.1 Dijagrami i histogrami

Dijagrami i histogrami predstavljaju jednu od najčešće primenjenih metoda u prikazivanju dobijenih vrednosti i podataka.





Slika 2 – Različiti primeri histograma

Postoji niz različitih dijagrama koji se mogu primeniti sa ciljem prikazivanja podataka [19]. Dijagrami i histogrami se uglavnom mogu lako očitati i moguće je jasno prikazati dobijene podatke. Primeri dijagrama i histograma su prikazani na slici 2. Postoje različite vrste dijagrama, a svaki od njih ima svoju specifičnu svrhu i primenu u analizi, prezentaciji ili donošenju odluka.

#### 4.2. Ishikawa dijagram

Ishikawa dijagram se još naziva dijagram uzroka i posledica. Ishikawa dijagram je dizajniran da pokaže potencijalne uzroke određenog događaja ili procesa. Ovo bi bila jedna grafička statistička metoda jer se na osnovu podataka se formira dijagram uzroka koji dovode npr. u ovom slučaju do smanjenog kvaliteta.



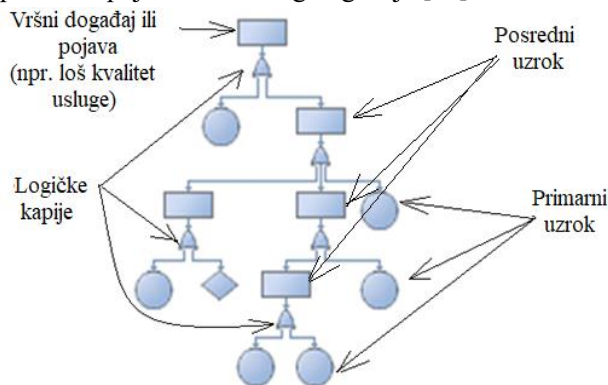
Slika 3 – Ishikawa dijagram [22]

Obično se koristi u razvoju proizvoda da se razmotre i skiciraju različiti koraci u okviru datog procesa, alociraju resursi i da se utvrdi da li će se verovatno pojaviti problemi kontrole kvaliteta [20]. U slučaju ove metode problem može se raščlaniti na uzroke koje dovode do tog problema, a uzroke je moguće raščlaniti na pod uzroke koji dovode do nastanka tog problema [21].

Na slici 3 je prikazan izgled Ishikawa dijagrama, gde je slikovito prikazan primer izgleda jednog ovakvog tipa dijagrama.

#### 4.3. Fault tree analysis (FTA)

Analiza stabla otkaza (engl. Fault tree analysis (FTA)) je najčešće korišćena tehnika za uzročnu analizu u studijama rizika i pouzdanosti. Analiza stabla otkaza je analiza jednog sistema na koji način može doći do otkaza odnosno u kojoj se analizira moguće nastajanje neželjenog stanja sistema, procesa ili usluge koristeći logiku za kombinovanje niza događaja nižeg nivoa. Ova metoda analize se uglavnom koristi u oblasti bezbednosnog inženjeringa da bi se kvantitativno odredila verovatnoća opasnosti po otkaz jednog sistema [23]. FTA je tehnika kvaliteta koja koristi dijagram stabla za analizu otkaza i proveru pouzdanosti procesa, proizvoda ili sistema. Isto tako se može koristiti za određivanje uzroka koji mogu dovesti do zaključka o faktorima koji mogu uticati na kvalitet usluge. U osnovi postoje dva osnovna tipa analize stabla otkaza i to kvalitativna analiza stabla otkaza i kvantitativna analiza stabla otkaza. Kvalitativna analiza podrazumeva grafički prikaz identifikacije uzorka koji dovodi do nekog događaja primenom [24]. Nakon toga može uslediti kvantitativna analiza da bi se procenila verovatnoća pojave glavnog događaja. Primenom FTA metode grafički se uzorci i poduzroci, primenom različitih simbola, se raščlanjaju pa se tako dobija slika razloga zbog koje dolazi do npr. neusaglašenosti ili smanjenog kvaliteta. Kvantitativnom metodom se vrši proračun pojave određenog događaja [25].



Slika 4 – Dijagram analize stabla otkaza

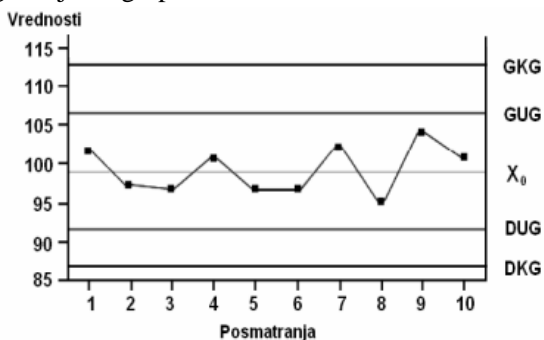
Na slici 4 je prikazan primer jednog stabla otkaza. Svi simboli na dijagramu označavaju prirodu uzorka



odnosno koliko je taj uzrok raščlanjen i analiziran. U simbolu se upisuje opis tog uzroka [25, 26]. Konačno, ova metoda se može u osnovi primeniti kao grafička statistička metoda ali je moguće primeniti je kao matematičku metodu gde bi se izvršio proračun nastanka neke pojave odnosno vršnog događaja na osnovu verovatnoće svih posrednih i primarnih uzorka [26].

#### 4.4. Kontrolne karte

Kontrolne karte (engl. Control Charts) su deo statističke kontrole kvaliteta (engl. statistical quality control (SQC)) koja se fokusira na praćenje i kontrolu procesa kako bi se osiguralo da oni efikasno funkcionišu i proizvode proizvode ili pruže usluge željenog kvaliteta [27]. Kontrolne karte koriste se za analizu podataka procesa, otkrivanje varijacija i prilagođavanja u realnom vremenu kako bi održao proces u određenim granicama. One omogućavaju praćenje varijacija u proseku, rasponu i standardnoj devijaciji unutar odabranog uzorka koji se kontroliše [28]. Svaka kontrolna karta se prikazuje grafikonom koji jednostavno ilustruje kada je potrebno preduzeti korektivne mere i da li je došlo do poboljšanja tokom određenog vremenskog perioda. Korišćenje kontrolnih karti za praćenje procesa naziva se statističkom kontrolom procesa. Izrada ovih karata se temelji na statističkim principima. Kontrolne karte su odličan alat za rano otkrivanje grešaka ili nepravilnosti u procesu, što omogućava brže reagovanje i ispravljanje eventualnih problema [29]. Na slici 5 su prikazani osnovni elementi jedne kontrolne karte ali isto tako je prikazan i primer izgleda jednog tipa kontrolne karte.



Slika 5 – Primer kontrolne karte [30]

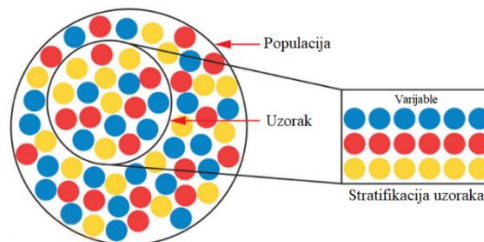
Posmatrajući sliku 5, može se reći da je osnovni zadatak kontrolne karte da se procesi održavaju u stanju kontrole. Bitno je napomenuti da je u slučaju kontrolnih karata moguće i izvršiti određene statističke proračune da bi se došlo do matematičkih vrednosti o zaključivanju o stanju nekog procesa. Postoji niz različitih mogućih kontrolnih karata. U nastavku je opisana samo jedna od mogućih kontrolnih karata. Da bi se proverili da li se proces odvija unutar zadatih granica, uzima se  $n$  uzoraka proizvoda ili merenja. Zatim se meri određena karakteristika ili varijablu  $X$

na svakom od tih uzoraka. Nakon toga, iz tih  $n$  uzoraka izračunava se prosečna vrednost ili srednja vrednost karakteristike  $X$ . Ova srednja vrednost pruža informaciju o centralnoj tendenciji ili prosečnoj vrednosti te karakteristike unutar datog uzorka [30].

Ako se srednje vrednosti ( $\bar{x}$ ) iz niza uzetih uzoraka nalaze između donje kontrolne granice (DKG) i gornje kontrolne granice (GKG), to ukazuje na stabilnost u procesu proizvodnje, dok na osnovu karakteristika rasipanja i standardne devijacije odrediti koliko je i da li je proces nestabilan. Međutim, ako srednja vrednost  $\bar{x}$  pređe donju granicu DKG ili premaši gornju granicu GKG, to znači da je proces izašao iz kontrolisanog stanja i zahteva regulisanje ili korektivne mere. U takvim situacijama obično se obavlja detaljna provera svih proizvoda od poslednjeg zadovoljavajućeg kontrolnog pregleda. Kako bi se sprečilo odstupanje proizvoda od zadatih granica, često se definišu i donje upozoravajuće granice (DUG) i gornje upozoravajuće granice (GUG). Ove granice predstavljaju vrednosti koje signaliziraju moguću tendenciju nestabilnosti u procesu. Kada se srednja vrednost približi ovim upozoravajućim granicama, to ukazuje da je proces podložan potencijalnim problemima, pa je neophodno pratiti rezultate narednih merenja s povećanom pažnjom radi brze identifikacije eventualnih problema. U zavisnosti od toga šta se posmatra i koji parametar se uzima u obzir prilikom određivanja centralne ili „normalne“ vrednosti ili granica koje se postavljaju, mogu se primeniti različite kontrolne karte koje su detaljno prikazane i objašnjene u [30].

#### 4.5. Stratifikacija podataka

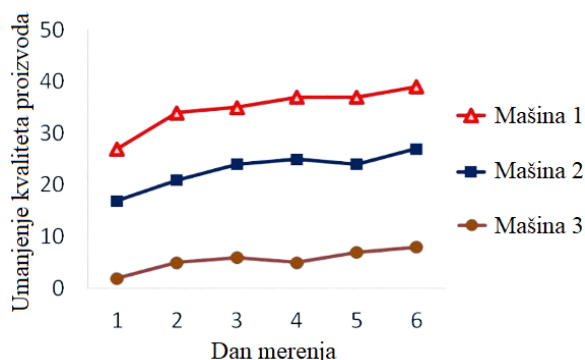
Stratifikacioni dijagram je alat koji se koristi za analizu i istraživanje uzroka varijacija u procesima [31]. Ovaj dijagram pomaže organizacijama da identifikuju različite uzroke ili izvore varijacija unutar procesa, omogućavajući bolje razumevanje problema i olakšavajući donošenje odluka o mogućim unapređenjima. Glavna svrha stratifikacionog dijagrama je grupisanje podataka u kategorije ili „slojeve“ kako bi se razumele veze između različitih varijabli ili faktora koji mogu uticati na kvalitet proizvoda ili procesa [32]. Ovaj dijagram omogućava vizualizaciju kako se varijacije razlikuju između različitih grupa ili slojeva podataka.



Slika 6 – Grafičko objašnjenje stratifikacije podataka [34]

Na slici 6 je prikazano grafičko objašnjenje značenja stratifikacije podataka, gde je uočljivo da se iz jedne populacije podataka uzima određeni uzorak. Taj uzorak podataka se dalje klasifikuje odnosno vrši se tzv. stratifikacija gde se klasifikacija vrši prema nekom određenom parametru ili karakteristici [33].

Na osnovu prethodno prikazanog može se napraviti prikaz podataka gde se može doći do zaključka o izabranim podacima. Na slici 7 je prikazan prikaz podataka.



Slika 7 – Prikaz podataka koji su dobijeni stratifikacijom (primer uticaja mašine u umanjenju kvaliteta proizvedenog proizvoda)[35]

## 5. PRORAČUNSKE STATISTIČKE METODE

U odnosu na grafičke statističke metode koje se baziraju na zaključcima koji se mogu doneti na osnovu grafičkih prikaza u slučaju matematičkih metoda, zaključci se mogu doneti na osnovu dobijenih vrednosti matematičkim proračunima. Kako se u slučaju grafičkih metoda kao dodatna analiza mogu koristiti neki osnovni statistički proračuni tako se i u ovom slučaju mogu koristiti neki dijagrami kao pomoć pri prikazu podataka.

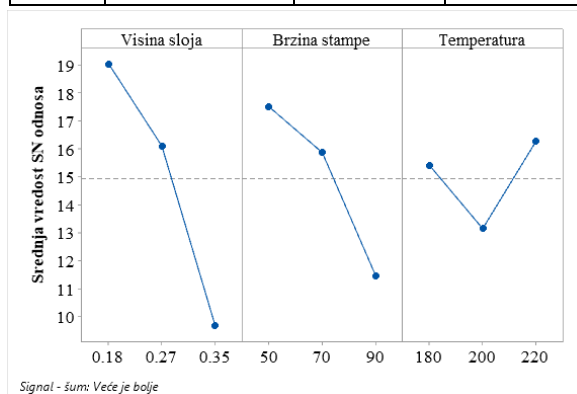
### 5.1. Taguchi analiza

Taguchi analiza podataka se koristi u kombinaciji sa Taguchi jevim dizajnom eksperimenta. Taguchi metodologija se fokusira na poboljšanje kvaliteta proizvoda ili procesa putem optimizacije i minimizacije varijacija [36]. Osnovna ideja je smanjenje osetljivosti proizvoda ili procesa na spoljne uticaje, čime se postiže veća robusnost i stabilnost. Ovaj pristup je posebno popularan u inženjerskim i proizvodnim industrijama zbog svoje efikasnosti u optimizaciji procesa i smanjenju varijacija. Korišćenjem Taguchi metodologije, organizacije mogu identifikovati ključne faktore koji utiču na kvalitet proizvoda ili procesa, što omogućava efikasnije prilagođavanje i unapređenje procesa kako bi se postigli željeni rezultati. Metodologija se fokusira na optimizaciju parametara procesa kako bi se postigli željeni rezultati sa što manjom varijacijom [37]. Cilj je stvaranje proizvoda ili procesa koji su manje osetljivi na varijacije i spoljne faktore, čime se postiže veća

stabilnost i konzistentnost. Taguchi analiza koristi S/N ratio kako bi merila odnos između signala (željenog rezultata) i šuma (varijacija). Cilj je maksimizirati S/N ratio kako bi se postigao optimalan kvalitet proizvoda. Primenom Taguchi jeve analize moguće je doći i do podatka koji od faktora ima najveći uticaj na kvalitet proizvoda, usluge ili procesa [38]. Primer dobijenih podataka je prikazan u tabeli 3, a grafički primer je prikazan na slici 8.

Tabela 3. Preporučena kombinacija parametara

Nivo	Visina sloja štampe	Brzina štampe	Temperatura ekstrudera
1	19,049	17,516	15,412
2	16,100	15,866	13,142
3	9,673	11,440	16,269
Delta	9,376	6,076	3,127
Rank	1	2	3



Slika 8 – Grafički prikaz rezultata dobijenih Taguchi analizom

### 5.2. Korelaciona analiza

Korelaciona analiza je statistička tehnika koja se koristi kako bi se utvrdila veza ili relacija između dva ili više varijabli. Ova analiza pomaže u razumevanju kako se promene u jednoj varijabli mogu povezati s promenama u drugoj varijabli. Glavni cilj korelacione analize je merenje jačine i pravca veze između varijabli. Korelacija se obično meri pomoću koeficijenta korelacije, koji može biti negativan (ukazuje na obrnutu vezu između varijabli), pozitivan (ukazuje na istovetnu vezu između varijabli) ili nula (ukazuje na nedostatak veze). Koeficijent korelacije se kreće između -1 (potpuna negativna korelacija) i 1 (potpuna pozitivna korelacija), dok vrednost bliska nuli znači da nema značajne veze između varijabli [39]. Uglavnom se koriste dve korelaciona koeficijenta korelacije, a to su Pearsonov koeficijent korelacije i Spirmanov koeficijent korelacije. Korelaciona analiza je korisna jer omogućava identifikaciju i kvantifikaciju veza između varijabli [40]. Na primer, može se koristiti u istraživanju da bi se utvrdila veza između prodaje proizvoda i broja reklamacija.

Izbor između Pirsonove i Spirmanove korelacije zavisi od prirode podataka i pretpostavki koje žele da se ispune. Ako se poseduju kontinuirani podaci i pretpostavlja se linearna veza između varijabli, može se koristiti Pirsonova korelacija. Međutim, ako podaci nisu normalno raspoređeni ili postoji sumnja u linearan odnos, Spirmanova korelacija može biti bolji izbor. Pirsonova korelacija koristi se za merenje linearnih veza između kontinuiranih varijabli [41]. Ovaj koeficijent korelacije je često korišćen za procenu veze između varijabli u normalno raspoređenim podacima. Spirmanova korelacija se koristi za merenje veza između varijabli koje možda ne prate linearnu relaciju ili imaju nenormalnu raspodelu [42]. U tabeli 4 su prikazani rezultati jedne Pirsonove korelacije.

Tabela 4. Preporučena kombinacija parametara

	Broj reklamacija		
	Pirsonova korelacija	Sig. (2-tailed)	N
Brzina usluge	0,225	0,417	56
Loša usluga	0,928**	<,001	56
Ljubaznost	0,222*	0,029	56
Informacije o pošiljci	-0,085	0,814	56
Materijal proizvoda	-0,017	0,879	56
Poštovanje obećanih rokova	0,935**	<,001	56

\* Korelacija značajna na nivou 0,05.  
\*\* Korelacija značajna na nivou 0,01.

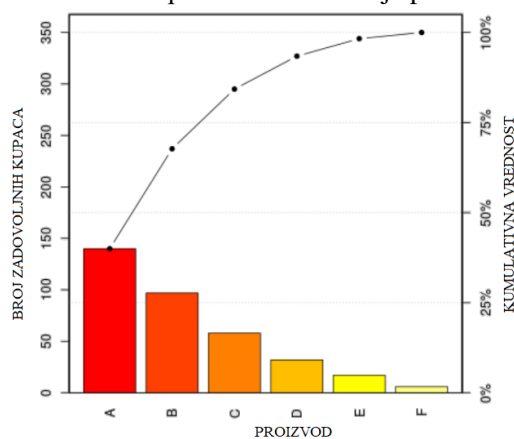
Bitan koeficijent je i tzv. p vrednost (Sig. (2-tailed)) koji se naziva i faktor značajnosti. Vrednosti su uglavnom je  $p < 0,01$  ili  $p < 0,05$ . Ukoliko se prilikom korelacije utvrdi da su vrednosti faktora značajnosti veće od 0,01 ili 0,05 onda se korelacija između dve varijable odbacuje jer se kaže da korelacija nije na statistički značajnom nivou [42, 43].

Kada je u pitanju koeficijent korelacije odnosno jačina veze između dve varijable on se može kretati od jako slabe korelacione veze do veoma jake korelacione veze. Vrednost veze i zaključak o jačini veze zavisi u zavisnosti od vrednosti zavisi od izvora do izvora koji propisuje korelacionu vezu i zaključak [44].

### 5.3. ABC dijagrami

ABC analiza se može primeniti i u kontekstu kvaliteta usluga i proizvoda kako bi se bolje razumele i upravljale različite karakteristike ili elementi koji doprinose kvalitetu. Ovaj pristup pomaže identifikaciji ključnih aspekata kvaliteta i fokusiranju resursa na najvažnije oblasti. Primena ABC analize u kvalitetu proizvoda ili usluga omogućava organizacijama da identifikuju ključne tačke na koje treba fokusirati napore kako bi se održao visok nivo kvaliteta. Investiranje više resursa u poboljšanje aspekata koji su identifikovani

kao kritični (kategorija A) može rezultirati poboljšanjem celokupnog kvaliteta proizvoda ili usluge i povećanjem zadovoljstva korisnika. Istovremeno, ovo omogućava racionalizaciju resursa koji se troše na manje bitne aspekte (kategorije B i C). Princip ABC analize se zasniva na Pareto principu, poznatom i kao „princip 80/20“ [45]. Prema ovom principu, oko 80% rezultata proizlazi iz otprilike 20% uzroka. U slučaju ABC analize, ideja je klasifikovati stavke (proizvode, klijente, zadatke, itd.) prema njihovom doprinosu ukupnom rezultatu ili vrednosti. Primena ovog modela govori o iskustvenoj činjenici da je za 80% grešaka (problema) odgovorno 20% činilaca (uzroka) [46]. U praksi naravno ne mora uvek apsolutno da važi pravilo 80-20, već približno ovaj odnos (75-25, 70-30 i sl.) [47]. Na slici 9 je prikazan izgled ovakvog jednog dijagrama, da bi se došlo do ovakvog dijagrama se primenjuju matematički proračuni i sortiranje podataka.



Slika 9 –ABC (Pareto) dijagram [48]

## 6. ZAKLJUČAK

Analizom ostvarenog kvaliteta usluge ili nekog proizvoda može se doći do određenih zaključaka o nivou pružene usluge ili kvalitetu proizvoda krajnjem korisniku. Isto tako ukoliko je kvalitet na nezadovoljavajućem nivou mogu se uvesti mere kojima bi se povećao kvalitet do onog željenog nivoa. Statističke metode se mogu primeniti u svim fazama upravljanja kvalitetom: od razvoja i definisanja kvaliteta do utvrđivanja korisnikovog zadovoljstva.

Statističke metode, kada je u pitanju kvalitet usluge ili proizvoda, mogu imati različitu primenu a u zavisnosti od željenog cilja. Da bi se statističke metode primenile potrebno je izvršiti prikupljanje pouzdanih podataka snimanje odnosno prikupljanje podataka. Podaci se mogu prikupiti na različite načine u zavisnosti od toga da li se analizira kvalitet usluge ili proizvoda. U slučaju proizvoda mogu se primeniti statističke metode, koje mogu analizirati potrebne kombinacije faktora da bi se utvrdio uticaj tih faktora na kvalitet proizvoda.

Primenom grafičkih metoda se na grafički način mogu prikazati dobijeni rezultati prikupljenih podataka. Na osnovu grafičkih prikaza se mogu doneti zaključci. Primenom proračunskih metoda se matematičkim proračunima dobijaju vrednosti na osnovu kojih se može doneti određeni zaključak. Koja će statistička metoda biti primenjena u osnovi zavisi od potrebe i onoga što se želi utvrditi ili poboljšati. Svakako, sve statističke metode imaju svoje prednosti i nedostatke ali isto tako imaju i svoju funkciju za koju se može primeniti. Sve statističke metode koje se primenjuju su od značaja u povećanju kvaliteta ili utvrđivanju uticajnih faktora, kao i u utvrđivanju trenutnog kvaliteta.

## LITERATURA

- [1] Mishra P, Pandey CM, Singh U, Keshri A, Sabaretnam M. Selection of appropriate statistical methods for data analysis. *Ann Card Anaesth.* 22, 3, p. 297-301, 2019.
- [2] Shewhart A. W, Edwards Deming W. *Statistical method from the viewpoint of quality control.* The Graduate The Department of Agriculture, Washington, 1939.
- [3] Vardeman S. B, Jobe J. M. *Statistical Methods for Quality Assurance.* Second edition. Springer, 2016.
- [4] ISO 9001:2015, Quality management systems Requirements
- [5] Chapter 1: What is Statistics? [Internet] [citirano: 20.09.2023]. Dostupno na: [https://www.stat.auckland.ac.nz/~wild/preprints/What%20is%20Stats\\_16-10-14.pdf](https://www.stat.auckland.ac.nz/~wild/preprints/What%20is%20Stats_16-10-14.pdf)
- [6] Hidayati N. A, Waluya S. B, Rochmad, Wardono. Statistics literacy: what, why and how? *J. Phys.: Conf. Ser.* 1613, 012080, 2020.
- [7] Selvamuthu D, Das D. *Introduction to Statistical Methods, Design of Experiments and Statistical Quality Control.* First edition. Springer, 2018.
- [8] Filipović J, Đurić M. *Osnove kvaliteta.* Fakultet organizacionih nauka, Beograd, 2009.
- [9] Horvat D, Eđed Andrijana, Banaj Đ. Statistička kontrola procesa i proizvoda u poljoprivredi. *Poljoprivreda*, 12, 1, p. 68-74, 2006.
- [10] Godina R, Matias J. C. O, Azevedo S. G. Quality Improvement With Statistical Process Control in the Automotive Industry. *IJIEM*, 7, 1, p. 1 – 18, 2016.
- [11] Izbor metoda prikupljanja podataka. [Internet] [citirano: 25.09.2023]. Dostupno na: [https://e-nastava.vivos.edu.rs/pluginfile.php/4121/mod\\_resource/content/0/5%20Izbor%20metoda%20prikupljanja%20podataka.pdf](https://e-nastava.vivos.edu.rs/pluginfile.php/4121/mod_resource/content/0/5%20Izbor%20metoda%20prikupljanja%20podataka.pdf)
- [12] Гаћиновић Р. Прикупљање података у процесу научног истраживања. *Политичка ревија*, 52, 2, p. 137-156, 2017.
- [13] The Check Sheet. [Internet] [citirano: 25.09.2023]. Dostupno na: [http://syque.com/quality\\_tools/tools/Tools27.htm](http://syque.com/quality_tools/tools/Tools27.htm)
- [14] Check Sheets: Five Basic Types. [Internet] [citirano: 09.10.2023]. Dostupno na: <https://www.sixsigmadaily.com/check-sheets-five-basic-types/>
- [15] Montgomery D. C. *Design and analysis of experiments.* Eighth edition. John Wiley & Sons, Inc. 2013.
- [16] Duraković B. Design of Experiments Application, Concepts, Examples: State of the Art. *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*, 5, 3, p. 421–439, 2017.
- [17] Roy R. K. A primer on the taguchi method. Second edition, Society of Manufacturing Engineers, 2010.
- [18] Thompson, W. L, White G. C, Gowan, C. Detection of a Trend in Population Estimates. *Monitoring Vertebrate Populations*, p. 145–169, 1998.
- [19] Histograms. [Internet] [citirano: 09.10.2023]. Dostupno na: <https://www.ncss.com/wp-content/themes/ncss/pdf/Procedures/NCSS/Histograms.pdf>
- [20] Liliana L. A new model of Ishikawa diagram for quality assessment. IOP Conf. Ser.: *Mater. Sci. Eng.* 161, 012099, 2016
- [21] Ishikawa diagram. [Internet] [citirano: 15.10.2023]. Dostupno na: [https://repository.uneca.org/bitstream/handle/10855/49332/Chapter%208\\_Fishbone\\_diagram.pdf?sequence=85&isAllowed=y](https://repository.uneca.org/bitstream/handle/10855/49332/Chapter%208_Fishbone_diagram.pdf?sequence=85&isAllowed=y)
- [22] Ishikawa diagram. [Internet] [citirano: 16.10.2023]. Dostupno na: <https://www.investopedia.com/terms/i/ishikawa-diagram.asp>
- [23] Waghmode L, Patil R, An overview of fault tree analysis (FTA) method for reliability analysis, *Journal of Engineering Research and Studies*, 4, 1, 2013.
- [24] Kabir S. An overview of fault tree analysis and its application in model based dependability analysis. *Expert Systems with Applications.* 77, p. 114-135, 2017.
- [25] Ruijters E, Stoelinga M. Fault tree analysis: A survey of the state-of-the-art in modeling, analysis and tools. *Computer Science Review*, 15-16, p. 29–62, 2015.
- [26] Fault Tree Analysis (FTA) – Quality Risk Management Tool. [Internet] [citirano: 16.10.2023]. Dostupno na: <https://www.apifirst.in/2020/05/02/fault-tree-analysis-fta-quality-risk-management-tool/#:~:>



- text=Fault%20Tree%20Analysis%20(FTA)%20is,a  
%20process%2C%20product%20or%20system
- [27]What is statistical process control? [Internet] [citirano: 16.10.2023]. Dostupno na: [https://asq.org/quality-resources/statistical-process-control#:~:text=Statistical%20process%20control%20\(SPC\)%20is,find%20solutions%20for%20production%20issues](https://asq.org/quality-resources/statistical-process-control#:~:text=Statistical%20process%20control%20(SPC)%20is,find%20solutions%20for%20production%20issues).
- [28]The basics of statistical process control & process behaviour charting. [Internet] [citirano: 20.10.2023]. Dostupno na: <https://nzbef.org.nz/wp-content/uploads/2019/05/Guide-Statistical-Process-Control.pdf>
- [29]Benneyan J. C, Lloyd, R. C, Plsek. PE. Statistical process control as a tool for research and healthcare improvement *BMJ Quality & Safety*, 2, p. 458-464, 2003.
- [30]Drenovac A, Drenovac M, Drenovac D. Kontrolne karte kao sredstvo statističke kontrole kvaliteta. *Vojnotehnički glasnik*, 61, 1, p. 101-121, 2013.
- [31]What is stratification? [Internet] [citirano: 23.10.2023]. Dostupno na: <https://asq.org/quality-resources/stratification>
- [32]Chang P. L, Lu, K. H. The Construction of the Stratification Procedure for Quality Improvement, *Quality Engineering*, 8, 2, p. 237-247, 1995.
- [33]Stratifikacioni dijagram. [Internet] [citirano: 23.10.2023]. Dostupno na: <https://www.kvalitet.org.rs/infrastruktura/alati-kvaliteta/stratifikacioni-dijagram>
- [34]Essential Quality Terms Used in 7QC Tools. [Internet] [citirano: 23.10.2023]. Dostupno na: <https://thors.com/quality-7qc-terms/>
- [35]Stratification | Stratification Definition | Stratification Meaning. [Internet] [citirano: 23.10.2023]. Dostupno na: <https://techqualitypedia.com/stratification-meaning/>
- [36]Bigot S, Valentinčić J, Blatnik O. & Junkar M. Micro EDM parameters optimisation. 4M 2006 - Second *International Conference on Multi-Material Micro Manufacture*, p. 195–198, 2006.
- [37]Taguchi Method of Quality Control: Definition, Example, and Uses. [Internet] [citirano: 25.10.2023]. Dostupno na: <https://www.investopedia.com/terms/t/taguchi-method-of-quality-control.asp>
- [38]Introduction to taguchi method. [Internet] [citirano: 25.10.2023]. Dostupno na: [https://www.ee.iitb.ac.in/~apte/CV\\_PRA\\_TAGUCHI\\_INTRO.htm](https://www.ee.iitb.ac.in/~apte/CV_PRA_TAGUCHI_INTRO.htm)
- [39]Gogtay N. J, Thatte, UM. Principles of Correlation Analysis. *Journal of The Association of Physicians of India*, 65, p. 78-81, 2017.
- [40]Moore A, Notz D. S, *Flinger MA. The basic practice of statistics* (6th ed.). New York, NY: W. H. Freeman and Company, 2013.
- [41]Correlation and regression-Pearson and Spearman. [Internet] [citirano: 01.11.2023]. Dostupno na: [https://us.sagepub.com/sites/default/files/upm-assets/77720\\_book\\_item\\_77720.pdf](https://us.sagepub.com/sites/default/files/upm-assets/77720_book_item_77720.pdf)
- [42]Taylor R. Interpretation of the Correlation Coefficient: A Basic Review. *Journal of Diagnostic Medical Sonography*, 6, 1, p. 35-39, 1990.
- [43]Di Leo G, Sardanelli F. Statistical significance: p value, 0.05 threshold, and applications to radiomics - reasons for a conservative approach. *Eur Radiol Exp* 4, 18, 2020.
- [44]Schober P, Boer C, Schwarte L. A, Correlation Coefficients: Appropriate Use and Interpretation. *Anesthesia & Analgesia*, 126, 5, p. 1763-1768, 2018.
- [45]What is a pareto chart? [Internet] [citirano: 06.11.2023]. Dostupno na: <https://asq.org/quality-resources/pareto>
- [46]Pareto. [Internet] [citirano: 06.11.2023]. Dostupno na: <https://www.england.nhs.uk/wp-content/uploads/2022/01/qsir-pareto.pdf>
- [47]Görener A, Toker K, Quality improvement in manufacturing processes to defective products using pareto analysis and FMEA. *Journal of Social Sciences – BUJSS*, 6,2, p. 45-62, 2013.
- [48]How to Create a Pareto Chart in R (Step-by-Step). [Internet] [citirano: 06.11.2023]. Dostupno na: <https://www.statology.org/pareto-chart-in-r/>

## SUMMARY

### APPLICATION OF ENGINEERING STATISTICAL METHODS WITH THE AIM TO INCREASE SERVICE AND PRODUCT QUALITY

*With the aim of increasing the quality of the service or product, it is possible to apply different statistical methods. The application of engineering statistical methods for this purpose refers to the processing of data that can be collected in different ways, depending on whether it is a product or a service. Only collected data often cannot give clear conclusions about the influence of a factor on quality. Thus, this paper explains the methodology that can be applied with the aim of collecting data first of all. On the other hand, there are also statistical methods that can be used to determine the required number of samples or combinations of different factors, and with the aim of speeding up the data collection process, which is explained in the paper. In order to analyze the impact on the quality of various factors, it is necessary to analyze the data. Thus, the paper presents the engineering methods that can be used in order to increase the quality of the service or product based on the collected data, but also to draw conclusions about the influence of various factors on the quality of the service.*

**Key Words:** *statistical, methods, quality, product, service*