

# Statistički alati i metode u upravljanju kvalitetom

---

Šubara, Dario

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:560876>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-07**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)

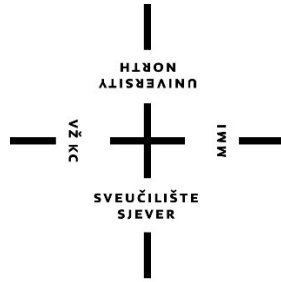


# **ISO norma 10017**

**Dario Šubara, 1471/336D**



UNIVERSITY  
NORTH



**Sveučilište  
Sjever**

**Odjel za poslovanje i menadžment**

**ISO norma 10017**

**Student**

Dario Šubara, 1471/336D

**Mentor**

prof.dr.sc. Krešimir Buntak

Koprivnica, Rujan 2021.

SVEUČILIŠTE  
SIEVER

**IZJAVA O AUTORSTVU  
I  
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU**

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studentu su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, Dario Šubara pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor diplomskog rada pod naslovom

ISO norma 10017 te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student:

Dario Šubara

(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, Dario Šubara neopozivo izjavljujem da sam suglasan s javnom objavom diplomskog rada pod naslovom

ISO norma 10017 čiji sam autor.

Student:

Dario Šubara

(vlastoručni potpis)

## **Predgovor**

Zahvaljujem mentoru prof. dr. sc. Krešimiru Buntaku, na pomoći u suradnji tijekom izrade ovog završnog rada.

Također zahvaljujem svojoj obitelji koja mi je pružila mogućnosti za studiranje.

## **Sažetak**

U završnom radu govori se o integriranom sustavu upravljanja kao temelju održivog poslovanja na modernom tržištu. Kako bi sustav upravljanja bio efikasan organizacije moraju iskoristiti sve alate koji im se nude. Iznimno bitni alati, a ujedno i preporučeni u normama za sustave upravljanja, su statističke metode koje kao alat daju analizu stanja u organizaciji, te prema njoj omogućuju poboljšanja sustava čime se kreira mogućnost održivosti poslovanja organizacije na tržištu.

Ključne riječi: statističke metode, kontinuirana poboljšanja, norme sustava upravljanja, održivi uspjeh organizacije

## **Abstract**

The thesis discusses the integrated management system as the basis of sustainable business in the modern market. In order for the management system to be effective, organizations must use all the tools offered to them. Extremely important tools, and also recommended in the standards for management systems, are statistical methods which as a tool provide analysis of the situation in the organization, and according to it enable system improvements thus creating the sustainability of the organization's operations in the market.

Keywords: statistical methods, continuous improvements, management system norms, sustainable success of the organization

## Popis korištenih kratica

<b>IT</b>	Informational technology (Informacijska tehnologija)
<b>ISO</b>	International organization for standardization (Međunarodna organizacija za standardizaciju)
<b>FMEA</b>	Failure mode and effects analysis (Analiza načina i učinaka kvara)
<b>KPI</b>	Key performance indicators (Ključni pokazatelji uspješnosti)
<b>CSF</b>	Critical success factors (Kritični čimbenici uspješnosti)

## Sadržaj

1. Uvod10
  - 1.1. Cilj i svrha rada10
  - 1.2. Sadržaj diplomskog rada10
  - 1.3. Metodologija11
2. Sustav kvalitetnog upravljanja12
  - 2.1. Definicija procesa13
    - 2.1.1. Efikasnost procesa14
    - 2.1.2. Vrste procesa15
    - 2.1.3. Transformacija funkcionalne u procesnu organizaciju16
    - 2.1.4. Projektni pristup pri poboljšavanju organizacije19
    - 2.1.5. Sustav kao temelj kvalitetnog upravljanja20
  - 2.2. Povezanost sustava i procesnog pristupa21
  - 2.3. Integrirani sustavi upravljanja22
  - 2.4. Poboljšanja u integriranim sustavima upravljanja24
3. Tehničko izvješće ISO 10017:200327



- 3.1. Smjernice za korištenje statističkih metoda prema ISO 9001: 200028
- 3.2. Identifikacija potencijalnih potreba za statističkim metodama29
- 4. Analiza statističkih alata iz norme 1001735
  - 4.1. Deskriptivna statistika36
    - 4.1.1. Područje primjene deskriptivne statistike37
    - 4.1.2. Primjeri primjene deskriptivne statistike37
  - 4.2. Planiranje pokusa38
    - 4.2.1. Područje primjene planiranja pokusa38
    - 4.2.2. Primjeri primjene planiranja pokusa39
  - 4.3. Testiranje hipoteza39
    - 4.3.1. Područje primjene testiranja hipoteza40
    - 4.3.2. Primjeri primjene testiranja hipoteze40
  - 4.4. Analiza mjernog sustava41
    - 4.4.1. Područje primjene analize mjernog sustava41
    - 4.4.2. Primjeri primjene analize mjernog sustava42
  - 4.5. Analiza sposobnosti procesa42
    - 4.5.1. Područje primjene analize sposobnosti procesa43
    - 4.5.2. Primjer primjene analize sposobnosti procesa43
  - 4.6. Regresijska analiza44
    - 4.6.1. Područje primjene regresijske analize44
    - 4.6.2. Primjer primjene regresijske analize46
  - 4.7. Analiza pouzdanosti46
    - 4.7.1. Područje primjene analize pouzdanosti47
    - 4.7.2. Primjer primjene analize pouzdanosti48
  - 4.8. Uzorkovanje49
    - 4.8.1. Područje primjene uzorkovanja49

4.8.2.	Primjer primjene uzorkovanja	50
4.9.	Simulacija	50
4.9.1.	Područje primjene simulacije	51
4.9.2.	Primjer primjene simulacije	51
4.10.	Statistička kontrola procesa	51
4.10.1.	Područje primjene statističke kontrole procesa	52
4.10.2.	Primjer primjene statističke kontrole procesa	53
4.11.	Statističko određivanje tolerancija	54
4.11.1.	Područje primjene statističkog određivanja tolerancija	54
4.11.2.	Primjer primjene statističkog određivanja tolerancija	55
4.12.	Analiza vremenskih intervala	55
4.12.1.	Područje primjene analize vremenskih intervala	56
4.12.2.	Primjer primjene analize vremenskih intervala	56
5.	Zaključak	57
		58
		59
		60

## **1. Uvod**

Današnje tržište sve je dinamičnije i nestabilnije. Podložno je sve češćim i rigoroznijim promjenama. Kupci postaju sve zahtjevniji, a može se reći i razmaženiji, te sve češće traže promjene u proizvodima i uslugama. Kako bi zadržale konkurentnost na tržištu, današnje organizacije moraju sve češće prilagođavati svoje poslovanje trenutnim trendovima i potrebama tržišta.

Uvjete koji prevladavaju u vanjskom i unutarnjem okruženju organizacije, današnje organizacije moraju moći prepoznati, uzeti u obzir, te na temelju analize stanja donositi odluke koje će omogućiti održivost poslovanja. Na organizacijama je da prepoznaju alate i metode kojima mogu stremiti boljim poslovnim rezultatima.

Izgradnja kvalitetnog sustava upravljanja na temelju normi ISO organizacije jedan je od temelja uspješnog poslovanja. Osim što norme nude osnovne smjernice za uvođenje sustava upravljanja, daju i kvalitetne statističke alate pomoću kojih organizacija može i mora unaprijediti vlastito poslovanje.

### **1.1. Cilj i svrha rada**

Cilj završnog rada pokazati je mogućnosti primjene statističkih alata koji su dio preporuka normi upravljanja. Osim same analize statističkih alata, cilj je povezati korištenje statističkih alata u sklopu implementacije kontinuiranih poboljšanja u organizaciji sa uspješnim i održivim poslovanjem današnjih modernih organizacija.

### **1.2. Sadržaj diplomskog rada**

Završni rad podijeljen je na poglavlja. U prvom poglavlju završnog rada dan je uvod u temu jednako kao i što je opisana potreba za korištenjem statističkih metoda u modernim organizacijama. Osim toga, u prvom poglavlju opisana je i korištena metodologija.

U drugom poglavlju završnog rada opisan je sustav kvalitetnog upravljanja i dana poveznica sa statističkim metodama.

Treće poglavlje sadrži razradu tehničkog izvješća ISO 10017:2003 i primjenjivost različitih statističkih metoda na različite komponente poslovanja.

U četvrtom poglavlju dana je analiza statističkih normi koje su temelj normi sustava upravljanja spomenutih ranije.

U petom poglavlju dan je zaključak, definirana su ograničenja istraživanja kao i preporuke za buduće istraživače ovog područja.

### **1.3. Metodologija**

Temelj ovog diplomskog rada je provedeno sekundarno istraživanje. Sekundarno istraživanje usmjereno je prema analizi stanja normi sustava upravljanja, te analizi statističkih metoda koje se koriste za poboljšanja unutar organizacije. Statističke metode preporučene su od strane normiranih sustava upravljanja, a vežu se uz kontinuirana unapređenja u poslovnom sustavu, čiji krajnji cilj je postizanje poslovne izvrsnosti. Osim identifikacije postojećeg stanja normi i sustava upravljanja, provedena je komparativna analiza statističkih metoda.

## 2. Sustav kvalitetnog upravljanja

Pojam kvalitete i čovjekov interes prema kvaliteti postoji od najranijih zajednica gdje se na najprimitivniji način uspoređivalo i natjecalo koji pojedinac posjeduje „najkvalitetnije“ stvari i alat koje koristi za svakodnevne potrebe. Oduvijek je postojala težnja za time da pojedinac ima nešto što je bolje od ostalih. U početku se radilo o oruđu, kasnije o oružju i osnovnim alatima koji omogućuju rad, a u trgovini i poslovnom svijetu govori se o proizvodima i uslugama koji moraju biti bolji od konkurencije kako bi poduzeće ostvarilo prednost na tržištu pred konkurencijom. Bolji proizvod obično je i kvalitetniji proizvod.

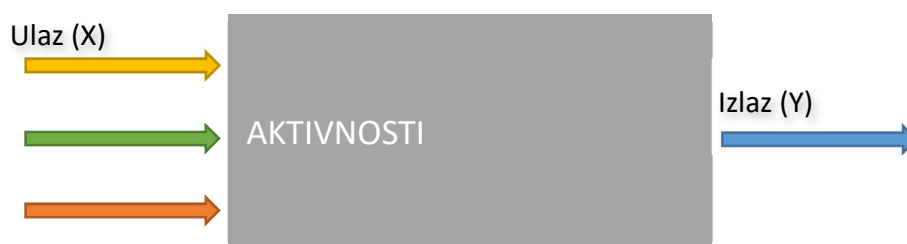
Sam pojam kvalitete latinskog je podrijetla (lat. *qualitas*) i znači: kakvoća, svojstvo, vrednota, odlika, značajka, sposobnost (Klaić, 1968. Str 738). Kvaliteta (kakvoća) je mjera ili pokazatelj obujma odnosno iznosa uporabne vrijednosti nekog proizvoda ili usluge za zadovoljenje točno određene potrebe na određenom mjestu i u određenom trenutku, tj. onda kada se taj proizvod i ta usluga u društvenom procesu razmjene potvrđuju kao roba (Injac, 1988. str. 64).

Kada se danas govori o kvaliteti, najčešće se govori o kvaliteti proizvoda, ali potrebno je na kvalitetu gledati kao na koncept upravljanja čiji rezultat je, između ostalog, kvalitetan proizvod. Kvaliteta kompanije usko je vezana uz konkurentnost poduzeća na tržištu. Također, kvalitetu se ubraja u jedan od tri osnovna kriterija uspjeha na tržištu, dok su preostala dva kriterija cijena i rok isporuke. Na cijenu i rok isporuke poduzeće ne može toliko utjecati zato što veliki utjecaj imaju partneri (dobavljači) u lancu opskrbe kada govorimo o roku isporuke, a na formiranje cijene osim troškova vlastitog razvoja, proizvodnje i isporuke, veliki utjecaj ima formiranje cijene od strane konkurencije.

U ovom poglavlju obradit će se pojmovi procesa, projekta i sustava kako bi se približila važnost statističkih metoda koje su navedene u ISO normi 10017.

## 2.1. Definicija procesa

Prema (Bojanić, Kondić, Buntak, 2018. str. 1) proces se može definirati kao skup logički povezanih koraka ili aktivnosti koji se moraju nužno poduzeti da bi se ulaz pretvorio u izlaz, odnosno da se realiziraju postavljeni ciljevi (Slika 1). Za ostvarivanje procesa, odnosno pretvaranje ulaza u izlaz, potrebni su resursi koji su najčešće u obliku energije, materijala, sirovine, opreme, infrastrukture, tehnološke metode, itd. Matematički gledano, ulazne vrijednosti, kao i tijekom samog procesa, kao promjenjive varijable označavaju se s  $X$ , dok se izlaz označava s  $Y$ . Matematički prikaz procesa je prema tome  $Y = f(X)$ , što znači da je  $Y$  funkcija u zavisnosti od  $X$ , odnosno da se promjenama na ulazne vrijednosti ( $X$ ) utječe na izlazne vrijednosti procesa ( $Y$ ).



*Slika 1. Prikaz općenitog procesa*

Elementi važni za bilo koji proces su ljudi, oprema, metode, okruženje, operacije i veze. Ljudi su uvijek na prvom mjestu u svim procesima. Proces mora biti maksimalno fizičkim i psihičkim osobinama prilagođen osobinama ljudi, njihovom stupnju obrazovanja, te društvenim uvjetima. Zadaća ljudi je da projektiraju, implementiraju, nadziru i poboljšavaju proces ili su neposredno uključeni u provedbu procesa. Pod opremu se svrstavaju svi strojevi, alati, naprave, materijali, energija, programska podrška, itd., a sama po sebi je drugi po redu čimbenik koji utječe na kvalitetu procesa. Metode su tehnologije rada u procesu, a definirane su onda kada se zna što se radi, kada i gdje se radi, kako i tko to radi. U okruženje je uključen sav otvoreni i zatvoreni prostor potreban za odvijanje procesa. Operacije su aktivnosti same za sebe, a najčešće ih izvodi čovjek ili skupina ljudi. Svaka operacija u procesu ima svoj ulaz i izlaz, te mora imati svoj logički redoslijed izvođenja pri čemu je prethodno izvršena operacija uvjet za odvijanje sljedeće operacije. Također, operacije se mogu odvijati paralelno, a posebno je bitno prepoznati kritične operacije u procesu,

tj. one operacije u kojima se javlja najviše problema. Veze uvijek moraju biti organizacijski logičke, a ostvaruju se između: ljudi, informacija, energije, materijala i ostalih elemenata.

### 2.1.1. Efikasnost procesa

Efikasnost procesa podrazumijeva funkcioniranje procesa i postizanje rezultata koji su predviđeni projektiranjem i uspostavom procesa. Pokazatelji efikasnosti procesa su:

- definiranost,
- stabilnost,
- kontroliranost,
- učinkovitost,
- i prilagodljivost.

Za uvjet definiranosti, u dobro projektiranom procesu, sve granice, ulazi, izlazi i djelatnosti poznati su i dokumentirani. Zahtjevi korisnika i kupaca moraju biti potpuno jasni svim sudionicima procesa, zato što dobro osmišljen proces podrazumijeva potpuno definirane odgovornosti i ovlaštenja angažiranih na samom procesu, a to su preduvjeti za motiviran rad i poticanje na poboljšanje procesa.

U procesu u stvarnoj okolini uvijek postoje poremećaji uzrokovani različitim čimbenicima na koje često nije moguće utjecati. Pokazatelj stabilnosti procesa je broj poremećaja i njihov utjecaj na krajnje rezultate (izlaz). Za uvjet ispunjavanje stabilnosti procesa, potreban je angažman ljudi i trošenje vremena i materijala kako bi se poremećaji anulirali.

Kontroliranost procesa podrazumijeva redoviti nadzor procesa, tj. vrednovanje rezultata rada. Osim ulaza, posebno se kontroliraju izlazne vrijednosti, a potrebno je za svaki proces primijeniti prikladnu metodu praćenja i ako je to moguće, mjerenja procesa. Za procese koji ne ispunjavaju planirane rezultate, potrebno je primijeniti korektivne radnje.

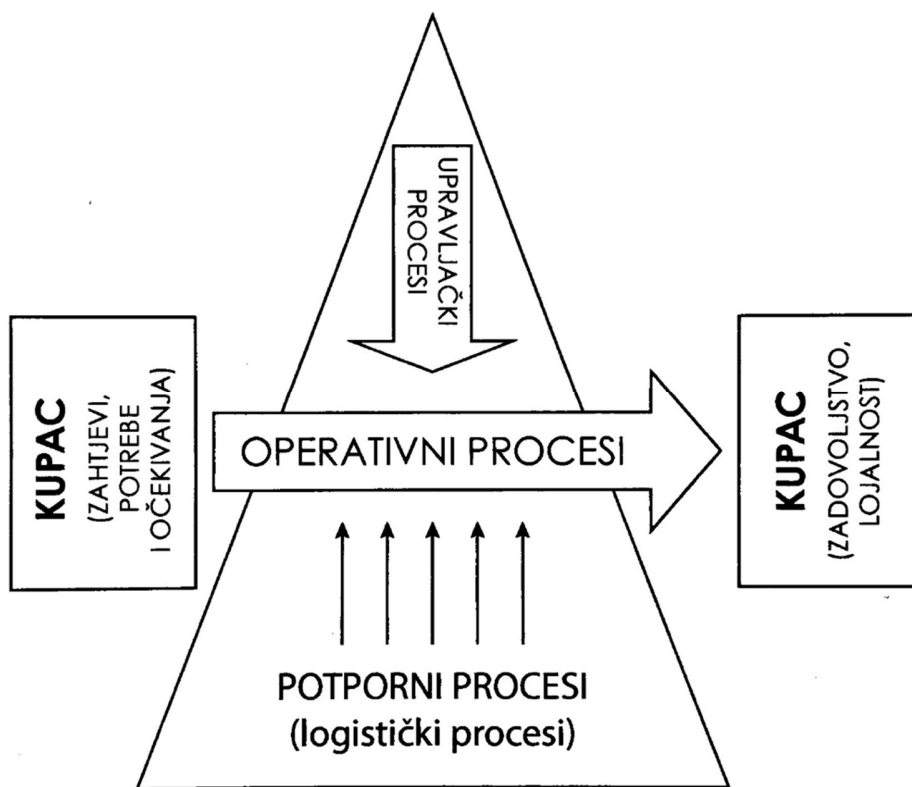
Zahtjev kupca mora biti ono čemu rezultati procesa moraju udovoljavati, te ispunjavati očekivane zahtjeve. Proces je učinkovit, ako se očekivani rezultat postiže uz minimalne troškove. Što je veća razlika izlaza i ulaza procesa, proces je učinkovitiji.

S obzirom na to da se zahtjevi kupaca često mijenjaju, proces mora biti prilagodljiv. Promjene ulaza ne smiju utjecati na učinkovitost procesa, a sudionici koji imaju angažman na procesu, moraju biti svjesni kako su promjene konstanta.

### 2.1.2. Vrste procesa

Postoje različite podjele procesa u stručnoj literaturi koji djeluju u organizacijama. Jedna od češćih podjela je Sljedeća (Slika 2.):

- vertikalni upravljački procesi,
- horizontalni operativni procesi i
- potporni procesi.



Slika 2. Vrste procesa (Bojanić, Kondić, Buntak, 2018. str. 9)

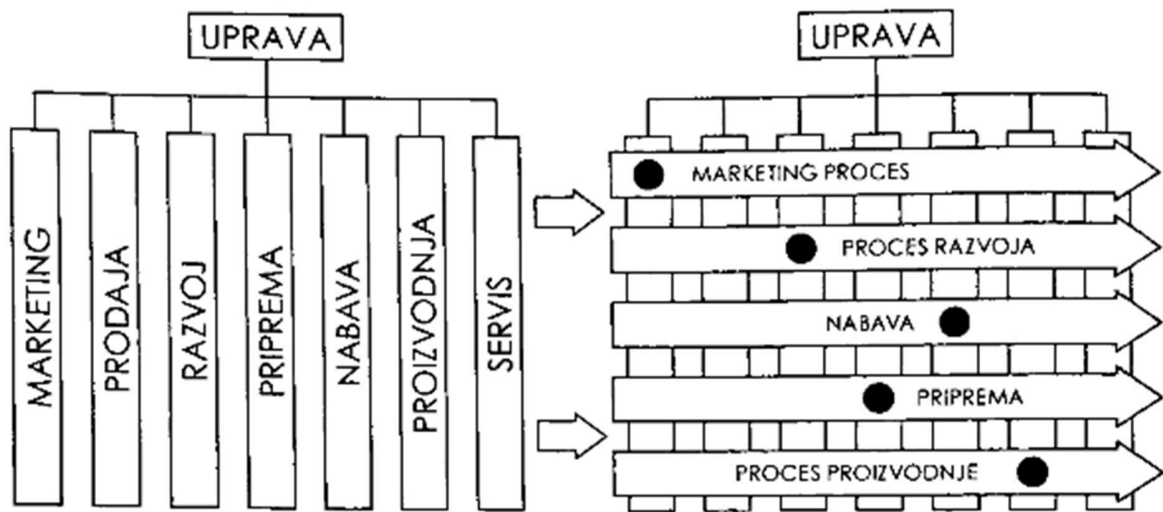


Pod osnovne operativne procese u poduzeću svrstavaju se: istraživanje tržišta, razvoj vizije i strategije, razvoj proizvoda i usluga, nabava, prodaja, proizvodnja i otprema, priprema i posredovanje, te fakturiranje. U potporne i upravljačke procese ubrajaju se: upravljanje ljudskim resursima, upravljanje informacijskim resursima, upravljanje financijskim i fizičkim resursima, upravljanje odnosima izvan organizacije, upravljanje unapređenjima i promjenama. Svrha potpornih procesa je omogućiti efikasno odvijanje ključnih operativnih procesa.

### 2.1.3. Transformacija funkcionalne u procesnu organizaciju

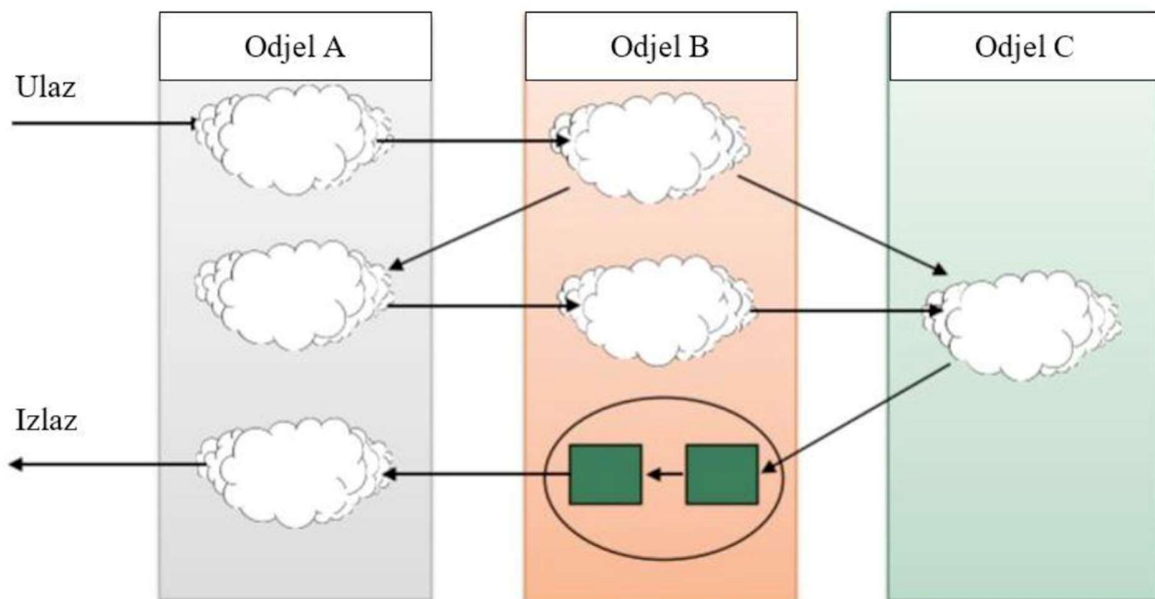
Klasični organizacijski oblik sustava, koji se još uvijek koristi u određenom broju poduzeća, prepreka je učinkovitom, kvalitetnom upravljanju. Njegova hijerarhijska piramida onemogućuje moderno upravljanje kvalitetom, a sustav zbog mnogo posrednika kod donošenja i najjednostavnijih odluka postaje trom, dolazi do gubitka motivacije, mogućnosti poremećaja pri prenošenju informacija, neučinkovitosti, gubljenju kupaca čiji zahtjevi se ne poštuju i položaja na tržištu. Zbog toga je kod projektiranja sustava potrebno primijeniti procesni organizacijski pristup. Također, sustave s već primijenjenim funkcionalnim organizacijskim pristupom potrebno je transformirati u sustav s primijenjenim procesnim pristupom (Slika 3.). Značajka procesne organizacije je ta da se sve aktivnosti u njoj odvijaju kontrolirano, sinkronizirano i ciljano kroz glavne i potporne procese. Procesna organizacija definira se kao horizontalna sa sljedećim karakteristikama (Bojanić, Kondić, Buntak, 2018. str. 15):

- kupac je na početku i na kraju procesa,
- zahtjevi, potrebe i očekivanja jasni su svima u procesu,
- definirane su odgovornosti i ovlaštenja,
- uspostavljena je organizacijska struktura,
- zna se vlasnik svakog procesa.



Slika 3. Transformacija funkcionalne organizacije u procesnu organizaciju (Bojanić, Kondić, Buntak, 2018. str. 18)

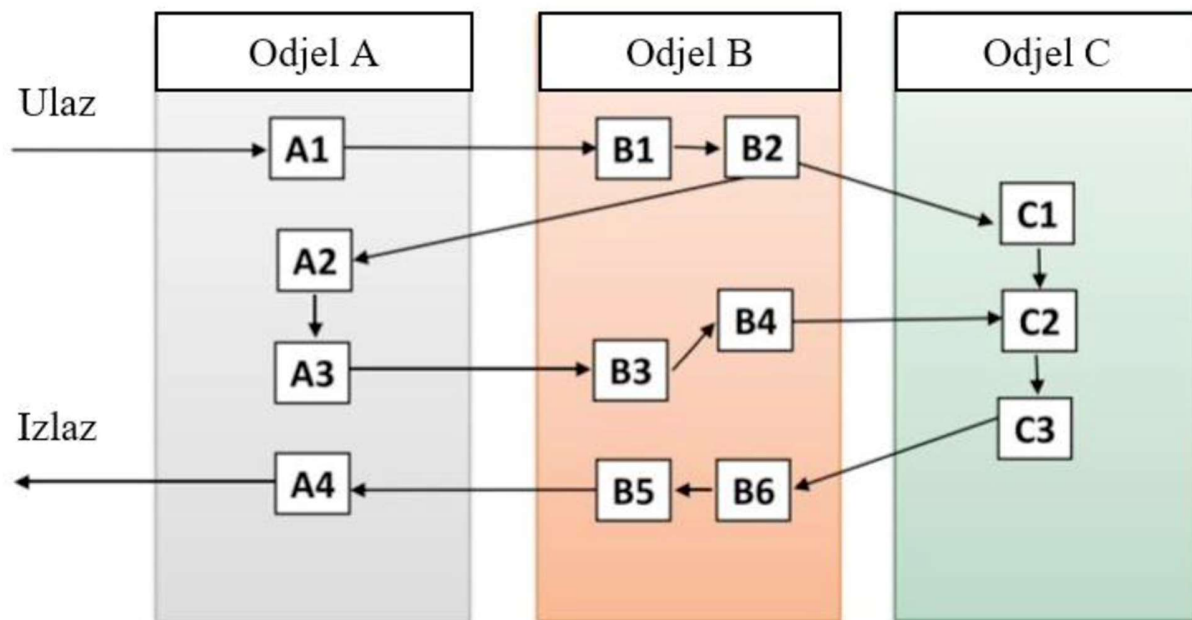
Klasična funkcionalna organizacijska struktura u kojoj je teško definirati poslovni tok, ukloniti gubite, te stvoriti djelotvoran i učinkovit sustav, prikazana je na slici 4.



Slika 4. Funkcionalna organizacijska struktura (Buntak, 2019. str. 6)

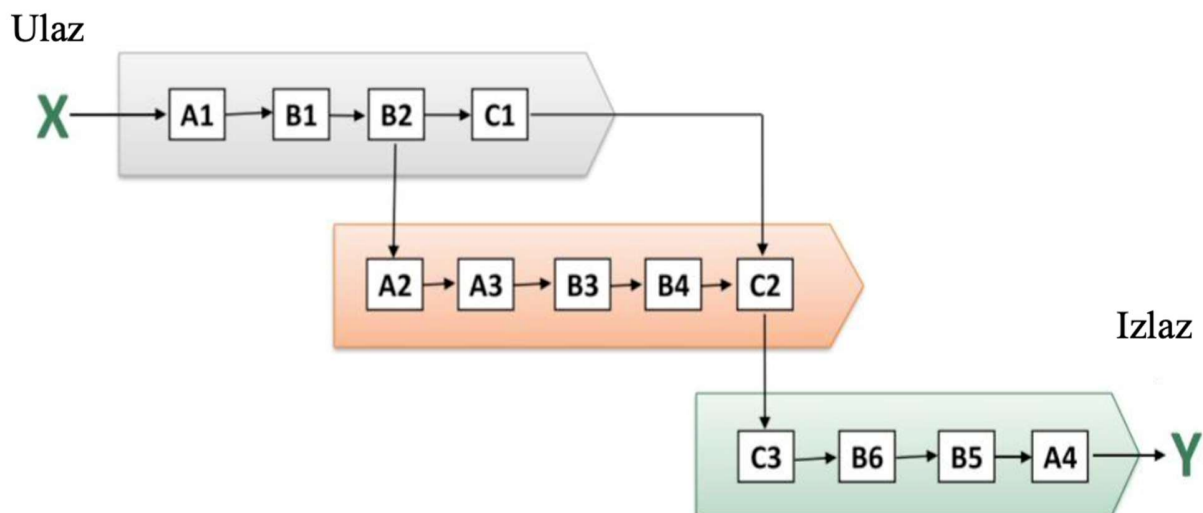
Kako bi se organizacijska struktura transformirala iz funkcionalne u procesnu, potrebna su tri koraka. Prvi korak je stvaranje procesa vidljivim, što znači da je potrebno točno definirati sve funkcionalne zadatke koji se odvijaju unutar organizacije, a to znači podijeliti poslove na najmanje moguće jedinice kako bi se stvorila slika o procesu.

Nakon definiranja funkcionalnih zadataka slijedi sortiranje funkcionalnih zadataka u procesne aktivnosti. Za što prikladnije uklapanje funkcionalnih zadataka u aktivnosti procesa ključno je odlično poznavanje ciklusa stvaranja proizvoda ili usluge. Na slici 5. nalazi se organizacijska struktura s definiranim funkcionalnim zadacima.



Slika 5. Organizacijska struktura s definiranim funkcionalnim zadacima (Buntak, 2019. str. 7)

Posljednji korak potreban za kompletnu transformaciju organizacijske strukture iz funkcionalne u procesnu jest validacija toka vrijednosti. U ovom koraku provjerava se cijeli proces radi spoznaje je li točno izgrađena vrijednost proizvoda ili usluge kroz sve aktivnosti procesa (Buntak, 2019. str. 8.). Na slici 6. nalazi se struktura u kojoj su funkcionalni zadaci sortirani u procesne aktivnosti.



Slika 6. Funkcionalni zadaci sortirani u procesne aktivnosti (Buntak, 2019. str. 7)

#### 2.1.4. Projektni pristup pri poboljšavanju organizacije

Moderne metodologije koje se koriste za postizanje poboljšanja u organizacijama temelje se na projektnom pristupu. U tom slučaju, projekti su operativna podrška ostvarivanja bilo kojeg programa poboljšanja. Iako oba ostvaruju unaprijed zadane ciljeve, osnovna razlika između procesa i projekta je u vremenskom trajanju. Dok je proces po definiciji kontinuiran i bez vremenskog ograničenja pretvara ulazne jedinice u izlaz, projekt je uvijek vremenski točno definiran, odnosno unaprijed se zna u kojem vremenskom periodu se želi realizirati cilj projekta. Kod programa poboljšanja, kontinuirano provođenje projekata usmjereno je na poboljšavanje temeljnih poslovnih procesa u organizaciji. Bitno je napomenuti da je prije realizacije bilo kojeg projekta potrebno prethodno napraviti kalkulaciju i točno specificirati koje uštede ili poboljšanja se žele ostvariti na određenom procesu.

Jedan od najvažnijih aspekata unutar programa poboljšanja je pridati pozornost na odabir ključnih projekata, odnosno procesa čije se poboljšanje želi postići, a u obzir se moraju uzeti (Bojanić, 2014. prilog):

- vjerojatnost uspjeha,
- financijski rezultati,

- utjecaj na organizacijsku učinkovitost,
- utjecaj na zaposlenike,
- srodnost s globalnom strategijom i
- zadovoljstvo korisnika.

#### 2.1.5. Sustav kao temelj kvalitetnog upravljanja

Sustav je grupa elemenata koji ne mogu biti odvojeni u neovisne dijelove, a da se pritom ne načini šteta cjelini. Svaki se sustav sastoji od dvaju ili više elemenata koji moraju zadovoljavati sljedeće uvjete (Bojanić, Kondić, Buntak, 2018. str. 24):

- Svaki dio utječe na rad cjeline.
- Djelovanje elemenata ili komponenata međusobno je ovisno, što utječe na učinak cjeline.
- Kako se komponente dijele u skupine, svaka neovisno utječe na cjelinu.

Svaki element u sustavu ima svoju funkciju i samostalan je, ali uvijek preuzima odgovornost i za utjecaj na cjelinu. Odgovornost koliko je usmjerena na cjelinu, usmjerena je i na rezultate drugih elemenata sustava koje su također odgovorne za učinkovitost cjeline. Npr. svaka komponenta zrakoplova je bitna za rad sustava kao cjeline, ali sama za sebe nijedna komponenta ne postiže svrhu kao cjelina. Sustav se često može podijeliti na podsustave, ali isto tako on sam može biti podsustav nekog većeg sustava, tj. cjeline. Tako se i u organizacijama sustav dijeli na organizacijske jedinice, a ono što je bitno je da svaka organizacijska jedinica ima točno definirano svoje područje djelatnosti, odgovornosti i ovlaštenja, te su točno definirane granice djelovanja.

Načelo sustavnog pristupa upravljanju usmjereno je na definiranje u kakvom interaktivnom djelovanju se nalaze pojedine komponente u sustavu. Nikad se ne bi smjelo poboljšavati jedan podsustav ili cjelinu sustava, ako to negativno utječe na ostale podsustave ili organizaciju kao cjelinu. Poboljšanja određenih elemenata ili sustava u cjelini u sustavnom pristupu, mora rezultirati poboljšanjem sustava u cjelini, stoga je potrebno planirati, koordinirati analizirati i primjenjivati druga načela upravljanja.

Važne varijable svakog sustava su (Bojanić, Kondić, Buntak, 2018. str. 25):

- Funkcioniranje u širem sustavu. Svaki je sustav istodobno komponenta složenijeg sustava.
- Struktura i raspored elemenata te njihovo međudjelovanje.
- Procesi – ono što se događa unutar sustava i između elemenata. Procesi su aktivnosti koje se ponavljaju. Svaka je aktivnost proces.

Kao princip, sustavni pristup podrazumijeva upravljanje poslovnim procesima u organizaciji, brinući o pravilnom ustroju, međudjelovanju procesa i obavljanju pojedinačnih i zajedničkih poslova s ciljem povećanja efikasnosti. Za osiguranje povećanja učinkovitosti organizacije prema ostvarivanju njenih ciljeva, potrebno je prepoznavati, razumjeti i upravljati međusobno povezanim procesima kao sustavom.

Organizacije moraju stremiti sustavima koji omogućuju uključenost svih subjekata, te omogućuju uspješnu realizaciju definiranih ciljeva i politike. Najčešće se problemi kod upravljanja događaju kada procesi nisu točno definirani, kada se ne zna kome pripada odgovornost i kada veze među procesima nisu dovoljno jasne. Kada se navedeni uzroci problema eliminiraju, osigurava se efikasniji rad organizacije i moguća je primjena načela stalnih poboljšanja.

## **2.2. Povezanost sustava i procesnog pristupa**

Bitno je naglasiti da su procesi elementi upravljanja i da su temeljni dinamički čimbenik, a svoju svrhu imaju samo ako pripadaju sustavu. Sustavi kao poveznica velikog broja različitih procesa u cjelinu imaju unaprijed definirane ciljeve. Za ostvarenje navedenih ciljeva, potrebno je upravljati procesima kako bi se sustav održao u stanju održivost, te bi mu bila omogućena poboljšanja.

Od rukovodećih kadrova se zahtijeva odlično poznavanje samih procesa, njihove misije i ciljeve, alata i instrumenata za upravljanje, posjedovanje različitih znanja i sposobnosti, donošenje odluka na temelju činjenica, uključivanje svih djelatnika u procese realizacije i poboljšanja te stvaranje ugodnog i motivirajućeg radnog okruženja. Upravljanje procesima obuhvaća poznavanje kriterija i mjerila za praćenje njihove učinkovitosti. Nejasni kriteriji i mjerila stvaraju nepovoljne

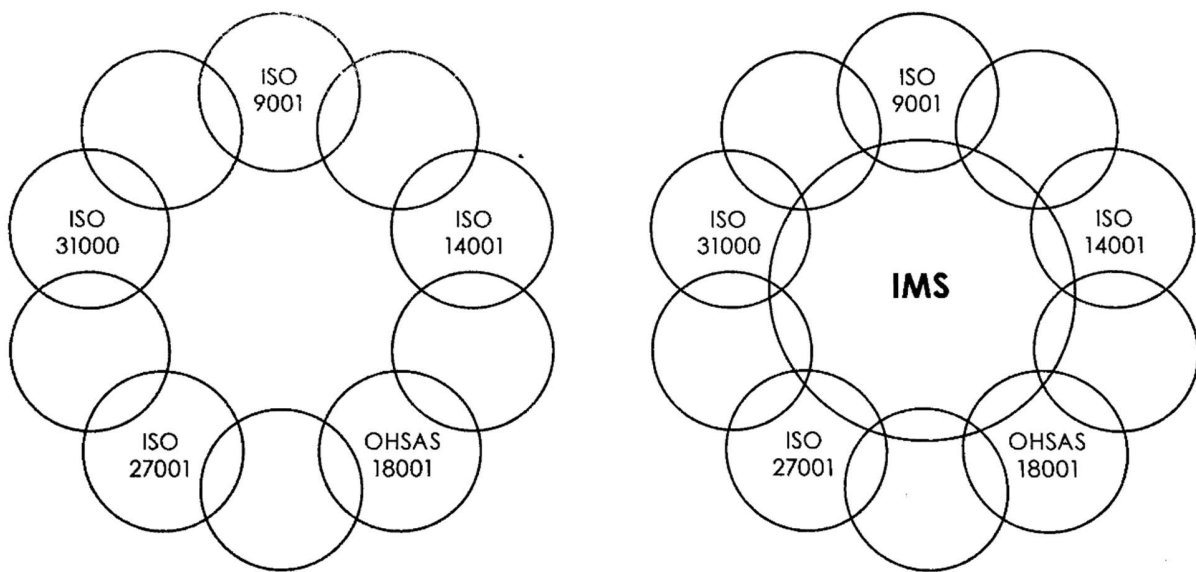
situacije i konflikte. Uz jasno definirane kriterije potrebno je pratiti uspješnost procesa, a nadzorom i kontrolom procesa postiže se operativnost i prilagodljivost procesa. Zbog boljeg integriteta procesa u upravljačku strukturu djelatnika potrebno je stvoriti mjesto menadžera, odnosno vlasnika procesa. Vlasnik procesa je taj koji ima sve informacije o tijeku procesa, a koje su nužne za donošenje odluka vezanih za proces. Postojanjem vlasnika procesa smanjuje se odvojenost između odlučivanja i operativnih zadataka i omogućuje se zaposlenicima samostalno odlučivanje i izvršenje zadataka što su prije bili zadaci menadžera u tradicionalno funkcionalnom organizacijskom obliku.

### **2.3. Integrirani sustavi upravljanja**

Kvaliteta u poslovanju u proizvodnim i uslužnim djelatnostima ključ je uspješnosti i opstanka na tržištu ona diktira napredak, razvoj i trendove, te sve ono što pokreće gospodarstvo. U današnjem poslovanju, više nije bitno samo imati dobar proizvod ili uslugu, već je potrebno udovoljiti svim zahtjevima kupaca. Najčešće ti dodatni zahtjevi obuhvaćaju društveno odgovorno poslovanje, brigu za lokalnu zajednicu, povećanje energetske učinkovitosti i po mogućnosti ostvarivanje energetske neovisnosti, smanjenje lošeg utjecaja na okoliš prilikom poslovanja, itd. Za svaki nabrojani aspekt poslovanja, osmišljen je niz međunarodnih normi na temelju kojih se u organizacijama razvijaju sustavi. Ti sustavi služe kao upravljački mehanizmi kako bi se organizacija uredila prema zahtjevima svih zainteresiranih strana (kupci, investitori, vlasnici, radnici, lokalna zajednica, itd.). Danas se sve više postavlja pitanje koliko učinkovito se koriste ovakvi integrirani sustavi upravljanja (IMS) i kakav utjecaj imaju na poslovanje, a koriste li se uopće.

Novi sustavi upravljanja koji se pojavljuju iziskuju napor pri uvođenju zbog toga što ih je potrebno uskladiti sa vlastitim ciljevima i poslovanjem, a u procesu uvođenja moraju sudjelovati svi zaposlenici. Primjer takvih sustava upravljanja su sustav za upravljanje kvalitetom (QMS – *Quality Management System*), sustav za upravljanje zaštitom okoliša (EMS – *Environment Management System*), sustav za upravljanje zdravljem i sigurnošću (OHSAS - *Occupational Health & Safety Assessment Series*), sustav za upravljanje informacijskom sigurnošću (ISMS – *Information Security Management System*), itd. Svaki od ovih sustava posjeduje dokumentaciju koja ga opisuje

i u kojoj su dokumentirani zahtjevi. Prema tome, QMS je vezan za ISO normu 9001, EMS je vezan za ISO normu 14001, ISMS je vezan za ISO normu 27001, a OHSAS za ISO normu 18001. Implementacija ovih normi obično se odvija od norme ISO 9001, pa zatim ISO 14001, nakon toga ISO 18001. Rijetka je pojava uspostave nekoliko sustava istovremeno. S obzirom na to da su ovi sustavi predviđeni za istodobno djelovanje kao dio integriranih sustava upravljanja (Slika 7.) postoji preporuka za integraciju pod nazivom PAS 99 (*Publicly Available Specification*)



*Slika 7. Pojedinačni sustavi upravljanja (lijevo) i integrirani sustavi upravljanja (desno) (Bojanić, Kondić, Buntak, 2018. str. 29)*

PAS 99 je javno dostupna specifikacija koja je okvir za integraciju sustava upravljanja kroz zajedničke zahtjeve. Integracijom sustava postižu se sljedeći efekti (Bojanić, Kondić, Buntak, 2018. str. 31):

- poboljšanje poslovnog fokusa,
- holistički pristup upravljanju poslovnim rizicima,
- manje sukoba između sustava,
- smanjenje dupliciranja i birokracije,
- efikasniji interni i eksterni audit.





*Slika 8. Postupak integracije sustava upravljanja PAS 99 (PAS 99:2006)*

## 2.4. Poboljšanja u integriranim sustavima upravljanja

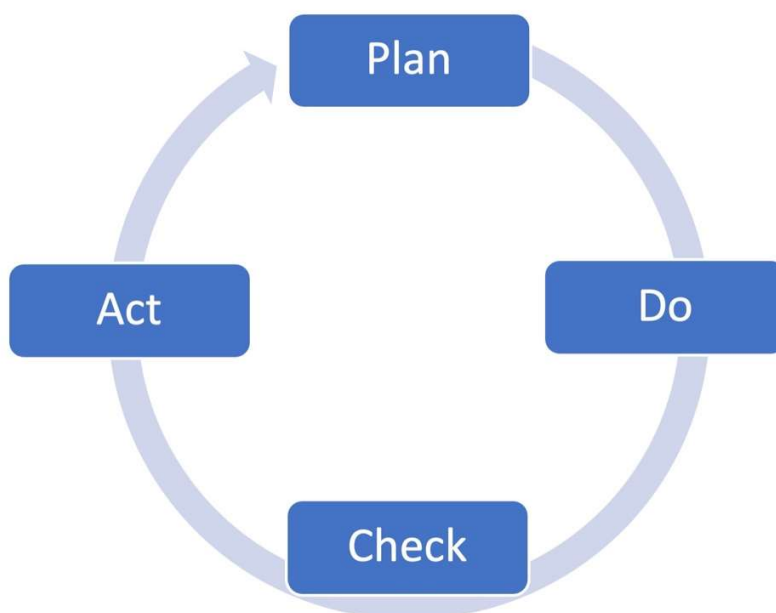
Jedini način na koji kompanija može konkurirati na tržištu jest da kontinuirano unapređuje svoje procese (Goetsch, Davis, 2006: 638/639.). Prethodna tvrdnja itekako je istinita, ako se u obzir uzme ranije navedena nesigurnost na tržištu, te stalne promjene zahtjeva kupaca za određene proizvode ili usluge. Ako je organizacija spremna udovoljavati zahtjevima kupaca i želi zadržati održivu poziciju na tržištu, mora se ravnati prema tome da se kvaliteta proizvoda ili usluge ostvaruje zahtjevima za kvalitetom organizacije, a temeljni parametri kvalitete organizacije vrijede za sve vrste i veličine organizacija.

Upravljanje kvalitetom je proces u kojem se prepoznaje i upravlja aktivnostima koje su potrebne za dostizanje ciljeva kvalitete organizacije. Procjenjivanje kvalitete je izraz kojim se opisuje kritično pregledavanje stanja kvalitete u cijeloj organizaciji. Prema Juranu i Grynau, procjenjivanje kvalitete obuhvaća četiri elementa (Juran, Gryna, 1999: 98):

- troškovi loše kvalitete,
- položaj na tržištu,
- kultura kvalitete u organizaciji i
- funkcioniranje sustava kvalitete u poduzeću.

Svako spominjanje poboljšanja nadalje u ovom radu podrazumijevat će kontinuirana poboljšanja (unapređenja) u sustavu.

Kao što je već spomenuto ranije, organizacija mora težiti kontinuiranim poboljšanjima kako bi zadržala konkurentnu poziciju na tržištu. Osim toga, same smjernice ISO norme 9001 govore o potrebi implementacije upravljačkog mehanizma koji će omogućiti kontinuirana unapređenja u organizaciji. Najpoznatiji alat za kontinuirano bavljenje poboljšanjima u upravljanju kvalitetom je Deming-ov PDCA (*Plan-Do-Check-Act*) krug (Planiraj-Napravi-Provjeri-Djeluj) (Slika 9.)



*Slika 9. PDCA krug*

Kontinuiranim bavljenjem traženja problema i rješavanja istih, organizacija se uz puno manje napora razvija. Puno veća su ulaganja i napora i resursa kada se rade veće reorganizacije koje nisu uzrokovani kontinuiranim poboljšanjima. Uz kontinuirana poboljšanja organizacija malim koracima ide prema putu izvrsnosti. Osim PDCA kruga, postoje i druge metodologije koje potiču kulturu upravljanja kvalitetom kroz kontinuirana poboljšanja, kao što je Lean Six Sigma, ali za potrebe ovog rada neće se raditi usporedba ove dvije metodologije, zato što u suštini omogućuju sličnu filozofiju u organizaciji. Većina projekata poboljšanja koji se pokreću u organizacijama

najčešće se rješava pomoću statističkih metoda. Također, statističke metode i analiza sustava temelj su donošenja upravljačkih odluka. U daljnjem dijelu rada fokus će biti na statističkim metodama koje se mogu koristiti prema smjernicama ISO norme 9001:2000 i tehničkog izvješća ISO 10017:2003.

### **3. Tehničko izvješće ISO 10017:2003**

ISO (Međunarodna organizacija za standardizaciju) svjetska je federacija nacionalnih tijela za norme (članovi tijela ISO-a). Pripreme međunarodnih standarda obično se izvode putem ISO tehničkih odbora. Svako član tijela zainteresiran za predmet za koji je osnovan tehnički odbor ima pravo biti zastupljen u tom odboru. Međunarodne organizacije, vladine i nevladine, u suradnji s ISO-om, također sudjeluju u radu. Glavni zadatak tehničkih odbora je priprema međunarodnih standarda. Nacrti međunarodnih standarda koje su usvojili tehnički odbori prosljeđuju se tijelima članicama na glasovanje. Za objavljivanje međunarodnog standarda potrebno je odobrenje najmanje 75 % tijela članica koje glasaju.

Tehničko izvješće koje govori o primjeni statističkih metoda, ISO/TR 10017 pripremljeno je od strane tehničkog odbora ISO/TC 176, Upravljanje kvalitetom i osiguranje kvalitete, Pododbor SC 3, Podržavajuće tehnologije. Trenutno je u upotrebi drugo izdanje izvješća prema čemu se otkazuje i zamjenjuje prvo izdanje (ISO/TR 10017: 1999), a temelji se na ISO 9001: 2000. Svrha ovog tehničkog izvješća je pomoći organizaciji u identificiranju statističkih tehnika koje mogu biti korisne u razvoju, provedbi, održavanju i poboljšanju sustava upravljanja kvalitetom u skladu sa zahtjevima ISO 9001: 2000.

U tom kontekstu, korisnost statističkih metoda proizlazi iz varijabilnosti koja se može uočiti u ponašanju i ishodu praktički svih procesa, čak i u uvjetima prividne stabilnosti. Takva varijabilnost može se uočiti u mjerljivim karakteristikama proizvoda i procesa, a može se vidjeti da postoji u različitim fazama tijekom ukupnog životnog ciklusa proizvoda, od istraživanja tržišta do korisničke podrške i konačnog odlaganja. Statističke metode mogu pomoći u mjerenju, opisivanju, analiziranju, tumačenju i modeliranju takve varijabilnosti, čak i uz relativno ograničenu količinu podataka. Statistička analiza takvih podataka može pružiti bolje razumijevanje prirode, opsega i uzroka varijabilnosti. To može pomoći u rješavanju, pa čak i sprječavanju problema koji bi mogli proizaći iz takve varijabilnosti.

Prema tome, statističke metode mogu omogućiti bolju uporabu dostupnih podataka za pomoć pri donošenju odluka, a time i za stalno poboljšanje kvalitete proizvoda i procesa radi postizanja zadovoljstva kupaca. Ove se metode primjenjuju na širok spektar aktivnosti, poput istraživanja tržišta, projektiranja, razvoja, proizvodnje, provjere, ugradnje i servisiranja.

Ovo tehničko izvješće ima za cilj usmjeriti i pomoći organizaciji u razmatranju i odabiru statističkih metoda koje odgovaraju potrebama organizacije. Kriteriji za utvrđivanje potrebe za

statističkim metodama i primjerenost odabrane metode ostaju na odluku organizaciji. Osim što su statističke metode opisane u tehničkom izvješću 10017, primjenjive su i na druge standarde u obitelji normi ISO 9000, posebno ISO 9004: 2000.

### **3.1. Smjernice za korištenje statističkih metoda prema ISO 9001: 2000**

Tehničko izvješće ISO 10017:2003 pruža smjernice za odabir odgovarajućih statističkih metoda koje bi mogle biti od koristi organizaciji pri razvoju, provedbi, održavanju i poboljšanju sustava upravljanja kvalitetom u skladu s ISO 9001. To se postiže ispitivanjem onih zahtjeva ISO 9001 koji uključuju korištenje kvantitativnih podataka, a zatim identificiranje i opis statističkih metoda koje mogu biti korisne kada se primijene na takve podatke. Popis statističkih metoda koji je naveden u ovom tehničkom izvješću nije ni potpun ni iscrpan i ne isključuje uporabu bilo kojih drugih metoda (statističkih ili drugih) koje se smatraju korisnima za organizaciju, kao što je navedeno i u samom izvješću. Osim toga, ovo tehničko izvješće ne pokušava propisati koje se statističke metode trebaju koristiti, niti pokušava dati savjet o tome kako će se metoda primijeniti. U skladu s time, ovo tehničko izvješće nije namijenjeno ugovornim, regulatornim ili certifikacijskim/registracijskim svrhama i u praksi se ne koristi kao obvezni kontrolni popis za usklađenost sa zahtjevima ISO 9001: 2000. Opravdanje za korištenje statističkih metoda jest da bi njihova primjena pomogla u poboljšanju učinkovitosti sustava upravljanja kvalitetom.

Ono što također valja napomenuti prije proučavanja tablice je to da proizvod u ovom tehničkom izvješću označava generičke kategorije proizvoda, usluge, softver, hardver i obrađene materijale ili njihovu kombinaciju, u skladu s definicijom „proizvoda” u ISO 9000:2000.

### **3.2. Identifikacija potencijalnih potreba za statističkim metodama**

Potreba za kvantitativnim podacima koji se razumno mogu povezati s provedbom odredaba i podtočaka ISO 9001 identificirana je u Tablici 1. Navedene prema potrebi za kvantitativnim podacima tako su jedna ili više statističkih tehnika koje bi mogle biti od koristi organizaciji, kada se na odgovarajuće podatke primjenjuje. Statističke se tehnike mogu korisno primijeniti na kvalitativne podatke, ako se ti podaci mogu pretvoriti u kvantitativne podatke.

Tamo gdje se potrebe za kvantitativnim podacima ne mogu lako povezati s odredbama ili podtočkama norme ISO 9001, ne identificira se statistička metoda. Statističke metode navedene u ovom tehničkom izvješću ograničene su na one koje su dobro poznate. Shodno tome, u tablici 1. su identificirane samo relativno jednostavne primjene statističkih metoda.

Svaka od niže navedenih statističkih metoda kasnije će biti obrađena u idućem poglavlju.

Tablica 1. Potrebe koje uključuju kvantitativne podatke i prateće statističke tehnike (ISO/TR 10017: 1999)

<b>Odredba/podtočka ISO 9001: 2000</b>	<b>Potrebe koje uključuju uporabu kvantitativnih podataka</b>	<b>Statističke metode</b>
<b>4. Sustav upravljanja kvalitetom</b> 4.1 Opći zahtjevi	Navedeno u uvodu tehničkog izvješća	
4.2.2 Priručnik o kvaliteti	Ne identificira se	
4.2.3 Kontrola dokumenata	Ne identificira se	
4.2.4 Kontrola zapisa	Ne identificira se	
<b>5. Odgovornost uprave</b> 5.1 Predanost menadžmenta	Ne identificira se	
5.2 Usredotočenost na kupca	Potrebno je odrediti zahtjeve kupaca Potrebno je procijeniti zadovoljstvo kupaca	Pogledati 7.2.2 u ovoj tablici Pogledati 8.2.1 u ovoj tablici
5.3 Politika kvalitete	Ne identificira se	
5.4 Planiranje 5.4.1 Ciljevi kvalitete	Ne identificira se	
5.4.2 Planiranje sustava upravljanja kvalitetom	Ne identificira se	
5.5 Odgovornost, autoritet i komunikacija 5.5.1 Odgovornost i ovlaštenja	Ne identificira se	
5.5.2 Predstavnik uprave	Ne identificira se	
5.5.3 Interna komunikacija	Ne identificira se	
5.6 Pregled uprave 5.6.1 Općenito	Ne identificira se	
5.6.2 Pregled unosa a) rezultate revizija	Potrebno je prikupiti i ocijeniti revizijske podatke	Deskriptivna statistika; uzorkovanje
b) povratne informacije kupaca	Potrebno je pribaviti i ocijeniti povratne informacije kupaca	Deskriptivna statistika; uzorkovanje
c) performanse procesa i sukladnost proizvoda	Potrebno je procijeniti performanse procesa i sukladnost proizvoda	Deskriptivna statistika; analiza sposobnosti procesa; uzorkovanje; karte kontrole sposobnosti procesa
d) status preventivnih i korektivnih radnji	Potrebno je prikupiti i procijeniti podatke iz preventivnih i korektivnih radnji	Deskriptivna statistika
5.6.3 Pregled rezultata	Ne identificira se	

<b>6 Upravljanje resursima</b> 6.1 Opskrba resursima	Ne identificira se	
6.2 Ljudski potencijali 6.2.1 Općenito	Ne identificira se	
6.2.2 Sposobnost, svijest i obuka 6.2.2 a)	Ne identificira se	
6.2.2 b)	Ne identificira se	
6.2.2 c) ocijeniti učinkovitost poduzetih radnji	Potrebno je procijeniti osposobljenost i učinkovitost obuke	Deskriptivna statistika; uzorkovanje
6.2.2 d)	Ne identificira se	
6.2.2 e)	Ne identificira se	
6.3 Infrastruktura	Ne identificira se	
6.4 Radno okruženje	Potrebno je pratiti radno okruženje	Deskriptivna statistika; grafovi kontrole sposobnosti procesa
<b>7 Realizacija proizvoda</b> 7.1 Planiranje realizacije proizvoda	Ne identificira se	
7.2 Procesi povezani s kupcima 7.2.1 Određivanje zahtjeva koji se odnose na proizvod	Ne identificira se	
7.2.2 Pregled zahtjeva koji se odnose na proizvod	Potrebno je procijeniti sposobnost organizacije da ispuni definirane zahtjeve	Deskriptivna statistika; analiza mjernog sustava; analiza sposobnosti procesa; uzorkovanje; statističko određivanje tolerancija
7.2.3 Komunikacija s klijentima	Ne identificira se	
7.3 Dizajn i razvoj 7.3.1 Planiranje projektiranja i razvoja	Ne identificira se	
7.3.2 Ulazni podaci projektiranja i razvoja	Ne identificira se	
7.3.3 Verifikacija projektiranja i razvoja	Potrebno je provjeriti zadovoljavaju li izlazi dizajna ulazne zahtjeve	Deskriptivna statistika; planiranje pokusa; testiranje hipoteze; analiza mjernog sustava; regresijska analiza; analiza pouzdanosti; uzorkovanje; simulacija; analiza vremenskih intervala
7.3.6 Validacija dizajna i razvoja	Potrebno je potvrditi da proizvod zadovoljava navedenu upotrebu i potrebe	Deskriptivna statistika; planiranje pokusa; testiranje hipoteze; analiza mjernog



		sustava; analiza sposobnosti procesa; regresijska analiza; analiza pouzdanosti; uzorkovanje; simulacija
7.3.7 Kontrola promjena dizajna i razvoja	Potrebno je procijeniti, provjeriti i potvrditi učinak promjena dizajna	Deskriptivna statistika; planiranje pokusa; testiranje hipoteze; analiza mjernog sustava; analiza sposobnosti procesa; regresijska analiza; analiza pouzdanosti; uzorkovanje; simulacija
7.4 Kupovina 7.4.1 Proces kupovine	Potrebno je osigurati da kupljeni proizvod zadovoljava navedene zahtjeve za kupnju  Potrebno je procijeniti sposobnost dobavljača da isporuče proizvod kako bi zadovoljili zahtjeve organizacije	Deskriptivna statistika; testiranje hipoteze; analiza mjernog sustava; analiza sposobnosti procesa; regresijska analiza; analiza pouzdanosti; uzorkovanje Deskriptivna statistika; planiranje pokusa; analiza sposobnosti procesa; regresijska analiza; uzorkovanje
7.4.2 Podaci o kupovini	Ne identificira se	
7.4.3 Verifikacija kupljenog proizvoda	Potrebno je uspostaviti i provesti inspekcijske i druge aktivnosti kako bi se osiguralo da kupljeni proizvod zadovoljava navedene zahtjeve	Deskriptivna statistika; testiranje hipoteze; analiza mjernog sustava; analiza sposobnosti procesa; analiza pouzdanosti; uzorkovanje
7.5 Proizvodnja i pružanje usluga 7.5.1 Kontrola proizvodnje i pružanja usluga	Potrebno je pratiti i kontrolirati proizvodnu i uslužnu djelatnost	Deskriptivna statistika; analiza mjernog sustava; analiza sposobnosti procesa; regresijska analiza; analiza pouzdanosti; uzorkovanje; karte kontrole sposobnosti procesa; analiza vremenskih intervala
7.5.2 Validacija procesa proizvodnje i pružanja usluga	Potrebno je potvrditi, nadzirati i kontrolirati procese čiji se učinak ne može lako izmjeriti	Deskriptivna statistika; analiza sposobnosti procesa; regresijska analiza; uzorkovanje; karte kontrole sposobnosti procesa; analiza vremenskih intervala
7.5.3 Identifikacija i sljedivost	Ne identificira se	

7.5.4 Vlasništvo kupca	Potrebno je provjeriti karakteristike nekretnine korisnika	Deskriptivna statistika; uzorkovanje
7.5.5 Čuvanje proizvoda	Potrebno je pratiti učinak rukovanja, pakiranja i skladištenja na kvalitetu proizvoda	Deskriptivna statistika; regresijska analiza; analiza pouzdanosti; uzorkovanje; karte kontrole sposobnosti procesa; analiza vremenskih intervala
7.6 Upravljanje nadzornim i mjernim uređajima	Potrebno je osigurati da su proces i oprema za praćenje i mjerenje u skladu sa zahtjevima.  Potrebno je procijeniti valjanost prethodnih mjerenja, gdje je to potrebno	Deskriptivna statistika; analiza mjernog sustava; analiza sposobnosti procesa; regresijska analiza; uzorkovanje; grafovi kontrole sposobnosti procesa; statističko određivanje tolerancija; analiza vremenskih intervala Deskriptivna statistika; testiranje hipoteze; analiza mjernog sustava; regresijska analiza; uzorkovanje; statističko određivanje tolerancija; analiza vremenskih intervala
<b>8 Mjerenje, analiza i poboljšanje</b> 8.1 Općenito	Ne identificira se	
8.2 Praćenje i mjerenje 8.2.1 Zadovoljstvo korisnika	Potrebno je pratiti i analizirati informacije koje se odnose na percepciju korisnika	Deskriptivna statistika; uzorkovanje
8.2.2 Unutarnja revizija	Potrebno je planirati program unutarnje revizije i prijaviti revizijske podatke	Deskriptivna statistika; uzorkovanje
8.2.3 Praćenje i mjerenje procesa	Potrebno je pratiti i mjeriti karakteristike proizvoda u odgovarajućim fazama realizacije, kako bi se provjerilo da li su zahtjevi ispunjeni	Deskriptivna statistika; dizajn eksperimenta; testiranje hipoteze; analiza mjernog sustava; analiza sposobnosti procesa; regresijska analiza; analiza pouzdanosti; uzorkovanje; karte kontrole sposobnosti procesa; analiza vremenskih intervala
8.3 Kontrola nesukladnog proizvoda	Potrebno je utvrditi opseg isporučenog neusklađenog proizvoda.	Deskriptivna statistika; uzorkovanje

	Potrebno je ponovno provjeriti ispravljani proizvod kako bi se osigurala njegova sukladnost sa zahtjevima.	Pogledati točku 8.2.4 u ovoj tablici
8.4 Analiza podataka	Potrebno je prikupiti i analizirati podatke kako bi se procijenila učinkovitost sustava upravljanja kvalitetom i procijenile mogućnosti poboljšanja a) zadovoljstvo kupaca  b) sukladnost sa zahtjevima proizvoda c) karakteristike procesa i trendovi d) dobavljači	Pogledati točku 8.2.1 u ovoj tablici Pogledati točku 8.2.4 u ovoj tablici Pogledati točku 8.2.3 u ovoj tablici Pogledati točku 7.4.1 u ovoj tablici
8.5 Poboljšanje 8.5.1 Kontinuirano poboljšanje	Potreba za poboljšanjem procesa sustava upravljanja kvalitetom korištenjem kvantitativnih podataka, u područjima <ul style="list-style-type: none"> <li>• dizajna i razvoja,</li> <li>• kupovine,</li> <li>• proizvodnje i pružanja usluga i</li> <li>• upravljanja uređajima za nadzor i mjerenje</li> </ul>	Pogledati točke 7.3.3, 7.3.5, 7.3.6 u ovoj tablici Pogledati točke 7.4.1, 7.4.3 u ovoj tablici Pogledati točke 7.5.1, 7.5.2, 7.5.5 u ovoj tablici Pogledati točku 7.6 u ovoj tablici
8.5.2 Korektivne radnje	Potrebno je analizirati podatke koji se odnose na neusklađenosti kako bi se lakše razumio njihov uzrok	Deskriptivna statistika; planiranje pokusa; testiranje hipoteze; analiza sposobnosti procesa; regresijska analiza; uzorkovanje; karte kontrole sposobnosti procesa; analiza vremenskih intervala
8.5.3 Preventivne akcije	Potrebno je analizirati podatke koji se odnose na neusklađenosti i potencijalne neusklađenosti kako bi se lakše razumio njihov uzrok	Deskriptivna statistika; planiranje pokusa; testiranje hipoteze; analiza sposobnosti procesa; regresijska analiza; uzorkovanje; karte kontrole sposobnosti procesa; analiza vremenskih intervala

## 4. Analiza statističkih alata iz norme 10017

U ovom poglavlju napravit će se pregled i analiza statističkih metoda nabrojanih u prošlom poglavlju. Sve te metode ubrajaju se u metode koje mogu pomoći organizacijama poboljšati sustav upravljanja kvalitetom. Metode koje se spominju su sljedeće:

- deskriptivna statistika,
- planiranje pokusa,
- testiranje hipoteza,
- analiza mjernog sustava,
- analiza sposobnosti procesa,
- regresijska analiza,
- analiza pouzdanosti,
- uzorkovanje,
- simulacija,
- grafikoni statističke kontrole procesa (SPC);
- statističko određivanje tolerancija i
- analiza vremenskih intervala.

Od gore navedenih statističkih metoda, bitno je napomenuti da deskriptivna statistika (s uključenim grafičkim metodama) čini važan aspekt mnogih od ovih tehnika. Kao što je ranije rečeno, kriteriji korišteni pri odabiru gore navedenih metoda su ti da su te metode dobro poznate i široko primijenjene, a njihova primjena donijela je korist mnogim korisnicima. Izbor metode i način njezine primjene ovisit će o okolnostima i svrsi vježbe koja će se razlikovati od slučaja do slučaja.

## 4.1. Deskriptivna statistika

Pojam deskriptivne statistike odnosi se na postupke sažimanja i prezentiranja kvantitativnih podataka na način koji otkriva karakteristike distribucije podataka. Karakteristike podataka koje su obično zanimljive su njihova središnja vrijednost (najčešće opisana kao prosjek), te rasipanje (obično se mjeri rasponom ili standardnom devijacijom). Druga značajka od interesa je distribucija podataka za koju postoje kvantitativne mjere koje opisuju oblik raspodjele (poput stupnja "iskrivljenosti", koji opisuje simetriju).

Podaci dobiveni deskriptivnom statistikom često se mogu lako i učinkovito prenijeti raznim grafičkim metodama, koje uključuju relativno jednostavne prikaze podataka, kao što su:

- graf trendova, koji je prikaz karakteristika od interesa u određenom vremenskom razdoblju, kako bi se promatralo njegovo ponašanje tijekom vremena i pokušalo predvidjeti buduće ponašanje,
- raspršeni grafikon koji pomaže u procjeni odnosa između dvije varijable ucrtavanjem jedne varijable na osi x i odgovarajuće joj vrijednosti na osi y, i
- histogram koji prikazuje raspodjelu vrijednosti karakteristika od interesa.

Postoji širok raspon grafičkih metoda koje mogu pomoći u tumačenju i analizi podataka. Oni se kreću od relativno jednostavnih alata opisanih iznad (i drugih, poput trakastih i „pita“ grafikona), do metoda složenije prirode, uključujući one koje uključuju specijalizirano skaliranje (poput vjerojatnosti), i grafike koje uključuju više dimenzija i varijabli.

Grafičke metode korisne su po tome što često mogu otkriti neobične značajke podataka koje se možda neće lako otkriti kvantitativnom analizom. Imaju široku primjenu u analizi podataka pri istraživanju ili provjeri odnosa među varijablama, te u procjeni parametara koji opisuju takve odnose. Također, imaju važnu primjenu u sažimanju i predstavljanju složenih podataka ili odnosa podataka na učinkovit način, posebno za nestručnu publiku.

Deskriptivna statistika (uključujući grafičke metode) implicitno se koristi u mnogim statističkim metodama koje su navedene u maloprije spomenutom tehničkom izvješću i treba ih smatrati temeljnom komponentom statističke analize.

#### 4.1.1. Područje primjene deskriptivne statistike

Deskriptivna statistika koristi se za sažimanje i karakteriziranje podataka. Ona je najčešće početni korak u analizi kvantitativnih podataka, a često predstavlja i prvi korak prema korištenju drugih statističkih postupaka. Karakteristike podataka uzorka mogu poslužiti kao osnova za zaključivanje o karakteristikama populacija iz kojih su uzorci uzeti, s propisanom granicom pogreške i razinom povjerenja. Deskriptivna statistika nudi učinkovit i relativno jednostavan način sažimanja i karakteriziranja podataka, a nudi i prikladan način prezentiranja takvih informacija. Posebno su grafičke metode vrlo učinkovit način prezentiranja podataka i prenošenja informacija. Deskriptivna statistika potencijalno je primjenjiva na sve situacije koje uključuju uporabu podataka. Može pomoći u analizi i tumačenju podataka te je dragocjena pomoć pri donošenju odluka. Deskriptivna statistika pruža kvantitativne mjere karakteristika (poput prosjeka i standardne devijacije) podataka uzorka. Međutim, ove mjere podliježu ograničenjima veličine uzorka i primijenjene metode uzorkovanja. Također, za ove se kvantitativne mjere ne može pretpostaviti da su valjane procjene karakteristika populacije iz koje je uzet uzorak, osim ako su zadovoljene temeljne statističke pretpostavke.

#### 4.1.2. Primjeri primjene deskriptivne statistike

Deskriptivna statistika ima korisnu primjenu u gotovo svim područjima gdje se prikupljaju kvantitativni podaci. Pruža informacije o proizvodu, procesu ili nekom drugom aspektu sustava upravljanja kvalitetom, a može se koristiti i u pregledima uprave. Neki primjeri takvih aplikacija su sljedeći (ISO/TR 10017: 1999, str. 8):

- sažimanje ključnih mjera karakteristika proizvoda (kao što su središnja vrijednost i raspon),
- opisivanje izvedbe nekih parametara procesa, kao što je npr. temperatura hladnjaka,
- karakteriziranje vremena isporuke ili vremena odziva u uslužnoj industriji,
- sažimanje podataka iz anketa kupaca, poput zadovoljstva ili nezadovoljstva kupaca,
- ilustriranje mjernih podataka, kao što su podaci o umjeravanju opreme,

- prikaz distribucije karakteristika procesa putem histograma, u odnosu na specifikacijske granice za tu karakteristiku,
- prikazivanje rezultata izvedbe proizvoda u određenom vremenskom razdoblju pomoću grafikona trendova i
- procjenjivanjem mogućeg odnosa između varijable procesa (npr. temperature) i prinosa raspršenim grafikonom

## 4.2. Planiranje pokusa

Planiranje pokusa odnosi se na istraživanja koja se provode na planirani način i koja se oslanjaju na statističku procjenu rezultata kako bi se došli do zaključaka na željenoj razini pouzdanosti. Planiranje pokusa obično uključuje izazivanje promjena u sustavu koji se istražuje i statističku procjenu učinka takve promjene na sustav. Njegov cilj može biti provjera valjanosti nekih karakteristika sustava ili istražiti utjecaj jednog ili više čimbenika na neke karakteristike sustava. Specifičan raspored i način na koji će se pokusi izvesti čine plan pokusa, a takvim planom upravljaju cilj vježbe i uvjeti pod kojima se pokusi trebaju izvesti.

Postoji nekoliko metoda koje se mogu koristiti za analizu podataka eksperimenta. Oni se kreću od analitičkih metoda, kao što je analize varijance (ANOVA), do grafičkih metoda, poput vjerojatnosti.

### 4.2.1. Područje primjene planiranja pokusa

Planiranje pokusa može se koristiti za procjenu nekih karakteristika proizvoda, procesa ili sustava, u svrhu validacije prema specificiranom standardu ili za usporednu procjenu nekoliko sustava. Planiranje pokusa je osobito korisno za istraživanje složenih sustava na čiji ishod može utjecati potencijalno veliki broj čimbenika. Cilj pokusa može biti maksimiziranje ili optimiziranje karakteristika od interesa ili smanjenje njegove varijabilnosti. Planiranje pokusa se može koristiti za identifikaciju utjecajnijih čimbenika u sustavu, veličinu njihovog utjecaja i odnose (tj. Interakcije), ako ih ima, između faktora. Podaci iz osmišljenog pokusa mogu se koristiti za formuliranje matematičkog modela koji opisuje značajke sustava od interesa kao funkciju

utjecajnih čimbenika, s određenim ograničenjima. Takav model može se koristiti u svrhe predviđanja. Prilikom procjenjivanja ili potvrđivanja karakteristike od interesa, potrebno je osigurati da dobiveni rezultati nisu samo posljedica slučajnih varijacija. To se odnosi na procjene napravljene prema nekom propisanom standardu, a u još većem stupnju u usporedbi dva ili više sustava. Planiranje pokusa dopušta takve procjene s propisanom razinom pouzdanosti.

#### 4.2.2. Primjeri primjene planiranja pokusa

Poznata primjena planiranja pokusa je u procjeni proizvoda ili procesa, npr. u potvrđivanju učinka medicinskog liječenja ili u procjeni relativne učinkovitosti nekoliko vrsta liječenja. Industrijski primjeri takvih primjena uključuju provjere valjanosti proizvoda prema nekim specificiranim standardima performansi. Planiranje pokusa se naširoko koristi za identifikaciju utjecajnih čimbenika u složenim procesima i na taj način kontrolira ili poboljšava srednju vrijednost ili smanjuje varijabilnost nekih karakteristika od interesa (poput prinosa procesa, čvrstoće proizvoda, trajnosti, razine buke) (ISO/TR 10017: 1999, str. 9). Takvi se pokusi često susreću u proizvodnji, na primjer, elektroničkih komponenti, automobila i kemikalija. Također se široko koriste u različitim područjima kao što su poljoprivreda i medicina.

### 4.3. Testiranje hipoteza

Testiranje hipoteza statistički je postupak kojim se s propisanom razinom rizika utvrđuje je li skup podataka (obično iz uzorka) kompatibilan s danom hipotezom. Hipoteza se može odnositi na pretpostavku određene statističke distribucije ili modela, ili se može odnositi na vrijednost nekog parametra distribucije (kao što je njegova srednja vrijednost). Postupak testiranja hipoteza uključuje procjenu dokaza (u obliku podataka) kako bi se odlučilo treba li određenu hipotezu o statističkom modelu ili parametru odbiti ili ne. Test hipoteze eksplicitno ili implicitno se koristi u mnogim statističkim metodama navedenim kasnije u ovom poglavlju, kao što su uzorkovanje, karte za kontrolu sposobnosti procesa, planiranje pokusa, regresijska analiza i analiza mjernog sustava.



#### 4.3.1. Područje primjene testiranja hipoteza

Testiranje hipoteza u velikoj se mjeri koristi kako bi se moglo zaključiti, na željenoj razini pouzdanosti, je li hipoteza u vezi s parametrom populacije (procijenjena iz uzorka) valjana. Postupak se može primijeniti za provjeru zadovoljava li parametar populacije određeni standard ili se može koristiti za ispitivanje razlika u dvije ili više populacija. Stoga je koristan pri donošenju odluka. Testiranje hipoteza također se koristi za testiranje pretpostavki modela, primjerice je li distribucija populacije normalna ili su uzorci podataka nasumični.

Postupak ispitivanja hipoteza može se također koristiti za određivanje raspona vrijednosti (nazvanih "interval pouzdanosti") za koji se može reći da na navedenoj razini pouzdanosti sadrži pravu vrijednost dotičnog parametra. Testiranje hipoteza može na sličan način omogućiti tvrdnje o prirodi raspodjele populacije, kao i svojstvima samih podataka uzorka.

Kako bi se osigurala valjanost zaključaka do kojih se došlo tijekom testiranja hipoteza, bitno je da su temeljne statističke pretpostavke na odgovarajući način zadovoljene, osobito da su uzorci neovisno i nasumično izvučeni. Nadalje, razina pouzdanosti s kojom se može zaključiti ovisi o veličini uzorka.

#### 4.3.2. Primjeri primjene testiranja hipoteze

Testiranje hipoteza ima opću primjenu kada se mora dati tvrdnja o parametru ili raspodjeli jedne ili više populacija (prema procjeni uzorka) ili pri procjeni samih podataka uzorka. Na primjer, postupak se može koristiti na sljedeće načine (ISO/TR 10017: 1999, str. 9):

- ispitati zadovoljava li srednja vrijednost (ili standardna devijacija) populacije zadanu vrijednost, poput cilja ili standarda,
- provjeriti razlikuju li se sredstva dvije (ili više) populacija, kao pri usporedbi različitih serija komponenti,
- ispitati da udio populacije s nedostacima ne prelazi zadanu vrijednost,
- ispitati razlike u omjeru neispravnih jedinica u rezultatima dva procesa, provjeriti jesu li uzorci uzeti nasumično iz jedne populacije,
- ispitati je li distribucija populacije normalna,

- provjeriti je li opažanje u uzorku izvanredna, tj. ekstremna vrijednost upitne valjanosti,
- ispitati je li došlo do poboljšanja u nekim karakteristikama proizvoda ili procesa,
- odrediti veličinu uzorka potrebnu za prihvaćanje ili odbacivanje hipoteze, na navedenoj razini pouzdanosti, te
- pomoću podataka iz uzorka odrediti interval pouzdanosti unutar kojeg bi mogao ležati pravi prosjek populacije.

#### **4.4. Analiza mjernog sustava**

Analiza mjerenog sustava, koja se također naziva analiza mjerne nesigurnosti, skup je postupaka za procjenu nesigurnosti mjernih sustava u rasponu uvjeta u kojima sustav radi. Pogreške mjerenja mogu se analizirati istim metodama kao i one koje se koriste za analizu karakteristika proizvoda.

##### **4.4.1. Područje primjene analize mjernog sustava**

Nesigurnost mjerenja treba uzeti u obzir pri svakom prikupljanju podataka. Analiza mjerenog sustava koristi se za procjenu, na propisanoj razini pouzdanosti, je li mjerni sustav prikladan za svoju namjenu. Koristi se za kvantificiranje varijacija iz različitih izvora, kao što su varijacije zbog procjenitelja (tj. osobe koja vrši mjerenje), ili varijacije iz procesa mjerenja ili iz samog mjernog instrumenta. Također se koristi za opisivanje varijacije zbog mjernog sustava kao udio ukupne varijacije procesa ili ukupne dopuštene varijacije.

Analiza mjernog sustava pruža kvantitativan i isplativ način odabira mjernog instrumenta ili odlučivanja je li instrument sposoban procijeniti parametar proizvoda ili procesa koji se ispituje. Analiza mjerenog sustava daje osnovu za usporedbu i usklađivanje razlika u mjerenju kvantificiranjem varijacija iz različitih izvora u samim mjernim sustavima.

U svim osim najjednostavnijim slučajevima, analizu mjernog sustava trebaju provesti obučeni stručnjaci. Osim ako se u njegovu primjenu ne koriste briga i stručnost, rezultati analize mjernog sustava mogli bi potaknuti lažni i potencijalno skupi optimizam, kako u mjernim rezultatima, tako

i u prihvatljivosti proizvoda. Nasuprot tome, pretjerani pesimizam može rezultirati nepotrebnom zamjenom odgovarajućih mjernih sustava.

#### 4.4.2. Primjeri primjene analize mjernog sustava

Analiza mjernog sustava najčešće se koristi za:

- Određivanje mjerne nesigurnosti
- Izbor novih instrumenata
- Određivanje karakteristika određene metode (istinitost, preciznost, ponovljivost, preciznost, itd.)
- Testiranje stručnosti

### 4.5. Analiza sposobnosti procesa

Analiza sposobnosti procesa je ispitivanje inherentne varijabilnosti i distribucije procesa, kako bi se procijenila njegova sposobnost da proizvede izlaz koji je u skladu s rasponom varijacija dopuštenim specifikacijama. Kad su podaci mjerljive varijable (proizvoda ili procesa), inherentna varijabilnost procesa navodi se u smislu "širenja" procesa kada je u stanju statističke kontrole, i obično se mjeri kao šest standardnih odstupanja ( $6\sigma$ ) raspodjele procesa. Ako su podaci o procesu distribuirani normalnom raspodjelom, to će širenje obuhvatiti 99,73 % populacije.

Sposobnost procesa može se prikladno izraziti kao indeks, koji povezuje stvarnu varijabilnost procesa s tolerancijom dopuštenih specifikacija. Široko korišteni indeks sposobnosti za varijabilne podatke je  $C_p$  (omjer ukupne tolerancije podijeljen sa  $6\sigma$ ), što je mjera teoretske sposobnosti procesa koji je savršeno centriran između granica specifikacije. Drugi široko korišteni indeks je  $C_{pk}$ , koji opisuje stvarne sposobnosti procesa koji može biti centriran ili ne;  $C_{pk}$  se posebno odnosi na situacije koje uključuju jednostrane specifikacije. Drugi indeksi sposobnosti osmišljeni su kako bi se bolje uzeli u obzir dugoročne i kratkoročne varijabilnosti te varijacije oko planirane vrijednosti procesa.

Kada procesni podaci uključuju atribute (npr. postotak nesukladnosti), sposobnost procesa navodi se kao prosječni udio neusklađenih jedinica ili prosječna stopa neusklađenosti.

#### 4.5.1. Područje primjene analize sposobnosti procesa

Analiza sposobnosti procesa koristi se za procjenu sposobnosti procesa da proizvede rezultate koji su dosljedno u skladu sa specifikacijama, te za procjenu količine nesukladnih proizvoda koje se može očekivati. Ovaj se koncept može primijeniti za procjenu sposobnosti bilo kojeg podskupa procesa, poput određenog stroja. Analiza sposobnosti stroja može se koristiti, na primjer, za procjenu određene opreme ili za procjenu njezinog doprinosa ukupnoj sposobnosti procesa. Postavljanje minimalnih standarda za sposobnost procesa može voditi organizaciju pri odabiru procesa i opreme koja bi trebala proizvesti prihvatljiv proizvod.

Koncept sposobnosti strogo se primjenjuje na proces u stanju statističke kontrole. Stoga se analiza sposobnosti procesa treba provoditi zajedno s kontrolnim metodama kako bi se osigurala stalna provjera. Procjene postotka nesukladnih proizvoda podliježu pretpostavkama normalnosti. Kad se stroga normalnost ne ostvari u praksi, s takvim procjenama treba postupati oprezno, osobito u slučaju procesa s visokim omjerima sposobnosti.

Indeksi sposobnosti mogu dovesti u zabludu kada distribucija procesa nije prema normalnoj razdiobi. Procjene postotka nesukladnih jedinica trebale bi se temeljiti na metodama analize razvijene za odgovarajuću raspodjelu takvih podataka. Slično, u slučaju procesa koji su podložni sustavnim zadacima uzroka varijacija, kao što je trošenje alata, za izračunavanje i tumačenje sposobnosti trebali bi se koristiti specijalizirani pristupi.

#### 4.5.2. Primjer primjene analize sposobnosti procesa

Sposobnost procesa koristi se za uspostavljanje racionalnih inženjerskih specifikacija za proizvedene proizvode osiguravajući da su varijacije komponenata konzistentne s dopuštenim povećanjem tolerancije u sastavljenom proizvodu. Nasuprot tome, kada su potrebna čvrsta odstupanja, proizvođači komponenti moraju postići određene razine sposobnosti procesa kako bi osigurali visoke prinose i minimalni otpad.

Ciljevi visokih procesnih sposobnosti (npr.  $C_p \geq 2$ ) ponekad se koriste na razini komponente i podsustava kako bi se postigla željena kumulativna kvaliteta i pouzdanost složenih sustava.

Analiza sposobnosti stroja koristi se za procjenu sposobnosti stroja da proizvodi ili radi prema navedenim zahtjevima. To je korisno pri donošenju odluka o kupnji ili popravku.

Proizvođači automobila, zrakoplova, elektronike, hrane, farmaceutskih i medicinskih proizvoda rutinski koriste analizu sposobnosti procesa kao glavni kriterij za procjenu dobavljača i proizvoda. To omogućuje proizvođaču da svede na minimum izravni pregled kupljenih proizvoda i materijala.

Neke tvrtke u proizvodnoj i uslužnoj industriji prate indekse sposobnosti procesa kako bi identificirale potrebu za poboljšanjima procesa ili provjerile učinkovitost takvih poboljšanja.

## 4.6. Regresijska analiza

Regresijska analiza povezuje ponašanje karakteristika od interesa s potencijalno uzročnim faktorima. Takav odnos određen je modelom koji može doći iz znanosti, ekonomije, inženjerstva itd., ili se može izvesti empirijski. Cilj je pomoći razumjeti mogući uzrok varijacije u odgovoru i objasniti koliko svaki faktor doprinosi toj varijaciji. To se postiže statističkim povezivanjem varijacije u varijabli odgovora s varijacijom u objašnjenjima, te postizanjem najboljeg umanjivanja odstupanja između predviđenog i stvarnog odgovora.

### 4.6.1. Područje primjene regresijske analize

Regresijska analiza omogućuje korisniku sljedeće:

- provjeriti hipoteze o utjecaju potencijalnih objašnjenja varijabli na odgovor, te upotrijebiti te informacije za opis procijenjene promjene odgovora za danu promjenu u objašnjenju,
- predvidjeti vrijednost varijable odgovora za posebne vrijednosti objašnjenja varijabli,
- predvidjeti (na navedenoj razini pouzdanosti) raspon vrijednosti unutar kojih se očekuje da odgovor leži, s obzirom na posebne vrijednosti za objašnjenje varijabli,

- za procjenu smjera i stupnja povezanosti između varijable odgovora i varijable objašnjenja (iako takva povezanost ne podrazumijeva uzročnost). Takve se informacije mogu koristiti, na primjer, za određivanje učinka promjene faktora poput temperature na iskorištenje procesa, dok se drugi čimbenici drže konstantnima.

Regresijska analiza može pružiti uvid u odnos između različitih čimbenika i odgovora na interes, a takav uvid može pomoći pri donošenju odluka vezanih za proces koji se proučava i u konačnici poboljšati proces.

Uvid u regresijsku analizu proizlazi iz njegove sposobnosti da sažeto opiše obrasce u podacima odgovora, usporedi različite, ali povezane podskupine podataka i analizira potencijalne uzročno-posljedične veze. Kada se odnosi dobro modeliraju, regresijska analiza može dati procjenu relativnih veličina učinka objašnjenja varijabli, kao i relativne snage tih varijabli. Ove su informacije potencijalno vrijedne u kontroli ili poboljšanju ishoda procesa.

Regresijska analiza može se koristiti za predviđanje vrijednosti varijable odgovora za zadane vrijednosti jedne ili više objašnjenja varijabli, a isto tako se može koristiti za predviđanje učinka promjena objašnjenja varijabli na postojeći ili predviđeni odgovor. Može biti korisno provesti takve analize prije nego što uložite vrijeme ili novac u problem kada učinkovitost nije poznata.

Prilikom modeliranja procesa potrebna je vještina u određivanju odgovarajućeg regresijskog modela (npr. linearnog, eksponencijalnog, više varijabilnog) i u korištenju dijagnostike za poboljšanje modela. Prisutnost izostavljenih varijabli, pogreške mjerenja i drugi izvori neobjašnjivih varijacija u odgovoru mogu zakomplicirati modeliranje. Specifične pretpostavke iza dotičnog regresijskog modela i karakteristike dostupnih podataka određuju koja je tehnika procjene prikladna u problemu regresijske analize.

Problem koji se ponekad javlja pri razvoju regresijskog modela je prisutnost podataka čija je valjanost upitna. Valjanost takvih podataka treba ispitati gdje god je to moguće, jer bi uključivanje ili izostavljanje podataka iz analize moglo utjecati na procjene parametara modela, a time i na odgovor.

#### 4.6.2. Primjer primjene regresijske analize

Regresijska analiza koristi se za modeliranje proizvodnih karakteristika poput prinosa, protoka, kvalitete izvedbe, vremena ciklusa, vjerojatnosti neuspjeha testa ili pregleda i različitih obrazaca nedostataka u procesima. Regresijska analiza koristi se za identifikaciju najvažnijih čimbenika u tim procesima, te veličinu i prirodu njihova doprinosa varijaciji karakteristika od interesa. Regresijska analiza koristi se za predviđanje ishoda eksperimenta ili kontrolirane prospektivne ili retrospektivne studije varijacija materijala ili uvjeta proizvodnje.

Regresijska analiza koristi se za provjeru zamjene jedne mjerne metode drugom, na primjer zamjenom destruktivne ili dugotrajne metode nedestruktivnom ili metodom koja štedi vrijeme i ostale resurse.

Primjeri primjene nelinearne regresije uključuju modeliranje koncentracija lijekova u funkciji vremena i težine ispitanika, modeliranje kemijskih reakcija u ovisnosti o vremenu, temperaturi i tlaku.

#### 4.7. Analiza pouzdanosti

Analiza pouzdanosti je primjena inženjerskih i analitičkih metoda za procjenu, predviđanje i osiguranje besprijekornih performansi tijekom vremena za proizvod ili sustav koji se proučava. Tehnike korištene u analizi pouzdanosti često zahtijevaju korištenje statističkih metoda za rješavanje nesigurnosti, slučajnih karakteristika ili vjerojatnosti (pojavljivanje kvarova) tijekom vremena. Takva analiza općenito uključuje uporabu odgovarajućih statističkih modela za karakteriziranje varijabli od interesa, kao što su vrijeme koje protječe do neuspjeha (kvara) ili vrijeme između neuspjeha. Parametri ovih statističkih modela procjenjuju se na temelju empirijskih podataka dobivenih laboratorijskim ili tvorničkim ispitivanjem ili radom na terenu.

Analiza pouzdanosti obuhvaća druge tehnike (kao što su način rada greške i analiza učinka) koje se usredotočuju na fizičku prirodu i uzroke kvara te sprječavanje ili smanjenje kvarova.

#### 4.7.1. Područje primjene analize pouzdanosti

Analiza pouzdanosti koristi se u sljedeće svrhe (ISO/TR 10017: 1999, str. 9):

- provjeriti jesu li ispunjene određene mjere pouzdanosti, na temelju podataka testa ograničenog trajanja i koji uključuje određeni broj jedinica ispitivanja,
- predvidjeti vjerojatnost rada bez problema ili druge mjere pouzdanosti poput stope kvara ili srednjeg vremena između kvarova komponenti ili sustava,
- modeliranje obrazaca kvarova i scenarija rada proizvoda ili usluga,
- pružiti statističke podatke o projektnim parametrima, kao što su naprezanje i čvrstoća, korisni za vjerojatnost oblikovati,
- identificirati kritične ili visoko rizične komponente te vjerojatne načine i mehanizme kvara i podržati traženje uzroka i preventivnih mjera.

Statističke tehnike korištene u analizi pouzdanosti omogućuju povezivanje statističkih razina pouzdanosti s procjenama parametara modela pouzdanosti koji su razvijeni, te s predviđanjima napravljenim pomoću tih modela.

Analiza pouzdanosti pruža kvantitativnu mjeru učinka proizvoda i usluga u odnosu na kvarove ili prekide usluge. Pouzdanost je usko povezana sa suzbijanjem rizika u radu sustava. Pouzdanost je često faktor utjecaja na percepciju kvalitete proizvoda ili usluge te na zadovoljstvo kupaca.

Prednosti korištenja statističkih tehnika u analizi pouzdanosti uključuju:

- sposobnost predviđanja i kvantificiranja vjerojatnosti kvara i drugih mjera pouzdanosti unutar navedenih granica povjerenja,
- uvide za usmjeravanje odluka u vezi s različitim projektnim alternativama koristeći različite strategije redundancije i ublažavanja,
- razvoj objektivnih kriterija prihvaćanja ili odbijanja za provođenje ispitivanja usklađenosti kako bi se pokazalo da su zahtjevi pouzdanosti ispunjeni,
- sposobnost planiranja optimalnih planova preventivnog održavanja i zamjene na temelju analize pouzdanosti podataka o učinku proizvoda, usluga i potrošnje, i
- mogućnost poboljšanja dizajna kako bi se ekonomski postigao cilj pouzdanosti.



Osnovna pretpostavka analize pouzdanosti je da se performanse sustava koji se proučava mogu razumno okarakterizirati statističkom raspodjelom. Točnost procjena pouzdanosti ovisit će stoga o valjanosti ove pretpostavke.

Složenost analize pouzdanosti pojačana je kada postoji više načina kvara, koji mogu, ali i ne moraju biti u skladu s istom statističkom raspodjelom. Također, kada je broj grešaka uočenih u testu pouzdanosti malen, to može ozbiljno utjecati na statističku pouzdanost i preciznost pripisanu procjenama pouzdanosti.

Uvjeti pod kojima se provodi ispitivanje pouzdanosti kritično su važni, osobito ako ispitivanje uključuje neki oblik visokog stupnja opterećenja (tj. naprezanje koje je znatno veće od onog koje će proizvod doživjeti u normalnoj uporabi). Možda će biti teško odrediti odnos između grešaka uočenih tijekom ispitivanja i performansi proizvoda u normalnim radnim uvjetima, a to će povećati neizvjesnost predviđanja pouzdanosti.

#### 4.7.2. Primjer primjene analize pouzdanosti

Klasični primjeri primjene analize pouzdanosti uključuju:

- provjera da li komponente ili proizvodi ispunjavaju navedene zahtjeve pouzdanosti,
- projekcija troškova životnog ciklusa proizvoda na temelju analize pouzdanosti podataka iz testova pri uvođenju novog proizvoda,
- smjernice o odlukama o donošenju ili kupovini gotovih proizvoda, na temelju analize njihove pouzdanosti, te procijenjenog učinka na ciljeve isporuke i daljnje troškove povezane s predviđenim propustima,
- projekcija zrelosti softverskih proizvoda na temelju rezultata ispitivanja, poboljšanja kvalitete i rasta pouzdanosti te utvrđivanje ciljeva izdavanja softvera kompatibilnih sa zahtjevima tržišta i
- određivanje dominantnih karakteristika trošenja proizvoda kako bi se poboljšao dizajn proizvoda ili planirali odgovarajući raspored održavanja i potrebni napori.

## 4.8. Uzorkovanje

Uzorkovanje je sustavna statistička metodologija za dobivanje informacija o nekim karakteristikama populacije proučavanjem uzorka. Mogu se primijeniti različite tehnike uzorkovanja (poput jednostavnog slučajnog uzorkovanja, slojevitog uzorkovanja, sustavnog uzorkovanja, uzastopnog uzorkovanja, uzorkovanja iz preskakanja serije), a izbor tehnike određen je svrhom uzorkovanja i uvjetima pod kojima se uzorkuje treba provesti.

### 4.8.1. Područje primjene uzorkovanja

Uzorkovanje se može podijeliti na dva široka područja: prihvatljivo uzorkovanje i anketno uzorkovanje. Prihvatljivo uzorkovanje odnosi se na donošenje odluke o prihvaćanju ili neprihvaćanju serije na temelju rezultata uzorka odabranih iz te serije. Dostupan je širok raspon planova uzorkovanja prihvatljivosti koji zadovoljavaju posebne zahtjeve i primjene.

Anketno uzorkovanje koristi se u popisnim ili analitičkim studijama za procjenu vrijednosti jedne ili više karakteristika u populaciji ili za procjenu načina na koji su te karakteristike raspodijeljene po populaciji. Uzorkovanje ankete često je povezano s anketama u kojima se prikupljaju informacije o mišljenjima ljudi o nekoj temi, kao u anketama kupaca. Jednako se može primijeniti na prikupljanje podataka u druge svrhe, poput revizija.

Specijalizirani oblik anketnog uzorkovanja je istraživačko uzorkovanje, koje se koristi u popisnim studijama za dobivanje informacija o karakteristikama populacije ili podskupa populacije. Tako je i s uzorkovanjem proizvodnje, koje se može provesti, recimo, analizom sposobnosti procesa. Druga je primjena skupno uzorkovanje materijala (npr. minerala, tekućina i plinova) za koje su razvijeni planovi uzorkovanja.

Pravilno izrađen plan uzorkovanja nudi uštede u vremenu, troškovima i radu u usporedbi s popisom ukupnog stanovništva ili 100 % pregleda serije. Tamo gdje inspekcija proizvoda uključuje ispitivanje razaranja, uzorkovanje je jedini praktičan način dobivanja relevantnih informacija. Uzorkovanje nudi isplativ i pravodoban način dobivanja preliminarnih informacija o vrijednosti ili raspodjeli karakteristika od interesa u populaciji. Prilikom izrade plana uzorkovanja veliku pozornost treba posvetiti odlukama koje se odnose na veličinu uzorka, učestalost

uzorkovanja, odabir uzorka, osnovu podgrupiranja i razne druge aspekte metodologije uzorkovanja.

Uzorkovanje zahtijeva da se uzorak bira nepristrano (tj. Uzorak je reprezentativan za populaciju iz koje se uzima). Ako se to ne učini, rezultirat će lošim procjenama karakteristika populacije. U slučaju prihvaćanja uzorkovanja, nereprezentativni uzorci mogu rezultirati ili nepotrebnim odbacivanjem serija prihvatljive kvalitete ili neželjenim prihvaćanjem serija neprihvatljive kvalitete.

Čak i kod nepristranih uzoraka, informacije dobivene iz uzoraka podložne su određenom stupnju pogreške. Veličina ove pogreške može se smanjiti uzimanjem veće veličine uzorka, ali se ne može ukloniti. Ovisno o konkretnom pitanju i kontekstu uzorkovanja, veličina uzorka potrebna za postizanje željene razine pouzdanosti i preciznosti može biti prevelika da bi imala praktičnu vrijednost.

#### 4.8.2. Primjer primjene uzorkovanja

Česta primjena anketnog uzorkovanja je u istraživanju tržišta, kako bi se procijenio udio stanovništva koje bi moglo kupiti određeni proizvod. Druga je primjena revizija zaliha za procjenu postotka stavki koje zadovoljavaju određene kriterije. Uzorkovanje se koristi za provođenje procesa provjere operatora, strojeva ili proizvoda radi praćenja varijacija, te za definiranje korektivnih i preventivnih radnji. Uzorkovanje prihvatljivosti široko se koristi u industriji kako bi se osigurala određena razina sigurnosti da ulazni materijal zadovoljava unaprijed određene zahtjeve. Skupnim uzorkovanjem može se procijeniti količina ili svojstva sastojaka u rasutom materijalu (npr. minerali, tekućine i plinovi).

### 4.9. Simulacija

Simulacija je skupni izraz za postupke pomoću kojih je (teorijski ili empirijski) sustav matematički predstavljen računalnim programom za rješavanje problema. Ako reprezentacija uključuje koncepte teorije vjerojatnosti, osobito slučajne varijable, simulacija se može nazvati “Monte-Carlo metoda”.

#### 4.9.1. Područje primjene simulacije

U kontekstu teorijske znanosti, simulacija se koristi ako nije poznata sveobuhvatna teorija za rješenje problema, i gdje se rješenje može dobiti grubom računalnom silom. U empirijskom kontekstu simulacija se koristi ako se sustav može adekvatno opisati računalnim programom. Simulacija je također koristan alat u nastavi statistike. Razvoj relativno jeftinih računalnih rješenja rezultira sve većom primjenom simulacije na probleme koji se do sada nisu rješavali.

Unutar teorijskih znanosti simulacija (osobito Monte-Carlo metoda) koristi se ako je eksplicitne izračune rješenja problema nemoguće ili previše glomazno izvesti. Slično, u empirijskom kontekstu simulacija se koristi kada su empirijska istraživanja nemoguća ili preskupa. Prednost simulacije je u tome što omogućuje rješenje uz uštedu vremena i novca ili uopće dopušta rješenje.

Unutar teorijske znanosti, dokazi temeljeni na konceptualnom zaključivanju imaju prednost nad simulacijom, budući da simulacija često ne daje razumijevanje razloga za rezultat.

Računalna simulacija empirijskih modela podliježe ograničenju da model možda nije adekvatan (tj. možda ne predstavlja problem u dovoljnoj mjeri). Stoga se ne može smatrati zamjenom za stvarna empirijska istraživanja i eksperimente.

#### 4.9.2. Primjer primjene simulacije

Veliki projekti (poput svemirskog programa) rutinski koriste metodu Monte-Carlo. Prijave nisu ograničene na bilo koju vrstu industrije. Tipična područja primjene uključuju statističko toleriranje, simulaciju procesa, optimizaciju sustava, teoriju pouzdanosti i predviđanje. Neke su posebne aplikacije

- modeliranje varijacija u mehaničkim podsklopovima,
- modeliranje profila vibracija u složenim sklopovima,
- određivanje optimalnih rasporeda preventivnog održavanja, i
- provođenje analiza troškova i drugih analiza u procesima projektiranja i proizvodnje radi optimizacije raspodjele resursa.

### 4.10. Statistička kontrola procesa

Grafikon statističke kontrole procesa ili kontrolna karta je grafikon podataka izvedenih iz uzoraka koji se povremeno uzimaju za obradu i iscertavaju u nizu. Na kontrolnoj karti također su navedene kontrolne granice koje opisuju inherentnu varijabilnost procesa kada je stabilan. Funkcija kontrolne karte je da pomogne u procjeni stabilnosti procesa, a to se čini ispitivanjem iscertanih podataka u odnosu na kontrolne granice. Ako su svi podaci između kontrolnih granica, za proces se kaže da je pod kontrolom.

Bilo koja varijabla (mjerni podaci) ili atribut (brojni podaci) koja predstavlja karakteristiku od interesa za proizvod ili postupak može se iscertati. U slučaju varijabilnih podataka, kontrolna karta obično se koristi za praćenje promjena u procesnom centru, a zasebna kontrolna karta za praćenje promjena varijabilnosti procesa.

Za atributne podatke obično se vode kontrolni grafikoni o broju ili udjelu neusklađenih jedinica ili o broju neusklađenosti pronađenih u uzorcima izvučenim iz procesa.

Uobičajeni oblik kontrolne karte za varijabilne podatke naziva se Shewhart-ova kontrolna karta. Postoje i drugi oblici kontrolnih tablica, od kojih svaka ima svojstva prikladna za primjenu u posebnim okolnostima.

#### 4.10.1. Područje primjene statističke kontrole procesa

Kontrolna karta koristi se za otkrivanje promjena u procesu. Ucertani podaci, koji mogu biti pojedinačno očitavanje ili neka statistika poput prosjeka uzorka, uspoređuju se s kontrolnim granicama. Na najjednostavnijoj razini, iscertana točka koja pada izvan kontrolnih granica signalizira moguću promjenu procesa, vjerojatno zbog nekog uzroka koji se može dodijeliti. To identificira potrebu da se istraži uzrok nekontroliranog očitavanja i po potrebi izvrše prilagodbe procesa. To pomaže u održavanju stabilnosti procesa i dugoročnom poboljšanju procesa.

Upotreba kontrolnih tablica može se poboljšati kako bi se dobile brže naznake promjena procesa ili povećana osjetljivost na male promjene, korištenjem dodatnih kriterija u tumačenju trendova i obrazaca u iscertanim podacima.

Osim što prezentiraju podatke u vidljivom obliku korisniku, kontrolne karte olakšavaju odgovarajući odgovor na varijaciju procesa pomažući korisniku da razlikuje slučajnu varijaciju koja je svojstvena stabilnom procesu od varijacije koja može biti smetnja čije pravovremeno

otkrivanje i ispravljanje može pomoći u poboljšanju procesa. Primjeri uloge i vrijednosti kontrolnih karata u aktivnostima povezanim s procesima:

- Kontrola procesa: promjenjive kontrolne karte koriste se za otkrivanje promjena u centru procesa ili varijabilnosti procesa i za pokretanje korektivnih radnji, čime se održava ili obnavlja stabilnost procesa.
- Analiza sposobnosti procesa: ako je proces u stabilnom stanju, podaci iz kontrolne karte mogu se naknadno koristiti za procjenu sposobnosti procesa.
- Analiza mjernog sustava: uključivanjem kontrolnih granica koje odražavaju inherentnu varijabilnost mjernog sustava, kontrolna tablica može pokazati je li mjerni sustav sposoban otkriti varijabilnost procesa ili proizvoda od interesa. Kontrolne karte mogu se koristiti i za nadzor samog procesa mjerenja.
- Analiza uzroka i posljedica: korelacija između događaja procesa i obrazaca kontrolne karte može pomoći u zaključivanju temeljnih dodijeljenih uzroka i planiranju učinkovitih akcija.
- Kontinuirano poboljšanje: kontrolni grafikoni koriste se za praćenje varijacija procesa i pomažu u identificiranju i rješavanju uzroka varijacije. Utvrđeno je da su osobito učinkoviti kada se koriste kao dio sustavnog programa stalnog poboljšanja unutar organizacije.

Važno je uzorke procesa izvući na način koji najbolje otkriva varijacije interesa, a takav uzorak naziva se racionalna podskupina. To je ključno za učinkovito korištenje i tumačenje kontrolnih karata, te za razumijevanje izvora varijacija procesa.

#### 4.10.2. Primjer primjene statističke kontrole procesa

Kontrolne karte (za kritične karakteristike) često koriste tvrtke u automobilskoj industriji, elektronicima, obrani i drugim sektorima kako bi postigle i pokazale stalnu stabilnost i sposobnost procesa. Ako se zaprime nesukladni proizvodi, grafikoni se koriste za utvrđivanje rizika i određivanje opsega korektivnih radnji.

Kontrolne karte koriste se za rješavanje problema na radnom mjestu. Primjenjivali su se na svim razinama organizacija kako bi podržali prepoznavanje problema i analizu uzroka.

Kontrolne tablice karakteristika uzorka, kao što su prosječno vrijeme odziva, stopa pogrešaka i učestalost pritužbi, koriste se za mjerenje, dijagnosticiranje i poboljšanje učinka u uslužnim djelatnostima.

## **4.11. Statističko određivanje tolerancija**

Statističko određivanje tolerancija postupak je koji se temelji na određenim statističkim načelima i koristi se za utvrđivanje tolerancija. Koristi statističke raspodjele relevantnih dimenzija komponenti za određivanje ukupne tolerancije za sastavljenu jedinicu.

### 4.11.1. Područje primjene statističkog određivanja tolerancija

Prilikom sastavljanja više pojedinačnih komponenti u jedan modul, kritični faktor ili zahtjev u smislu sastavljanja i zamjenjivosti takvih modula često nisu dimenzije pojedinih komponenti, već ukupna dimenzija postignuta kao rezultat montaže.

Za statističko određivanje ukupnih tolerancija, pretpostavlja se da će u sklopovima koji uključuju veliki broj pojedinačnih komponenti, dimenzije s jednog kraja raspona pojedinačnih tolerancija biti uravnotežene dimenzijama s drugog kraja raspona tolerancije. Na primjer, pojedina dimenzija koja leži na donjem kraju raspona tolerancije može se uskladiti s drugom dimenzijom (ili kombinacijom dimenzija) na visokom kraju raspona tolerancije. Iz statističkih razloga, ukupna dimenzija će imati približno normalnu raspodjelu pod određenim okolnostima. Ova je činjenica posve neovisna o raspodjeli pojedinačnih dimenzija, pa se stoga može koristiti za procjenu raspona tolerancije ukupne dimenzije sklopljenog modula. Alternativno, s obzirom na ukupnu toleranciju dimenzija, može se koristiti za određivanje dopuštenog područja tolerancije pojedinih komponenti.

Statističko određivanje tolerancija zahtijeva da se prvo utvrdi koliki udio sastavljenih modula bi prihvatljivo mogao biti izvan raspona tolerancije ukupne dimenzije. Zatim moraju biti ispunjeni sljedeći preduvjeti da bi statističko toleriranje bilo izvedivo:

- pojedinačne stvarne dimenzije mogu se smatrati nekoreliranim slučajnim varijablama,
- dimenzionalni lanac je linearan,
- dimenzionalni lanac ima najmanje četiri jedinice,

- pojedinačna odstupanja su istog reda veličine,
- raspodjele pojedinih dimenzija dimenzionalnog lanca su poznate.

Očito je da neki od ovih zahtjeva mogu biti ispunjeni samo ako se proizvodnja pojedinih komponenti o kojima je riječ može kontrolirati i kontinuirano pratiti. U slučaju proizvoda koji je još u razvoju, iskustvo i inženjersko znanje trebali bi voditi primjeni statističke tolerancije.

#### 4.11.2. Primjer primjene statističkog određivanja tolerancija

Teorija statističkog određivanja tolerancija rutinski se primjenjuje pri sastavljanju dijelova koji uključuju aditivne odnose ili slučajeve koji uključuju jednostavno oduzimanje (npr. vratilo i ležaj). Industrijski sektori koji koriste statističku toleranciju uključuju mehaničku, elektroničku i kemijsku industriju. Teorija se također primjenjuje u računalnoj simulaciji za određivanje optimalnih tolerancija.

### 4.12. Analiza vremenskih intervala

Analiza vremenskih intervala obitelj je metoda za proučavanje zbirke opažanja napravljenih uzastopno tijekom vremena. Analiza vremenskih intervala ovdje se koristi za upućivanje na analitičke tehnike u aplikacijama kao što su:

- pronalaženje obrazaca zaostajanja statističkim promatranjem kako je svako opažanje u korelaciji s opažanjem neposredno prije njega, i ponavljanjem ovoga za svako uzastopno zaostalo razdoblje,
- pronalaženje cikličnih ili sezonskih obrazaca kako bi se razumjelo kako su uzročni čimbenici u prošlosti mogli imati ponovljene utjecaje u budućnosti, i
- korištenje statističkih alata za predviđanje budućih opažanja ili za razumijevanje koji su uzročni čimbenici najviše pridonijeli varijacijama u vremenskim nizovima.



#### 4.12.1. Područje primjene analize vremenskih intervala

Analiza vremenskih intervala koristi se za opisivanje obrazaca o podacima o vremenskim intervalima, kako bi se identificirale izvanredne vrijednosti (ekstremne vrijednosti koje treba ispitati) bilo da bi se pomoglo razumjeti obrasce ili izvršile prilagodbe te za otkrivanje prijelomnih tokova u trendu. Druga je upotreba objasniti obrasce u jednom vremenskom nizu s onima iz drugog vremenskog niza, sa svim ciljevima koji su svojstveni regresijskoj analizi.

Analiza vremenskih serija koristi se za predviđanje budućih vrijednosti vremenskih serija, obično s nekim gornjim i donjim granicama poznatim kao interval predviđanja. Ima široku uporabu u području kontrole i često se primjenjuje na automatizirane procese. U ovom slučaju, model vjerojatnosti ugrađuje se u povijesni vremenski niz, predviđaju se buduće vrijednosti, a zatim se prilagođavaju specifični parametri procesa kako bi se proces držao na cilju, uz što manje varijacije.

Metode analize vremenskih nizova korisne su u planiranju, upravljačkom inženjeringu, identificiranju promjene u procesu, generiranju prognoza i mjerenju učinka neke vanjske intervencije ili radnje.

#### 4.12.2. Primjer primjene analize vremenskih intervala

Analiza vremenskih serija primjenjuje se na proučavanje obrazaca performansi tijekom vremena, na primjer, mjerenja procesa, pritužbi korisnika, nesukladnosti, produktivnosti i rezultata ispitivanja.

Aplikacije za predviđanje uključuju predviđanje rezervnih dijelova, odsustvovanja, narudžbe kupaca, potrebe materijala, potrošnju električne energije.

Uzročna analiza vremenskih intervala koristi se za razvoj prediktivnih modela potražnje. Na primjer, u kontekstu pouzdanosti, koristi se za predviđanje broja događaja u određenom vremenskom razdoblju i raspodjelu vremenskih intervala između događaja, kao što su ispadi opreme.

## 5. Zaključak

Završni rad temelji se na provedenom sekundarnom istraživanju. Sekundarnim istraživanjem identificirale su se spoznaje iz područja sustava kvalitetnog upravljanja u organizaciji, te mogućnosti primjene statističkih metoda.

Kroz istraživanje je identificirano kako svaka organizacija mora davati kontinuirani napor kako bi uspjela na tržištu. Održivost nije moguća bez kontinuiranog rada na procesima i optimizaciji istih. Osim zahtjeva kupaca prema proizvodu, današnje organizacije moraju davati više zajednici zbog zahtjeva kupaca koji očekuju od organizacija čije proizvode kupuju društveno odgovorno poslovanje, brigu o okolišu, itd. Svi ti zahtjevi obuhvaćeni su kroz smjernice integriranih sustava upravljanja. Na organizacijama je samo da ih uvedu u svoje poslovanje.

Kroz analizu statističkih metoda došlo se do zaključka kako postoji velik broj metoda, koji je iskoristiv za skoro svaki aspekt poslovanja, ali postoji nekoliko područja u kojima bi trebalo dodatno istražiti mogućnosti primjene. Također, za neke aspekte poslovanja primjenjivo je više alata odjednom. U tom slučaju, potrebno je razlučiti koji je alat stvarno potreban kako bi se učinkovito racionaliziralo poslovanje.

Na kraju, preporuka budućim istraživačima ovog područja je istražiti mogućnosti primjene različitih statističkih metoda i na aspekte poslovanja koji nisu obuhvaćeni smjericama tehničkog izvještaja ISO 10017:2003. Danas su matematičko statistički modeli primjenjivi na gotovo sve procese koji se događaju u našoj okolini.

## Literatura

1. Andrijanić, I., Buntak, K., Bošnjak, M., 2012. *Upravljanje kvalitetom s poznavanjem robe*, Libertas: Visoka Poslovna škola, Zagreb
2. Bojanić, B., Kondić, Ž., Buntak, K., 2018. *Alati i metode uspješnog menadžera I.*, Sveučilište Sjever, Varaždin
3. Bojanić, B., 2014. *Prilog istraživanja metoda za poboljšavanje u integriranim sustavima upravljanja uslužnih organizacija, doktorska disertacija*. Internacionalni univerzitet Travnik, Travnik
4. Buntak, B., 2019. *Implementacija Lean Six Sigma metodologije u proizvodno poduzeće*
5. Goetsch, D. L., Davis, S. B.: *Quality Management: Introduction to Total Quality Management for Production, Processing and Services*. Pearson Prentice Hall, New York, 2006.
6. Injac, N., 1998. *Mala enciklopedija kvalitete, I. dio* Oskar, Zagreb
7. ISO/TR 10017, 2003 *Guidance on statistical techniques for ISO 9001:2000*
8. Klaić, B., 1968. *Veliki rječnik stranih riječi*. Zora, Zagreb
9. PAS 99:2006, *Specification of common management system requirements as a framework for integration*

## Popis slika

**Slika 1.** Prikaz općenitog procesa<sup>13</sup>

**Slika 2.** Vrste procesa (Bojanić, Kondić, Buntak, 2018. str. 9)<sup>15</sup>

**Slika 3.** Transformacija funkcionalne organizacije u procesnu organizaciju (Bojanić, Kondić, Buntak, 2018. str. 18)<sup>17</sup>

**Slika 4.** Funkcionalna organizacijska struktura (Buntak, 2019. str. 6)<sup>17</sup>

**Slika 5.** Organizacijska struktura s definiranim funkcionalnim zadacima (Buntak, 2019. str. 7)<sup>18</sup>

**Slika 6.** Funkcionalni zadaci sortirani u procesne aktivnosti (Buntak, 2019. str. 7)<sup>19</sup>

**Slika 7.** Pojedinačni sustavi upravljanja (lijevo) i integrirani sustavi upravljanja (desno) (Bojanić, Kondić, Buntak, 2018. str. 29)<sup>23</sup>

**Slika 8.** Postupak integracije sustava upravljanja PAS 99 (PAS 99:2006)<sup>24</sup>

**Slika 9.** PDCA krug<sup>25</sup>

## **Popis tablica**

**Tablica 1.** Potrebe koje uključuju kvantitativne podatke i prateće statističke tehnike (ISO/TR 10017: 1999)30