

PRIMENA KONTROLNE KARTE ARITMETIČKE SREDINE U UPRAVLJANJU INDUSTRIJSKIM PROCESIMA

*Nataša Papić – Blagojević**, Visoka poslovna škola strukovnih studija, Novi Sad
Zbigniew Paszek, Krakowska akademija „Andrej Frič Modževski“, Krakov

Sažetak: Uporedo sa pojavom masovne proizvodnje javio se i problem praćenja i održavanja kvaliteta proizvoda, koji je ukazao na potrebu primene odabranih statističkih i matematičkih metoda u procesu kontrole. Osnovni cilj primene metoda statističke kontrole jeste kontinuirano poboljšanje kvaliteta kroz stalno praćenje procesa kako bi se na vreme otkrili uzroci grešaka. Ševartove karte su najpopularniji metod procesa statističke kontrole kojim se vrši razdvajanje kontrolisanih i nekontrolisanih varijacija uz istovremeno detektovanje povećanih varijacija. U radu je kroz primer predstavljena Ševartova kontrolna karta aritmetičke sredine sa primenom u upravljanju industrijskim procesom.

Ključne reči: statističke metode, Ševartove kontrolne karte, proces kontrole.

THE APPLICATION OF MEAN CONTROL CHART IN MANAGING INDUSTRIAL PROCESSES

Abstract: Along with the advent of mass production comes the problem of monitoring and maintaining the quality of the product, which stressed the need for the application of selected statistical and mathematical methods in the control process. The main objective of applying the methods of statistical control is continuous quality improvement through permanent monitoring of the process in order to discover the causes of errors. Shewart charts are the most popular method of statistical process control, which performs separation of controlled and uncontrolled variations along with detection of increased variations. This paper presents the example of Shewart mean control chart with application in managing industrial process.

Key words: statistical methods, Shewart control charts, control process.

JEL classification: C39, C49

* npapic.blagojevic@gmail.com

1. UVOD

U opštoj teoriji upravljanja kvalitetom koriste se dve koncepcije definisanja kvaliteta. Naime, kvalitet može biti definisan kao skup osobina proizvoda koji je ocenjivan (tvorevine ili usluge), ili kao relacija između ovog skupa i potreba i preferencija primaoca proizvoda (Paszek, 2012, p. 18).

Statistička kontrola kvaliteta može da bude potpuna i delimična. Izbor jednog od dva moguća tipa statističke kontrole zavisi, pre svega, od tehničkih uslova i visine troškova. Po pravilu, delimična kontrola se primenjuje u uslovima masovne proizvodnje, gde bi potpuna kontrola uzrokovala visoke troškove.

Statistička kontrola proizvodnog procesa sprovodi se tokom same proizvodnje, a osnovni cilj je da proizvodi odgovaraju unapred definisanom kvalitetu. U toku njenog izvođenja mogu se razlikovati tri faze (Hadživuković, 1979, p. 190):

- postavljanje plana kontrole polazeći od tehnika procesa i njegovih statističkih aspekata;
- praćenje procesa proizvodnje na toj osnovi;
- preduzimanje odgovarajućih koraka korekcije kada se za to ukaže potreba.

U procesu upravljanja kvalitetom proizvodnje poseban značaj ima sedam različitih načina prikazivanja prikupljenih podataka, poznatijih pod nazivom *magnificent seven* (Montgomery, 1991):

- dijagram toka procesa (*process flow diagram, flowchart*);
- kontrolna karta (*control chart*)²;
- analitički tabak (*checksheet*);
- dijagram Işikave (*cause and effect diagram, fishbone diagram*)³;
- Pareto dijagram (*Pareto diagram*)⁴;
- tačkasti dijagram korelacije (*scatter plot, scatter diagram*);
- histogram (*histogram*).

Povremena provera, poznata u industriji kao „leteća“ kontrola, jeste najjeftiniji način kontrole i može se primeniti tamo gde prethodni podaci pokazuju da je proces dovoljno stabilan i da ne treba očekivati česte promene u procesima. Stoga, kad je potrebno pratiti izrazito važne karakteristike u procesima koji ne pokazuju potpunu stabilnost, upotreba kontrolnih karata je najekonomičnija

² Walter Andrew Shewhart (1891–1967), američki matematičar i statističar, poznat, pre svega, kao autor koncepta statističkog upravljanja procesima za potrebe upravljanja kvalitetom pomoću tzv. kontrolnih karata.

³ Kaoru Ishikava (1915–1989), jedan od stvaralaca japanskog stila upravljanja kvalitetom. Prvi put je primenio dijagram 1952. godine u *Kawasaki Steel Co.*

⁴ Vilfredo Pareto (1848–1923), italijanski ekonomista, statističar i sociolog. Njegova metodika istraživanja društvenih pojava imala je veliku primenu u upravljanju kvalitetom.

(Drenovac et al., 2013, p. 102). Međutim, pored toga što imaju široku i uspešnu primenu, često se pojavljuju greške koje se uglavnom odnose na zanemarivanje osnovnih pretpostavki o normalnosti, nezavisnosti ili stabilnosti podataka. Kao rezultat pogrešnih tumačenja dobijaju se kontrolne karte lošeg kvaliteta. U tom smislu, veoma je važno razumeti osnovna pravila korišćenja kontrolnih karata i informisati se o svim nedostacima primene istih.

Prvi teorijski radovi i praktični pokušaji primene matematičke statistike i kontrole kvaliteta datiraju još iz 1923. godine, kada je Volter Ševart iz *Bell Telephone Laboratories* (SAD) dao skicu prve kontrolne karte (Drenovac et al., 2013, 103). Kako bi se rešio problem praćenja i kontrolisanja kvaliteta proizvoda u masovnoj proizvodnji, Ševart je predložio rešenje uvođenjem kontrolnih karata, kao metoda kontrole proizvodnog procesa. Ševartu je kontrolna karta poslužila kao sredstvo za razdvajanje kontrolisanih i nekontrolisanih varijacija koje, kao takve, odgovaraju opštim i posebnim uzrocima. Pomoću kontrolnih karata utvrđuju se povećane varijacije na osnovu opštih uzroka uz istovremeno ukazivanje na posebne uzroke varijacije. Opšti uzroci varijacija su zasnovani na slučajnim uzrocima koji se ne mogu identifikovati, pa se, samim tim, ova vrsta varijacija ni ne može izbeći. Druga vrsta varijacija, posebne varijacije, sadrži varijacije čiji se uzroci mogu precizno otkriti i eliminisati.

Klasična verzija Ševartovih karata je kreirana pod pretpostavkom da se proces merenja može opisati pomoću nezavisnih i jednako distribuiranih slučajnih promenljivih (Hryniewicz, 2012, p. 19).

Osnovni cilj rada je empirijska verifikacija odgovarajućih kontrolnih procedura. Kroz navedeni primer jasno je predstavljena primena kontrolne karte aritmetičke sredine, čime je potvrđena uspešna mogućnost primene iste u kontroli proizvodnog procesa.

2. PRIMENA ŠEVARTOVE KARTE

Primena kontrolnih karata uglavnom se odnosi na otkrivanje neizvesnosti u samom procesu koji je predmet kontrole, ali i na posmatranje promena koje su neočekivano nastale. Ukoliko nastupi takva promena, neophodno ju je protumačiti, objasniti i, na kraju, prevazići. Tehnika kontrolne karte sastoji se u uzimanju uzoraka određene veličine u određenim vremenskim razmacima za vreme proizvodnje i utvrđivanje njegovih parametara (Hadživuković, 1979, p. 190). Različiti parametri mogu biti predmet merenja i posmatranja, ali osim njihove vrednosti, mora se uzeti u obzir i njihov varijabilitet (koeficijent varijacije i disperzija).

Primena Ševartove karte vrši se u cilju razdvajanja varijacija koje su nastale pod uticajem posebnih uzroka od varijacija koje su nastale pod uticajem opštih

uzroka. U tom smislu, pravi se razlika između dve kategorije varijacija: kontrolisanih i nekontrolisanih. Za kontrolisanu varijaciju je karakteristična stabilna i stalna varijacija tokom vremena, dok je za nekontrolisanu varijaciju karakteristična varijacija koja se tokom vremena menja. Ukoliko iz procesa proistekne kontrolisana varijacija, smatra se da se ne isplati otkrivati uzrok individualne varijacije, pošto individualna varijacija može nastati iz konstantnog sistema koji sadrži veliki broj verovatnoća uzroka, pri čemu ni jedan uzrok nema dominantan uticaj. Sa druge strane, kada proces prikazuje nekontrolisanu varijaciju, smatra se da se isplati utvrditi i pokušati otkloniti uzrok nekontrolisanog odstupanja (Neave, & Wheeler, 1996). Unapređenjem i razvojem sistema doprinosi se smanjenju varijacija.

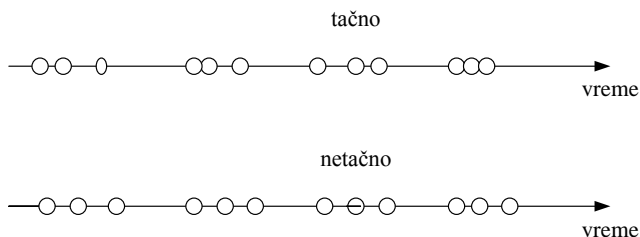
Kako bi se ideje o verovatnoći uzroka bolje uklopile u zadatak kontrole kvaliteta, a samo predviđanje bilo izvesnije, Ševart je definisao tri postulata (Wilcox, 2003):

- svi sistemi verovatnoće nisu isti u smislu da omogućavaju predviđanje budućnosti na osnovu prošlosti;
- u prirodi postoje konstantni sistemi verovatnoće uzroka;
- prenosivi uzroci varijacija mogu se pronaći i eliminisati.

Izrada same kontrolne karte zahteva ispunjenost određenih uslova, čije se postojanje blagovremeno mora ispitati. U osnovne uslove za pravilno korišćenje Ševartove kontrolne karte spadaju (Frank, 2003, p. 2):

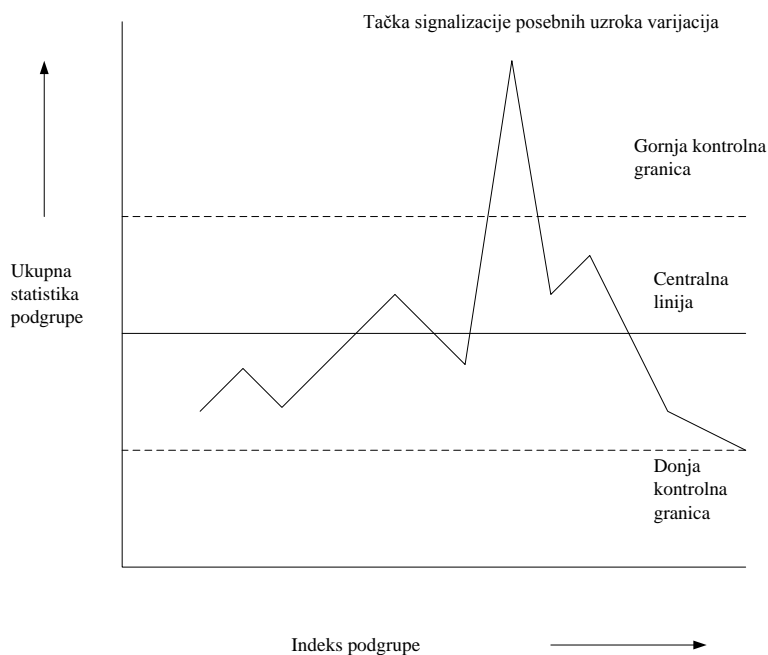
- normalna raspodela i simetričnost podataka;
- konstantna aritmetička sredina procesa;
- konstantna disperzija;
- nezavisnost i odsustvo korelacije između podataka;
- nula vrednosti koje odstupaju od skupa podataka;
- racionalna podela u podgrupe.

Racionalne podgrupe znače racionalno uzorkovanje. Kod primene kontrolnih karata u proizvodnji velikog obima, racionalne podgrupe se obično sastoje od uzastopnih stavki uzetih iz proizvodne linije. Na Slici 1. prikazana je podela u racionalne podgrupe.



Slika 1. Racionalne podgrupe. Preuzeto od: Frank (2003).

Na grafikonu Ševartove kontrolne karte na horizontalnoj osi se prikazuje vreme, a na vertikalnoj karakteristike dobijene procesom kontrole (pojedinačna merenja ili statistika, kao što je aritmetička sredina ili interval varijacije). Kontrolne granice omogućavaju laku proveru stabilnosti procesa, odnosno ukazuju na prisustvo posebnih uzroka. Grafikoni se obično konstruišu pomoću 20–30 početnih uzoraka, od kojih svaki sadrži oko pet stavki za koje se pretpostavlja da će se pojaviti prilikom slučajnog uzorkovanja (Vermaat et al., 2003, p. 337). U praksi je često potrebno dati odgovarajuće grafičke prikaze za svako pojedinačno merenje.



Slika 2. Opšti oblik Ševartove karte. *Preuzeto od: Rodriguez, Prabhu (1997).*

Svaka tačka na grafikonu (Slika 2.) predstavlja ukupnu statistiku izračunatu na osnovu merenja iz uzorka. Ukupna statistika je prikazana duž vertikalne ose. Uzorci predstavljaju racionalne podgrupe ili podgrupe uzoraka.

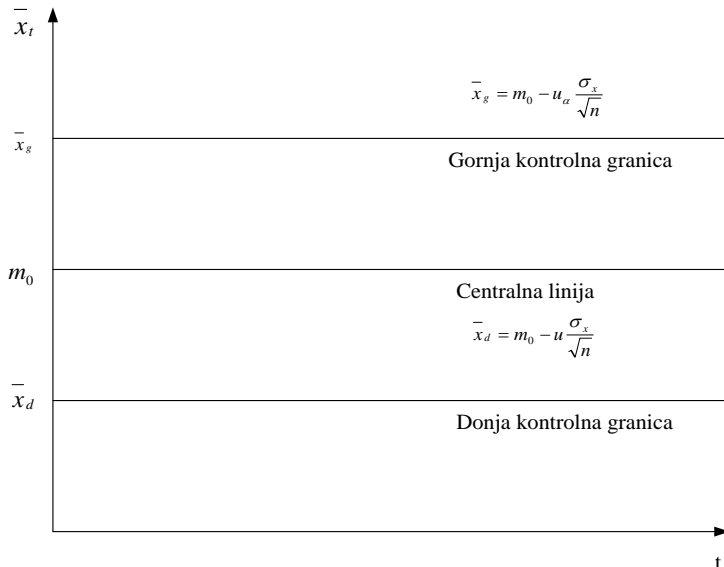
Horizontalna osa na Ševartovoj karti prikazuje podgrupe uzoraka, dok centralna linija ukazuje na prosek (očekivanu vrednost) ukupne statistike u slučaju kada se vrši kontrola procesa. Gornja i donja kontrolna granica ukazuju na očekivani opseg varijacija u ukupnoj statistici kada je u toku kontrola procesa. Kontrolne granice su takođe određene veličinom uzorka podgrupe, pošto je standardna greška ukupne statistike funkcija veličine uzorka. Kontrolne granice se mogu oceniti iz podataka koji se analiziraju, ili mogu biti zasnovane na standardnim, prethodno određenim, vrednostima. U slučaju da se vrednosti određene na

osnovu podataka iz uzorka nalaze između donje i gornje kontrolne granice, smatra se da je proizvodni proces u okviru kontrole. Tačka van kontrolne granice ukazuje na prisustvo posebnih uzroka varijacija, kada se smatra da je proizvodnja izvan kontrole. Kada grafikon ukaže na prisustvo posebnih uzroka, potrebno je preduzeti dodatne aktivnosti kako bi se problem otkrio i eliminisao.

3. KONTROLNA KARTA ARITMETIČKE SREDINE

Kontrolna karta aritmetičke sredine često se naziva \bar{x} -bar karta, a koristi se za praćenje promena aritmetičke sredine procesa. Za izradu karte aritmetičke sredine, neophodno je prvo konstruisati centralnu liniju grafikona na osnovu više uzoraka i izračunati aritmetičku sredinu uzoraka. Ovi uzorci obično sadrže svega četiri ili pet opservacija. Svaki uzorak ima svoju aritmetičku sredinu \bar{x} , tako da se centralna linija karte računa kao aritmetička sredina svih aritmetičkih sredina uzoraka.

Osnovna ideja kontrolne karte aritmetičke sredine može se prezentovati i preko testiranja hipoteza za neki niz slučajnih promenljivih X_1, X_2, \dots, X_t koje imaju normalne raspodele verovatnoća, sa istim i poznatim standardnim devijacijama. U tom slučaju, na horizontalnoj osi biće prikazane vrednosti t , a na vertikalnoj vrednosti \bar{x}_t (Slika 3.).



Slika 3. Šema kontrolne karte \bar{x} . Preuzeto od: Iwasiewicz, Paszek (2004: 301).

Iz tačke $\bar{x}_t = m_0$ povlači se poluprava linija, tzv. centralna linija, koja je paralelna sa t osom. Iznad i ispod centralne linije obeležavaju se kritične vrednosti za statistiku \bar{x}_t . Ukoliko se u svakoj tački t testira nulta hipoteza $H_0 : m_{x,t} = m_0$ u odnosu na alternativnu hipotezu $H_1 : m_{x,t} \neq m_0$, tada se podjednako koriste i gornja i donja kontrolna granica.

U slučaju da se testira nulta hipoteza $H_0 : m_{x,t} \leq m_0$ protiv alternativne $H_1 : m_{x,t} > m_0$, tada se koristi samo gornja kontrolna granica \bar{x}_g , dok će se donja kontrolna granica \bar{x}_d koristiti kada se u svakoj tački merenja t testira nulta hipoteza $H_0 : m_{x,t} \geq m_0$ prema alternativnoj hipotezi $H_1 : m_{x,t} < m_0$.

Osnova za odbacivanje testirane nulte hipoteze neće biti sve dok ni jedna tačka (t, \bar{x}_t) ne prekorači odgovarajuću kontrolnu granicu. Testirana hipoteza se odbacuje, kada se pojavi tačka (t, \bar{x}_t) koja se nalazi izvan kontrolne granice. U statističkoj kontroli kvaliteta ova tačka se naziva tačkasti signal za regulisanje procesa. U Tabeli 1. prikazana su pravila za generisanje ovih signala sa različitim varijantama kontrolne karte \bar{x} .

Tabela 1

Pravila za generisanje tačkastih signala u regulisanju kontrolnog procesa

Hipoteza		Postojanje tačkastog signala za regulisanje procesa	Verovatnoća neistinitog signala o regulisanju
Nulta H_0	Alternativna H_1		
$m_{x,t} = m_0$	$m_{x,t} \neq m_0$	$\bar{x}_t \leq \bar{x}_{d,t}$ ili $\bar{x}_t \geq \bar{x}_{g,t}$	2α
$m_{x,t} \leq m_0$	$m_{x,t} > m_0$	$\bar{x}_t \geq \bar{x}_{g,t}$	α
$m_{x,t} \geq m_0$	$m_{x,t} < m_0$	$\bar{x}_t \leq \bar{x}_{d,t}$	α

Napomena. Preuzeto od *Statystyka z elementami statystycznych metod monitorowania procesów* (p. 302), od Iwasiewicz, A., & Paszek, Z., 2004, Kraków: Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Krakowie.

Izradom kontrolne karte dolazi se do informacije da li podaci iz uzorka zalaze u opšti ili normalan interval varijacija. Gornja i donja kontrolna granica razdvajaju opšte od posebnih uzroka varijacija. Smatra se da je proces van kontrole ukoliko se jedan ili više uzoraka nalazi izvan kontrolne granice.

Tabela 2

Potrebni podaci za izradu kontrolne karte aritmetičke sredine

x_1	x_2	x_3	...	x_n	Aritmetička sredina	Standardna devijacija
X_{11}	x_{21}	x_{31}	...	x_{n1}	\bar{x}_1	s_1
...
X_{1m}	x_{2m}	x_{3m}	...	x_{nm}	\bar{x}_m	s_m
					\bar{M}	σ

Napomena. Preuzeto od *Control charts in quality control – Shewart charts application*, od Frank, P., 2003, Preuzeto sa [www.feec.vutbr.cz/EEICT/2003/fsbornik/03-PGS/04-Power Electrical Engineering/09-frank_petr.pdf](http://www.feec.vutbr.cz/EEICT/2003/fsbornik/03-PGS/04-Power_Electrical_Engineering/09-frank_petr.pdf)

Dva osnovna parametra koja se koriste pri izradi Šewartove karte su aritmetička sredina i standardna devijacija, na osnovu kojih se ocenjuju centralna linija (CL), donja (DKG) i gornja kontrolna linija/granica (GKG).

U redovima Tabele 2. prikazane su pojedinačne racionalne podgrupe podataka, kao i njihove aritmetičke sredine i standardna devijacija. Na osnovu izračunatih aritmetičkih sredina i standardnih devijacija za svaki uzorak ponaosob, određuju se μ i σ , na osnovu sledećih obrazaca:

$$\mu = \frac{\sum_{j=1}^m \bar{x}_j}{m} \quad (1)$$

i

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m s_j^2}{m}} \quad (2)$$

Ove veličine se koriste za određivanje gornje i donje kontrolne granice:

$$\text{GKG} = \mu + z\sigma \quad (3)$$

i

$$\text{DKG} = \mu - z\sigma \quad (4)$$

gde je:

μ – prosek aritmetičkih sredina uzoraka;

z – standardna normalna promenljiva (2 za interval poverenja od 95,44%, 3 za interval poverenja od 99,73%);

σ – standardna devijacija populacije (proces).

Gornja i donja kontrolna granica ograničavaju 99,73% očekivanih podataka, kao rezultat pravila 3σ . Verovatnoća od 0,27% može se uzeti za veoma male uzorke, pa će svako prekoračenje kontrolne granice ukazati na problem u procesu. Da bi rezultati bili validni, važno je prikupiti najmanje 20–25 uzoraka.

Iako se stopa greške od 0,27% obično odnosi na svaku individualnu podgrupu, ukupna stopa greške za celu kartu se povećava kako se dodaje podgrupa na podgrupu (Neave, & Wheeler, 1996, p. 4).

Kontrolne granice procesa pokazuju kvalitativno kretanje procesa, njegovu stabilnost i sposobnost. To su granice mogućnosti jednog procesa i predstavljaju normalne varijacije koje se mogu očekivati (Drenovac et al., 2013, p. 112).

4. PRAKTIČNA PRIMENA KONTROLNE KARTE ARITMETIČKE SREDINE

Za izradu kontrolne karte aritmetičke sredine potrebno je prikupiti podatke iz odgovarajućeg proizvodnog procesa. Primer na kom je objašnjena izrada kontrolne karte je hipotetički, ali je urađen kompletan postupak koji bi bio sproveden i u slučaju istraživanja. Cilj primene kontrolne karte aritmetičke sredine jeste da se vidi u kom delu posmatrani uzorci odstupaju od gornje, odnosno donje kontrolne granice i samim tim ukazuju na eventualnu grešku u proizvodnom procesu.

Pretpostavimo da je vršena kontrola aparata koji sipa vodu i da je u razmatranje uzeto dvadeset uzoraka sa pet posmatranja, gde svako posmatranje pokazuje količinu sipane vode u posmatranim uzorcima. Aparat je podešen tako da svaki put sipa 2 dl vode u čašu. Podaci i izračunate aritmetičke sredine i standardne devijacije, prikazane su u Tabeli 3.

Tabela 3

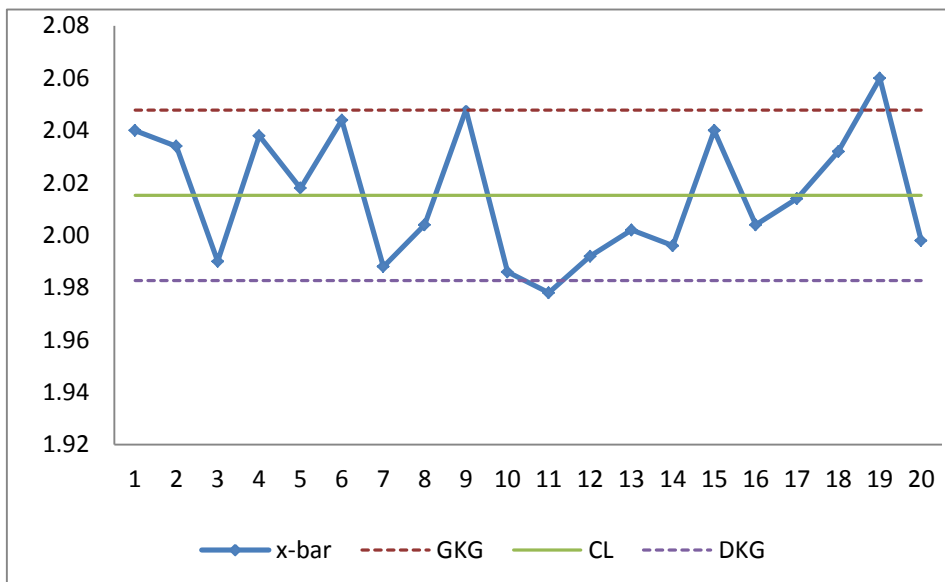
Podaci iz uzorka

Broj uzorka	Posmatranje					\bar{x}	R	σ
	1	2	3	4	5			
1	2,02	2,11	2,01	1,98	2,08	2,04	0,13	0,047749
2	2,17	2,00	2,10	2,01	1,89	2,03	0,28	0,095205
3	1,76	1,89	2,39	2,00	1,91	1,99	0,63	0,214196
4	2,21	1,89	2,11	1,89	2,09	2,04	0,32	0,127499
5	2,14	1,97	2,04	1,93	2,01	2,02	0,21	0,071386
6	2,05	2,00	2,11	1,99	2,07	2,04	0,12	0,044542
7	1,98	2,05	1,79	1,99	2,13	1,99	0,34	0,112499
8	2,02	1,96	1,99	2,01	2,04	2,00	0,08	0,027276

9	2,11	1,77	2,21	2,02	2,13	2,05	0,44	0,151578
10	1,74	1,94	2,31	2,00	1,94	1,99	0,57	0,184347
11	1,92	1,91	2,02	2,07	1,97	1,98	0,16	0,060465
12	2,01	1,99	2,00	2,07	1,89	1,99	0,18	0,058103
13	1,99	2,00	2,01	1,96	2,05	2,00	0,09	0,029257
14	1,96	1,95	2,29	1,99	1,79	2,00	0,50	0,162678
15	2,03	2,03	2,10	2,00	2,04	2,04	0,10	0,032863
16	2,02	1,96	1,99	2,01	2,04	2,00	0,08	0,027276
17	2,09	1,90	2,05	2,02	2,01	2,01	0,19	0,063435
18	1,89	2,01	2,15	2,09	2,02	2,03	0,26	0,08727
19	2,02	2,08	2,19	2,05	1,96	2,06	0,23	0,076158
20	2,00	1,97	2,23	2,02	1,77	2,00	0,46	0,146342
						2,02	0,27	0,091006

Na osnovu gore navedenih obrazaca za izračunavanje gornje, odnosno donje kontrolne granice dobija se vrednost gornje kontrolne granice od 2,05, centralne linije od 2,02 i donje kontrolne granice 1,98.

Sada je moguće grafički prikazati kontrolnu kartu i sa grafikona očitati eventualnu grešku u aparatu za sipanje vode.



Slika 4. Ševartova karta aritmetičke sredine za date uzorke

Na osnovu grafičkog prikaza može se zaključiti da aparat zahteva dodatno podešavanje, pošto se kod 11 i 19 uzorka prelazi donja, odnosno gornja kontrolna granica. Signali koji upozoravaju na potrebu regulisanja korišćenog aparata su $\bar{x}_{11} = 1,98$ koji se nalazi ispod donje kontrolne granice i $\bar{x}_{19} = 2,06$ koji se nalazi iznad gornje kontrolne granice.

Kontrolna karta aritmetičke sredine daje neke nove mogućnosti u oblasti analize tzv. sekvencionalnih opomenutih signala, a te mogućnosti ne pruža standardni test (Iwasiewicz, & Paszek, 2004, p. 304).

5. ZAKLJUČAK

Ševartove kontrolne karte već decenijama imaju značajnu primenu kao metod kontrole kvaliteta proizvodnog procesa. Primenom Ševartove kontrolne karte nastoji se unaprediti kontrolni proces, tako što će se napraviti razlika između kontrolisanih i nekontrolisanih varijacija.

Ukoliko proces pokazuje kontrolisanu varijaciju, može se reći da je proizvodni proces pod kontrolom, te da ne postoji potreba za dodatnim unapređenjem procesa. Sa druge strane, proces koji pokazuje nekontrolisanu varijaciju (prelazak iznad gornje ili spuštanje ispod donje kontrolne granice) smatra se nedovoljno stabilnim procesom. Takva varijacija može dovesti i do dodatnih nepredviđenih varijacija. Da bi se problem prevazišao, neophodno je identifikovati uzroke nekontrolisanih varijacija i, ukoliko je moguće, otkloniti ih.

U prezentovanom primeru, pokazalo se da aparat u dva slučaja prelazi kontrolne granice, pa se, iz tog razloga, ne može smatrati dovoljno pouzdanim.

Ševartove kontrolne karte, ukoliko se pravilno koriste, veoma su dobar instrument za kontrolu proizvodnog procesa. Kao što je prikazano, kontrolne karte aritmetičke sredine koriste se za merenje centralne tendencije procesa, dok interval varijacije, prikazan u tabeli, meri disperziju, odnosno varijaciju procesa. Pošto su obe veličine važne, neophodno je posmatrati proces uzimajući u obzir obe vrednosti. U tom smislu, može doći do promene u aritmetičkoj sredini, bez promene u disperziji. Na primer, aparat za sipanje vode može se podesiti da ne sipa 2 dl, već 1,9 dl. Disperzija može ostati ista, ali će se promena odraziti na kontrolnu kartu aritmetičke sredine. Sa druge strane, može se desiti promena u disperziji proizvoda, bez promene u aritmetičkoj sredini. To znači da će aparat i dalje biti podešen da sipa 2 dl vode, ali će se disperzija promeniti. Promena ove vrste neće biti detektovana na kontrolnoj karti aritmetičke sredine, već na karti intervala varijacije (disperzije). S obzirom na to da promene u aritmetičkoj sredini ili u intervalu varijacije pokazuju da je proizvodni proces van kontrole, u

istraživanju bi bilo bolje koristiti oba grafikona, a ne samo kontrolnu kartu aritmetičke sredine.

Kontrolna karta aritmetičke sredine jeste potreban, ali ne i dovoljan uslov za uspešnu kontrolu proizvodnog procesa. Iz tog razloga je veoma važno paralelno sa kontrolnom kartom aritmetičke sredine koristiti i kartu intervala varijacije, pre svega zbog otkrivanja različitih promenljivih.

REFERENCE

- Drenovac, A. Ž., Drenovac, B. Ž., & Drenovac, D. M. (2013). Kontrolne karte kao sredstvo statističke kontrole kvaliteta. *Vojnotehnički glasnik*, 61(1), 101–122.
- Frank, P. (2003). *Control charts in quality control – Shewart charts application*. Preuzeto sa http://www.feec.vutbr.cz/EEICT/2003/fsbornik/03-PGS/04-Power_Electrical_Engineering/09_frank_petr.pdf
- Hadživuković, S. (1979). *Statistika*. Beograd: Rad.
- Hryniewicz, O. (1996). *Nowoczesne metody statystycznego sterowania jakością*. Polska Akademia Nauk, Instytut Badań Systemowych, Omnitech Press.
- Hryniewicz, O. (2012). On the Robustness of the Shewhart Control Chart to Different Types of Dependencies in Data. *Frontiers in Statistical Quality Control 10*, 19–33, Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Iwasiewicz, A. (2005). *Zarządzanie jakością w przykładach i zadaniach*. Śląskie Wydawnictwo Naukowe Wyższej Szkoły Zarządzania i Nauk Społecznych w Tychach.
- Iwasiewicz, A., & Paszek, Z. (2004). *Statystyka z elementami statystycznych metod monitorowania procesów*. Kraków: Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Krakowie.
- Montgomery D. C. (1991). *Introduction to Statistical Quality Control*. New York: John Wiley & Sons.
- Neave, H. R., & Wheeler, D. J. (1996). Shewhart's Charts and the Probability Approach. *Ninth Annual Conference of the British Deming Association*. Preuzeto sa www.iienet.org/.../Shewhart%20and%20
- Paszek, Z. (2012). Metodologija ocene kvaliteta edukacije. *Škola biznisa*, 3, 18–28.
- Rodriguez, R. N., & Prabhu, S. S. (1996). *Effective Applications of Control Charts Using SAS Software*. Cary, NC, USA: SAS Institute Inc.

Shewhart, W. A. (1939). *Statistical Method – from the Viewpoint of Quality Control*. Washington: The Graduate School – The Department of Agriculture.

Vermaat, M. B., Ion, R., Does, R., & Klaassen, C. (2003). A Comparison of Shewhart Individuals Control Charts Based on Normal, Non-parametric, and Extreme-value Theory. *Quality and Reliability Engineering International*, 19 (4), 337–353.

Wilcox, M. (2003). *The Philosophy of Shewhart's Theory of Prediction*. Preuzeto sa <http://www.flowmap.com/documents/shewhart.pdf>

Primljeno: 04.03.2013.

Odobreno: 22.03.2013.