
APPLICATION OF STATISTICAL METHODS IN QUALITY CONTROL IN APPAREL MANUFACTURING

Anita Sadiković

University of Niš, Faculty of Technology in Leskovac, Serbia, anitasadikovic96@gmail.com

Jovana Stepanović Profirović

University of Niš, Faculty of Technology in Leskovac, Serbia, stepanovicjovana@yahoo.com

Sandra Stojanović

Academy of Vocational Studies Southern Serbia, Department for Technological Arts Studies, Serbia
sandra.k770@gmail.com

Abstract: Quality control is a process applicable to almost every branch of industry, and in clothing production, it is of great importance because it directly affects the appearance of the finished product. In the modern market, a wider range of customer demands and strong competition demand this kind of business philosophy from the company. There are frequent improvements in both production and technological processes, one of the methods of improvement used is quality control. In this paper, every critical production process is monitored, emphasizing possible errors and the importance of management for total quality control in apparel manufacturing on the production itself. Quality is defined as the sum of product characteristics, which should satisfy consumer requirements because the degree of satisfaction is the quality achieved. Quality control is the entire business system that is based precisely on the control of critical points of production, *i.e.* in places where major errors can occur. By investing in quality control alone, costs are reduced in the long run. The primary concept of statistical process control is based on comparing data obtained from production with adequate ISO standards, which draws conclusions about the success of production lines and the technological production process. By analyzing the results, errors were found in 38 pieces, which represents 0.84 % of the errors. The highest percentage of errors was records with size M which is 25 pieces (2.01 %), and the lowest with XXS (0 %). The total requested amount was 4561, and 4523 pieces of clothing were delivered, resulting in a 99.77 % delivery rate. The success of the 18 production lines, is reflected in the efficiency of the entire production. The mean success rate of all production lines is 77.90 %, which refers to the first production cycle. The second cycle, which does not require significant production processes, has a success rate, *i.e.* 97.60 %. In the third cycle, which requires only 3 production lines, the success rate is 100 %. To achieve the set goals of the company, management must first of all be familiar with its capabilities. Know the entire production process and critical points in it and simplify it, for easier design of the quality control system. Different tools and techniques are used to make quality control more effective. In the modern context, the first application of statistical quality control appeared in yarn production, during the late 50s of the last century, in 1981, one of the largest textile companies in the world, Milliken & Company, launched its management for total quality management, with a special commitment to customer satisfaction. The purpose of the work is the application of statistical data processing to the success of the quality control process, to improve and reduce errors made during production. In Serbia, quality control is still not widely represented, but with the arrival of new foreign companies, its importance and efficiency are starting to gain recognition.

Keywords: Quality control, statistical data processing, line production, clothing.

PRIMENA STATISTIČKIH METODA U KONTROLI KVALITETA U KONFEKCIJI

Anita Sadiković

Univerzitet u Nišu, Tehnološki fakultet u Leskovcu, Srbija, anitasadikovic96@gmail.com

Jovana Stepanović Profirović

Univerzitet u Nišu, Tehnološki fakultet u Leskovcu, Srbija, stepanovicjovana@yahoo.com

Sandra Stojanović

Akademija strukovnih studija Južna Srbija, Odsek za tehnološko umetničke studije, Srbija
sandra.k770@gmail.com

Apstrakt: Kontrola kvaliteta je primenljiv proces na gotovo svaku granu industrije, a u proizvodnji odeće je od velikog značaja jer direktno utiče na izgled gotovog proizvoda. U ovom radu se kontroliše svaki vitalan proces proizvodnje, naglašavanje mogućih grešaka i menadžmenta za totalno upravljanje kvalitetom na sam tok

proizvodnje. Savremeno tržište, širi spektar zahteva kupaca i jaka konkurencija zahtevaju od preduzeća ovakvu filozofiju poslovanja. Česta poboljšanja kako same proizvodnje i tehnoloških procesa, jedan od načina usavršavanja koji se koristi jeste i kontrola kvaliteta. Kvalitet se definiše, kao zbir karakteristika proizvoda, koje treba da zadovolje zahteve potrošača, jer koliki je stepen tog zadovoljenja toliki je i postignut kvalitet. Kontrola kvaliteta je ceo sistem poslovanja koji se bazira upravo na kontroli kritičnih tačaka proizvodnje, odnosno na mestima gde je moguće da se krupne greške i pojave. Samim tim ulaganjem sredstava u kontrolu kvaliteta smanjuju se troškovi na duge staze. Primarni koncept statističke kontrole procesa zasniva se na upoređivanju podataka dobijenih iz proizvodnje sa usvojenim ISO standardima na osnovu kojih se donose zaključci o uspešnosti proizvodnih linija i tehnoloških procesa proizvodnje. Analizom rezultata ustanovljene su greške na 38 komada što predstavlja 0,84 % greške. Najveći procenat grešaka je zabeležen kod veličine M koji iznosi 25 komada (2,01 %), a najmanji kod XXS (0 %). Ukupna zahtevana količina je iznosila 4.561, a isporučeno je 4.523 komada odeće što iznosi 99,77 %. Uspešnost proizvodnih linija, kojih je bilo ukupno 18, odražava se na efikasnost čitave proizvodnje. Srednja vrednost uspešnosti svih proizvodnih linija iznosi 77,90 %, što se odnosi na prvi ciklus proizvodnje. Drugi ciklus, koji ne zahteva značajnije proizvodne procese, ima i veću uspešnost odnosno 97,60 %. Kod trećeg ciklusa koji zahteva samo 3 proizvodne linije uspešnost je 100 %. Kako bi se postigli zacrtani ciljevi preduzeća, menadžment prvenstveno mora biti upoznat sa svojim mogućnostima. Poznavati celi proces proizvodnje i kritične tačke u istoj i pojednostaviti ga, radi lakšeg oblikovanja sistema za kontrolu kvaliteta. Da bi kontrola kvaliteta bila efikasnija upotrebljavaju se različiti alati i tehnike. U savremenom kontekstu prva primena statističke kontrole kvaliteta pojavila se u proizvodnji pređe, tokom kasnih 50-ih godina prošlog veka, 1981.godine jedna od najvećih tekstilnih kompanija na svetu Milliken & Company, lansirala je svoj menadžment za totalno upravljanje kvalitetom, sa posebnom posvećenošću na zadovoljstvo kupaca. Svrha rada je primena statističke obrade podataka na uspešnost procesa kontrole kvaliteta, a sa ciljem poboljšanja i smanjenja grešaka nastalih u toku procesa proizvodnje. U Srbiji kontrola kvaliteta još uvek nije u velikoj meri zastupljena ali dolaskom novih inostranih kompanija počinje da se ukazuje na njenu važnost i efikasnost.

Ključne reči: Kontrola kvaliteta, statistička obrada podataka, linijska proizvodnja, konfekcija.

1. UVOD

Kontrola kvaliteta je ključni faktor u tekstilnoj industriji, usko je povezana sa nivoom kvaliteta konačnog proizvoda. Kontrolor kvaliteta prijavljuje greške u proizvodnom procesu kako bi se omogućila brza intervencija, čime se štedi vreme, smanjuju troškovi i organizacioni problemi (Zhezhova et al, 2023).

Detekcija grešaka na tekstilnim materijalima ima ključnu ulogu u kontroli kvaliteta odevnih predmeta. Pravovremeno otkrivanje nedostataka omogućava identifikaciju problema tokom proizvodnje, čime se poboljšava celokupni kvalitet krajnjih proizvoda (Huang, Jing, & Wang, 2021). Tokom procesa pletenja može doći do pojava grešaka što se može odraziti na kvalitet odevnih predmeta (Jvalantkumar, Patel, & Sharma, 2024). Zato se danas predlažu različiti algoritmi za detekciju grešaka koji se mogu klasifikovati na tradicionalne (statističke, strukturalne i spektralne) i one zasnovane na upotrebi veštačke inteligencije (*Machine Learning* i *Deep Learning*) (Das, 2013; Li et al, 2021). Pored toga, neki autori predlažu različite metode za detekciju defekata tekstilnih materijala, uključujući: lokalnu uniformnost, matematičku morfologiju, Gaborove filtere i histogram usmerenih gradijenata (Jacintha & Karthikeyan, 2019).

Završna kontrola, kao ključni korak u sistemu kontrole kvaliteta odevnih predmeta, omogućava ispravljanje grešaka pre njihove dalje distribucije (Jordeva et al, 2024).

Studija sprovedena u tekstilnoj industriji imala je za cilj procenu i unapređenje kontrolnih procesa radi poboljšanja kvaliteta procesa izrade. Kroz analizu studije, posebna pažnja posvećena je primeni mernih i kontrolnih instrumenata kako bi se osigurala doslednost i unapredila efikasnost proizvodnje (Da Silva de Santis et al, 2015). U serijskoj masovnoj proizvodnji, vrlo male promene i faktori mogu se odraziti na rezultate proizvodnje. Kod oko 20 % kompanija, greške u proizvodnji uzrokuju skoro 80 % problema, samim tim statistički je dokazano da te greške dovode do velikih varijacija u proizvodnom procesu što je nepoželjno u bilo kojoj vrsti masovne proizvodnje (Tuna, 2018). Zato je cilj ovog rada predstavljanje procesa izrade i kontrole kvaliteta haljine od pletenine i predstavljanje značaja uticaja menadžmenta za totalno upravljanje kvalitetom.

2. MATERIJALI I METODE

Eksperimentalni deo rada je urađen u kompaniji „Aster Textile“ u Nišu. U radu je navedena detaljna kontrola kvaliteta izrade ženske haljine od pletenine. Analiziran je tehnološki proces izrade haljine (Model 20ESP083). Na Slici 1. prikazana je tehnička skica (a) i izgled (b) analiziranog modela haljine. Finalna kontrola kvaliteta urađena je za 4.561 komad haljine izrađene od pletenine sirovinskog sastava 95% poliestar i 5% elastana.

Slika 1. Model haljine: a) tehnička skica i b) izgled haljine



Izvor: Istraživanje autora

U postavci linije određeni su parametri kao što su: raspored mašina, operatera, vreme izrade i vrsta kontrole koja će se uporedo obavljati. Raspored mašina zavisi od vrsta operacija koje se izvršavaju u toku proizvodnje.

U komaniji su postavljeni čitavi nizovi linija proizvodnje. Na kraju svake se nalazi kontrolni sto za ispitivanje gotovog proizvoda. Greška koja nije uočena na prvoj kontroli se vidi u drugoj koja je po svojoj nameni rigoroznija i koja funkcioniše po *Acceptable quality limit* (AQL), prikazanoj na tabeli 1. Prihvatanje ili odbijanje tražene količine odevnih predmeta zavisi od uzorkovanja u skladu sa AQL tablom (Halim et al, 2019). Tolerancija grešaka pri korišćenju standarda AQL-a od 2,5 je veoma mala. Što znači ukoliko se u uzorku količine odrađenih proizvoda pruže veći broj grešaka nego dozvoljeni, cela količina se „OBARA“ i vraća na početnu kontrolu, što predstavlja veliki gubitak vremena.

Tabela 1. AQL tabela i planovi uzorkovanja

Ukupna količina	Broj ispitivanih uzoraka	AQL 2,5		AQL 4,0	
		Prihvatljivo	Odbijeno	Prihvatljivo	Odbijeno
1 ÷ 150	5	0	1	0	1
151 ÷ 500	20	1	2	2	3
501 ÷ 1200	32	2	3	3	4
1201 ÷ 3200	50	3	4	5	6
3201 ÷ 10000	80	5	6	7	8
10001 ÷ 35000	125	7	8	10	11
35001 ÷ 150000	200	10	11	14	15
150001 ÷ 500000	315	14	15	21	22

Izvor: (Halim et al, 2019)

Kontrola kvaliteta se vrši po principu kazaljke na satu, neophodno je proveriti sva spajanja, etikete, šavove, dodatke i proveriti mere kao i pedantnost šivenja. Greške iz prvog ciklusa se vide u ovoj fazi. Nakon završene kontrole kvaliteta vrši se ispravka određenih proizvoda u drugom i trećem ciklusu rada. Posle tri završena ciklusa proizvodnja količine je gotova. U tabeli 2 prikazane su primenjene operacije za izradu haljine od pletenine. U završnoj kontroli kvaliteta se vrši još jedna kontrola cele količine principom uzorkovanja. Kontrola kvaliteta u procesu izrade se odnosi na nadzor izvršavanja samih operacija i statističke obrade podataka uspešnosti.

Tabela 2. Definisane operacije u procesu izrade haljine od pletenine, prvi i drugi i treći ciklus

	Operacije	Mašine	Predviđeno vreme (s)	Realno vreme (s)
PRVI DRUGI CIKLUS	Spajanje ramena spoljnog dela	Overlok	22	22
	Spajanje gornje dužine spoljnog dela	Overlok	24	24
	Spajanja sredine zadnje strane donjeg dela spoljašnjeg dela	Overlok	25	24
	Bočno spajanje donjeg dela spoljašnjeg dela	Overlok	50	50
	Iberdek spoljašnjeg dela	Overlok	46	25
	Formiranje nabora na pojasu spoljašnjeg dela silikonom	Overlok	28	35
	Spajanje pojasa spoljašnjeg dela	Overlok	55	55
	Spajanje ramena postave	Overlok	22	22
	Spajanje gornje dužine postave	Overlok	24	20
	Spajanje sredine zadnje strane postave	Overlok	25	20
	Bočno spajanje postave	Overlok	50	65
	Našivanje prve etikete	Ravna	18	18
	Iberdek postave	Iberdek	36	30
	Spajanje pojasa postave	Overlok	42	42
	Presavijanje falte na zadnjoj strani postave	Ravna	23	20
	Spajanje okovratnika spoljašnjeg dela i postave	Overlok	50	58
	Iberdekovanje okovratnika	Ravna	50	40
	Našivanje druge etikete	Ravna	25	20
	Overlok pozicije patent zatvarača postave i spoljašnjeg dela	Overlok	50	60
	Obeležavanje za patent zatvarač	Sto	50	20
	Obeležavanje za patent zatvarač	Sto	12	10
	Nabacivanje patent zatvarača	Ravna	96	74
	Zatvaranje patent zatvarača	Ravna		20
	Uzdužni šav patent zatvarača	Ravna	25	20
	Spajanje vrhova okovratnika i patent zatvarača	Ravna	30	20
	Spajanje donjih vrhova patent zatvarača	Ravna		22
	Spajanje patent zatvarača u predelu pojasa	Ravna		22
	Hvatanje luka rukava postave i spoljašnjeg dela	Ravna	48	40
	Nabacivanje rukava	Overlok	72	62
	Formiranje nabora na rukavu	Overlok baby	22	30
Formiranje karnera silikonom	Overlok	13	13	
Peglanje nabora	Sto	7	7	
Sećenje nabora	Sto	7	7	
Nabacivanje nabora	Overlok	34	38	
Iberdekovanje nabora	Ravna	30	24	
Spajanje dužine rukava	Overlok	42	38	
Spajanje rukava	Ravna	26	24	
Okretanje kontrola	Sto	10	5	
	Ukupno vreme		1189	1146
TREĆI CIKLUS	Peglanje	Pegla	152	115
	Kontrola	Sto	119	124
	Merenje	Sto	30	30
	Pakovanje	Sto	25	40
	Kesa i kutija	Masa	10	19
		Ukupno vreme		336

Izvor: Istraživanje autora

3. REZULTATI I DISKUSIJA

U tabeli 3 predstavljen je ukupan broj realizovanih komada po veličinama sa prikazanim procentima grešaka.

Tabela 3. Ukupan broj realizovanih komada po veličinama

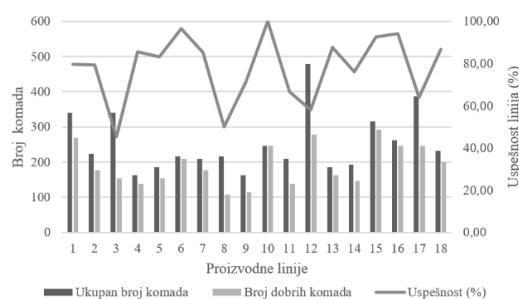
Veličine	XXS	XS	S	M	L	XL	XXL	Ukupno
Ugovorena količina	3	692	1076	1271	841	511	167	4561
Isporučena količina	3	687	1073	1246	844	507	163	4523
Razlika	0	-5	-3	-25	-3	-4	-4	-38
Procentat	0%	-1%	0%	-2%	0%	-1%	-2%	-1%

Izvor: Istraživanje autora

Analizom rezultata, prema granicama AQL-a, kod veličina XXS, S i L, nije zabeležen procenat greške. Najveći procenat greške od 2% pronađen je kod veličina M i XXL. Od 4.561 ugovorenih isporučeno je 4.523 komada, ovaj broj komada predstavlja 1% greške što je zadovoljavajući procenat za ovu količinu. Veći broj grešaka je pronađen kod veličina koje su imale veći broj traženih komada što povećava mogućnost za pojavu grešaka. Uzrok nastalih grešaka može imati različite faktore, uključujući složenost tehnoloških procesa i ljudske faktore.

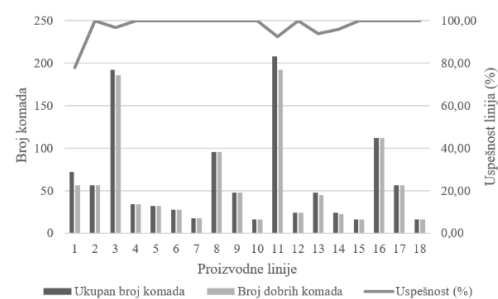
Tri najčešće greške koje su se ponovile na više modela bile su: neskraćen konac posle iberovanja, u procesu spajanja gornjeg dela donje haljine, pletenina je uhvaćena na pogrešno mesto i okretanje okovratnika (narušena pravilna krivina). Ovakve greške se mogu rešiti raspirivanjem i sečenjem, tako da dodatno krojenje krojnih delova nije bilo potrebno. Ove greške su pronađene u prvom i drugom ciklusu kontrole kvaliteta. Na modelu nije bilo fleka tako da se nakon procesa šivenja prešlo na fazu pranja i peglanja. Na slikama 2, 3 i 4 prikazana je uspešnost svake linije posebno kao i broj zadovoljavajućih komada koje su prošle kontrolu kvaliteta.

Slika 2. Rezultati uspešnosti prvog ciklusa



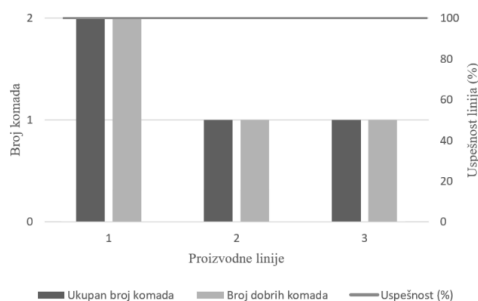
Izvor: Istraživanje autora

Slika 3. Rezultati uspešnosti drugog ciklusa



Izvor: Istraživanje autora

Slika 4. Rezultati uspešnosti trećeg ciklusa



Izvor: Istraživanje autora

Tabela 4. Težinski koeficijent za prvi, drugi i treći ciklus

Linija	Težinski koeficijent		
	I ciklus	II ciklus	III ciklus
1	0,0592	0,0511	0,6667
2	0,0389	0,0511	0,3333
3	0,0338	0,1697	0,3333
4	0,0305	0,0310	
5	0,0338	0,0310	
6	0,0457	0,0255	
7	0,0389	0,0164	
8	0,0237	0,0876	
9	0,0254	0,0438	
10	0,0541	0,0146	
11	0,0305	0,1752	
12	0,0609	0,0219	
13	0,0355	0,0411	
14	0,0321	0,0210	
15	0,0643	0,0146	
16	0,0541	0,1022	
17	0,0609	0,0511	
18	0,0440	0,0146	

Izvor: Istraživanje autora

Analizom rezultata za sve cikluse (slike 2, 3 i 4) zaključeno je da je naveće odstupanje u uspešnosti proizvodnih linija zabeleženo za ciklus jedan. Prvi ciklus rada se odnosi na početak proizvodnje haljine. U ovom ciklusu se može videti veći procenat greške. Najveći procenat uspešnosti prvog ciklusa je utvrđen kod linije 10 (100 %) dok je najniža vrednost uspešnosti od 45,45 % pronađena kod linije 3. Srednja vrednost uspešnosti prvog ciklusa je 77,90 % dok je srednja vrednost drugog ciklusa 97,60 %. Maksimalna uspešnost kod drugog ciklusa zabeležena je kod čak 13 proizvodnih linija, a najniža (77,78 %) kod linije 1.

Srednja uspešnost od 100 % je zabeležena kod trećeg ciklusa gde su sve linije imale maksimalnu uspešnost, što se objašnjava malim brojem modela za izradu. Od ugovorene količine isporučeno je 4.523 komada, dok je odbačenih modela bilo 38. U tabeli 4. predstavljen je težinski koeficijent za sva tri ciklusa rada po linijama. Težinski koeficijent predstavlja udeo svake proizvodne linije na ukupnu količinu isporučenih modela. Najviše vrednosti težinskog koeficijenta u prvom ciklusu zabeležene su kod linije 12 (0,060), u drugom ciklusu kod linije 11 (0,175) i u trećem kod linije 1 (0,666).

4. ZAKLJUČAK

Kompanije teže cilju stabilnije i održive proizvodnje, što predstavlja i glavnu viziju kontrole kvaliteta. Totalno upravljane kvalitetom predstavlja čitav sistem odvojenog delovanja koji direktno utiče na proizvodnju. Sagledavanje proizvodnih i tehnoloških procesa, usklađivanje sa zahtevima kupaca uz maksimalnu efikasnost procesa izrade, predstavlja glavni zadatak totalnog upravljanja kvalitetom. Kontrolisanjem količine uzoraka nakon svakog odrađenog ciklusa proizvodnje i uočavanjem grešaka na vreme postiže se viša vrednost zadovoljavajućih komada odevnih predmeta. Pravovremeno uočavanje grešaka, smanjuje količinu totalno odbačenih modela, vreme izrade čitave količine kao i troškove proizvodnje. Ono što je karakteristično i što je pokazala statistika jeste da u početku izrade odevnog predmeta postoji određeni period navikavanja kada je procenat greške veći, pa je neophodno često vraćanje i kontrolisanje rada. Analizom kvaliteta proizvodnje haljine od pletenine zaključeno je da su greške u prvom ciklusu bile najzastupljenije sa srednjom uspešnošću od 77,90 %, dok su u drugom i trećem ciklusu zabeležena značajnija poboljšanja sa vrednostima od 97,60 % i 100 %, po redosledu navođenja. Najzastupljenije greške kao što su neskrćen konac, pogrešno spojena pletenina i okretanje okovratnika uspešno su rešene u ranijim fazama kontrolne kvaliteta čime su eliminisane dodatne faze korigovanja npr. krojenje novih krojnih delova. Kontrola kvaliteta predstavlja bitan faktor na koji se gleda kao mera prevencije u zaštite kupaca i koja zahteva konstantna ulaganja. Buduća istraživanja mogu da uključe primenu veštačke inteligencije i automatizaciju proizvodnih procesa sa akcentom na mogućnost nastanka grešaka.

REFERENCE

- Das, A. (2013). Testing and statistical quality control in textile manufacturing. In A. Majumdar, A. Das, R. Alagirusamy, & V. K. Kothari (Eds.), *Process control in textile manufacturing* (pp. 41–75). Woodhead Publishing.
- Da Silva de Santis, S. H., Marcicano, J. P. P., Sanches, R. A., Santos, S. R., Held, M. S. B., & Scopinho, C. E. D. (2015). Textile quality management: Controls and measures to increase the quality of the processes of a small industry. *International Journal of Arts and Commerce*, 4(1), 72–86.
- Halim, A. F., Chakma, A., Hossen, M. M., & Royd, A. (2019). Comparative study of the inspection parameters for AQL 2.5% and 1.5% in garments Manufacturing Process. *Journal of Textile Science & Fashion Technology*, 2(4).
- Huang, Y., Jing, J., & Wang, Z. (2021). Fabric Defect Segmentation Method Based on Deep Learning, IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, 70, pp. 1-15.
- Jacintha & S. Karthikeyan. (2019). A Survey on Various Fabric Defect Detection Methods. 2019 International Conference on Communication and Signal Processing. pp. 0801-0805
- Jordeva, S., Zhezhova, S., Longurova, S. G., Risteski, S., & Dimitrijeva-Kuzmanoska, V. (2024). Final quality control of shirts. U *Zborniku radova VII Međunarodne naučne konferencije „Savremeni trendovi i inovacije u tekstilnoj industriji“* (str.). Beograd, Srbija, 19-20. septembar.
- Jvalantkumar, K., Patel, & Sharma. B. K. (2024). Model based approach on textile quality control using image processing with ANN. *Journal of Emerging Technologies and Innovative Research*, 11(5), 131-140.
- Li, C., Li, J., Li, Y., He, L., Fu, X., & Chen, J. (2021). Fabric defect detection in textile manufacturing: A survey of the state of the art. *Security and Communication Networks*, 2021, 1-13.
- Tuna, S. (2018). Keeping track of garment production process and process improvement using quality control techniques. *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*, 6(1), 11–26.
- Zhezhova, S., Jordeva, S., Golomeova Longurova, S., Risteski, S. & Dimitrijeva - Kuzmanoska, V. (2023). Final control of men's shirts. VI International Scientific Conference: Contemporary Trends and Innovations in the Textile Industry, Belgrade, 14-15 September 2023, pp.415-423.