

Faze razvoja kvaliteta – zaključno sa konceptom Kvaliteta 5.0

DIJANA M. TADIĆ, Univerzitet u Novom Sadu,
Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin“, Zrenjanin

Pregledni rad

UDC: 006.83

005.332:330.341.1(100)"20"

DOI: 10.5937/tehnika2205643T

U ovom radu su predstavljene faze razvoja kvaliteta. Svaka industrijska revolucija, ostvarila je uticaj na pojmljenje kvaliteta, poboljšavajući i unapređujući njegov koncept. Naglasak je na Kvalitetu 4.0 i Kvalitetu 5.0, čiji su koncepti formirani pod uticajem savremenih tehnologija. Na osnovu koncepta Kvaliteta 4.0, predstavljenog od strane drugih autora, i jasnih razlika između Četvrtе i Pete industrijske revolucije, u ovom radu je izveden koncept Kvaliteta 5.0, za koji se smatra da je najviši oblik kvaliteta savremenog doba.

Ključne reči: industrijska revolucija, kvalitet, tehnologija

1. UVOD

Svaka industrijska revolucija, karakteristična je po nekim novinama, koje su trajno ubrzale i olakšale proces proizvodnje. Svet se trenutno nalazi na pragu Pete industrijske revolucije. Nakon skoro četiri veka, ljudski rad zamenile su automatizovane mašine, koje ne samo zamenjuju čoveka u jednoličnim, monotonim i teškim fizičkim poslovima, već im pomažu u svakodnevnom životu, omogućujući lakše, brže i sigurnije obavljanje svih delatnosti.

Kvalitet je spoznat od davnina. Na različite načine se merio i ocenjivao. Sa različitim izumima, dolazilo je i do promena u stvaranju kvaliteta. Danas, u doba savremene tehnologije, kvalitet je opet modifikuje i prilagođava novim proizvodnim okolnostima.

Ovaj rad ukratko predstavlja hronološkim redom industrijske revolucije i novine koje su donele sa sobom. Takođe, obuhvaćena je suština kvaliteta koja se u tom periodu smatrana za osnovnu.

Koncept Kvaliteta 4.0 karakterišu tehnologije koje su obeležile 21. vek. Kvalitet 5.0, zajedno sa Petom industrijskom revolucijom, pravi korak dalje, stavljajući čoveka i njegove potrebe u fokus. Kvalitet je odvek bio važan sastavni deo svakog proizvoda, a sada sa pregršt tehnoloških mogućnosti, njegova važnost dolazi još više do izražaja.

Adresa autora: Dijana Tadić, Univerzitet u Novom Sadu, Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin“, Zrenjanin, Đure Đakovića bb

e-mail: tadidijana93@gmail.com

Rad primljen: 15.08.2022.

Rad prihvaćen: 05.09.2022.

Osnova ovog rada bazira se na predstavljanju koncepta Kvaliteta 5.0, koji je izveden iz osnovnih razlika Industrije 4.0 i Industrije 5.0, kao i već ponuđenog koncepta Kvaliteta 4.0.

2. PREOBRAŽAJI KVALITETA KROZ INDUSTRIJSKE REVOLUCIJE

2.1. Prva industrijska revolucija – Kvalitet 1.0

Druga polovina 18. veka i Velika Britanija, vezuju se za početak Prve industrijske revolucije. Izumi koji su se pojavili u ovom periodu, izmenili su dotadašnju ručnu proizvodnju i preobrazili je u industrijsku. Novine poput mehaničkog kombajna za pšenicu, parne i šivaće mašine, ubrzali su i olakšali proizvodnju; industrijske mašine značajno su povećale proizvodnju proizvodnih objekata; otkriće telegrafa i telefona omogućili su komunikaciju na daljinu, a železnice i automobili - poboljšali transport. Ove novine, dovele su do, do tada, nezapamćenog društvenog razvoja.

Praćenje kvaliteta, karakterističnog za ovaj period, vršeno je pomoću različitih statističkih kontrola kvaliteta unutar organizacije i inspekcijom proverom od strane trećeg lica [1].

2.2. Druga industrijska revolucija – Kvalitet 2.0

Od otkrića prvog velikog izvora nafte, u drugoj polovini 19. veka u SAD, ređaju se inovacije koje trajno menjaju život na Zemlji. Taj period se smatra početkom Druge industrijske revolucije.

Nafta postaje najvažniji pogonski izvor energije u svetu; spoznaje se motor na naizmeničnu struju, koji postaje osnova današnje pogonske elektrotehnike;

omogućeno je prenošenje električne energije na velike udaljenosti, kao i njena masovna upotreba; benzin je pokretao motore automobila, vozova, brodova i aviona; proizvodnja čelika omogućila je razvoj teške industrije, a automatizovane mašine i montažne linije, obezbedili su masovnu proizvodnju. Ova revolucija je prestigla prethodnu po razvoju.

U ovom periodu, u žiži interesovanja bio je skup standarda za upravljanje kvalitetom (ISO 9000), koji je bio osiguranje minimalno prihvatljivog nivoa kvaliteta za dobavljače [1].

2.3. Treća industrijska revolucija – Kvalitet 3.0

Glavna karakteristika Treće industrijske revolucije vezuje se za prvu polovinu 20. veka i predstavlja promenu iz analogne i elektronske tehnologije, u digitalnu. Tehnologije poput kompjutera, mobilnih telefona i faks mašina, postaju čovekova svakodnevnica. Upotreba Interneta postala je široko rasprostranjena i gotovo neizostavan faktor svake industrije. To je podiglo industrijsku produktivnost na viši nivo. Informacione tehnologije smatraju se za najvažnijeg nosioca društvenog napretka od ovog perioda.

Kada je reč o kvalitetu u Trećoj industrijskoj revoluciji, fokus je bio usmeren na zadovoljstvo kupaca [1]. U ovom periodu iznedrile su metodologije poput Lean Manufacturing, Six Sigma, kao i program TQM – Total Quality Management.

2.4. Četvrta industrijska revolucija – Kvalitet 4.0

Sa početkom 21. veka, prepoznata je Četvrta industrijska revolucija. Karakteristično za ovu revoluciju jesu tehnologije koje su uklonile barijere između ljudi i mašina. Pametni gradovi, inteligentni roboti i vozila, senzori, 3D štampači i dr, samo su neki od predstavnika Industrije 4.0.

S obzirom na tehnološku raznovrsnost i njenu neverovatnu moć, koja je došla do izražaja sa Industrijom 4.0, bilo je nesumnjivo da će nastupiti promene po pitanju kvaliteta proizvoda i usluga.

Posledice koje su usledile nakon primene navedenih tehnologija, uticale su i na koncept upravljanja kvalitetom, koji je prelazio granice usklađenosti i nadzorne uloge stručnjaka za kvalitet [2]. Bilo je neophodno kreirati potpuno novi koncept, koji bi odgovorio na novonastale zahteve, koji su proistekli iz Industrije 4.0 [3].

Svrha Kvaliteta 4.0 je da poveže savremene tehnologije sa tradicionalnim metodama kvaliteta, kako bi se optimizovale performanse [17, 16]. Međutim, prema Kamili Armani i saradnicima [18], koncept Kvaliteta 4.0 nije osmišljen da bi promenio osnovne principe kvaliteta, već da uz pomoć tehnologije poboljša iste. Pored poboljšanja osnove kvaliteta, neki

autori [19, 20] smatraju da Kvalitet 4.0 doprinosi celom lancu vrednosti u organizaciji.

Kvalitet 4.0 se može definisati kao „digitalizacija kvaliteta dizajna, kvaliteta usaglašenosti i kvaliteta performansi korišćenjem savremenih tehnologija“ [15]. Daniel Jakob [16] je rekao da ovaj kvalitet predstavlja digitalizaciju upravljanja kvalitetom, koji integriše tehnologiju, procese i ljude.

Prema Hadiju Jamkhaneh i saradnicima [21], najvažniji elementi Kvaliteta 4.0 jesu brzina projektovanja, proizvodnje i isporuke, kao i kvalitet softvera i obrade podataka. Neki autori [22] su osmislili strategiju za kvalitet, koja može da odgovori zahtevima Četvrte industrijske revolucije. Strategija se naziva „Otvoreni kvalitet“, i podrazumeva slobodu pri kreiranju karakteristika nekog proizvoda.

Koncept Kvaliteta 4.0, neizostavno mora da prati trendove Industrije 4.0 i tehnološke mogućnosti koje su iznedrile sa njom.

3. UTICAJ SAVREMENIH TEHNOLOGIJA NA KONCEPT KVALITETA

Ekspanzija rasta tehnoloških dostignuća, pored Četvrte, obeležila je i Petu industrijsku revoluciju. Reč je o veštačkoj inteligenciji, naprednim materijalima, virtuelnoj stvarnosti, kognitivnim tehnologijama, aditivnoj proizvodnji, Internet stvarima, analizi podataka i drugim.

Pokazalo se da navedene tehnologije imaju ogroman uticaj na proizvodnu i uslužnu industriju [7]. Neki autori su naglasili da je neophodno ići u korak sa ovim tehnologijama, kako bi se ostvarila konkurentnost na tržištu [11].

Kvalitet je ključan kada se govori o konkurentnosti neke organizacije, a tehnologije imaju sposobnost da ostvare visoki kvalitet, koji današnji kupci očekuju [12]. Stoga, važnost upravljanja kvalitetom usled tehnoloških promena, globalne konkurencije i sofisticiranih zahteva kupaca, postaje sve izraženije [8, 9, 10]. Upravljanje podacima i dobijanje kvalitetnih informacija, treba istaći kao jednu od bitnih prednosti koju tehnologije omogućavaju [6].

Prema Ansrevu Chiarini [7], suština Kvaliteta 4.0 bazira se na podršci velikih podataka, analitike i veštačke inteligencije; razvoju veština i kulture Kvaliteta 4.0; zajedničkoj proizvodnoj vrednosti za kupca i upotrebi sajber fizičkih sistema zarad osiguranja i kontrole kvaliteta. Zonnenshain Avigdor i Ron Kenet [5], su takođe istakli važnost upravljanja podacima i značaj kvalitetnih informacija, i dali predloge za prelazak sa kvaliteta proizvoda/usluga na Kvalitet 4.0.

Zahvaljujući tehnologiji, omogućeno je praćenje napredovanja željenog proizvoda, kao i pogodnost da se proizvod u svakom trenutku promeni i usavrši [4].

Upravljanje kvalitetom je dobilo sasvim drugu dimenziju posmatranja, što je rukovodioce kvaliteta stavilo pred ogroman izazov. Upravljanje kvalitetom je danas veoma atraktivna tema među istraživačima [13], a ovaj trend je porastao sa Industrijom 4.0 [14].

4. KONCEPT KVALITETA 5.0

Prema Gilbertu Santos i njegovim saradnicima [23], koncept Kvaliteta 4.0 čine osnovne karakteristike Industrije 4.0 i glavni parametri kontrole kvaliteta. Tehnološke inovacije koje su obeležile Četvrtu industrijsku revoluciju, a koje su pomenuti autori naveli jesu: veliki podaci, autonomni roboti, simulacija, horizontalna i vertikalna integracija, Internet stvari, sajber bezbednost, računovodstvo u oblaku, aditivna proizvodnja i proširena stvarnost. Sa druge strane, kontrolu kvaliteta su predstavili zahtevi kvaliteta, usaglašenost, sposobnost, sledljivost, neusaglašenost i analiza defekta. Sažeto predstavljeno, koncept Kvaliteta 4.0 je formulisan u vidu sledećeg izraza [23]:

Glavni stubovi Industrije 4.0 + Kontrola kvaliteta = Kontrola Kvaliteta 4.0

Tabela 1. Razlike ključnih aspekata između Industrije 4.0 i Industrije 5.0 (Preuzeto i modifikovano od [24])

355. 43:005.5 91	355.43:005. 591	355.43:005.591
355. 43:005.5 91	355.43:005. 591	355.43:005.591
355. 43:005.5 91	355.43:005. 591	355.43:005.591
355. 43:005.5 91	355.43:005. 591	355.43:005.591
355. 43:005.5 91	355.43:005. 591	355.43:005.591
355. 43:005.5 91	355.43:005. 591	355.43:005.591

U radu Enrika Koronado i drugih [24], može se videti sažeta tabela, koja je sa manjim izmenama predstavljena u ovom radu (tabela 1), koja ističe razlike između Industrije 4.0 i Industrije 5.0, prema većem broju autora [25, 26, 27, 28].

Suštinska razlika između navedenih industrijskih revolucija jeste čovek i odnos prema njemu. Industrija

5.0 usmerava tehnološke inovacije za rad u službi stvaranja blagostanja života ljudskih bića. Stoga, može se naslutiti da Kvalitet 5.0 podrazumeva aktivnosti koje će obogatiti život čoveka na Zemlji.

Vodeći se formulom koncepta Kvaliteta 4.0, i navedenih razlika, formiran je nov okvir koncepta Kvaliteta 5.0.

U tabeli 2, prikazane su odlike Industrije 5.0 koje u kombinaciji sa kontrolom kvaliteta čini osnovu kontrole Kvaliteta 5.0.

Tabela 2. Koncept Kvaliteta 5.0

Odlike Industrije 5.0 + Kontrola kvaliteta = Kontrola Kvaliteta 5.0	
Karakteristike Industrije 5.0:	Odlike kontrole kvaliteta:
Socijalno orjentisano društvo	Usaglašenost
Vraćanje čoveka u proizvodne pogone	Sposobnost
Saradnja čoveka sa mašinama	Sledljivost
Kolaborativni roboti	Neusaglašenost
Bioekonomija	Analiza defekata
Otporne industrije

5. ZAKLJUČAK

Svaka industrijska revolucija, obeležila je jedno razdoblje, koje ostaje upamćeno po novinama i promenama u proizvodnim pogonima, i uticaju na kvalitet ljudskog života generalno.

Koncepti kvaliteta su se modifikovali u skladu sa tehnološkim trendovima i inovacijama koje su olakšavale i unapređivale tok proizvodnih procesa svih ovih godina.

Tehnologije koje su obeležile 21. vek, uzdrmale su sve oblike proizvodnih delatnosti, primoravajući ih na promene i prilagođavanje savremenom obliku proizvodnje. Industrija 5.0, kao i kvalitet koji se u njemu bazira, postavlja čoveka u centar svih zbivanja. Koncept koji iz toga proizilazi, predstavljen je u ovom radu oslanjajući se na suštinske razlike Četvrti i Pete industrijske revolucije, kao i osnovne odlike kontrole

kvaliteta. Na taj način, predočena je osnovna koncepta Kvaliteta 5.0, koji će se sa daljim radom i istraživanjem formirati u kompletniju i kompleksniju celinu.

LITERATURA

- [1] Prashar A, Quality management in industry 4.0 environment: a morphological analysis and research agenda. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 2022.
- [2] Gunasekaran A, Subramanian N, & Ngai, W. T. E. Quality management in the 21st century enterprises: Research pathway towards Industry 4.0. *International journal of production economics*, 207, 125-129, 2019.
- [3] Nikolova-Jahn I. Quality management and requirements of the fourth technical revolution. *Industry 4.0*, 4(2), 61-63, 2019.
- [4] Navickas V, Kuznetsova S. A. & Gruzauskas V. Cyber-physical systems expression in industry 4.0 context. *Financial and credit activity problems of theory and practice*, 2(23), 188-197, 2017.
- [5] Zonnenshain, A., & Kenett, R. S. Quality 4.0 - the challenging future of quality engineering. *Quality Engineering*, 32(4), 614-626, 2020.
- [6] Elgendy N. & Elragal A. Big data analytics in support of the decision making process. *Procedia Computer Science*, 100, 1071-1084, 2016.
- [7] Chiarini A. Industry 4.0, quality management and TQM world. A systematic literature review and a proposed agenda for further research. *The TQM Journal*, 2020.
- [8] Araújo R, Santos G, da Costa J. B. & Sá J. C. The quality management system as a driver of organizational culture: An empirical study in the Portuguese textile industry. *Quality Innovation Prosperity*, 23(1), 1-24, 2019.
- [9] Bravi L, Murmura F, & Santos G. The ISO 9001: 2015 quality management system standard: Companies' drivers, benefits and barriers to its implementation. *Quality Innovation Prosperity*, 23(2), 64-82, 2019.
- [10] Sá J. C, Amaral A, Barreto L, Carvalho F. & Santos, G. Perception of the importance to implement ISO 9001 in organizations related to people linked to quality-an empirical study. *International Journal for Quality Research*, 13(4), 1055, 2019.
- [11] Cunha T. P, Méxas M. P, da Silva A. C. & Quelhas, O. L. G. Proposal guidelines to implement the concepts of industry 4.0 into information technology companies. *The TQM Journal*, 32(4), 741-759, 2020.
- [12] Nardo M, Forino D, & Murino T. The evolution of man-machine interaction: The role of human in Industry 4.0 paradigm. *Production & manufacturing research*, 8(1), 20-34, 2020.
- [13] Santos G, Mandado E, Silva R. & Doiro M. Engineering learning objectives and computer assisted tools. *European Journal of Engineering Education*, 44(4), 616-628, 2019.
- [14] Foidl H. & Felderer M. Research challenges of industry 4.0 for quality management. In *International conference on enterprise resource planning systems* (pp. 121-137). Springer, Cham, November 2015.
- [15] Sony M, Antony J, & Douglas J. A. Essential ingredients for the implementation of Quality 4.0: a narrative review of literature and future directions for research. *The TQM Journal*, 2020.
- [16] Jacob D. Quality 4.0 impact and strategy handbook: getting digitally connected to transform quality management. *LNS Research, Cambridge*, 2017.
- [17] Aldag M. C, & Eker B. What is Quality 4.0 in the era of industry 4.0. In *Proceedings of the 3rd International Conference on Quality of Life, Kopaonik, Serbia* (pp. 28-30), november, 2018.
- [18] Armani C. G, de Oliveira K. F, Munhoz I. P. & Akkari A. C. S. Proposal and application of a framework to measure the degree of maturity in Quality 4.0: a multiple case study. In *Advances in Mathematics for Industry 4.0*, (pp. 131-163). Academic Press, 2021.
- [19] Johnson, S. Quality 4.0: A trend within a trend. *Quality*, 58(2), 21-23, 2019.
- [20] Sony M. Industry 4.0 and lean management: a proposed integration model and research propositions. *Production & Manufacturing Research*, 6(1), 416-432, 2018.
- [21] Jamkhaneh H. B, Shahin A, Parkouhi S. V. & Shahin R. The new concept of quality in the digital era: a human resource empowerment perspective. *The TQM Journal*, 2021.
- [22] Hyun Park, S, Seon Shin W, Hyun Park Y. & Lee Y. Building a new culture for quality management in the era of the Fourth Industrial Revolution. *Total*

- Quality Management & Business Excellence*, 28(9-10), 934-945, 2017.
- [23] Santos G, Sá J. C, Félix M. J, Barreto L, Carvalho F, Doiro M, ... & Stefanovic M. New Needed Quality Management Skills for Quality Managers 4.0. *Sustainability* 2021, 13, 6149, 2021.
- [24] Coronado E, Kiyokawa T, Ricardez G. A. G, Ramirez-Alpizar I. G, Venture G. & Yamanobe N. Evaluating quality in human-robot interaction: A systematic search and classification of performance and human-centered factors, measures and metrics towards an industry 5.0. *Journal of Manufacturing Systems*, 63, 392-410, 2022.
- [25] Breque M, De Nul L. & Petridis A. Industry 5.0: towards a sustainable, human-centric and resilient European industry. Luxembourg, LU: *European Commission, Directorate-General for Research and Innovation*, 2021.
- [26] Xu X, Lu Y, Vogel-Heuser B. & Wang L. Industry 4.0 and Industry 5.0 - Inception, conception and perception. *Journal of Manufacturing Systems*, 61, 530-535, 2021.
- [27] Demir K. A, Döven. & Sezen B. Industry 5.0 and human-robot co-working. *Procedia computer science*, 158, 688-695, 2019.
- [28] Nahavandi S. Industry 5.0 - A human-centric solution. *Sustainability*, 11(16), 4371, 2019.

SUMMARY

PHASES OF QUALITY DEVELOPMENT - CONCLUDING WITH THE CONCEPT OF QUALITY 5.0

This paper presents the stages of quality development. Every industrial revolution had an impact on the concept of quality, improving and advancing its concept. The emphasis is on Quality 4.0 and Quality 5.0, the concepts of which were formed under the influence of modern technologies. Based on the concept of Quality 4.0, presented by other authors, and the clear differences between the Fourth and Fifth Industrial Revolutions, this paper presents the concept of Quality 5.0, which is considered to be the highest form of quality in the modern era.

Key Words: Industrial revolution, quality, technology