

UPORABA SODOBNIH TEHNOLOGIJ V PROCESU RAZVOJA PROIZVODA/PROIZVODNEGA PROCESA

DAVID JORGIĆ, TILLEN MEDVED, BENJAMIN URH

Univerza v Mariboru, Fakulteta za organizacijske vede, Kranj, Slovenija
david.jorgic@student.um.si, tilen.medved2@um.si, benjamin.urh@um.si

Zahteve po novih proizvodih, ki so tudi vedno bolj kompleksni, neprestano naraščajo, podjetja pa se morajo na te zadeve ustrezno odzvati z razvojem in proizvodnjo ustreznih proizvodov ob pravem času in po dovolj ugodni ceni, da ne izgubijo konkurenčne prednosti. Čeprav je razvoj novih proizvodov neizbežno povezan s tveganjem, ga je mogoče zmanjšati z uporabo enega izmed referenčnih modelov za obvladovanje aktivnosti razvoja novih proizvodov. V ta namen v poglavju predstavimo pregled razvoja referenčnih modelov razvoja novih proizvodov. V nadaljevanju se osredotočimo na predstavitev sodobnih tehnologij, ki jih podjetja vse pogosteje vključujejo v proces razvoja novih proizvodov. Namen njihovega vključevanja je predvsem v skrajšanju potrebnega časa za razvoj novih proizvodov in znižanju s tem povezanih stroškov. Predstavimo namen vključevanja sodobnih tehnologij ter podamo pregled izzivov, s katerimi se podjetja pri tem srečujejo, in prednosti, ki jih podjetja s tem lahko dosežejo.

DOI
[https://doi.org/
10.18690/um.fov.1.2025.6](https://doi.org/10.18690/um.fov.1.2025.6)

ISBN
978-961-286-947-2

Ključne besede:
razvoj proizvodov,
aditivna proizvodnja,
kolaborativni robot,
referenčni model,
sodobne tehnologije



Univerzitetna založba
Univerze v Mariboru

DOI
[https://doi.org/
10.18690/um.fov.1.2025.6](https://doi.org/10.18690/um.fov.1.2025.6)

ISBN
978-961-286-947-2

Keywords:

product development,
additive manufacturing,
collaborative robot,
reference model,
modern technology

USE OF MODERN TECHNOLOGIES IN THE PROCESS OF PRODUCT DEVELOPMENT/PRODUCTION PROCESS

DAVID JORGIĆ, TILLEN MEDVED, BENJAMIN URH

University of Maribor, Faculty of Organizational Sciences, Kranj, Slovenia
david.jorgic@student.um.si, tilen.medved2@um.si, benjamin.urh@um.si

The demand for new products, which are also increasingly complex, is constantly growing and companies must respond to this demand by developing and producing the right products at the right time and at a price that is affordable enough to maintain their competitive advantage. While new product development inevitably involves risks, these can be mitigated by using one of the reference models for managing new product development activities. To this end, in this section we provide an overview of the development of reference models for new product development. In the following section, we focus on the introduction of modern technologies that are increasingly being integrated by companies into the new product development process. The main goal of integrating advanced technologies is to reduce the time and costs associated with new product development. We introduce the purpose of integrating advanced technologies and provide an overview of the challenges companies face and the benefits they can achieve.



1 Uvod

Uspeh razvoja novih proizvodov je ključnega pomena za rast in blaginjo proizvodnih podjetij (Zirger in Maidique, 1990). Vsi proizvodi imajo določen življenjski cikel in zaradi tega si morajo managerji proizvodnih podjetij nenehno prizadevati za razvoj novih proizvodov, ki bodo zagotovili dolgoročno rast in blaginjo (Bhuiyan, 2011). Zahteve po kompleksnih proizvodih konstantno naraščajo in podjetja morajo biti sposobna proizvesti prave proizvode ob pravem času in po dovolj ugodni ceni, sicer lahko v zelo kratkem času izgubijo konkurenčno prednost (Ogawa idr., 2006; Kušar idr., 2004). Čeprav se kdaj zdi, da se ti proizvodi enostavno pojavljajo na trgu, so ti v resnici rezultat delovnih, finančnih in intenzivnih birokratskih naporov, ki sčasoma vodijo do vstopa na tržišče (Bhuiyan, 2011). Najbolj ranljiva so srednje velika in mala podjetja, ki se skorajda ne morejo primerjati, niti ne morejo tekmovati z velikimi podjetji na svetovnem trgu. Bolj so izpostavljena morebitnim izgubam, ki so povezane z neuspešno vzpostavitvijo koncepta razvoja novega proizvoda, ki so lahko tudi usodne za podjetje, predvsem zaradi manjšega obsega tako finančnih kot tudi nefinančnih sredstev (Verbano in Venturini, 2013; Falkner in Hiebl, 2015).

Čeprav je tveganje neizbežno v razvoju novih proizvodov, ga je vseeno mogoče zmanjšati s sprejetjem sistematičnega referenčnega modela za obvladovanje aktivnosti razvoja novih proizvodov. Raziskovalci v preteklosti niso bili enotni glede referenčnih modelov, zato se je z različnimi raziskavami na tem področju pojavilo več različnih referenčnih modelov razvoja novega proizvoda. V 80. letih prejšnjega stoletja je svetovalno podjetje Booz, Allen, Hamilton, razvilo splošen model za obvladovanje aktivnosti razvoja novih proizvodov, ki je osnova za večino drugih referenčnih modelov razvoja proizvoda in vključuje 7 faz, ki si sledijo po vrsti (Agrawal in Bhuiyan, 2014):

- strategija novega proizvoda,
- generiranje idej,
- preverjanje in ocenjevanje,
- poslovna analiza,
- razvoj in oblikovanje,
- testiranje,
- komercializacija.

Ta široko priznani model je najbolje zajel vse faze različnih modelov, ki jih lahko najdemo v literaturi. Bazira na obsežnih raziskavah, intervjujih in študijah primerov, zato dobro predstavlja prevladujoče prakse v proizvodnji (Agrawal in Bhuyian, 2014).

Z napredkom v tehnološkem okolju se je začela proizvodnja pomikati proti novi paradigmi proizvodnje, kjer prevladujejo manjše proizvodne količine in velika prilagodljivost individualnim potrebam oz. željam potrošnikov (Yang idr., 2020). Industrija 4.0 je v vzponu in spodbuja pristop pametnega razmišljanja v proizvodnih okoljih. Ključnega pomena je postalo, da se procesi proizvodnje in napredna tehnologija med seboj uskladijo z zahtevami in potrebami strank (Sachdeva idr., 2023). Tržišče je v današnjih časih neusmiljeno do proizvajalcev. Dinamičnost okolja je na ravni kot še nikoli do sedaj, kar proizvajalcem povzroča, da so pod konstantnim pritiskom s strani kupcev, ki zahtevajo vse več in bolj izpopolnjene proizvode z vedno krajšim časom, ki ga imajo na voljo za proizvodnjo. Ko je izdelek lansiran in na voljo na tržišču, vedno obstaja tveganje, da ga kupci ne bodo sprejeli in bo rezultat neuspešnega projekta, kar ima lahko na podjetja občutne negativne posledice. V večjih podjetjih je lahko posledica izguba konkurenčne prednosti, medtem ko lahko manjša podjetja z lansiranjem neustreznega proizvoda v najslabšem primeru tudi ogrozijo obstoj podjetja (Verbano in Venturini, 2013; Falkner in Hiebl, 2015).

Ena izmed možnosti, ki jo obravnavamo v nadaljevanju, je vključevanje sodobnih tehnologij v proces razvoja proizvodov in proizvodnega procesa. Z izrazom sodobne tehnologije imamo v mislih predvsem 3D tiskanje, 3D skeniranje, 3D modeliranje in uporabo kolaborativnega robota. Vključitev 3D tehnologij bi proces razvijanja novih proizvodov popeljalo na novo raven z rednim spodbujanjem razmišljanja inženirjev, inovatorjev in razvijalcev v podjetjih, ki svoje ideje lahko testirajo v občutno krajšem času in brez nepotrebnih dodatnih stroškov. 3D tehnologije bi lahko imele transformacijsko vlogo v proizvodnji s poudarkom na prilagodljivosti in stroškovni učinkovitosti (Panda idr., 2023). Prav tako tudi uporaba kolaborativnega robota lahko pomeni bistveni doprinos pri tehnološko zahtevnih, za izvajalca utrujajočih, ponavljajočih se operacijah proizvodnega postopka (Bonci idr. 2021).

Poleg prednosti sodobne tehnologije prinašajo tudi določene izzive, s katerimi se morajo proizvajalci soočiti, oziroma se na le-te ustrezno prilagoditi, kar nam predstavlja tudi dodaten motiv za raziskovanje tega področja. V poglavju najprej predstavljamo metodološka izhodišča procesa razvoja novih proizvodov in nadaljujemo s pregledom možnosti vključitve sodobnih tehnologij. V aplikativnem delu se osredotočamo na predstavitev prednosti uporabe sodobnih tehnologij (3D tehnologij in kolaborativnega robota) in s tem povezanih zahtev v procesu razvoja. Na podlagi tako pridobljenih spoznanj smo rezultate raziskave predstavili v obliki SWOT analize uporabe sodobnih tehnologij v procesu razvoja proizvodov, ki jih strnemo v zaključnem delu.

2 Teoretična izhodišča

V tem poglavju bomo opisali razvoj novih proizvodov ter grafično prikazali in predstavili sistem razvoja novih proizvodov v sedmih fazah. Nato bomo pregledali pet različnih generacij referenčnih modelov razvoja proizvodov. V nadaljevanju bodo predstavljene tri napredne tehnologije, ki so v današnjih časih močno vpete v razvoj novih proizvodov in proizvodnih procesov: 3D tiskanje, 3D skeniranje in računalniško podprto oblikovanje. Te metode omogočajo izjemno natančnost, prilagodljivost in večjo hitrost razvoja od ideje do končnega izdelka. Teoretična izhodišča bomo zaključili s predstavitvijo robotizacije in vpliv le-te na delovno produktivnost, učinkovitost in kakovost proizvodov.

2.1 Razvoj novih proizvodov

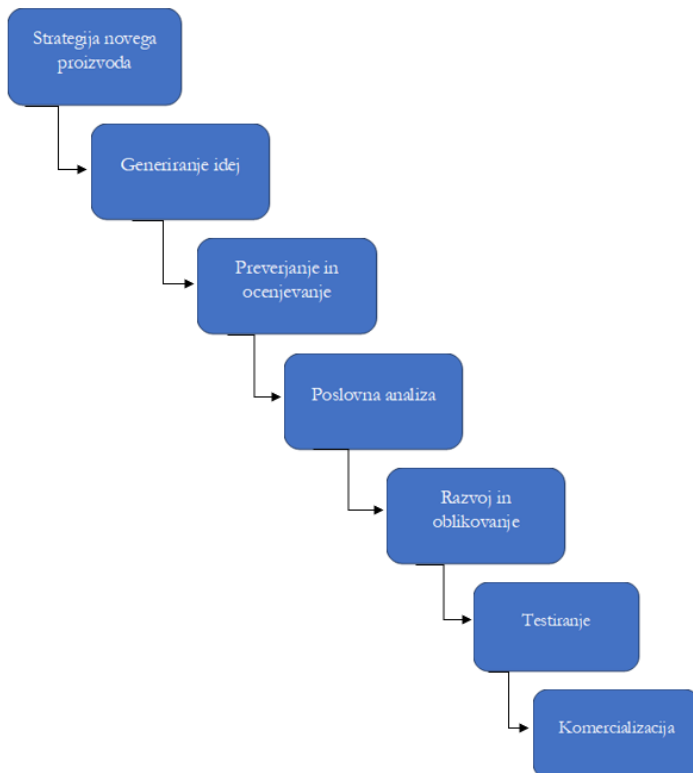
Kot vedno obstaja več kot en način za opredelitev razvoja novih proizvodov oziroma NPD (ang. New Product Development). Odvisno je tudi iz katerega zornega kota gledamo na to področje. Lahko ga gledamo iz vidika marketinga ali pa iz vidika inženiringa. Iz vidika marketinga se razvoj novega proizvoda nanaša na celoten proces dajanja novega proizvoda na tržišče. Proizvod je lahko popolnoma nov ali je prenova že obstoječega proizvoda. Obstajajo tudi primeri, ko proizvajalci postavijo obstoječ proizvod na nov trg, kar običajno pomeni uporabo vsaj nekaterih korakov procesa razvoja novega proizvoda. Če gledamo na razvoj novega proizvoda iz inženirskega vidika, je postopek nekoliko drugačen. Iz inženirskega pogleda so poudarjene tehnične specifikacije, poslovne implikacije so ob strani. S tem želimo poudariti, da je razvoj novih proizvodov veliko bolj osredotočen na tehnično

zasnovno, integracijo funkcij, izdelavo prototipov itd. (Eightception, 2022). V samem začetku faze razvoja novega proizvoda sta oba pogleda (marketinški in inženirski) združena v razvoj proizvoda, ki hkrati zadovoljuje potrebe kupcev in je tehnično izpopolnjen. Tu je ključno sodelovanje medfunkcijskega tima, ki si s strokovnim znanjem iz različnih področij, v tem primeru marketinga in inženiringa, prizadeva za skupni cilj. Čeprav lahko proces teče vzporedno tako v oddelku za marketing kot tudi inženiring, se prvi korak navadno naredi v oddelku za marketing, kjer se analizirajo potrebe in želje kupcev, ki proizvajalce prisilijo v ustvarjanje in generiranje idej, da ustvarijo nov proizvod, ki ga lahko ponudijo na trgu. To ne pomeni, da se to občasno dogaja tudi na inženirskem oddelku. Inženirji se včasih »spotaknejo« ob izjemne tehnološke rešitve, vendar v tistem trenutku še nimajo dovolj informacij in raziskav o željah in potrebah trga, da bi se lahko lotili proizvodnje novega proizvoda, zato rešitev pustijo do takrat, ko se pojavi potreba in želja po njej na trgu. Rešitve teh idej iz inženirske strani so lahko, če uspejo zelo drage in zahtevajo visoke investicije. To pomeni, da je generiranje in ustvarjanje idej na strani marketinga učinkovitejše in omogoča osredotočanje virov na tiste ideje, po katerih obstaja dejansko povpraševanje na trgu (Eightception, 2022).

Sistem razvoja novih proizvodov, ki ga prikazuje Slika 1, avtor Booz in ostali (1982) opredeljujejo kot Booz, Allen, and Hamilton (BAH) model, katerega sestavlja 7 faz:

- Strategija novega proizvoda: Proces novih proizvodov po BAH modelu, se začne s fazo razvoja strategij novih proizvodov. V tej fazi se poveže proces razvoja novega proizvoda s strateškimi cilji podjetja in zagotavlja osredotočenost na generiranje idej ali konceptov in smernic za vzpostavitev kriterijev za pregledovanje.
- Generiranje idej: V drugi fazi se iščejo in ustvarjajo ideje proizvodov, ki se navezujejo na cilje podjetja.
- Preverjanje in ocenjevanje: Preverjanje obsega začetno analizo z namenom, da se ugotovi, katere ideje so ustrezne in si zaslužijo več pozornosti in podrobnejšo študijo.
- Poslovna analiza: Poslovna analiza še naprej ocenjuje ideje na podlagi kvantitativnih faktorjev, kot so dobiček, povratek na naložbo (ang. ROI – Return On Investment) in volumen prodaje.

- Razvoj in oblikovanje: V 5. fazi se ideja, ki je še na papirju, pretvori v proizvod, ki ima zmožnost dokazovanja in ga je dejansko možno proizvesti.
- Testiranje: 6. faza služi komercialnim poskusom, s katerimi si podjetje želi pregled in preverjanje preteklih poslovnih odločitev.
- Komercializacija: Izdelek je lansiran na trg.



Slika 1: Faze razvoja novega proizvoda, BAH model

Vir: prirejeno po Bhuiyan, 2011

2.2 Pregled referenčnih modelov razvoja proizvodov

Z razvojem industrijskega okolja so se skozi zgodovino razvijali tudi referenčni modeli razvoja proizvodov. Referenčne modele razvoja novih proizvodov različnih avtorjev lahko v grobem razdelimo v 5 generacij, ki jih na kratko predstavljamo v nadaljevanju (Guzik, 2023):

- Model 1. generacije: Temelji na strani ponudnika/dobavitelja s predpostavko, da tehnologija spodbuja inovativnost. Ta model definira fazni, kreativni in proizvodni proces, za katerega so odgovorni namenski oddelki znotraj podjetja za nadaljnji razvoj proizvoda. Nevarnost predstavljajo pomanjkljivosti v komunikaciji in medsebojnem sodelovanju članov projektnih skupin. Že vsaka manjša težava v katerikoli stopnji postopka lahko povzroči dodatne zamude, ki lahko v najslabšem primeru tudi ogrozijo celoten projekt.
- Model 2. generacije: Gre za linearni zaporedni model, za katerega je značilen pristop, ki temelji na povpraševanju. Učinkovitost virov je večja, vendar so atributi proizvodov še vedno prehitro definirani. Posledica tega je onemogočen prenos informacij znotraj in zunaj organizacije. Eden od znanih modelov je že opisani BAH model, ki obravnava strategijo proizvoda kot izhodišče za celotni konceptualni postopek.
- Model 3. generacije: Imenovan tudi povezan model, uporablja predpostavke sočasnega inženiringa. Z vzporednim delovanjem in zelo dobrim pretokom informacij se časi izvajanja posameznih timov lahko prekrivajo, kar pomeni, da ljudje odgovorni za projektiranje, izdelavo, izvedbo in zbiranje informacij od prihodnjih potencialnih kupcev proizvoda, delajo neprekinjeno v želji, da proizvod sprožijo na tržišče. Ključni indikator modela tretje generacije je neprekinjeno testiranje in načrtovanje proizvoda v sodelovanju s stranko. Kot primer modela tretje generacije lahko izpostavimo sočasni inženiring (angl. Concurrent engineering).
- Model 4. generacije: V 21. stoletju se je pojavil t.i. integracijski model. Namen integracijskega modela je predvsem deljenje informacij in združevanje znanja iz različnih področij in kasnejše povezovanje.
- Model 5. generacije: Občuten pospešek tehnološkega razvoja in povečana dinamika sprememb v družbeno-ekonomskem okolju sta pripeljala do razvoja povezanega (mrežnega) inovacijskega modela razvoja proizvodov. Pri tem modelu je poudarek na interakciji vseh elementov inovacijskega procesa med nastajanjem proizvodov in rešitev. Pri uporabi tega modela je velik poudarek na vlogi, ki jo imajo tehnologija, informacije, podatkovne baze ter kontinuirana notranja in zunanja komunikacija.

2.3 Sodobne tehnologije v procesu razvoja proizvodov

3D tehnologija je bolj znana pod nazivom aditivna proizvodnja. Prva oblika proizvodnje 3D predmeta s tehniko dodajanja plasti na plast z uporabo računalniško podprtega oblikovanja je bilo hitro prototipiranje, ki se je razvilo v 80. letih prejšnjega stoletja za ustvarjanje modelov in prototipnih delov. Prototipi lahko služijo kot predhodni deli stvari, npr. avtomobilov, letal, strojev itd., kar omogoča, da je oblika videna, testirana, izboljšana ali pa kasneje služi kot sestavni del nekega kompleksnejšega proizvoda (Zukas, 2015). Proces aditivne proizvodnje črpajo informacije iz datotek računalniško podprtega oblikovanja (CAD), ki so kasneje pretvorjene v stereolitografske (STL) datoteke. Ta tehnologija je bila ustvarjena, da bi pomagala ideje inženirjev pretvoriti v resničnost (Wong in Hernandez, 2012). Omenjene 3D tehnologije so med seboj povezane. To lahko prikažemo z enostavnim primerom:

- 3D tiskanje: Izdelava proizvoda na podlagi informacij iz 3D modela.
- 3D skeniranje: Omogoča zajemanje podatkov iz predmeta, ki se nahaja v realnem fizičnem okolju, in jih pretvarja v računalniku razumljive podatke, da jih lahko pretvori v 3D model.
- Računalniško podprto oblikovanje: Omogoča prikaz rezultata 3D skeniranja, ki ga lahko razvijalec/inženir s pomočjo specializirane programske opreme še bolj podrobno izpopolni po svojih zamislih. Rezultat 3D modeliranja je model, ki je definiran z informacijami, potrebnimi za izdelavo proizvoda, in so hkrati razumljive 3D tiskalniku.
- Robotizacija: Sicer ni direktno povezana z oblikovanjem proizvodov, ima pa velik vpliv na povečanje produktivnosti, kvalitete proizvodov, učinkovitosti in optimizacijo proizvodnega postopka.

2.3.1 3D tiskanje

Ko omenimo besedo tiskalnik, ljudje najprej pomislimo na tiskalnik, ki ga uporabljamo doma ali v neki pisarni za tisk besedila ali slik na list papirja. To je tiskalnik, ki uporablja dimenziji dolžine in širine. 3D tiskalnik poleg dolžine in širine dodaja še tretjo dimenzijo in sicer globino odtisa, kar spremeni ploski tisk v predmet, ki je otipljiv, uporaben, ga lahko držimo in uporabljamo. 3D tiski/predmeti lahko

zavzamejo skoraj vsako obliko, odvisno od velikosti tiskalnika. Ko je začetni postopek 3D tiskanja zaključen, lahko 3D tiske skupaj povežemo, sestavimo in tako ustvarimo večje, kompleksnejše produkte. Aditivna proizvodnja je splošni izraz, ki se nanaša na raznovrstne procese izdelave, ki uporabljajo proizvodna orodja za ustvarjanje fizičnega 3D predmeta s tehniko dodajanja plast za plastjo materiala. Prav v tem se aditivna proizvodnja razlikuje od subtraktivne proizvodnje, ki je delovala na konceptu odzemanja materiala od obstoječih virov za ustvarjanje produkta in procesov konsolidacije oz. učvrstitve, kjer se vzamejo manjši deli, ki se združijo/spojijo in se na ta način oblikuje nov izdelek. Če povzamemo, je 3D tiskanje proizvodna metoda, ki vključuje digitalno zasnovano in ustvari fizični 3D objekt z dodajanjem plasti določenega materiala (S. Torta in J. Torta, 2019).

Proces 3D tiskanja je opisan s petimi koraki (S. Torta in J. Torta, 2019):

- Pridobivanje 3D modela: Proces 3D tiskanja se navadno začne z digitalnim dizajnom ali modelom. Ta model je digitalna 3D reprezentanca trdnega predmeta, ki je navadno sestavljena iz trikotnikov. Površine teh trikotnikov so shranjene v računalniški datoteki za opis geometrije modela. Vsi predmeti in formati pri 3D tiskanju uporabljajo trikotnike, da z njihovo pomočjo definirajo površino 3D modela. Seveda to ni edini način, s katerim se lahko ustvari ali pridobi 3D model. To lahko storimo s pomočjo raznih računalniških programov, skenerjev, fotoaparátov ali celo parametričnih matematičnih enačb. Ko je model pridobljen s pomočjo enega od omenjenih orodij, je potrebno poskrbeti, da se informacije in podatki pretvorijo v datoteko, ki jih bo program za razrezovanje razumel.
- Izbiranje formata datoteke: Najpogosteje uporabljena vrsta datoteke za informacije o 3D modelu je STL (Stereolithography) datoteka. Poleg STL datoteke obstajajo še številne druge, kot so OBJ (Object file format), AMF (Additive Manufacturing Format) in 3MF (3D Manufacturing Format).
- Razrez 3D modela: Ko je 3D model proizvoda v uporabnem formatu datoteke, sledi uporaba programske opreme za rezanje proizvoda v natisljive plasti. Program za razrez, v sklopu z nastavitvami, preveri, če so se pojavile napake, razreže 3D izdelek v plasti, doda podporne dele, kjer je to potrebno in ustvari polnilne vzorce za notranjost. Potrebno je omeniti, da je treba podporne dele, ki so po navadi mehanske strukture, predhodno izdelati, da

se proizvod natisne pravilno. Ti podporni deli so po končanem tiskanju odstranjeni iz proizvoda. 3D tiskalnik omenjene informacije in razreze uporabi, da natisne predmet s tehniko plast za plastjo.

- 3D tiskanje: Ko razrezovalni program konča svoj del, se informacije iz razrezanega 3D modela prenesejo do tiskalnika s povezavo z računalnikom ali prek Wi-Fi povezave, USB kabla ali SD kartice. Odvisno od tiskalnika je tudi, kateri material bo uporabljen za proces 3D tiskanja, lahko je plastika, železo, keramika, steklo ... 3D Tiskalnik nato natisne predmet, kar lahko vzame več ur časa, in to opravlja metodično in precizno; sledi navodilom, ki jih je pridobil s podatki iz računalnika. Ko 3D tiskalnik konča s tiskanjem, se odstranijo vsi podporni deli, ki so bili dodani.
- Izboljševanje in popravljanje 3D predmeta: Po končanem tiskanju, je kdaj morda potrebno storiti nekatere izboljšave, preden je proizvod dokončan po željah proizvajalcev. Te izboljšave so lahko čiščenje ali odstranjevanje kateregakoli drugega razpršenega materiala, glajenje plasti, barvanje, montaža ...

2.3.2 3D skeniranje

Pridobivanje 3D oblik je postalo glavni vir, da se ustvarijo kompleksni digitalni 3D modeli. 3D skenerji so zelo podobni kameram. Tako kot kamere imajo stožčasto vidno polje in lahko zajemajo posnetke oz. zbirajo informacije o površinah, ki niso pokrite. Temeljna razlika je, da kamera zbira informacije o barvah površine njenega vidnega polja, medtem ko 3D skener v svojem vidnem polju zbira podatke o razdalji do površine, ki nas zanima. Posnetek, ki ga skener opravi, opisuje razdaljo do površine na vsaki točki na posnetku, s čimer omogoča identificirati trodimenzionalni (3D) položaj vsake točke na posnetku. Po navadi enkratno skeniranje ne bo ustvarilo popolnega subjekta. Ta proces je potrebno ponoviti mnogokrat, iz različnih smeri in kotov, pa tudi takrat ne bomo mogli z gotovostjo trditi, da bo ustvarjen subjekt popoln. Te posnetke, s pomočjo procesa poravnave, združimo, da bi ustvarili celoten model (Ebrahim, 2015).

3D skenerji so zelo natančni, zaradi česar je napovedano širjenje področja obratnega inženiringa. 3D skeniranje je 3D slika dela površine predmeta. 3D model predstavlja niz 3D slik. 2D fotografije so sestavljene iz točk »pikslov«, 3D slike pa iz malih

trikotnikov ali drugih mnogokotnikov. Ti mnogokotniki ustvarijo večnamensko mrežo, ki zelo natančno podvoji obliko predmeta.

Delovni koraki 3D skenerjev so naslednji (Haleem idr., 2022):

- Povezava z napravami: Prvi korak je povezovanje vseh delov 3D skenerja in nameščanje prave kombinacije objektiva kamere, projektorja, postavitev skeniranega predmeta na žarišče vrtljive mize in vklapljanje napajanja. Nato se naložijo podatki o projektu v programsko opremo za skeniranje in nastavijo v skladu z ustrežno lečo, vrtljivo mizico, kalibracijsko ploščo ...
- Nastavljanje parametrov in zbiranje podatkov: V drugem koraku moramo najprej poskrbeti, da smo predmet postavili na sredino vrtljive mizice, v vidnem polju skenerja. Nujno je, da se določi nabor bistvenih nastavitvev, kot so raven kakovosti, konfiguracija kamere, temperatura tipala idr. Potrebno je določiti tudi intenzivnost padajoče svetlobe na predmet, na podlagi informacij o površini predmeta. Ko so vse nastavitve opravljene, se skeniranje lahko začne. Začnejo se meritve in projektor usmeri svetlobne žarke na predmet, program pa dobiva podatke iz odbitega žarka v žarišču kamere.
- Obdelovanje podatkov: Ko so opravljene vse rotacije, se merjenje in pridobivanje podatkov zaključí. Med postopkom skeniranja/pridobivanja podatkov se naberejo tudi nepotrebni podatki, ki se izberejo in izrežejo. Pridobljene podatke naknadno obdelamo, da izboljšamo rezultat meritve in odpravimo napake. Končne podatke nato shranimo v različnih konfiguracijah za možnost uporabe v drugih programih. Naknadna in previdna obdelava podatkov je ključna za izboljšanje potrebnih podatkov.

2.3.3 Računalniško podprto oblikovanje

Najpomembnejši element tehnologije aditivne proizvodnje je 3D modeliranje. 3D modeliranje je postopek, ki lahko ideje inženirjev s pomočjo računalniško podprtega oblikovanja (CAD (ang. Computer-Aided Design)) in le-temu ustrezno prilagojene programske opreme pretvori v računalniški 3D model. Če je inženir na področju proizvodnje, lahko ta 3D model pretvori v fizični predmet/proizvod, najpogosteje s pomočjo 3D tiskanja ali CNC stroja, ki lahko služi kot prototip nekega proizvoda,

sestavni del kompleksnejšega proizvoda ali pa posodobitev obstoječega proizvoda. Torej gre za zapleten postopek, ki vključuje uporabo različnih orodij in ukazov za podrobno konstruiranje natančnega 3D modela (Panda idr., 2023). Prav zato je za opravljanje postopka 3D modeliranja, iz vidika razvijalcev, potreben širok nabor veščin, znanja in razumevanja tega področja.

- 3D modeliranje: CAD je uporaba računalniške programske opreme za pomoč pri oblikovalnih procesih. CAD je lahko uporabljena in pomaga pri oblikovanju 2D risb ali 3D modelov (Chai, 2020). 3D CAD (Computer-Aided Design) modeli se zaradi napredka v moči računalnikov uporabljajo za načrtovanje proizvodov, simulacij in virtualno izdelanih prototipov. CAD modeli imajo glede na svoj namen različne ravni kompleksnosti oblikovanja. Ker obstaja širok nabor programov računalniško podprtega oblikovanja (CAD), ki variirajo v ceni, kakovosti, zapletenosti uporabe itd., morajo inženirji poskrbeti, da imajo tisti program ali programe, ki odgovarjajo finančnim okvirjem podjetja, znanju razvijalcev, primerni ravni funkcionalnosti programa in zmogljivosti računalnika (Sarcar idr., 2008).
- 3D simulacija: Za podporo in spodbujanje razvoja na področju robotike se je razvilo veliko število različnih orodij skladno s povpraševanjem. Kot primer tega, lahko navedemo simulatorje. Programska oprema za simulacijo predstavlja preprosto in bolj ekonomično alternativo za potrjevanje kompleksnih sistemov, platform ali prototipov. 3D simulacija je pogosto odgovorna za potek robotskih raziskav, ki se ne bi zgodile brez nje, v primeru finančnih omejitev/zmožnosti. Projekte je mogoče simulirati že preden se dejansko izvedejo, s čimer fizične modele, senzorje idr. prilagajamo ustrezno uporabnikom. Zahvaljujoč napredku na področju računalništva, je nastalo in se razvilo veliko orodij za simulacijo/vizualizacijo. Sodobni robotski simulatorji lahko pomagajo pri pridobivanju kompleksnejših fizikalnih simulacij, 3D vizualizacij, virtualnem modeliranju robotov in novih raziskavah. Obstaja tudi programska oprema, ki je zmožna prirediti okolje/situacijo, ki je namenjena npr. avtomobilski, robotski, biomedicinski in drugi industriji. Kot primer lahko navedemo zdravnike, ki se učijo s pomočjo simuliranih bolnikov, ali pilote, ki vadijo na simulatorjih letenja. Ena od prednosti, ki jih 3D simulacija prinaša, so nizki stroški razvoja, saj naložba zahteva zgolj investicijo v programsko opremo, ki mora biti predhodno ustrezno

pripravljena. Še ena od prednosti omenjene tehnologije je priredba okolja z nizkim tveganjem, ker gre za nadzorovan poskus, ki preprečuje morebitne nesreče ali poškodbe prototipov (De Melo idr. 2019).

2.3.4 Robotizacija

Glavni namen industrije 4.0 je na kratko povedano avtomatiziranje proizvodnih procesov oziroma proizvodnih postopkov, torej uvajanje inteligentne proizvodnje. Tehnološka spodbuda, ki je pripeljala do tovrstnega razmišljanja v proizvodnih okoljih, je uporaba robotov v industriji. Rezultat in namen pametne proizvodnje je reduciranje človeške vpletenosti v proizvodne procese z uporabo umetne inteligence. Prav zato se bo uporaba robotov v prihodnosti vedno bolj širila v proizvodnem okolju. Dodaten faktor, ki bo še dodatno spodbudil uporabo robotov v proizvodnih okoljih, je razvoj naprednejših, bolj funkcionalnih robotov z nižjimi stroški. Lahko so zelo koristni za opravljanje industrijskih nalog. Roboti se postopoma integrirajo v delovne naloge in nadomestijo človeka, predvsem za opravljanje nekaterih ponavljajočih se nalog. Danes se pojavlja že več različnih robotskih aplikacij, kot so industrijski roboti, industrijske robotske roke, mobilni roboti in sistemi z več roboti. Te služijo spreminjanju nastavitvev okolja glede na določene cilje uporabnika. Trenutno je večina robotov, robotov z omejenimi zmoglostmi, ki se uporabljajo predvsem v velikih tovarnah in v proizvodnih linijah raznih proizvodenj in industrij. Namen njihove uporabe je povečanje produktivnosti, kvalitete proizvodov, učinkovitosti, varnosti iz človeškega vidika ter po drugi strani zmanjšanje časa vodenja proizvodnje in stroškov (Vaisi, 2022).

Roboti opravljajo 3 posebne naloge v industrijskem okolju za pospeševanje proizvodnih procesov (Vaisi, 2022):

- delujejo kot naprava, ki upravlja z materialom,
- delujejo avtonomno,
- delujejo samostojno.

Kolaborativni roboti: Rešitve sodelovalne robotike, ki so enostavne za uporabo in kjer človeški delavci in roboti delijo svoje veščine, v zadnjih letih prodirajo na tržišče in postavljajo nove meje v industrijski robotiki. Najbolj zvoneča rešitev na tem

področju je kolaborativni robot, ki svojo visoko raven natančnosti, hitrosti in ponovljivosti lahko združi s prilagodljivostjo in kognitivnimi veščinami človeških delavcev in ustvari interaktivno industrijsko okolje (Villani idr., 2018).

Kolaborativni roboti se nekoliko razlikujejo od industrijskih robotov. Če so industrijski roboti definirani kot težki stroji, zmožni samostojnega kontroliranja in prostorsko omejeni od prostora v katerem dela človek, so kolaborativni roboti definirani ravno nasprotno. Zasnovani so, da delujejo v sodelovanju z ljudmi in si delijo enak delovni prostor kot »sodelavci«. Prav iz tega tudi izvira poimenovanje kolaborativni robot. Kolaborativni roboti so lažji od industrijskih, zato razpolagajo z veliko mobilnostjo, kar olajša njihovo premikanje po tovarni oziroma industriji, v kateri so nameščeni. Še ena prednost, ki jo ponujajo kolaborativni roboti, je njihova fleksibilnost, kar pomeni, da lahko enega robota uporabljamo za izvajanje različnih nalog in je posledično lahko nameščen v mnogih različnih industrijah (Sherwani idr., 2020). Kljub vse večji priljubljenosti kolaborativnih robotov, predvsem zaradi njihove varnostne zasnove (Liu idr., 2022), njihova integracija v delovne procese predstavlja tudi nekatere izzive (Villani idr. 2018). Poleg stremenja k stroškovni učinkovitosti (Markovič, 2020) in zmanjšanju časa proizvodnje, se mora za merilo ocenjevanja uspešnosti v obzir vzeti tudi ergonomija delavcev za določeno delo. Da bi se preprečile poškodbe zaradi ponavljajočih gibov ali utrujenosti delavca, se mora delo razdeliti na način, ki zmanjša fizično obremenitev delavca, vzajemno z optimiziranjem razporeditve dela na tak način, da človek in kolaborativni robot opravljata naloge, ki so zanj najprimernejše (Pearce idr., 2018). Poudariti je tudi potrebno, da kolaborativni robot ne igra vloge pri samem razvoju novega proizvoda, ampak je prisoten v fazi procesa izdelave samega proizvoda.

3 Namen vključevanja sodobnih tehnologij v razvoj novih proizvodov

Proizvodna podjetja in njihovi vlagatelji si konstantno prizadevajo izboljšati tehnike in procese, da bi znižali stroške, porabo energije in bi posledično širili svoje zmožnosti (Pereira idr., 2019). V skladu s spreminjajočimi se zahtevami in tržno dinamiko, morajo proizvajalci najprej razviti digitalne kompetence, da bi lahko zadovoljili spreminjajoče se zahteve, in aditivno proizvodnjo, ki je ena od tehnologij, ki je/bo revolucionirala proizvodne procese in pospešila dobavne verige (Sonar idr., 2020). Eden od poglobitvenih namenov vključevanja sodobnih tehnologij je hitro prototipiranje, ki proizvajalcem omogoča pospešitev razvoja proizvoda.

Neposredno s tem je povezana visoka vključenost kupcev v proces in potencialni končni uspeh novonastalega proizvoda (Tih idr., 2016). Namen vključevanja sodobnih tehnologij je pospešitev procesa razvoja proizvoda. Kot najboljši primer temu lahko damo hitro prototipiranje, ki lahko s pomočjo računalniško podprtega programiranja potencialnemu proizvodu priredi kompleksnejšo geometrijsko obliko, pa ta še zmeraj ne bo imela občutnega vpliva na stroške in čas razvoja proizvoda (Rădulescu idr. 2021). Kot smo že omenili, kolaborativni robot pa nima vloge pri razvoju proizvoda, ampak je prisoten v fazi procesa izdelave proizvoda, kjer je zmožen določene naloge opravljati hitreje in natančneje kot človek.

4 Prednosti vpeljave sodobnih tehnologij v razvoj novih proizvodov

Določene prednosti, ki jih vključitev sodobnih tehnologij prinaša v proces razvoja proizvoda in nadaljnje proizvodnje, prikazujemo v obliki tabele (Tabela 1), v kateri smo poimenovali določeno prednost vključitve in jo na kratko tudi opisali. Izpostavili bi predvsem naslednje prednosti.

Tabela 1: Prednosti sodobnih tehnologij

Prednosti	Prevladujoča tehnologija	Opis prednosti
Hitro prototipiranje (pridobljeno: Attaran, 2017)	3D tiskanje	<ul style="list-style-type: none"> – skrajšanje časa do lansiranja proizvoda na trg s pospešitvijo prototipiranja – zmanjšanje stroškov vključenih v razvoj proizvoda – večja učinkovitost podjetij in tekmovanje pri inovacijah
Izdelava kompleksnih delov (pridobljeno: Perez idr., 2020; Panda idr., 2023)	3D modeliranje in 3D tiskanje	<ul style="list-style-type: none"> – bolj ko je sestava dela kompleksna, večji je prihranek stroškov
Proizvodnja majhnih količin (pridobljeno: Ford in Despeisse, 2016; Vranić, 2017)	Kolaborativni robot	<ul style="list-style-type: none"> – manjše serije proizvodov se lahko izdelajo stroškovno učinkovito – izključevanje vlaganja finančnih sredstev v orodja
Zmanjšan odmet materiala (pridobljeno: Duraković, 2018)	3D tiskanje	<ul style="list-style-type: none"> – zelo majhna količina materiala je odvržena, le potrebna količina materiala je uporabljena
Unikatni proizvodi po meri (pridobljeno: Javaid idr., 2021)	3D modeliranje in 3D skeniranje	<ul style="list-style-type: none"> – omogoča množično proizvodnjo ob nizkih stroških – pospešena izdelava prilagodljivih nadomestnih delov

Prednosti	Prevladujoča tehnologija	Opis prednosti
Skrajšano trajanje razvoja (pridobljeno: Vranić idr., 2017)	3D modeliranje	<ul style="list-style-type: none"> – krajši čas razvoja od koncepta do proizvodnje – nižji stroški
Izdelava po naročilu (pridobljeno: Shivananda in Nilanjana, 2022)	3D modeliranje in 3D tiskanje	<ul style="list-style-type: none"> – zmanjšuje tveganje za kopičenjem inventarja in nezmožnost prodaje dokončanih proizvodov
Okoljske prednosti (pridobljeno: Ford in Despeisse, 2016; Walter in Marcham, 2020)	3D tiskanje	<ul style="list-style-type: none"> – učinkovitost materialov in virov – proizvodna fleksibilnost – prilagodljivost posameznih delov proizvodov
Sodelovanje s človekom (pridobljeno: Villani idr., 2018)	kolaborativni robot	<ul style="list-style-type: none"> – kombinacija prednosti avtomatiziranja s prilagajanjem, kognitivnimi in nežnimi veščinami človeka

Vir: lasten

5 Izzivi vpeljave sodobnih tehnologij v proces razvoja proizvoda

Kot že omenjeno kljub prednostim, ki jih sodobne tehnologije prinašajo, se morajo podjetja, ki jih želijo implementirati, spopasti tudi z nekaterimi izzivi, ki pridejo z implementiranjem. Izzive prikazujemo na identičen način kot prednosti, v obliki tabele (Tabela 2).

Tabela 2: Izzivi vključevanja sodobnih tehnologij

Izzivi	Tehnologija	Opis izzivov
Pomanjkljiv nadzor znotraj procesa (pridobljeno: Al-Makky in Mahnmoud, 2016)	vse	<ul style="list-style-type: none"> – potencialni rezultat tega je nizka reproduktivnost in padec stabilnosti procesa
Omejena velikost proizvoda (pridobljeno: Quanjin idr., 2020; Jonuzakov, 2023)	3D tiskalnik	<ul style="list-style-type: none"> – proizvod je lahko le tako velik, kot je velik 3D tiskalnik
Stroški materialov (pridobljeno: Jonuzakov, 2023)	3D tiskalnik	<ul style="list-style-type: none"> – določeni materiali za 3D tiskanje so trenutno še vedno dražji od materialov tradicionalne proizvodnje – proizvajalci, ki se poslužujejo 3D tehnologij, si prizadevajo znižati stroške materialov s povečevanjem konkurence na trgu

Izzivi	Tehnologija	Opis izzivov
Nenehno prehajanje na nova tržišča (pridobljeno: Ford in Despeisse, 2016)	vse	– proizvajalci lahko z nenehnim razvijanjem in posodabljanjem funkcionalnosti, oblike in drugih elementov svojih proizvodov, »zaidejo« na nova tržišča in si s tem še dodatno povečajo konkurenco
Trajanje (pridobljeno: Kharat idr., 2023)	vse	– čeprav je razvoj prototipov relativno hiter in stroškovno učinkovit, je zato postopek proizvodnje lahko dolgotrajen proces – eden od največjih izzivov pri implementiranju tehnologij aditivne proizvodnje
Varnost (pridobljeno: Villani idr., 2018)	kolaborativni robot	– z implementiranjem določenih tehnologij je potrebno poskrbeti za varnost zaposlenih, ki so v neposrednem stiku s tehnologijami/stroji – predvsem je na to potrebno poudariti pri kolaborativnih robotih
Visoki investicijski stroški (pridobljeno: Sonar idr., 2020)	vse	– visoki stroški investicij v nove tehnologije in povezan vpliv na čas povrnitve le-te

Vir: lasten

6 Diskusija in zaključek

S teoretičnim pregledom v prispevku smo najprej prikazali proces razvoja novega proizvoda, ki smo ga za boljšo predstavo tudi analizirali po korakih najbolj znanega referenčnega modela BAH. Nadaljevali smo s teoretičnim pregledom sodobnih tehnologij v procesu razvoja proizvoda. V okviru poglavja smo se osredotočili na predstavitev namena njihove uporabe, korake uporabe in njihovo vlogo v procesu razvoja proizvoda. Na podlagi izvedenih pregledov literature smo opravili analizo prednosti in izzivov, ki jih prinaša vpeljava teh tehnologij v razvoj proizvoda.

Ključne prednosti uporabe sodobnih tehnologij se izkažejo v fazi prototipiranja, saj proizvajalcem s pomočjo računalniško podprtega oblikovanja omogoča ustvarjanje kompleksnih oblik proizvodov ob praktično izključenih stroških samega prototipiranja, v kolikor ne štejemo fiksnih stroškov programske opreme in drugih komponent, potrebnih za implementiranje novega načina razvoja proizvoda. Druga velika prednost pa se izkaže v primeru proizvodnje po meri, kar pomeni bistveno

hitrejšo prilagajanje proizvodov kupčevim potrebam in željam, kar pa je eden ključnih dejavnikov za uspeh podjetja.

Seveda pa vključevanje sodobne tehnologije nima samo pozitivnih vplivov, tako kot vse stvari na svetu ima tudi svojo temnejšo plat, ki pa smo jo predstavili v obliki izzivov, ki jih prinese uvajanje sodobne tehnologije. Najbolj pereče spremembe se lahko dogodijo pri postopku proizvodnje, saj le-ta lahko postane dolgotrajen, kar pomeni, da se z implementiranjem sodobnih tehnologij npr. prej velikoserijska proizvodnja pretvori v maloserijsko proizvodnjo z »edinstvenimi« in dragimi proizvodi, kar pa je lahko negativno za uspešnost podjetja. Področje sodobnih tehnologij je trenutno še premalo razvito, da bi se lahko celotna proizvodnja usmerila v aditivno proizvodnjo. Ima pa zato lahko implementiranje teh tehnologij trenutno koristen prispevek k uspešnosti tradicionalne proizvodnje. Prispevek lahko služi kot motiv za nadaljnje raziskovanje na tem področju, ki bo v prihodnosti zagotovo spremenilo pogled na globalno industrijo.

Literatura

- Agrawal, A., & Bhuiyan, N. (2014). Achieving success in NPD projects. *International Journal of Industrial and Manufacturing Engineering*, 8(2), 476-481.
- Al-Makky, Mohammad & Mahmoud, Dalia. (2016). The Importance of Additive Manufacturing Processes in Industrial Applications.
- Attaran, M. (2017). The rise of 3-D printing: The advantages of additive manufacturing over traditional manufacturing. *Business horizons*, 60(5), 677-688.
- Bhuiyan, N. (2011). A framework for successful new product development. *Journal of Industrial Engineering and Management (JIEM)*, 4(4), 746-770.
- Bonci, A., Cen Cheng, P. D., Indri, M., Nabissi, G., & Sibona, F. (2021). Human-robot perception in industrial environments: A survey. *Sensors*, 21(5), 1571.
- Chai, W. (2020). *CAD (computer-aided design)*. TechTarget.
<https://www.techtarget.com/whatis/definition/CAD-computer-aided-design>
- De Melo, M. S. P., da Silva Neto, J. G., Da Silva, P. J. L., Teixeira, J. M. X. N., & Teichrieb, V. (2019, October). Analysis and comparison of robotics 3d simulators. In *2019 21st Symposium on Virtual and Augmented Reality (SVR)* (pp. 242-251). IEEE.
- Dr K. Shivananda Devi, & R. Nilanjana. (2022). *Additive Manufacturing: Vol. First edition*. Laxmi Publications Pvt Ltd.
- Ebrahim, M. A. B. (2015). 3D laser scanners' techniques overview. *Int J Sci Res*, 4(10), 323-331.
- Eightception. (2022). *The New Product Development Process (NPD) – 8 Steps to Success*
<https://eightception.com/new-product-development-process/>
- Falkner, Eva & Hiebl, Martin. (2015). Risk management in SMEs: a systematic review of available evidence. *The Journal of Risk Finance*. 16. 122-144. 10.1108/JRF-06-2014-0079.
- Gruska, G. F., & Cherry, D. (2005). APQP: Not just for document creation. *Quality*, 44(2), 32.
- Guzik, A. (2023). Overview of new product development strategies and models. *Catalaxy*, 8(1), 21-34.

- Haleem, A., Javaid, M., Singh, R. P., Rab, S., Suman, R., Kumar, L., & Khan, I. H. (2022). Exploring the potential of 3D scanning in Industry 4.0: An overview. *International Journal of Cognitive Computing in Engineering*, 3, 161-171.
- Jonuzakov, S. (2023). Economic aspects of additive manufacturing (Doctoral dissertation, Politecnico di Torino). <https://webthesis.biblio.polito.it/secure/26429/1/tesi.pdf>
- Kharat, V. J., Singh, P., Raju, G. S., Yadav, D. K., Gupta, M. S., Arun, V., ... & Singh, N. (2023). Additive manufacturing (3D printing): A review of materials, methods, applications and challenges. *Materials Today: Proceedings*.
- Kusar, J., Duhovnik, J., Grum, J., & Starbek, M. (2004). How to reduce new product development time. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 20(1), 1-15.
- Liu, Li & Guo, Fu & Zou, Zishuai & Duffy, Vincent. (2022). Application, Development and Future Opportunities of Collaborative Robots (Cobots) in Manufacturing: A Literature Review. *International Journal of Human-Computer Interaction*. 40. 1-18. 10.1080/10447318.2022.2041907.
- Markovič, M. (2020). Uporaba robotskega in operativnega sistema za programiranje kolaborativnega robota Franka Emika [Master's thesis, M. Markovič]. Repository of the University of Ljubljana. <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?lang=eng&id=119626>
- Ogawa, S., & Piller, F. T. Reducing the Risks of New Product Development. *
- Panda, S. K., Rath, K. C., Mishra, S., & Khang, A. (2023). Revolutionizing product development: The growing importance of 3D printing technology. *Materials Today: Proceedings*.
- Pearce, Margaret & Mutlu, Bilge & Shah, Julie & Radwin, Robert. (2018). Optimizing Makespan and Ergonomics in Integrating Collaborative Robots Into Manufacturing Processes. *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*. PP. 1-13. 10.1109/TASE.2018.2789820.
- Quanjin, M., Rejab, M. R. M., Idris, M. S., Kumar, N. M., Abdullah, M. H., & Reddy, G. R. (2020). Recent 3D and 4D intelligent printing technologies: A comparative review and future perspective. *Procedia Computer Science*, 167, 1210-1219.
- Sachdeva, A., Agrawal, R., Chaudhary, C., Siddhpuria, D., Kashyap, D., & Timung, S. (2023). Sustainability of 3D printing in industry 4.0: A brief review. *3D Printing Technology for Water Treatment Applications*, 229-251.
- Sarcar, M. M. M., Rao, K. M., & Narayan, K. L. (2008). *Computer aided design and manufacturing*. PHI Learning Pvt. Ltd..
- Sherwani, F., Asad, M. M., & Ibrahim, B. S. K. K. (2020, March). Collaborative robots and industrial revolution 4.0 (ir 4.0). In *2020 International Conference on Emerging Trends in Smart Technologies (ICETST)* (pp. 1-5). IEEE.
- Tih, S., Wong, K. K., Lynn, G. S., & Reilly, R. R. (2016). Prototyping, customer involvement, and speed of information dissemination in new product success. *Journal of Business & Industrial Marketing*, 31(4), 437-448.
- Torta, S., & Torta, J. (2019). *3D printing: an introduction*. De Gruyter.
- Vaisi, B. (2022). A review of optimization models and applications in robotic manufacturing systems: Industry 4.0 and beyond. *Decision analytics journal*, 2, 100031.
- Verbano, C., & Venturini, K. (2013). Managing risks in SMEs: A literature review and research agenda. *Journal of technology management & innovation*, 8(3), 186-197.
- Villani, V., Pini, F., Leali, F., & Secchi, C. (2018). Survey on human-robot collaboration in industrial settings: Safety, intuitive interfaces and applications. *Mechatronics*, 55, 248-266.
- Vranić, Aleksandar & Bogojevic, Nebojsa & Ciric-Kostic, Snezana & Croccolo, Dario & Olmi, G.. (2017). Advantages and drawbacks of additive manufacturing. *IMK-14 - Istrazivanje i razvoj*. 23. 57-62. 10.5937/IMK1702057V.
- Walter, A., & Marcham, C. L. (2020). Environmental advantages in additive manufacturing. *Professional Safety*, 65(01), 34-38.
- Wong, K. V., & Hernandez, A. (2012). A review of additive manufacturing. *International scholarly research notices*, 2012.

- Zirger, B. J., & Maidique, M. A. (1990). A model of new product development: An empirical test. *Management science*, 36(7), 867-883.
- Zukas, V., & Zukas, J. A. (2015). *An introduction to 3D printing*. First Edition Design Pub..

