

MODEL POSLOVNEGA SISTEMA KOT OSNOVA ZA VZPOSTAVITEV DIGITALNEGA DVOJČKA

TIMOTEJ HOČEVAR, EVA KRHAČ ANDRAŠEC,
TOMAŽ KERN

Univerza v Mariboru, Fakulteta za organizacijske vede, Kranj, Slovenija
timotej.hocevar@student.um.si, eva.krhac1@um.si, tomaz.kern@um.si

V raziskavi smo naslovili problematiko razumevanja delovanja poslovnih sistemov in obvladovanja sprememb v poslovnih sistemih. Pri tem smo se osredotočili na izzive razumevanja in obvladovanja poslovnih procesov v realnem času. V teoretičnem delu raziskave smo ugotovili, da je ena od tehnologij, ki omogočajo razumevanje in obvladovanje poslovnih procesov v realnem času, tudi t.i. digitalni dvojček (»digital twin«). Zanimalo nas je, ali je mogoče uporabiti že oblikovan poslovni repozitorij izbranega poslovnega sistema kot osnovo za oblikovanje digitalnega dvojčka. Zanimalo nas je, katere dodatne tehnologije so potrebne za oblikovanje in uporabo digitalnega dvojčka in katere ključne indikatorje učinkovitosti procesa je smiselno spremljati med uporabo. Nazadnje nas je zanimalo, koliko napora in časa je potrebno za oblikovanje digitalnega dvojčka in kje uporabnik naleti na ovire. Ugotovili smo, da je uporaba digitalnih dvojčkov obetavna, vendar je razvoj še v začetnih fazah. Potrebne bodo nadaljnje raziskave in aplikativni razvoj, da bo tehnologija primerna za široko uporabo v poslovnem okolju.

DOI
[https://doi.org/
10.18690/um.fov.1.2025.2](https://doi.org/10.18690/um.fov.1.2025.2)

ISBN
978-961-286-947-2

Ključne besede:
model poslovnega sistema,
digitalni dvojček,
digitalna transformacija,
prenova poslovnih
procesov,
živi laboratorij



Univerzitetna založba
Univerze v Mariboru

DOI
[https://doi.org/
10.18690/um.fov.1.2025.2](https://doi.org/10.18690/um.fov.1.2025.2)

ISBN
978-961-286-947-2

Keywords:
business system model,
digital twin,
digital transformation,
reengineering of business
processes,
living laboratory

A BUSINESS SYSTEM MODEL AS A BASIS FOR THE ESTABLISHMENT OF A DIGITAL TWIN

TIMOTEJ HOČEVAR, EVA KRHAČ ANDRAŠEC,
TOMAŽ KERN

University of Maribor, Faculty of Organizational Sciences, Kranj, Slovenia
timotej.hocevar@student.um.si, eva.krhac1@um.si, tomaz.kern@um.si

In the research, we addressed the problem of understanding the functioning of business systems and managing changes in business systems. We focused on the challenges of understanding and managing business processes in real-time. In the theoretical part of the research, we found that one of the technologies that enable the understanding and control of business processes in real-time is the so-called digital twin. We were interested in whether it is possible to use the already created business repository of the selected business system as a basis for creating a digital twin. We were interested in which additional technologies are needed to design and use a digital twin and which key process indicators make sense to monitor during use. Finally, we were interested in how much effort and time is required to create a digital twin and where the user encounters obstacles. We found that using digital twins is promising, but development is still in its early stages. Further research and application development will be required to make the technology suitable for widespread use in a business environment.



1 Uvod

V današnjem hitro spreminjajočem se poslovnem okolju, kjer tehnološki napredek nenehno postavlja nove izzive, podjetja iščejo inovativne načine za optimizacijo poslovnih procesov (Urh in Kern, 2014; Kerremans, 2023). Hkrati se povečujejo zahteve strank po večji prilagodljivosti, transparentnosti in hitrejšem odzivu na njihove potrebe. V tem kontekstu se osredotočamo na preučevanje implementacije digitalnih dvojčkov v poslovnem sistemu, pri čemer si prizadevamo raziskati, kako lahko ta tehnološka rešitev izpolni pričakovanja podjetij v danem poslovnem sektorju. Digitalni dvojček predstavlja digitalno različico poslovnega sistema v realnem času. Povezave med fizičnim in digitalnim sistemom so podatki, ki prehajajo iz fizičnega v digitalni sistem in informacije, ki so na voljo iz digitalnega sistema v fizično okolje (Piascik idr., 2010 v Kovačič, 2021). Implementacija digitalnih dvojčkov je postala ena od ključnih strategij, ki omogoča podjetjem boljše razumevanje in obvladovanje njihovega delovanja. Ob naraščajoči pobudi za digitalno transformacijo se poslovni sistemi soočajo s težko odločitvijo glede izbire in implementacije digitalnih dvojčkov, ki so posledica številnih vzajemno povezanih operacij, procesov in sistemov (Kerremans, 2023). Digitalni dvojčki predstavljajo kompleksne sisteme, kar pomeni, da za njihovo ustrezno vzpostavitev zahtevajo znatna sredstva in čas, kar posledično naredi njihovo uporabo manj primerno za vse poslovne sisteme. Kljub temu pa so nesporno koristni ob digitalni transformaciji, saj prinašajo številne prednosti, kot sta npr. prilagodljivost in sposobnost napovedovanja.

Glavni namen raziskave je preučiti možnost vzpostavitve digitalnega dvojčka na primeru Laboratorija za inženiring poslovnih in produkcijskih sistemov (LIPPS) na Fakulteti za organizacijske vede, Univerze v Mariboru. Za doseglo namena je najprej oblikovan poslovni repozitorij laboratorija v orodju ARIS (Software AG, 2023). Nato je raziskana možnost vzpostavitve digitalnega dvojčka v izbranem orodju.

V naslednjem poglavju so opisana in obrazložena metodološka izhodišča raziskave. Sledi izvleček aktualne literature iz obvladovanja poslovnih procesov ter oblikovanja digitalnih dvojčkov. Opisan je tudi ustroj laboratorija IPPS, ki služi kot osnova aplikativnega dela raziskave. V rezultatih je predstavljen repozitorij laboratorija in oblikovanje digitalnega dvojčka. Raziskava je zaključena z diskusijo na osnovi pridobljenih rezultatov.

2 Metodološka izhodišča

V raziskavi je opravljen pregled dostopne literature iz znanstvenih in strokovnih multidisciplinarnih zbirk s področja prenove poslovnih procesov, digitalne preobrazbe in oblikovanja digitalnih dvojčkov. Na podlagi teoretičnega pregleda je oblikovan koncept in postavljen temelj za aplikativni del raziskave. Oboje skupaj služi kot trdna podlaga za utemeljitev naših ugotovitev.

V prvem delu raziskave se osredotočamo na uporabo ARIS platforme za modeliranje, ki predstavlja napredno orodje za oblikovanje in analizo poslovnih procesov. V letu 1992 je bilo prvič predstavljeno orodje ARIS kot inovativna platforma, ki je napovedala vzpon odličnosti v obvladovanju poslovnih procesov (Software AG, 2023). Podjetje Software AG s svojo ARIS družino izdelkov združuje poslovne vidike z informacijsko tehnologijo, prevzemajoč vodilno vlogo na trgu analize poslovnih procesov. Tako podjetjem omogoča boljše razumevanje in optimizacijo procesov, s čimer uspešno prispeva k preoblikovanju njihovih poslovnih modelov (Software AG, 2022). V okviru raziskave je posodobljen repositorij laboratorija LIPPS z modelom organizacijske strukture (OC model), ter registrom sporočil in procesnim modelom (VAD model), ki je za izbrane procese razgrajen do nivoja aktivnosti v procesu (EPC modeli). EPC modeli vključujejo sosledje aktivnosti, ki se aktivirajo ob posameznih dogodkih. Za modeliranje so uporabljeni štirje osnovni objekti: organizacijski objekti, objekti procesnega toka, dodatni objekti in povezave. Poslovni proces je opisan s kombinacijo dogodkov in aktivnosti (Zajec, 2018). Tehnika EPC vključuje tri poglede: pogled aktivnosti, pogled podatkov in pogled organizacije (Krhač Andrašec, 2022). Osnovni gradniki modela EPC so (Kovač in Vukšić, 2005):

- Izvajanje aktivnosti v poslovnem procesu povzroča dogodka ali pa do njih pride med izvajanjem;
- Aktivnost v poslovnem procesu predstavlja dejavno komponento, ki uporablja vire in kjer se ustvarja dodana vrednost;
- Kontrolni tok ali tok delovnega procesa predstavljajo povezave med objekti, ki jasno označujejo potek ali zaporedje izvajanja aktivnosti;
- Logični operatorji označujejo točke, kjer se kontrolni tokovi razcepljajo ali združujejo;

- Izvajalci (delovna mesta in delovne vloge) opravljajo aktivnosti ter so odgovorni za njihovo izvedbo;
- Informacijski objekti vključujejo sporočila (dokumente v različnih oblikah in zbirke podatkov).

V raziskavi je uporabljena metoda PERT (angl. Program Evaluation and Review Technique), ki predstavlja metodo evalvacije in ocene programa. Metoda PERT je bila razvita v drugi polovici 20. stoletja in je prvotno namenjena ameriški vojni mornarici. Je statistična metoda, ki uporablja stohastični pogled na trajanja posameznih aktivnostih. Metoda PERT za izračun pričakovanega trajanja uporablja tri ocene trajanja aktivnosti (Zajec, 2018): najverjetnejša, optimistična in pesimistična. Metoda deluje z jasno opredeljenimi cilji in aktivnostmi ter upošteva verjetna območja trajanja posameznih aktivnosti. V okviru raziskave je metoda uporabljena za analizo časa in sredstev ter predstavlja temelj za oceno potrebnih sredstev za oblikovanje poslovnega sistema.

3 Teoretična izhodišča

3.1 Management poslovnih procesov

Uspešno obvladovanje poslovnega sistema zahteva posvečanje pozornosti različnim dejavnikom. Glavni dejavniki so strateško načrtovanje, postavljanje ciljev, usposabljanje in razvoj zaposlenih v podjetju, trženje in gradnja blagovne znamke, obvladovanje dobavne verige in obvladovanje tveganj (Peng in Bao, 2023). To zahteva sistematični pristop, ki se nenehno razvija. V organizaciji, kjer je proces celota in proizvod končen rezultat, govorimo o procesni organizaciji (Urh, 2011). Poslovni procesi, ki ustvarjajo željeni cilj in dodajajo vrednosti poslovnim sistemom, postajajo ključnega pomena pri načrtovanju organizacije poslovnega sistema (Aguilar-Savén, 2004). Zaporedje aktivnosti poslovnih procesov je potrebno smiselno oblikovati v različne modele poslovnih procesov, kar omogoča doseganje končnega, željenega proizvoda.

Modeliranje poslovnih procesov je postala stalna praksa, saj so različni strokovnjaki na področju informacijske tehnologije in inženiringa poslovnih sistemov prišli do zaključka, da je za uspešen poslovni sistem najprej potrebno dobro razumevanje poslovnih procesov (Aguilar-Savén, 2004). Da bi se poslovni sistemi izognili

nepotrebni porabi sredstev, mora biti modeliranje poslovnih procesov usmerjeno k izpolnjevanju strateških ciljev in sprejeto s strani uporabnikov (Mivšek in Rozman, 2011).

Za uspešen poslovni sistem je obvladovanje poslovnih procesov in vodenje ljudi v njih ključnega pomena. Obvladovanje poslovnih procesov zajema celovito in sistematično vodenje različnih strategij in odločitev poslovnega sistema s ciljem uresničevanja pričakovanih rezultatov v svojih rednih poslovnih aktivnostih (Peng in Bao, 2023). Ustrezno obvladovanje poslovnih procesov zmanjša stroške in potrebna sredstva, obenem pa izboljša produktivnost in učinkovitost organizacije (Bai in Sarkis, 2013). Obvladovanje poslovnih procesov predstavlja skupek povezanih tehnik, metod in orodij za prepoznavanje, analiziranje, preoblikovanje, izvajanje in spremljanje poslovnih procesov (Dumas idr., 2018). Iz literature lahko zaznamo več faz življenjskega cikla obvladovanja poslovnih procesov, ki tvorijo podporo operativnim poslovnim procesom (Weske idr., 2004). Dumas idr. (2018) obvladovanje poslovnih procesov delijo na naslednje faze življenjskega cikla:

- Identifikacija poslovnih procesov – pripravljen je repozitorij poslovnih procesov v poslovnem sistemu;
- Prepoznavanje poslovnih procesov – odraža razumevanje ljudi v organizaciji o poteku dela preko AS-IS modelov;
- Analiza poslovnih procesov – identificirani so glavni vzroki za nezadovoljive poslovne rezultate;
- Izboljšava poslovnih procesov – predlaganih je več možnosti preoblikovanja poslovnih procesov, katere je potrebno analizirati in izbrati najbolj primerno rešitev;
- Implementacija poslovnih procesov – implementiran je informacijsko-komunikacijski sistem, ki podpre novo oblikovane poslovne procese; izvede se sprememba v organiziranosti dela;
- Spremljanje in nadzorovanje poslovnih procesov – zbirajo se podatki za spremljanje učinkovitosti poslovnih procesov; analizirane so napake in odstopanja od željenega rezultata; navedeni so korektivni ukrepi.

Poznamo več procesnih pristopov izboljševanja poslovnih procesov. Vsem so skupne ključne faze posnetka stanja, analize in izboljšave poslovnih procesov (Krhač Andrašec, 2022). Ob študiju literature ugotavljamo, da je že v fazi analize priporočljivo implementirati digitalnega dvojčka, ki nudi simulacijo in interpretacijo podatkov v realnem času, saj tradicionalni sistemi ne ponujajo orodij za diagnosticiranje vzrokov neučinkovitosti poslovnih procesov (Weske idr., 2004).

Glavni kazalniki učinkovitosti poslovnih procesov so (Bai in Sarkis, 2013): čas, stroški, fleksibilnost in kakovost. Ob želji podjetja, da zadovolji svoje končne porabnike, poveča produktivnost, zmanjša nihanja, skrajša čase izvajanja, je potrebno ključne poslovne procese nadzorovati od znotraj in meriti na kritičnih točkah (Lee in Dale, 1998 v Trkman, 2010). V literaturi je mogoče zaznati strukturne in operativne kazalnike učinkovitosti (Sharma, 2009; Urh, 2011). Strukturni kazalniki se delijo v štiri skupine na podlagi objektov, ki so del EPC modela (Urh, 2011; Sharma, 2009): kazalniki poteka procesa, povezav, organizacijske strukture in izdelkov. Operativne kazalnike na splošno razdelimo na kazalnike (Urh, 2011; Bai in Sarkis, 2013): odvisne od odzivnih časov, vezane na produkte, produktivnosti in izboljšanja donosnosti.

Učinkovitost izvajanja poslovnih procesov je v veliki meri odvisna od tehnične zmogljivosti opreme, na vse poslovne procese pa vplivajo tudi različni dejavniki širšega in ožjega okolja ter dejavniki notranjega okolja, v katerem se nahaja organizacija (Krhač Andrašec, 2022; Dumas idr., 2004; Aguilar-Savén, 2004). Podjetja ob želji povečanja učinkovitosti poslovnega sistema uporabljajo različne pristope, metode in tehnike, ki jim je skupen procesni vidik obravnavanja organizacijskega sistema (Krhač Andrašec, 2022; Dumas idr., 2004). Le-ti imajo tudi nekaj razlik, in sicer: način uvajanja, stopnjo sprememb opravil in procesov, vpletenost zaposlenih, stopnjo sprememb v organizacijski strukturi, način vodenja izboljšave poslovnih procesov, vlogo uporabljene informacijsko-komunikacijske tehnologije in dinamiko uvajanja sprememb (Kern, 1998; Peng in Bao, 2023). Kot glavno razliko med različnimi pristopi Urh in Kern (2012) prepoznata način doseganja cilja, ki je lahko dosežen z implementacijo hitrih in korenitih sprememb ali pa s postopnim spreminjanjem procesov in sistema. Pristopov izboljšanja poslovnih procesov je torej mnogo, njihova uporaba pa je prepuščena odločitvi menedžerjev posameznih poslovnih sistemov (Debevc idr., 2018).

3.2 Oblikovanje digitalnih dvojčkov

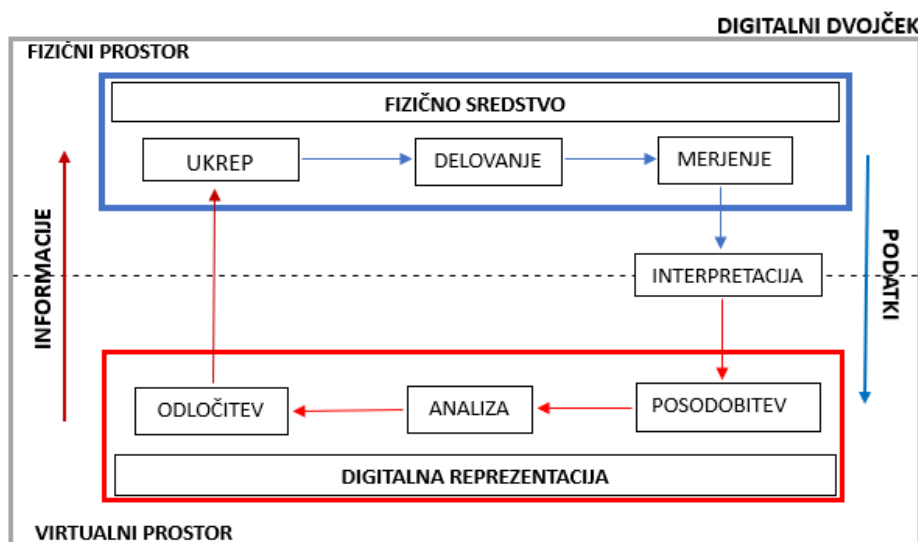
Digitalni dvojček (opomba: uporablja se tudi izraz »digitalni dvojnik«) predstavlja virtualno repliko fizičnega objekta ali sistema v digitalnem svetu (Slika 1). Pri apliciranju koncepta na področje poslovnih sistemov, se odpirajo vrata inovativnim pristopom k izboljšavam in optimizaciji delovanja poslovnih procesov (Abouzid in Saidi, 2023).

Senzorji, kibernetски sistemi, internet stvari in pametna omrežja so le nekateri od novejših tehničnih omogočevalcev (angleško: »enablers«), ki vplivajo in bodo v prihodnosti še naprej vplivali na naše vsakdanje življenje (Abouzid in Saidi, 2023). Koncept digitalnega dvojčka je bil predstavljen pred več kot desetletjem, in sicer kot inovativno vseobsegajoče orodje s prednostmi, kot so spremljanje v realnem času, simulacija, optimizacija in natančno napovedovanje. Vendar praktične izvedbe digitalnega dvojčka še niso v celoti dosegle te vizije v željenem obsegu (Sharma idr., 2022). Ker koncept digitalnega dvojčka ni v celoti vzpostavljen, zanj ni splošno sprejete definicije. V digitalni obliki je opredeljen kot »naslednji ključni korak v procesu digitalne preobrazbe« ter hkrati kot »novo obdobje v razvoju simulacij« (Rosen idr., 2015). Digitalni dvojček predstavlja več komponent (digitalni oziroma virtualni del; fizični del - produkt ali sistem; povezave med njima; podatki; storitev; verifikacija, validacija, akreditacija), ki ga povezujejo v brezhibno integracijo med kibernetским in fizičnim prostorom (Tao idr., 2019 v Sharma idr., 2022). Miller in drugi (2018) v koncept digitalnih dvojčkov vključijo različne povezane podatkovne modele poslovnih procesov organizacije, kateri ustvarjajo povezave med različnimi modeli in odnosi med podatki, shranjenimi v njih.

Ena od opredelitev digitalnega dvojčke je, da »virtualni digitalni dvojček predstavlja resnične entitete poslovnih sistemov, ki zajemajo vodstvene, delovne in podporne procese v realnem času«. Digitalni dvojček je torej virtualna predstavitev resnične entitete, kot je izdelek, oseba, proces ali sistem, ki pomaga organizacijam pri sprejemanju odločitev na podlagi modela (Abouzid in Saidi, 2023).

V nadaljevanju se bomo osredotočili na digitalne dvojčke poslovnih sistemov. V praksi se lahko poslovni sistemi, v katerih razmišljajo o implementaciji digitalnega dvojčka, soočijo s številnimi izzivi, ki lahko preprečijo dosego potencialnih koristi in otežijo uspešno uresničitev le-tega (Saporiti idr., 2023). Strokovnjaki, ki razvijajo

digitalne dvojčke, se soočajo predvsem s tehničnimi izzivi, kateri so odvisni od domene, kjer bo dvojček implementiran (Tao idr., 2018). Za uporabo v industriji, kjer je veliko ponovitev in več različnih delovnih procesov, je izredno težko doseči natančno dvosmerno sinhronizacijo. Za to je potrebno vložiti ogromno sredstev ter vzpostaviti učinkovit in hiter sistem izmenjave podatkov med napravami in aplikacijo digitalnega dvojčka (Tao idr., 2018). Grieves (2019) kot izziv implementacije digitalnih dvojčkov navaja (ne)povezljivost različne programske opreme, katero podjetja uporabljajo za podporo različnim procesom. Izziv je tudi kibernetška varnost večjih korporacij, ki digitalne dvojčke uporabljajo v mnogih sistemih in na različnih lokacijah (Grieves, 2019).



Slika 1: Predstavitev koncepta digitalnega dvojčka

Vir: prirejeno po Abouzid in Saidi, 2023

Organizacije, ki se odločijo za digitalno transformacijo svojega poslovnega sistema, sprožijo več povezanih sprememb v proizvodnji ter internih in eksternih odnosih (Kerremans, 2023). Tehnologija, ki poslovnim sistemom omogoča digitalno preobrazbo, so tudi digitalni dvojčki (Grieves, 2019; Saporiti idr., 2023). Digitalni dvojček poslovnega sistema je dinamičen programski model vsakega poslovnega sistema, ki se opira na operativne in kontekstne podatke iz realnega časa za razumevanje delovanja poslovnega sistema, poslovnega modela, trenutnega stanja v

poslovnem sistemu, odziva na spremembe, porabljanja sredstev ter dostavljanja vrednosti strankam (Piascik idr., 2010; Tao idr., 2018). Digitalni dvojček poslovnega sistema pomaga pri določanju prednostnih nalog, usmerjanju, načrtovanju, spremljanju, analiziranju in uresničevanju kompleksnih pobud (Kerremans, 2023; Abouzid in Saidi, 2023). Digitalni dvojček poslovnega sistema se razlikuje od ostalih v tem, da poleg modeliranja poslovnega sistema upošteva tudi človeški faktor in dejansko delo, ki ga zaposleni opravi (Kerremans, 2023). Večina organizacij, ki se odločijo za vpeljavo naprednih digitalnih poslovnih sistemov oziroma programov, se sooča z izzivom vodenja, spremljanja in določanja prednostnih nalog, ter z usmerjanjem osnovnih delovnih procesov ter količino podatkov (Sharma idr., 2022; Kerremans, 2023). Zaradi številnih medsebojnih odvisnosti in povezav med aktivnostmi, procesi in sistemi, je uspešna vpeljava digitalne poslovne preobrazbe, brez izkušenega navigatorja, težko in kompleksno delo (Miller idr., 2018).

V nadaljevanju sta opisana dva primera oblikovanja in implementacije digitalnih dvojčkov v praksi:

- Eden od uspešnih primerov pri razvoju digitalnega dvojčka je podjetje Siemens, ki ponuja odprt in prilagodljiv sistem za avtomatizacijo skladiščnih terminalov. Ta varna digitalna kopija poslovnega sistema zagotavlja operaterjem ažurne podatke, kot so podatki o nakladalnem mostu, izmerjenih nivojih v rezervoarjih in alarmih. Le-ti so predstavljeni s pomočjo grafičnih prikazov v polnih barvah. Sistem integrira ključne terenske naprave (npr. pred-nastavljeni krmilniki, naprave za vmesnik voznika (DID), merilniki in druge funkcije), ki so ključne za obratovanje terminala za skladiščenje. Siemensov digitalni dvojček omogoča zajemanje in analizo operativnih podatkov, kar olajša odločanje operaterjev terminala s predstavitvijo natančne digitalne slike njihovega objekta v realnem času. Glavne koristi izvedbe digitalnega dvojčka podjetje vidi: v integraciji ključnih naprav, proaktivnem vzdrževanju, možnosti simulacije, preverjanju učinkovitosti in pretoka ter večji prilagodljivosti trgu. Uspešna implementacija Siemensove tehnologije digitalnega dvojčka izpostavlja potencial za izboljšanje varnosti, učinkovitosti in odločanja v naftni in plinski panogi, kar predstavlja dragoceno orodje za podjetja, ki želijo ostati konkurenčna v spreminjajočem se okolju. Uspešno sprejemanje digitalnih

dvojčkov je ključno za obvladovanje odpornosti in učinkovitosti obratovalnih in poslovnih modelov industrije (Siemens Energy, 2023).

- Ena od možnosti ustvarjanja digitalnih dvojčkov poslovnih sistemov je implementacija Azur Digital Twin programske rešitve v kombinaciji z orodjem ARIS. Za ustvarjanje digitalnih dvojčkov morajo uporabniki kodirati datoteke DTDL Json in jih nato naložiti v Azur-ov Digital Twin program. Kodiranje DTDL Json je kompleksna naloga. Uporabnikom je zato omogočeno modeliranje poslovnih procesov v orodju ARIS Process Modelling podjetja Software AG. ARIS ima več različnih modelov, (med drugim tudi model IoT), in omogoča ustvarjanje prilagojenih poročil z uporabo JavaScripta. Partnerji Software AG so razvili prilagojeno poročilo za izvoz modelov IoT v format DTDL za Azure Digital Twins. Izvožena datoteka DTDL Json vsebuje definicije digitalnega dvojčka, IoT lastnosti, komponente digitalnih dvojčkov in povezave med njimi. Datoteko je mogoče uvoziti v Azure Digital Twins z uporabo orodja Azure Digital Twins Explorer. To omogoča uporabnikom povezovanje z Azure Digital Twins, in sicer za razumevanje, vizualizacijo in spremljanje podatkov digitalnih dvojčkov. Podatki digitalnih dvojčkov se lahko pridobijo iz Azure Digital Twins s pomočjo vmesnikov REST, ki se lahko uporabijo za ustvarjanje nadzornih plošč v orodju ARIS (Software AG, 2022).

4 Rezultati raziskave

V aplikativnem delu raziskave smo, za lažje razumevanje poslovnega sistema LIPPS in oblikovanje digitalnega dvojčka, uporabili orodje ARIS in platformo Azure Digital Twins. Zanimalo nas je, koliko časa in sredstev je potrebno nameniti za doseg definiranega namena. Želeli pa smo tudi izvedeti, s kakšnimi izzivi se lahko sooča oblikovalec digitalnega dvojčka.

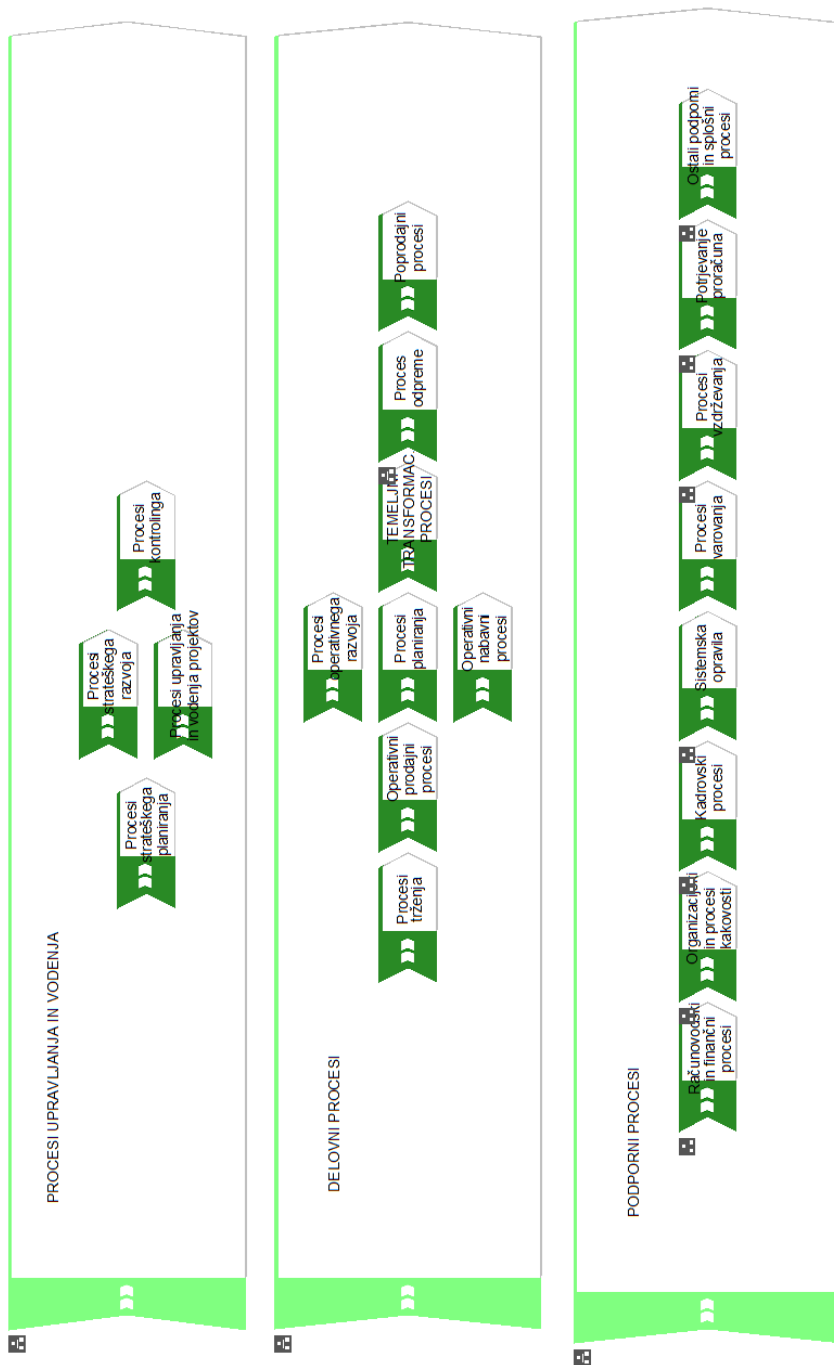
4.1 Laboratorij IPPS

Za oblikovanje digitalnega dvojčka moramo najprej izbrati poslovni sistem in procese v njem. Za potrebe raziskave so modeli izbranega poslovnega sistema zbrani v poslovnem repozitoriju laboratorija za inženiring poslovnih in produkcijskih sistemov na Fakulteti za organizacijske vede, Univerze v Mariboru. Laboratorij so zasnovali profesorji in študenti študijskega programa Inženiring poslovnih sistemov. Predstavlja “živi laboratorij v praksi” (angl. “living lab”) in omogoča razvoj, testiranje in validacijo novih idej, izdelkov ali storitev v resničnem okolju ter

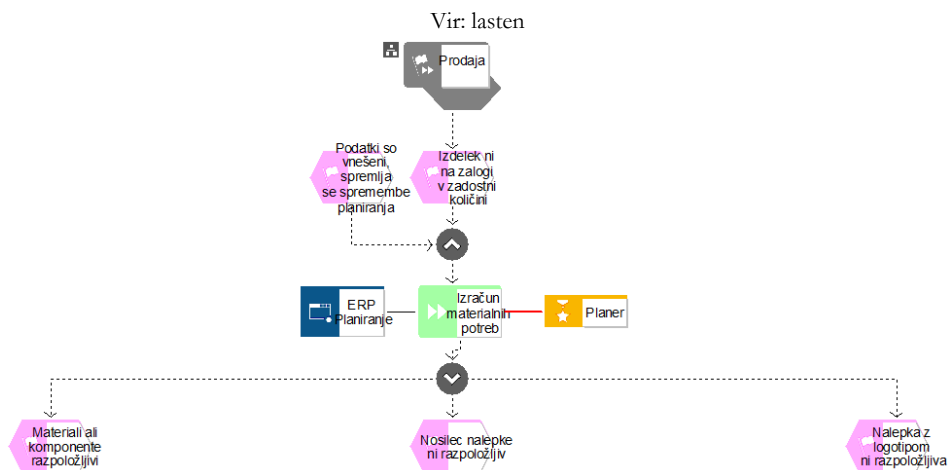
uporabnikom omogoča pridobitev neposrednih povratnih informacij iz virtualnega poslovnega sistema. Zasnovan je tako, da ima vse lastnosti pravega poslovnega sistema, ki izdeluje in razvija preproste izdelke iz lesa, kovine in plastike. Predstavlja srednje veliko podjetje s približno 100 zaposlenimi v štirih glavnih sektorjih: razvojni sektor, proizvodni sektor, komercialni sektor in sektor za splošne zadeve. Razvojni sektor se deli na več oddelkov: strateški razvoj, operativni razvoj, tehnologija, laboratorij za meritve in prototipni oddelek. Zaposleni v oddelkih razvojnega sektorja omogočajo nadaljnji razvoj in konkurenčnost na trgu. Proizvodnja, operativna priprava dela, služba vzdrževanja in kontrola proizvodnje tvorijo proizvodni sektor, ki je odgovoren za zagotavljanje učinkovitega in zanesljivega proizvodnega procesa. Komercialni sektor omogoča ustvarjanje prihodkov in trženje izdelkov. V virtualnem podjetju je vzpostavljen tudi sektor za splošne zadeve, v katerem delujejo finančno računovodska služba, služba za organizacijo in informatiko, služba za kakovost, služba za kadrovske in pravne zadeve ter služba za varovanje. Laboratorij posnema običajne organizacijske oblike v praksi in ni zasnovan optimalno. Na ta način raziskovalcem in študentom omogoča, da izboljšujejo vse vidike organiziranosti. Prav tako tehnološka opremljenost posameznih delovnih mest ni dokončna in se nenehno dopolnjuje. Zato je bil laboratorij v zadnjih letih opremljen s 3D tiskalnikom, 3D čitalnikom, s kolaborativnim robotom in z nekaterimi drugimi tehnologijami. V prihodnje so načrtovane dodatne tehnološke nadgradnje, kot so 3D rezalnik, 3D hologram in avtonomni mobilni robot (AMR). Navedene nadgradnje so posledica več projektov prenove poslovnih procesov v laboratoriju, na podlagi katerih je ugotovljeno, kateri tehnološki omogočevalci (angl. »technical enablers«) so potrebni za večjo učinkovitost, kakovost dela in odpornost poslovnega sistema.

4.2 Repozitorij poslovnega sistema in poslovnih procesov LIPPS

Repozitorij poslovnega sistema v orodju ARIS ponuja celovit prikaz poslovnih procesov z različnih vidikov poslovanja v obliki naslednjih modelov: organizacijska struktura, diagram dodane vrednosti, EPC. Z modeli so tako določene organizacijske enote in delovna mesta, procesi in aktivnosti poslovnega sistema ter glavni izvajalci, dokumenti in informacijska podpora v procesu izdelave priponk. Diagram dodane vrednosti (Slika 2) predstavlja celovit pogled dejavnosti poslovnega sistema in je razdeljen na tri glavne skupine procesov: procese upravljanja in vodenja, delovne procese in podporne procese. V nadaljevanju je prikazan EPC model (Slike 3 - 5) izdelave priponk v laboratoriju IPPS.

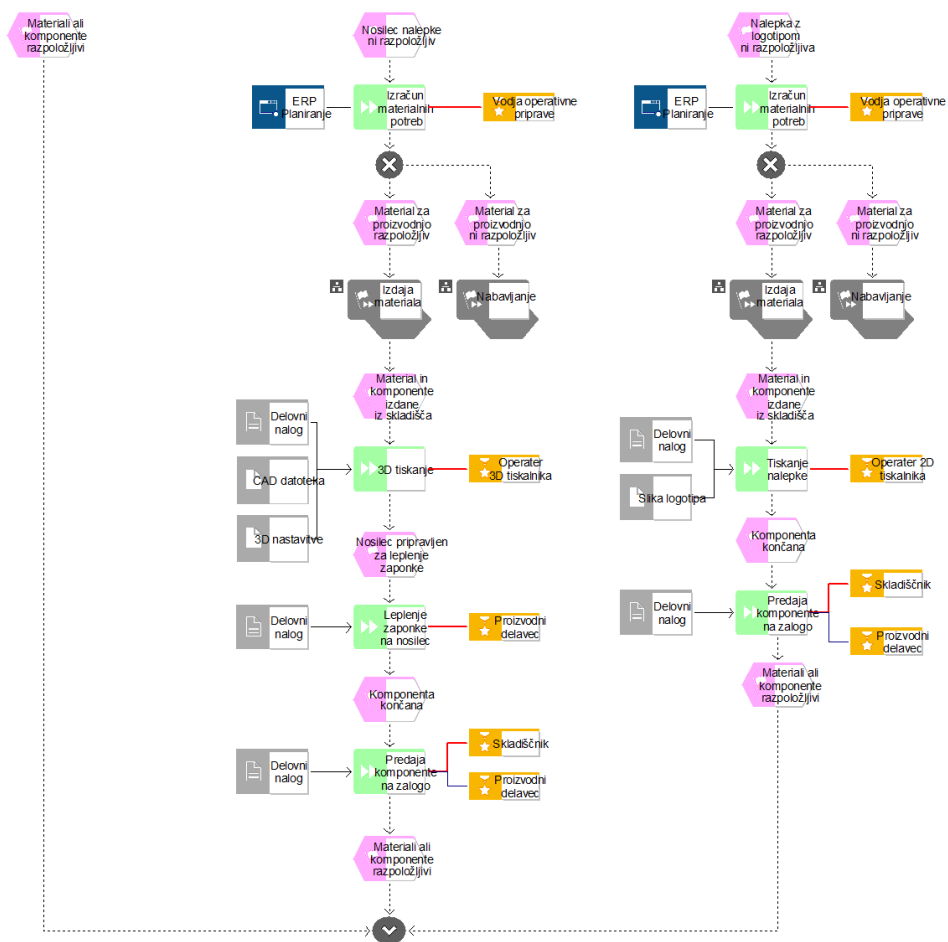


Slika 2: Diagram dodane vrednosti repozitorija LIPPS



Slika 3: Proces izdelave priponk v LIPPS (1/3)

Vir: lasten



Slika 4: Proces izdelave priponk v LIPPS (2/3)

Vir: lasten

4.3 Analiza časa in sredstev za izvedbo raziskave

Med izvedbo aplikativnega dela raziskave smo spremljali porabljen čas in sredstva za raziskavo, razvoj in oblikovanje digitalnega dvojčka. Pri planiranju in spremljanju časovnega okvirja smo uporabili PERT metodo (Zajec, 2018), ki nam je omogočila sistematično analizo potrebnega časa za izvedbo aktivnosti raziskave. V razpredelnici (Tabela 1) smo dokumentirali ocene najhitrejšega, najbolj verjetnega in najdaljšega časa za vsako aktivnost ter izračunali pričakovani čas. S tem smo dobili pregled nad kritičnimi potmi in identificirali ključne dejavnike, ki so vplivali na celotno trajanje raziskave.

Začetek raziskave predstavlja izdelava in oddaja prijave raziskave, ki smo jo zaključili po 12,5 urah. Sledilo je raziskovanje področja modeliranja in analize poslovnih sistemov in sprotno raziskovanje področja oblikovanja digitalnih dvojčkov. Raziskovanje je zahtevalo več časa, kot smo pričakovali, saj sta obe aktivnosti skupaj trajali okvirno 8,5 ur več, kot je bilo pričakovano. Ko je bil izdelan izvleček literature, smo se lotili aplikativnega dela raziskave. Najprej smo pregledali pravilnost modelov že obstoječega repositorija LIPPS. Nato smo popravili nekatere pomanjkljivosti v modelih v repositoriju. Za pregled in popravke v repositoriju smo porabili 10,5 ur. Za oblikovanje digitalnega dvojčka, skupaj z raziskovanjem programa, smo potrebovali 16 ur. Za analizo rezultatov ter pripravo diskusije in zaključkov smo porabili 8,5 ur. Oblikovanje zaključnega elaborata in končne verzije raziskave smo opravili v 5,5 urah.

Iz analize časa smo ugotovili, da smo za vse aktivnosti (z izjemo treh) porabili več časa, kot je bilo pričakovano. Do največjega časovnega odstopanja med pričakovanim in dejanskim časom aktivnosti je prišlo pri raziskovanju področja oblikovanja digitalnih dvojčkov. Ocena najhitrejšega časa zaključka aktivnosti je bila postavljena na 15 ur. Ocena najdaljšega časa zaključka pa na 40 ur. Razliko med ocenami bi lahko pripisali nepoznavanju raziskovanega področja ter novosti tehnologije digitalnih dvojčkov v poslovnem okolju. Iz podobnih razlogov je prišlo do razlike pri oceni potrebnega časa za aktivnost oblikovanja digitalnih dvojčkov. Najbolj točno pa smo ocenili tveganje pri aktivnostih: oblikovanje zaključnega elaborata in končne verzije raziskave ter popravljanje modelov repositorija LIPPS. Skupni pričakovan čas zaključka raziskave je 89,42 ur. Dejanski porabljen skupni čas izdelave pa je bil 110,5 ur, kar pomeni, da smo za izdelavo porabili 23,57% več časa. V povprečju so posamezne aktivnosti trajale 15,32% dlje, kot je bilo pričakovano.

Tabela 1: Prikaz analize časa

Aktivnosti	Trajanje (v urah)					
	Predhodne aktivnosti	Ocena najhitrejšega časa	Ocena najbolj verjetnega časa	Ocena najdaljšega časa	Pričakovani čas	Dejanski čas
Priprava raziskave (A)	/	6	10	15	10,17	12,5
Raziskovanje področja modeliranja in analize poslovnih sistemov (B)	A	10	20	30	20	23
Raziskovanje področja oblikovanja digitalnih dvojčkov (C)	A	15	30	40	29,17	34,5
Pregled modelov repositorija LIPPS (Č)	B, C	2	4	5	3,83	7,5
Popravljanje modelov repositorija LIPPS (D)	B, C	2	3	5	3,17	3
Oblikovanje digitalnih dvojčkov (E)	D	5	10	30	12,5	16
Analiza rezultatov (F)	E	2	4	6	4	5
Pisanje diskusije in zaključkov (G)	F	1	2	5	2,33	3,5
Oblikovanje zaključnega elaborata in končne verzije raziskave (H)	G	2,5	4	8	4,42	5,5

Vir: lasten

V aplikativnem delu raziskave smo uporabili naslednja sredstva:

- Osebni računalniki – osnovno orodje za izvajanje večine aktivnosti, vključno z raziskovanjem in analizo podatkov ter oblikovanjem zaključnega elaborata. Orodja za izdelavo aplikativnega dela niso bila kompleksna, zato lastnostni računalnika (npr. zmogljivost procesorja, količina pomnilnika, grafična zmogljivost itn.) niso imele pomembne vloge.
- Orodje ARIS – orodje smo uporabili za pregled in dopolnitev modelov poslovnega sistema. Za uporabo orodja ima Univerza v Mariboru raziskovalno licenco, kar nam je omogočilo brezplačno uporabo.
- Azure Digital Twins – platforma za ustvarjanje digitalnega dvojčka v oblaku. Univerza v Mariboru ima dostop do storitev Microsoft Azure orodij, kar nam je omogočilo brezplačno uporabo.
- Internetna povezava – povezava je ključna za dostop do spletnih virov, komunikacijo s soavtorjema ter prenos posodobitev programske opreme.
- Dostop do knjižnic in multidisciplinarnih zbirk – za izdelavo raziskave smo potrebovali dostop do znanstvenih virov, kar za namen raziskav prav tako brezplačno omogoča Univerza v Mariboru.
- Čas in strokovno znanje – poleg fizičnih sredstev smo porabili tudi veliko časa za raziskave in razvoj. Potrebovali smo tudi strokovno znanje, predvsem pri uporabi orodij ARIS in Azure Digital Twins.

4.4 Smernice in izkušnje oblikovanja digitalnih dvojčkov poslovnih procesov

Oblikovanje digitalnih dvojčkov je izjemno kompleksna naloga. Izziv je že izbira ustreznih tehnologij. Kot eno od najbolj obetavnih smo prepoznali Azure Digital Twins tehnologijo za vzpostavitev digitalnega dvojčka poslovnih procesov. Obstaja več načinov vzpostavitve digitalnih dvojčkov. Azure Digital Twins pri tem uporabi model Digital Twins Definition Language oziroma DTDL, ki je bil ustvarjen iz strani Microsofta. DTDL model digitalnega dvojčka je sestavljen iz štirih glavnih elementov (Industry40tv, 2021):

- Entitete (angl. “properties”) – vsaka entiteta ima določeno stanje, ki predstavlja njeno fizično stanje, po katerem je prepoznavna v sistemu. To

lahko predstavlja ime, strojno moč, barvo ali serijsko številko. Pomembno je, da ima entiteta zmožnost trajnega hranjenja in posredovanja podatkov naprej v sistem, ko je to potrebno.

- Telemetrija (angl. “telemetry”) – tok dogodkov, ki predstavlja merjenje fizičnih parametrov. Podatki, ki pridejo v digitalni dvojček, so procesirani na vhodu, vendar v sistemu niso hranjeni. Po potrebi se jih lahko shranjuje v zunanji sistem.
- Komponente (angl. “components”) – v uporabo nastopijo, ko v digitalni dvojček želimo vključiti posamezne modele, ki so del večjega sistema. V digitalnem dvojčku tovarne komponento lahko predstavlja npr. proizvodni obrat.
- Povezave (angl. “relationships”) – povezave med posameznimi deli ali modeli določenega digitalnega dvojčka. Več povezanih modelov oziroma sestavnih delov digitalnega dvojčka sestavlja graf dvojčkov (angl. “twins graph”). Slednji predstavlja fizične entitete v celotnem okolju digitalnega dvojčka, hkrati pa odraža njihove interakcije.

Vsi navedeni elementi digitalnega dvojčka so vključeni v vmesnik, ki omogoča medsebojno sodelovanje sestavnih delov. Ustvarjanje digitalnega dvojčka v Azure Digital Twins platformi poteka po naslednjih korakih (Industry40tv, 2021):

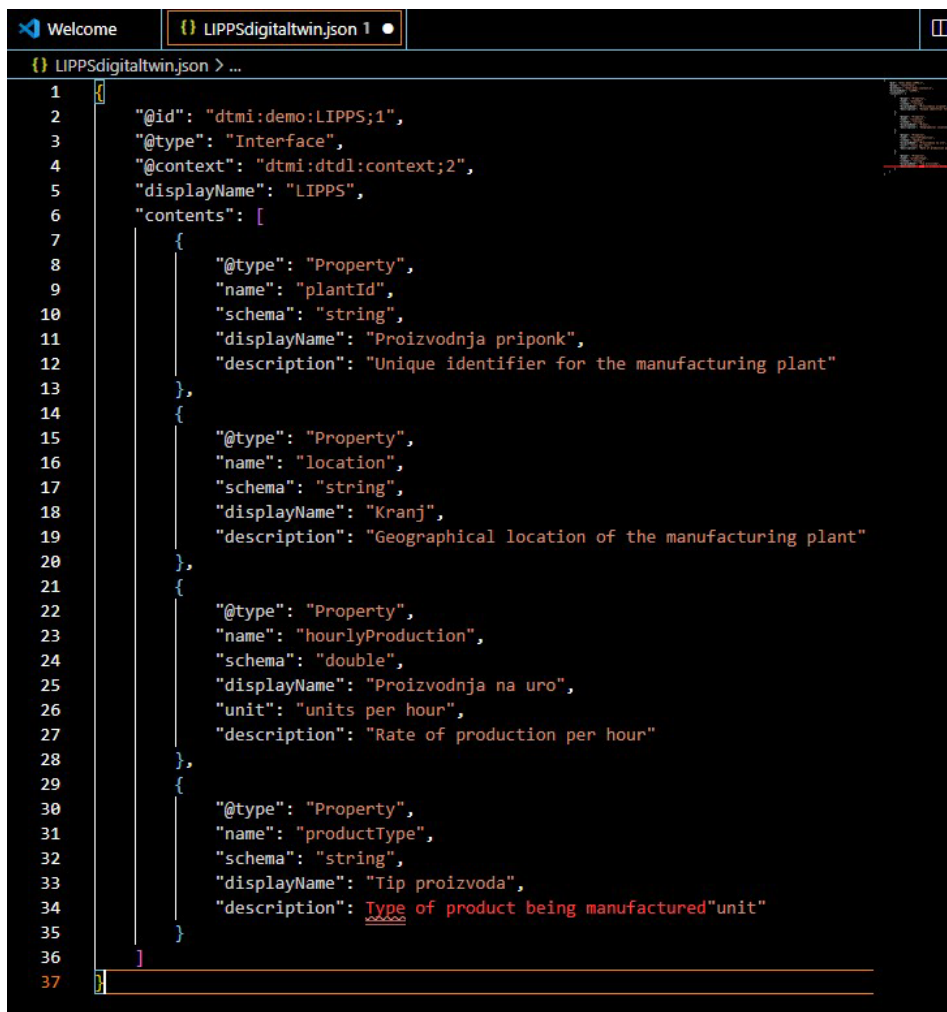
- Načrtovanje digitalnega dvojčka – prvi korak je načrtovanje digitalnega dvojčka, kjer določimo, kaj želimo modelirati, analizirati in na osnovi česa bomo izvajali simulacije. Pred ustvarjanjem je potrebno določiti strukturo in parametre, ki bodo vključeni v digitalni dvojček.
- Priprava Azure okolja – najprej je potrebno ustvariti Azure račun. Nato je potrebno zagotoviti dostop do Azure Digital Twins, Azure Digital Twins Explorer, Azure IoT Hub in Azure Function App. Slednja omogočata integracijo senzorjev realnega sistema z digitalnim dvojčkom. Potem v Azure Digital Twins ustvarimo digitalni dvojček, ki ga poimenujemo.
- Pisanje in pretvorba programske kode v Json datoteko – pisanje kode se lahko izvaja v urejevalnikih besedila, kot je npr. Visual Studio Code, ki ima tudi funkcijo pretvorbe v Json datoteko. S kodiranjem definiramo ključne elemente sistema, ki predstavljajo fizične in logične komponente modela.

Te bodo kasneje uporabljene za konfiguracijo in upravljanje digitalnega dvojčka.

- Uvoz datoteke Json v Azure Digital Twins Explorer – v tem koraku Json datoteko uvozimo v prej ustvarjen digitalni dvojček. Program nato obdela datoteko ter uporabi vse podatke in konfiguracije za ustvarjanje in posodabljanje digitalnega dvojčka. V tem koraku se model pregleda in primerja z načrtovanim digitalnim dvojčkom.
- Implementacija in integracija senzorjev – senzorje je potrebno najprej ustrezno kodirati. Programska koda omogoča senzorjem zajemanje podatkov iz okolja (npr.: temperatura, vlaga ali gibanje, pa tudi čas, kosí in drugo). Podatki, ki jih odčitavajo senzorji, so nato preko komunikacijskega vmesnika Azure IoT Huba preneseni v digitalni dvojček. Senzorji morajo biti opremljeni s potrebnimi informacijami (npr.: ID senzorja), ki omogočajo prepoznavnost v modelu. Prenos podatkov je omogočen s kombinacijo programov Azure IoT Huba in Azure Function App. Po vzpostavitvi povezave so podatki v digitalnem dvojčku na voljo za nadaljnjo analizo in obdelavo.
- Simulacija in analiza – z modelom in podatki, ki jih zajemajo senzorji Azure Digital Twins Explorer, omogoča vizualizacijo, simulacijo dogodkov ter spremljanje trenutnega stanja v fizičnem sistemu.
- Sprotno nadgrajevanje in optimiziranje – z vključevanjem novih sestavnih delov, modelov in senzorjev lahko nadgrajujemo digitalni dvojček. Po potrebi se dodajo nove funkcije, optimizira porabo virov ali prilagodi konfiguracije glede na spremenjene zahteve in cilje.

S sledenjem zgoraj naštetih korakov smo ustvarili osnovno obliko digitalnega dvojčka LIPPS za proces izdelave priponk. Nastavili smo več testnih parametrov, kot so npr. število proizvodov na uro in tip proizvoda. Tako bo mogoče nadzorovati učinkovitost proizvodnje in število določenih tipov proizvoda po implementaciji senzorjev.

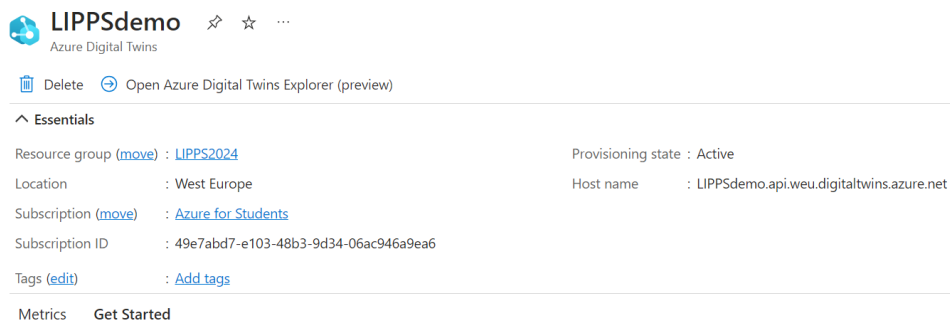
V programu Visual Studio Code (Slika 6) smo določili komponente digitalnega dvojčka in parametre, ki jih želimo meriti. Nato smo ustvarili digitalni dvojček in ga poimenovali v platformi Azure Digital Twins, kot je prikazano na Sliki 7.

The image shows a screenshot of the Visual Studio Code editor. The top bar displays 'Welcome' and the active file 'LIPPSdigitaltwin.json 1'. The editor window shows the following DTDL code:

```
1  {}
2  "@id": "dtmi:demo:LIPPS;1",
3  "@type": "Interface",
4  "@context": "dtmi:dtdl:context;2",
5  "displayName": "LIPPS",
6  "contents": [
7    {
8      "@type": "Property",
9      "name": "plantId",
10     "schema": "string",
11     "displayName": "Proizvodnja priponk",
12     "description": "Unique identifier for the manufacturing plant"
13   },
14   {
15     "@type": "Property",
16     "name": "location",
17     "schema": "string",
18     "displayName": "Kranj",
19     "description": "Geographical location of the manufacturing plant"
20   },
21   {
22     "@type": "Property",
23     "name": "hourlyProduction",
24     "schema": "double",
25     "displayName": "Proizvodnja na uro",
26     "unit": "units per hour",
27     "description": "Rate of production per hour"
28   },
29   {
30     "@type": "Property",
31     "name": "productType",
32     "schema": "string",
33     "displayName": "Tip proizvoda",
34     "description": "Type of product being manufactured"unit"
35   }
36 ]
37 }
```

Slika 6: Programirana koda DTDL v programu Visual Studio Code

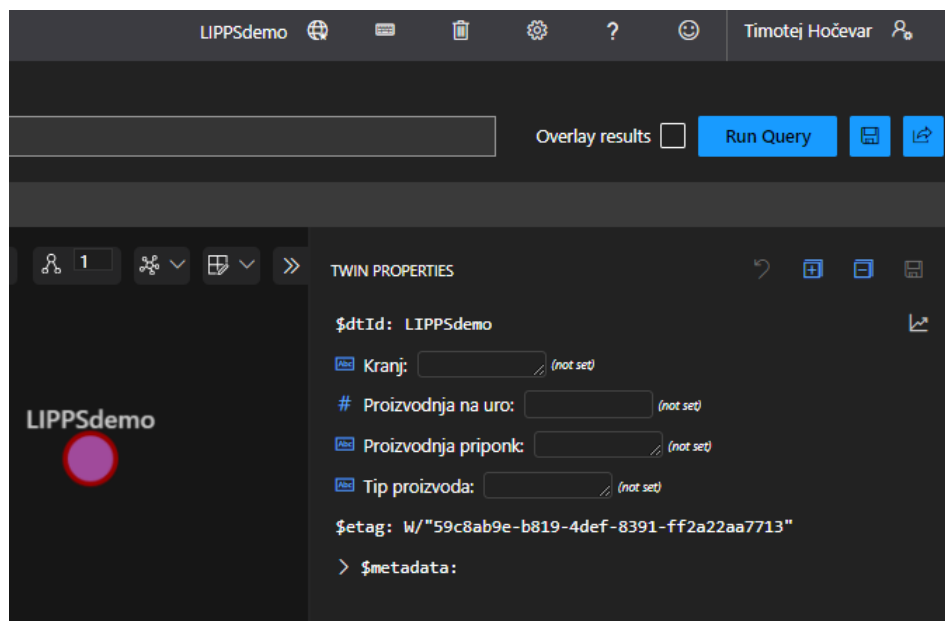
Vir: lasten



Slika 7: Ustvarjen digitalni dvojček na platformi Azure Digital Twins

Vir: lasten

Ko je bil digitalni dvojček ustvarjen smo se prijavili v Azure Digital Twins Explorer in programsko kodo naložili v program. Tako smo dobili preprost graf digitalnega dvojčka (Slika 8), ki omogoča predstavitev poslovnega sistema.



Slika 8: Digitalni dvojček LIPPSdemo v Azure Digital Twins Explorer

Vir: lasten

Prikazan je primer z omejenim obsegom in naborom podatkov. V nadaljevanju bomo nabor podatkov povečali in vključili še druge procese, ki so neposredno povezani z obravnavanim poslovnim procesom. Na ta način bomo izpopolnili model digitalnega dvojčka poslovnega sistema LIPPS.

5 Diskusija in zaključek

V sodobnem poslovnem okolju se poslovni sistemi vse bolj zavedajo pomembnosti razumevanja delovanja poslovnih sistemov, obvladovanja sprememb in uporabe naprednih tehnologij za izboljšanje operativne učinkovitosti in konkurenčne prednosti. Uspešno obvladovanje poslovnega sistema zahteva sistematičen pristop. Znanih je več procesnih pristopov, vsem pa so skupne tri ključne faze posnetka in analize stanja ter izboljšave poslovnih procesov. Na podlagi pregleda literature smo ugotovili, da digitalni dvojček predstavlja eno od obetavnih tehnologij za izpostavljene faze, saj omogoča zajem, spremljanje in interpretacijo podatkov v realnem času. Tehnologija digitalnih dvojčkov je novost in posledično na trgu ni veliko uporabnih rešitev. Izbira pravilne poti do vzpostavitve modela digitalnega dvojčka je zato zahtevna.

Za ustrezno vzpostavitev digitalnega dvojčka najprej potrebujemo procesno tehnologijo ter jasno in pravilno definirane poslovne procese, saj drugače pride do neuskkljenosti med realnim (fizičnim) sistemom in digitalnim modelom. Potrdili smo domnevo, da je za to mogoče uporabiti že oblikovan poslovni repositorij izbranega poslovnega sistema. Da bi dosegli svoj namen, smo uporabili orodje ARIS, kjer smo imeli že oblikovan repositorij LIPPS. Modele poslovnega sistema smo pregledali in pomanjkljivosti v njih odpravili. Modele v orodju smo uporabili za razumevanje osnovnega stanja in prepletenosti povezav med posameznimi poslovnimi procesi v sistemu.

Naslednja zahteva je podatkovna tehnologija, ki omogoča oblikovanje in prikaz digitalnega dvojčka. Za to smo uporabili platformo Azure Digital Twins, s pomočjo katere smo prikazali ključne elemente in korake oblikovanja. Potrdili smo domnevo, da je oblikovanje digitalnega dvojčka kompleksno delo, saj zajema pisanje programske kode. Napor je z uporabo ARIS orodij in ustreznih modelov mogoče nekoliko zmanjšati. Ustvarili smo osnovni model laboratorija IPPS s proizvodnim obratom, kjer bomo v prihodnje lahko merili parametre, kot so število proizvodov

na uro, tip proizvoda in drugo. Ta korak je zahteval bistveno več znanja in časa, kot je bilo predvideno v začetni fazi oblikovanja raziskave.

Za uporabnost rešitve je potrebno implementirati digitalni dvojček na način, da bo v prihodnje mogoče v realnem času izvajati simulacije in imeti vpogled v poslovne procese v fizičnem sistemu. Povezati je torej potrebno procesno in podatkovno tehnologijo ter na podlagi tega spremljati operativno učinkovitost sistema ter le-to po možnosti izboljševati. Za to bo v prihodnje potrebno natančneje določiti, katere kazalnike operativne učinkovitosti je smiselno in možno spremljati. Hkrati pa je orodja ARIS in Azure Digital Twins potrebno povezati tudi z ostalimi naprednimi tehnologijami v procesu izdelave priponk (npr. 3D tiskalnik), saj bodo le-te podale realne prometne podatke izvajanja procesa ter omogočile njegovo spremljanje in izboljševanje.

Pričujoča raziskava je pokazala, da je oblikovanje digitalnih dvojčkov kompleksen, a izjemno koristen proces, ki poslovnim sistemom omogoča boljše razumevanje njihovega delovanja, hitreje odzivanje na spremembe ter izboljšanje operativne učinkovitosti. Ključni dejavniki uspeha implementacije digitalnih dvojčkov vključujejo jasno definicijo poslovnih procesov, učinkovito integracijo tehnologij ter aktivno sodelovanje vseh deležnikov v sistemu. Vsekakor bodo potrebne dodatne raziskave in nadaljnji razvoj, da bo tehnologija primerna za širšo uporabo v poslovnem okolju. V nadaljevanju bomo tako izvedli raziskavo, kjer bomo ugotavljali delež slovenskih podjetij, ki pri obvladovanju poslovnega sistema uporabljajo digitalni dvojček. Osredotočili pa se bomo predvsem na razvoj končnega modela digitalnega dvojčka, ki ga bomo povezali s pripadajočimi tehnologijami na procesu izdelave priponk in tako predstavili delovanje poslovnega sistema LIPPS.

Literatura

- Abouzid, I., & Saidi, R. (2023). Digital twin implementation approach in supply chain processes. *Scientific African*, 21, e01821. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2023.e01821>
- Aguilar-Savén, R. S. (2004). Business process modelling: Review and framework. *International Journal of Production Economics*, 90(2), 129-149. [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(03\)00102-6](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(03)00102-6)
- A.M. Miller, R. Alvarez, N. Hartman. (2018). Towards an extended model-based definition for the digital twin. *Computer-Aided Design and Applications*, 15(6), 880–891. <https://doi.org/10.1080/16864360.2018.1462569>
- Bai, C., & Sarkis, J. (2013). A grey-based DEMATEL model for evaluating business process management critical success factors. *International Journal of Production Economics*, 146(1), 281-292. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2013.07.011>

- Debevc, I., Svetec, P., & Krhač Andrašec, E. (2018). Učinkovitost in uspešnost organizacije skozi uporabo različnih metodologij, konceptov in pristopov. In *37th International Conference on Organizational Science Development. Organization and uncertainty in the digital age* (pp. 217-233).
- Dumas, M., La Rosa, M., Mendling, J., & Reijers, H. A. (2018). *Fundamentals of business process management* (Vol. 2). Heidelberg: Springer.
- Industry40tv (2021). Azure Digital Twins Tutorial – Getting Started With Azure Digital Twins (A Step-by-Step Guide). Dostopno na: <https://www.youtube.com/watch?v=YBwraf72BKI>.
- Kern, T. (1998). *Procesna organizacija–oblikovanje organizacije poslovnih sistemov na osnovi modela strukturiranih organizacijskih procesov* [Doktorska disertacija, Univerza v Mariboru, Fakulteta za organizacijske vede].
- Kerremans, M. (2023). Market Guide for Tehnologies Supporting a Digital Twin of an Organization. *Gartner*. Dostopno na: <https://www.gartner.com/document/4022648?ref=solrAll&refval=384971901&>
- Balantič, Z., Balantič, B., & Kovarič Jarc, B. (2021). Digital twins in ergonomic workplaces arrangements. In *40th Conference on Organizational Science Development. Values, Competencies and Changes in Organizations* (pp. 43-56).
- Krhač Andrašec, E. (2022). *Vpliv uporabe metod in tehnik izboljševanja poslovnih procesov na učinkovitost organizacijskih sistemov* [Doktorska disertacija, Univerza v Mariboru]. Digitalna knjižnica Univerze v Mariboru. <https://dk.um.si/IzpisGradiva.php?lang=slv&id=82145>.
- Mivšek, J., & Rozman, T. (2007). Modeliranje in izvajanje poslovnih procesov v spletnem okolju. Dostopno na: <ftp://ftp.eranova.si/aida/mivsek-rozman-bpm-naspletu-dsi07>.
- M.W. Grieves (2019). Virtually intelligent product systems: Digital and physical twins. In *Complex Systems Engineering: Theory and Practice* (175-200). American Institute of Aeronautics and Astronautics. <http://doi.org/10.2514/5.9781624105654.0175.0200>.
- Peng, J., & Bao, L. (2023). Construction of enterprise business management analysis framework based on big data technology. *Heliyon*, 9(6), e17144. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e17144>.
- Rosen, R., von Wichert, G., Lo, G., & Bettenhausen, K. D. (2015). About The Importance of Autonomy and Digital Twins for the Future of Manufacturing. *IFAC-PapersOnLine*, 48(3), 567-572. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.06.141>.
- Saporiti, N., Cannas, V. G., Pozzi, R., & Rossi, T. (2023). Challenges and countermeasures for digital twin implementation in manufacturing plants: A Delphi study. *International Journal of Production Economics*, 261, 108888. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2023.108888>
- Sharma, A., Kosasih, E., Zhang, J., Brintrup, A., & Calinescu, A. (2022). Digital Twins: State of the art theory and practice, challenges, and open research questions. *Journal of Industrial Information Integration*, 30, 100383. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2022.100383>
- Sharma, A. (2009). Implementing balance scorecard for performance measurement. *ICFAI Journal of Business Strategy*, 6(1), 7-16.
- Siemens Energy. (2023). Terminal Operators Benefit from Digital Twin. *Siemens Energy Magazine*. Dostopno na: <https://www.siemens-energy.com/mea/en/news/magazine/terminal-operators-benefit-from-digital-twin.html>
- Software AG. (2023). ARIS: Thirty Years of Passion for Business Processes. *Software AG Blog*. Dostopno na: <https://blog.softwareag.com/aris-thirty-years-of-passion-for-business-processes/>
- Software AG (2022). ARIS & Azure Digital Twins DTDL. Dostopno na: <https://www.youtube.com/watch?v=CsgrQ86dY8c>.
- Trkman, P. (2010). The critical success factors of business process management. *International Journal of Information Management*, 30(2), 125-134. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2009.07.003>.
- Urh, B. (2011). *Predvidevanje uspešnosti poslovnega sistema z vidika obvladovanja učinkovitosti poslovnih procesov* [Doktorska disertacija, Univerza v Mariboru, Fakulteta za organizacijske vede].

- Urh, B., & Kern, T. (2012). Učinkovitost poslovnih procesov z vidika njihove strukture. In *31th International Conference on Organizational Science Development. Quality, innovation, future* (pp. 1326-1334).
- Urh, B., & Kern, T. (2014). Vplivni dejavniki učinkovitosti izvajanja poslovnih procesov. *Uporabna informatika*, 22(2), 85-103.
- Weske, M., van der Aalst, W.M.P., & Verbeek, H.M.W. (2004). Advances in business process management. *Data & Knowledge Engineering*, 50(1), 1-8.
<https://doi.org/10.1016/j.datak.2004.01.001>.
- Zajec, K. (2018). *Prenova procesov na sekretariatu Ministrstva za javno upravo* [Doktorska disertacija, Univerza v Mariboru, Fakulteta za organizacijske vede].

