

DIGITALNI BLIZANCI I SENKE**DIGITAL TWINS AND SHADOWS**Nemanja Tešić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – INŽENJERSTVO INFORMACIONIH SISTEMA**

Kratak sadržaj – U ovom radu dat je sistematski pregled literature na temu digitalnih blizanaca i senki, razlikama data dva koncepta, oblastima u kojima oni imaju najveću primenu i tehnologijama koji se koriste za njihovu implementaciju. Prikazane su studije koje su se bavile razvojem, unapređenjem i implementacijom digitalnih blizanaca i senki.

Ključne reči: Digitalni blizanci, Digitalne senke

Abstract – A systematic review of the literature on digital twins and shadows, the differences between the two concepts, the areas in which they have the biggest application and the technologies used for their implementation. This paper presents studies that have dealt with the development, improvement and implementation of digital twins and shadows.

Keywords: Digital twins, Digital shadows

1. UVOD

Rad predstavlja sistematski pregled literature iz oblasti digitalnih blizanaca (engl. *Digital Twins - DT*) i digitalnih senki (engl. *Digital Shadows - DS*). Digitalni blizanci i senke predstavljaju virtualnu reprezentaciju realnih, fizičkih: objekata, procesa ili sistema. Digitalizacijom realnih entiteta omogućava se kreiranje različitih simulacija u virtualnom svetu što za rezultat ima: smanjenje troškova (jer se pre primene u realnom svetu vrši testiranje), uštedu vremena, uštedu novca i sl. Pored simulacije moguće je koristiti DT i DS u svrhu predikcije nekih događaja ili potreba.

Koncepti DT i DS su relativno novi i usko su povezani sa razvojem tehnologija koje omogućavaju njihovu implementaciju, kao što su to na primer: internet stvari (engl. *Internet of Things - IoT*), veštačka inteligencija (engl. *Artificial Intelligence - AI*), mašinsko učenje (engl. *Machine Learning - ML*) i dr. Oblasni primene koncepta DT i DS su mnogobrojne: proizvodnja, zdravstvo, edukacija i dr. Fokus rada jeste istraživanje trenutnog stanja u oblasti kao i pronalaženje odgovora na neka specifična pitanja vezana za koncepte DT i DS, njihove primene i omogućavajućih tehnologija.

Poglavlje 2 se odnosi na celokupan proces sistematskog pregleda literature, odnosno na kriterijume po kojima su odabrani radovi koji su prihvaćeni za potrebe ovog istraživanja.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Teodora Lolić, docent.

Potpoglavlje 2.1 obuhvata: cilj rada, istraživačka pitanja, indeksne baze, termin pretrage, kriterijume inkluzije i ekskluzije, kao i strategiju ekstrakcije podataka.

Potpoglavlje 2.2 objašnjava primenu kriterijuma na inicijalni rezultat pretrage i način na koji su odabrane primarne studije. Rezultati istraživanja su prikazani u poglavlju 3.

2. SISTEMATSKI PREGLED LITERATURE

Kao što je pomenuto u uvodu, koncepti digitalnih blizanaca i senki relativno su novi i iz tog razloga ne postoji veliki broj radova koji obrađuje datu temu. Inicijalna istraživanja pokazuju da je industrija više posvećena razvoju koncepta DT i DS, kao i njihove primene, od akademije s obzirom da je veliki broj radova posvećen konkretnoj primeni datih koncepta u određenim industrijskim oblastima. Iz tog razloga, autor se odlučuje za sistematski pregled literature, kao transparentan, objektiv i ponovljiv metod istraživanja koji za cilj ima da se napravi presek stanja ove oblasti kao i da ponudi neke odgovore koji će možda doprineti daljem razvoju koncepta DT i DS kako u akademiji tako i u industriji.

2.1. Protokol pregleda literature

Definisanjem protokola pregleda literature omogućena je transparentnost, objektivnost i ponovljivost istraživanja. Cilj istraživanja jeste proširenje postojećeg znanje u oblasti digitalnih blizanaca i senki, ali i pronalaženja odgovora na neka konkretna istraživačka pitanja.

2.1.1 Istraživačka pitanja

Tri istraživačka pitanja koja su postavljena u ovom radu jesu:

- P1 – Koja je razlika između koncepta digitalnih blizanaca i digitalnih senki?
- P2 – U kojim oblastima industrije je najveća primena koncepta digitalnih blizanaca i senki?
- P3 – Koje postojeće tehnologije poboljšavaju ili omogućavaju implementaciju data dva koncepta digitalnih blizanaca i senki?

2.1.2 Korišćena indeksna baza

Indeksna baza koja je korišćena prilikom sprovođenja istraživanja jeste *Google Scholar*.

2.1.3 Termin pretrage

Za pretragu radova korišćena je napredna pretraga *Google Scholar* pretraživača. Pretraga je podešena tako da članci moraju da sadrže termin „Digital twins“ i „shadows“, kao i bar jednu pojavu reči „technologies“ ili „challenges“.

Dodatno, kako nas isključivo interesuje trenutno stanje u oblasti, prihvatamo samo radove koji su noviji od 2015. godine.

2.1.4 Kriterijumi inkluzije i ekskluzije

Kako bi radovi postali primarna literatura za istraživanje neophodno je da zadovoljavaju kriterijum inkluzije, a odmah se odbacuju ako zadovoljavaju makar jedan kriterijum ekskluzije.

2.2 Izvođenje sistematskog pregleda literature

Inicijalno, u fazi identifikacije, termin pretrage definisan u potpoglavlju 2.1.3 rezultovao je sa 15.900 radova. Zatim je izdvojeno 50 najrelevantnijih radova na osnovu definicije relevantnosti koju implementira Google Scholar. U fazi inicijalnog pregleda, odnosno screen-ovanja, je izbačeno ukupno 37 radova zbog ispunjavanja kriterijuma za ekskluziju. Petnaest radova je izbačeno zbog nedostupnosti celog teksta za procenu, jedanaest jer ne zadovoljava ekskluziju broja citiranja, tri jer članak nije relevantan za temu digitalnih blizanaca ili senki, dva jer su knjige i šest jer su u pitanju pregledi literature. U fazi ispitivanja podobnosti je detaljno pročitano svih 13 radova koji su prošli inicijalni pregled, a izbačen je samo jedan zbog površno opisanog ili samo navedenih pojmova digitalnih blizanaca ili senki. Na kraju procesa selekcije, u korpus primarnih studija spadaju 12 radova.

3. DISKUSIJA

U ovom poglavlju će biti diskutovani rezultati analize primarnih studija, odnosno biće prikazana deskriptivna statistika. Broj primarnih studija koji se koriste u svrhe deskriptivne statistike je dvanaest, to jest, celokupni korpus primarnih studija. Autor će u ovom poglavlju pokušati da na osnovu rezultata deskriptivne statistike, kao i samih primarnih studija, da odgovori na postavljena istraživačka pitanja.

3.1 Publikacije u odnosu na godinu objavljivanja

Porast broja objavljenih radova se može uočiti u prethodne dve godine u odnosu na 2018. godinu, a kako istraživanje obuhvata radove od 2015. godine dolazimo do zaključka da je broj radova koji zadovoljavaju kriterijume istraživanja za godine 2015-2017 jednak nuli, odnosno ne postoje radovi u datom periodu koji bi zadovoljili kriterijume pretrage. Ovo potvrđuje novinu koncepta DT i DS, ali i trend u kojem se veći broj istraživača bavi ovom oblasti.

3.2 Kontribucije po izdavačima

Možemo zaključiti da su izdavači koji najviše objavljuju radove na temu DT i DS „Elsevier B.V.“ i „IEEE“ kako su zajedno izdali ukupno 75% radova izabranog korpusa primarnih studija.

U okviru primarnih studija uključeni su i radovi sa konferencija zbog same novine pojmova DT i DS. Odluku o korišćenju radova sa konferencija potvrđuje činjenica da bi njihovom ekskluzijom korpus značajno bio smanjen. Autor smatra da su ovi radovi od velikog značaja i izuzetno bitni u inicijalnoj fazi definisanja novih konceptata kao što su koncepti digitalnih blizanaca i digitalnih senki.

3.3 Kontribucije autora

Većina autora primarnih studija ima objavljen samo jedan rad na temu digitalnih blizanaca ili digitalnih senki u okviru korpusa primarnih studija. Izdvajaju se autori Tönnies Christian, Schuh Günther, Riesener Michael i Dölle Christian koji imaju dva rada u okviru korpusa primarnih studija, a to su radovi [6] i [11].

3.4 Kontribucije po državama

Države koje se najviše bave istraživanjem pojma digitalnih blizanaca i digitalnih senki su Nemačka sa 4 rada i Norveška sa 2 rada, dok ostale države čiji su radovi izdvojeni za ovo istraživanje imaju objavljen po jedan rad.

3.5 Definisanje pojma digitalnih blizanaca i digitalnih senki

Sve primarne studije definišu pojam digitalnih blizanaca, dok samo polovina radova definiše pojam digitalnih senki.

Tokom analize primarnih studija zapaženo je da oko 40% radova eksplicitno navode razliku između pojma digitalnih blizanaca i digitalnih senki. Sledećih pet radova navode razliku između pojma digitalnih blizanaca i digitalnih senki: [1], [4] i [6]–[8]. Kako se prvo istraživačko pitanje odnosi na razliku između dva koncepta DT i DS analiziraju se navedenih pet radova u cilju pronalaženja adekvatnog odgovora. U [1] radu autori ističu da je bitno uočiti razliku između koncepta DT i DS u „nivou integracije podataka između fizičkih i digitalnih pandana“, odnosno, DS uključuje automatizovani jednosmerni protok podataka iz fizičkog sveta u digitalni model dok DT uključuje obostrani protok podataka između digitalnih i fizičkih objekata. Saracco u svom radu [4] navodi da je digitalna senka samo jedan deo digitalnog blizanca. Kada je u pitanju količina podataka koja je neophodna za kreiranje DT i DS, autori rada [6] tvrde da digitalnoj senci nije potrebna baza podataka visoke rezolucije, ali jeste potrebna kompletna baza podataka (sa manje podatka nego što je to potrebno za DT) za ispunjavanje određene svrhe. Suprotno od DS, za DT po radu [6] važi da su potrebni podaci „od mikroatomske nivoa do makro geometrijske nivoa“. Rad Grigoriev et al. [7] se poklapa sa zaključkom koji je doneo Saracco, a to je da DS čini ključnu komponentu DT sa dodatkom da se smetnje i šum u podacima kod DS čuva, dok se kod DT otklanja. Rad [8] takođe definiše DS kao ključnu komponentu DT. S obzirom na sve prethodno napisano, može se zaključiti da postoji shvatanje da je DS jedna od komponenti DT, koja poseduje manju količinu podataka (sa smetnjama i šumom) i karakterisana je sa jednosmernim tokom podataka iz fizičkog sveta u digitalni model dok DT sadrži veću količinu podataka koji su finije granulacije (takođe filtrirani od smetnji i šuma) sa karakteristikom obostranog toka podataka između digitalnih i fizičkih objekata.

3.6 Oblast primene

Na osnovu priloženih radova može se zaključiti da je primena digitalnih blizanaca i digitalnih senki najveća u industriji proizvodnje, odnosno da se više od polovine primarnih studija odnosi isključivo na ovu oblast. Nakon ovoga slede edukacija na koju se odnosilo 15,8% radova primarnih studija i zdravstvo sa 10,5% dok su oblasti

pametnih gradova, meteorologije i pomorskih sistema podjednako obuhvaćeni primarnim studijama i to sa 5,3%. Analizom ovih podataka došli smo do odgovora na drugo postavljeno istraživačko pitanje. S obzirom na stavove autora primarnih studija ovaj trend će se verovatno i nastaviti u budućnosti, odnosno predviđa se nastavak značajnije primene oba koncepta u industriji proizvodnje.

3.7 Integracija sa tehnologijama

Možemo takođe zaključiti da postoje dve kategorije tehnologija koje su obuhvaćene primarnim studijama. U prvu kategoriju spadaju tehnologije koje su navedene u 28,6% radova, a to su veštačka inteligencija/mašinsko učenje i big data. Veštačka inteligencija u velikoj meri može poboljšati mogućnosti koje daju digitalni blizanci i digitalne senke, zbog toga je jedan od najvećih fokusa upravo u integraciji s datim tehnologijama. U drugu kategoriju spadaju tehnologije koje su navedene u 14,3% radova, a to su: komunikacione tehnologije, proširena stvarnost (engl. Augmented Reality – AR)/virtuelna realnost (engl. Virtual Reality – VR) i internet stvari. Ovakvi rezultati analize podataka daju odgovor na treće istraživačko pitanje.

4. ZAKLJUČAK

Digitalni blizanci i digitalne senke su oblasti koje su u prethodnih par godina doživela ogroman razvoj i kojom se počinje baviti sve više autora širom sveta. U okviru ovog rada prikazane su studije koje su se bavile razlikom data dva koncepta, tehnologijama koje omogućavaju njihovu implementaciju i industrijama u kojima oni imaju najveću primenu.

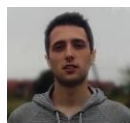
Primena ova dva koncepta omogućava testiranje proizvoda u uslovima realnog sveta pomoću digitalnih tehnologija i time istraživači mogu izbeći ogromne troškove koji bi nastali testiranjem proizvoda u realnim uslovima. Uzimajući tu informaciju kao polaznu tačku i činjenicu da dolazi do ogromnog porasta broja istraživačkih radova u prethodnom vremenskom periodu možemo lako doći do zaključka da nam tek prestoni značajniji porast njihove implementacije.

Autori radova navode da literatura može pomoći budućim istraživačima da unaprede i primene koncepte digitalnih blizanaca i digitalnih senki kako bi poboljšali svoj proizvod.

6. LITERATURA

- [1] N. Tvenge, O. Ogorodnyk, N. P. Østbø, and K. Martinsen, "Added value of a virtual approach to simulation-based learning in a manufacturing learning factory," *Procedia CIRP*, vol. 88, pp. 36–41, 2020, doi: 10.1016/j.procir.2020.05.007.
- [2] A. Rasheed, O. San, and T. Kvamsdal, "Digital Twin: Values, Challenges and Enablers," *arXiv*, pp. 1–31, Oct. 2019, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1910.01719>.
- [3] Q. Qi and F. Tao, "Digital Twin and Big Data Towards Smart Manufacturing and Industry 4.0: 360 Degree Comparison," *IEEE Access*, vol. 6, pp. 3585–3593, 2018, doi: 10.1109/ACCESS.2018.2793265.
- [4] R. Saracco, "Digital Twins: Bridging Physical Space and Cyberspace," *Computer (Long Beach, Calif.)*, vol. 52, no. 12, pp. 58–64, 2019, doi: 10.1109/MC.2019.2942803.
- [5] A. A. Malik and A. Bilberg, "Digital twins of human robot collaboration in a production setting," *Procedia Manuf.*, vol. 17, pp. 278–285, 2018, doi: 10.1016/j.promfg.2018.10.047.
- [6] M. Riesener, C. Dölle, G. Schuh, and C. Tönnies, "Framework for defining information quality based on data attributes within the digital shadow using LDA," vol. 83. Elsevier B.V., 2019, pp. 304–310.
- [7] S. N. Grigoriev, V. A. Dolgov, P. A. Nikishechkin, and N. V. Dolgov, "Information model of production and logistics systems of machine-building enterprises as the basis for the development and maintenance of their digital twins," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 971, p. 032094, Dec. 2020, doi: 10.1088/1757-899X/971/3/032094.
- [8] D. Romero, T. Wuest, R. Harik, and K.-D. Thoben, "Towards a Cyber-Physical PLM Environment: The Role of Digital Product Models, Intelligent Products, Digital Twins, Product Avatars and Digital Shadows," *21st IFAC World Congr.*, no. June, 2020, [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/340952548_Towards_a_CyberPhysical_PLM_Environment_The_Role_of_Digital_Product_Models_Intelligent_Products_Digital_Twins_Product_Avatars_and_Digital_Shadows.
- [9] A. Ait-Alla, M. Kreutz, D. Rippel, M. Lütjen, and M. Freitag, "Simulation-based Analysis of the Interaction of a Physical and a Digital Twin in a Cyber-Physical Production System," *IFAC PapersOnLine*, vol. 52, no. 13, pp. 1331–1336, 2019, doi: 10.1016/j.ifacol.2019.11.383.
- [10] N. Taylor, C. Human, K. Kruger, A. Bekker, and A. Basson, "Comparison of Digital Twin Development in Manufacturing and Maritime Domains," in *Studies in Computational Intelligence*, vol. 853, no. January, 2020, pp. 158–170.
- [11] M. Riesener, G. Schuh, C. Dölle, and C. Tönnies, "The digital shadow as enabler for data analytics in product life cycle management," *Procedia CIRP*, vol. 80, pp. 729–734, 2019, doi: 10.1016/j.procir.2019.01.083.
- [12] I. Halenar, M. Juhas, B. Juhasova, and D. Borkin, "Virtualization of Production Using Digital Twin Technology," in *2019 20th International Carpathian Control Conference (ICCC)*, May 2019, no. March 2020, pp. 1–5, doi: 10.1109/CarpathianCC.2019.8765940.

Kratka biografija:



Nemanja Tešić rođen je 30.08.1996. godine u Loznicima, Srbiji. Osnovne studije završava 2020. godine na Fakultetu tehničkih nauka, smer Inženjersvo informacionih sistema, iste godine upisuje i master studije na istom smeru.

kontakt: nemanjatesic96@gmail.com