

**DIGITALNA TRANSFORMACIJA PLANIRANJA OPERACIJA:
KONCEPT TEHNOLOGIJE DIGITALNOG BLIZANCA****DIGITAL TRANSFORMATION OF OPERATIONS PLANNING: THE
DIGITAL TWIN TECHNOLOGY****Zoran Rakićević¹**

¹Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka,
zoran.rakicevic@fon.bg.ac.rs, ORCID: 0000-0002-8114-7762

Apstrakt: Ovaj rad istražuje mogućnosti konceptualne primene tehnologije digitalnog blizanca u savremenom procesu integrisanog planiranja proizvodnih i uslužnih operacija. Najpre se daje pregled procesa planiranja prodaje i operacija (engl. Sales and Operations Planning), koji predstavlja ključnu komponentu organizacionog okvira za planiranje u savremenim proizvodnim i uslužnim kompanijama. Rad dalje razmatra koncept digitalnog blizanca (engl. Digital Twin) i analizira mogućnost njegove primene sa stanovišta digitalne transformacije procesa planiranja prodaje i operacija. Pored teorijskog osvrta na koncept tehnologije digitalnog blizanca, rad ukazuje i na najbolje prakse integrisanog planiranja u kompanijama koje posluju u Republici Srbiji, a koje uspešno primenjuju S&OP pristup.

Ključne reči: Planiranje proizvodnje, planiranje prodaje i operacija (S&OP), digitalni bliznac, digitalna transformacija, Industrija 4.0.

Abstract: This paper explores the conceptual application possibilities of Digital Twin technology within the contemporary process of integrated planning of production and service operations. It begins with an overview of Sales and Operations Planning (S&OP) process, which represents a key component of the organizational framework for planning in modern manufacturing and service companies. Furthermore, the paper examines the concept of the Digital Twin and analyzes its potential from the perspective of digital transformation within Sales and Operations Planning (S&OP) processes. In addition to the theoretical considerations of the Digital Twin concept, the paper highlights the best practices of integrated planning among companies operating in the Republic of Serbia that have successfully adopted the S&OP framework.

Keywords: Production Planning, Sales and operations planning (S&OP), Digital Twin, Digital Transformation, Industry 4.0.

1. UVOD

Savremeno poslovanje preduzeća, koje se odlikuje stalnim i iznenadnim promenama u tržišnom okruženju, nameće potrebu za stalnim prilagođavanjem i preispitivanjem postojećih poslovnih planova. Među brojnim izazovima savremenog poslovanja, posebno se ističe potreba za usaglašavanjem ponude preduzeća i tražnje kupaca – kako u pogledu

obima, tako i asortimana proizvoda, i to u različitim vremenskim horizontima (dugoročnom, srednjoročnom i kratkoročnom). Ovaj proces ostvaruje se kroz međusobno povezane planske aktivnosti, koje obuhvataju predviđanje tražnje, planiranje kapaciteta, radne snage, zaliha, nabavke, aktivnosti marketinga, razvoja novih proizvoda, logistike i drugih podržavajućih funkcija u lancu snabdevanja. U odgovoru na navedene izazove planiranja poslovanja, kompanijama značajnu podršku pruža koncept integrisanog planiranja prodaje i operacija (Lapide, 2004; Rakićević, 2018). Planiranje prodaje i operacija predstavlja integrisani proces srednjoročnog planiranja, u okviru kojeg preduzeće definiše strategiju proizvodnje ili snabdevanja, sa ciljem usklađivanja raspoloživih kapaciteta i tržišne potražnje (Rakićević, 2018). Uspješna implementacija ovog planskog procesa omogućava preduzeću da na sistematičan i održiv način uravnoteži tražnju i ponudu, poveća efikasnost korišćenja resursa i time unapredi konkurentsku poziciju na tržištu.

Pored navedenog efikasnog i uspešnog sistema planiranja, konkurentnost preduzeća u savremenom poslovnom okruženju dodatno se postiže unapređenjem efikasnosti poslovnih procesa kroz digitalnu transformaciju (Fornari et al., 2025). Jedan od ključnih pravaca digitalne transformacije poslovanja odnosi se na primenu naprednih digitalnih alata i tehnologija u procesima planiranja (Ghamgui et al., 2025). Među njima, posebno mesto zauzima koncept tehnologije digitalnog blizanca koji predstavlja jednu od značajnih inovacija u domenu digitalizacije poslovanja i upravljanja u kompanijama (Jones et al., 2020).

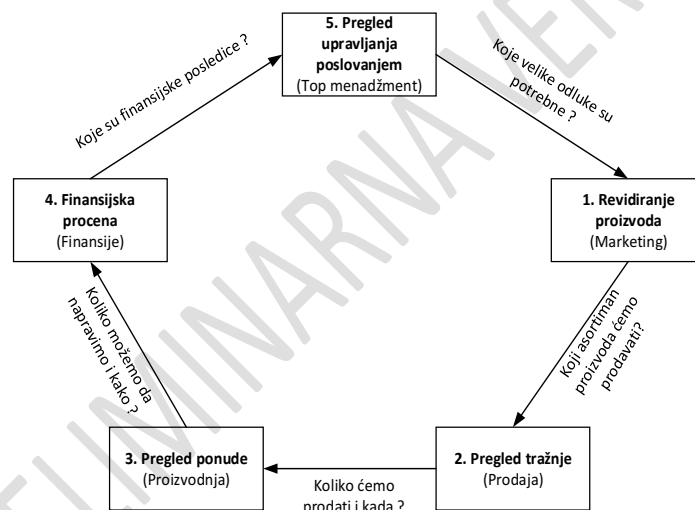
Rad predstavlja koncept integrisanog planiranja prodaje i operacija, a zatim prikazuje napredni koncept digitalnog blizanca i njegovu primenu u navedenom procesu. Osnovno istraživačko pitanje koje se postavlja u radu glasi: *Kako se mogućnosti tehnologije digitalnog blizanca mogu iskoristiti u kontekstu procesa integrisanog planiranja prodaje i operacija?* U cilju dolaska do odgovora na postavljeno pitanje, dalji sadržaj rada organizovan je u nekoliko delova: nakon uvoda, drugo poglavlje prikazuje proces integrisanog planiranja prodaje i operacija i najbolje prakse koje primenjuju proizvodne i uslužne kompanije u Republici Srbiji. Treće poglavlje posvećeno je savremenom konceptu tehnologije digitalnog blizanca i njegovoj potencijalnoj primeni u procesu planiranja prodaje i operacija. U četvrtom, završnom delu rada, iznose se zaključna razmatranja.

2. PLANIRANJE PRODAJE I OPERACIJA

Planiranje prodaje i operacija (*engl. Sales and Operations Planning – S&OP*) predstavlja integrisani i napredni srednjoročni proces planiranja proizvodnih operacija, u okviru kojeg kompanija definiše strategiju proizvodnje radi usklađivanja proizvodnih kapaciteta i raspoloživih resursa sa srednjoročnim predviđanjem tržišne tražnje, koje se uobičajeno formira na agregiranom nivou (Lapide, 2006; Rakićević, 2018). *S&OP* proces povezuje strateške ciljeve kompanije sa operativnim ciljevima proizvodnih i uslužnih aktivnosti, pri

čemu koordinira različite funkcije planiranja u okviru poslovnog sistema. To obuhvata planiranje tražnje i marketinga, finansija, operacija (nabavke, proizvodnje i distribucije), ljudskih resursa, rokova isporuke kupcima, kao i razvoja novih proizvoda, sa ciljem obezbeđivanja optimalnog korišćenja resursa i dugoročno održivog poslovanja (Lapide, 2004; Rakićević, 2018).

Pozicioniran između strateškog i operativnog nivoa planiranja, S&OP proces predstavlja integrisani pristup koji rezultira agregatnim planom proizvodnje za srednjoročni period od tri do osamnaest meseci, pri čemu se postiže ravnoteža među predviđenom tražnjom, raspoloživim kapacitetima, proizvodnim resursima i planiranim zalihama (Gansterer, 2015). Pored toga, S&OP predstavlja i važan instrument upravljanja koji integriše različite funkcije unutar organizacije (Lapide, 2006) a njegova realizacija može se sagledati i sa organizacionog stanovišta, odnosno kroz hijerarhijsku strukturu i povezanost između S&OP aktivnosti i učesnika u tom procesu (Slika 1).



Slika 1: Faze S&OP procesa (Rakićević, 2018; Gartner, 2024)

Različiti autori navode faznu strukturu procesa *S&OP*. Prema Wallace i Stahl (2006, str. 37), proces *S&OP* obuhvata nekoliko međusobno povezanih ključnih koraka: prikupljanje istorijskih podataka o prodaji, planiranje tražnje, planiranje ponude (proizvodnje, snabdevanja), sastanak za pripremu i usaglašavanje planova, i završni *S&OP* sastanak za top menadžment radi donošenja konačnog plana.

U radu se dalje prikazuje organizacija procesa *S&OP* (Slika 1), koji se sastoji od pet međusobno povezanih faza u kojima aktivno učestvuju predstavnici ključnih sektora kompanije, u skladu sa njihovim definisanim nadležnostima (Rakićević, 2018; Gartner, 2024):

1. **Pregled proizvoda** (engl. *Product review*) - sektor marketinga definiše ili revidira asortiman proizvoda koji će biti plasirani u narednom periodu.
2. **Pregled tražnje** (engl. *Demand review*) - sektor prodaje na osnovu informacija sa tržišta i predviđanja tražnje, procenjuje obim buduće prodaje.
3. **Revidiranje ponude** (engl. *Supply review*) - sektor proizvodnje ili nabavke revidira mogućnosti ponude analizom raspoloživih kapaciteta i resursa.
4. **Finansijski pregled** (engl. *Financial review*) - sektor finansija analizira prethodne planove sa aspekta profita i troškova i usklađuje ih sa ciljevima kompanije.
5. **Pregled top menadžmenta** (engl. *Executive business review*) - rukovodstvo kompanije na osnovu rezultata prethodnih faza, potvrđuje konačan S&OP plan u skladu sa postavljenim ciljevima i ključnim indikatorima performansi.

Ponekad, pre sastanka menadžmenta, organizuje se pripremni sastanak (engl. *Pre Executive meeting*) na kojem se razmatraju alternativni scenariji za donošenje odluka o završnom sastanku. Navedene faze predstavljaju niz sastanaka i planskih aktivnosti koje se ciklično sprovode tokom jednog meseca (u zavisnosti od specifičnosti kompanije ili industrije). Sama organizacija S&OP procesa se može razlikovati od specifičnosti kompanije i industrije. Tabela 1 prikazuje primere organizacije S&OP procesa u pet velikih kompanija iz različitih industrija u Republici Srbiji. Može se uočiti da se struktura procesa u razlikuje od karakteristika industrije.

Tabela 1: Specifičnosti organizacije S&OP procesa u kompanijama iz različitih industrija

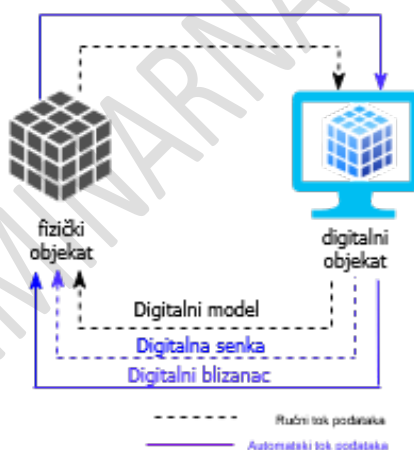
Industrija/ /Domen	Sokovi i kaše	Pivo	Mesne prerađevine	Voda i beza. pića	Distribucija
Planiranje proizvoda	Planiranje proizvoda/ projekata prodajnih aktivnosti	Planiranje prodajnih aktivnosti	Planiranje asortimana i prodajnih aktivnosti	Planiranje asortimana Planiranje novih proizvoda	Planiranje asortimana i prodajnih aktivnosti
Planiranje tražnje	Planiranje prodaje po artiklima Predviđanje tražnje Komerijalno planiranje	Komerijalno planiranje (prodaja, marketing, promocija, asortiman)	Planiranje prodaje	Planiranje prodaje	Planiranje prodaje, predviđanje i planiranje isporuka
Planiranje proizvodnje	Planiranje proizvodnih i nabavnih kapaciteta, planiranje materijala	Planiranje asortimana i obima	MRP, Planiranje kapaciteta	Planiranje kapaciteta (proizvodnja, logistika) Planiranje zaliha	Planiranje kapaciteta
Finansijsko planiranje	Planiranje bilansa uspeha (P&L) Planiranje troškova (CAPEX/OPEX)	Usklađivanje ponude i tražnje sa finansijama	P&L planiranje	Planiranje finansija	P&L planiranje
Planiranje poslovanja	Pripremni S&OP sastanak Finalni S&OP	Finalni S&OP	Finalni S&OP	Finalni S&OP	Finalni S&OP

Izvor: Istraživanje autora o primeni S&OP procesa u preduzećima iz Republike Srbije

Primenom koncepta *S&OP* postiže se sinhronizacija između planova prodaje i proizvodno-uslužnih planova. Koristi od primene *S&OP* ogledaju se u povećanju tačnosti predviđanja prodaje, smanjenju zaliha materijala i gotovih proizvoda, kao i smanjenju nedostatka na zalihama, skraćanju vremena isporuke, smanjenu zastarelosti proizvoda, i troškova proizvodnje, uz istovremeno povećanje nivoa usluge krajnjim kupcima. Konačno primena ovog procesa omogućava unapređenje interne komunikacije između različitih organizacionih jedinica i efikasniju kontrolu procesa donošenja odluka (Rakićević, 2018).

3. KONCEPT DIGITALNOG BLIZANCA U S&OP

Digitalni blizanac (engl. *Digital Twin* - DT) predstavlja digitalnu repliku fizičkog objekta, procesa ili sistema, koja je povezana sa svojim fizičkim pandanom putem razmene podataka u realnom vremenu (Jones, et al., 2020; Liu et al., 2021). Preciznije, digitalni blizanac (DT) je virtuelni model fizičkog entiteta, zasnovan na dvosmernoj vezi, tj. sajber-fizičkoj integraciji, koja omogućava kontinuirano učenje i ažuriranje modela na osnovu podataka i informacija prikupljenih sa senzora, mašina ili drugih izvora (Fornari et al., 2025). Zahvaljujući ovim karakteristikama, digitalni blizanac se ponaša gotovo identično stvarnom entitetu.



Slika 2: Reprezentacija odnosa između digitalnog blizanca, senke i modela

Izvor: Autorova kreacija napravljena pomoću <https://www.drawio.com/>

Tehnologija digitalnog blizanca nalazi sve širu primenu u različitim industrijama (Liu et al., 2021), kao i u brojnim naučnim istraživanjima (Jones et al., 2020). Koncept digitalnog blizanca treba razlikovati od digitalnog modela (engl. *Digital Model* - DM) i digitalne senke (engl. *Digital Shadow* - DS), koji predstavljaju početne faze virtuelizacije fizičkog entiteta, a karakterišu ih određena ograničenja (Fornari et al., 2025). Digitalni model (DM) predstavlja digitalnu, ali uprošćenu reprezentaciju sistema ili jednog njegovog dela, koju karakteriše ručni prenos podataka između fizičkog objekta i digitalnog prikaza. Digitalna

senka (DS) proširuje koncept DM integrišući podatke iz stvarnog entiteta sa ciljem kreiranja potpunog digitalnog prikaza. U okviru koncepta DS postoji automatska jednosmerna komunikacija između fizičkog objekta i njegovog digitalnog prikaza u realnom vremenu. DS odražava stanje fizičkog objekta u realnom vremenu, ali za razliku od digitalnog blizanca (DT), ne može da utiče na svoj fizički pandan. DT dakle predstavlja složeni digitalni prikaz koji odražava entitet iz stvarnog sveta i omogućava dvosmernu interakciju sa njegovim fizičkim pandanom (Fornari et al., 2025). Prikaz razlika između DT, DS i DM zasnovanih na odnosu između fizičkog i digitalnog prostora, dat je na slici 2.

Schmitt i Copps (2023) navode nekoliko tipova poslovnih slučajeva u primeni tehnologije digitalnog blizanca:

- Digitalni bliznac proizvoda (engl. *Product Twin*) - digitalna reprezentacija objekata iz realnog sveta koja se može primeniti u razvoju i testiranju dizajna.
- Digitalni bliznac procesa (engl. *Operational or process Twin*) - digitalna reprezentacija operacije ili poslovnog procesa, koja se može koristiti u procesu planiranja i optimizacije proizvodnje.
- Reprezentacija kompleksnog ponašanja inter-akcionih agenata, ljudskih ili virtuelnih (engl. *Behavioral/Experiential twin*), koja se mogu primeniti u okruženjima gde je cilj razumevanje i uticanje na ponašanje ljudi.
- Inovacioni digitalni bliznac (engl. *Innovation twin*) oblik digitalnog blizanca koji ima sposobnost modifikacije tokom vremena na načine koji stvaraju nove virtuelne funkcije i artefakte entiteta iz stvarnog sveta. Ovaj najsofisticiraniji oblik primene ukazuje na prisustvo elemenata veštačke inteligencije u ovom domenu, što je već prepoznato u literaturi (Groshev et al., 2021).

Primena digitalnog blizanca u planiranju proizvodnje, kao najvažnijem delu *S&OP* procesa, ogleda se kroz nekoliko ključnih mogućnosti prepoznatih u okviru koncepta Industrije 4.0 (Agostino et al., 2020):

- Kreiranje virtuelnog modela proizvodne linije ili fabrike (BMW iFactory, 2025), koji dalje omogućava simulaciju različitih scenarija proizvodnje (Sengupta & Dreyer, 2023).
- Optimizacija rasporeda, redosleda operacija i angažovanja resursa – mašina, radne snage i materijala - čime se postiže smanjenje zastoja, bolje korišćenje kapaciteta i minimizaciji troškova.
- Planiranje proizvodnih tokova: digitalni bliznac identifikuje uska grla i omogućava pravovremeno uočavanje problema u planiranju kapaciteta. Takođe, digitalni bliznac može simulirati scenarije proizvodnje kroz povećanje obima proizvodnje (Chabanet et al., 2023), uvođenje novih proizvoda ili projektovanje proizvodnih postrojenja (Schmitt & Copps, 2023).
- Podrška strategijama predviđanja tražnje i zaliha – digitalni bliznac omogućava razvoj sistema za predviđanje tražnje i optimizaciju zaliha (Sengupta & Dreyer, 2023).
- Povezivanje sa podacima u realnom vremenu - digitalni bliznac se može integrisati sa senzorima i *IoT* uređajima u fabrici, pružajući aktuelne podatke o

stanju mašina, potrošnji materijala i vremenu ciklusa, čime se omogućava donošenje preciznijih odluka i planiranje proizvodnje na osnovu realnih podataka.

Tabela 2: Koncept primene tehnologije digitalnog blizanca (DT) u procesu S&OP

S&OP proces:	Planiranje proizvoda	Planiranje tražnje	Planiranje proizvodnje	Finansijsko planiranje	Planiranje poslovanja
DT Primena	Simulacija životnog ciklusa proizvoda	Analiza tražnje i predviđanje	Optimizacija kapaciteta resursa i zaliha	Integracija operativnih i finansijskih KPI	Strateški prikaz poslovanja
Tip DT	DM/DT proizvoda	DS/DT kupaca i DS tržišta	DS/DT– fabrike i mašina	DT finansijskih procesa	DT celog preduzeća (svih procesa)
Glavne funkcionalnosti	Simulacija performansi u fazama životnog ciklusa, praćenje kvalitet	Kontinuirano prikupljanje podataka o prodaji, predviđanje tražnje, praćenje scenarija ponašanja kupaca i tržišnih trendova	Analiza scenarija i planiranja proizvodnje i zaliha (kapaciteta, resursa, procesa u lanca snabdevanja)	Simulacija finansijskih scenarija, analiza profita i troškova, i budžetskih ishoda	Simulacija strateških scenarija radi podrške u odlučivanju na nivou preduzeća, objedinjavanjem svih funkcija
Prednost primene	Povećavanje inovativnosti, smanjivanje troškova i trajanja ciklusa razvoja, brži izlazak na tržište	Kombinovanje istorijskih podataka i signala sa tržišta, podrška dinamičnom i planiranju, brzo prilagođavanje promena u tražnje	Optimizacija lanca snabdevanja, simulacija proizvodnih scenarija (kapaciteti, uska grla) i rasporeda, transportnih ruta i zaliha	Integracija finansijskih modela sa operativnim podacima i bezo sagledavanje finansijskih implikacija	Razvoj organizacione rezilijentnosti i integracija podataka u jedinstven strateški prikaz poslovnog sistema

Izvor: Sopstveno istraživanje autora

Konceptualna primena tehnologije digitalnog blizanca u kontekstu procesa planiranja prodaje i operacija (S&OP) prikazana je u Tabeli 2, i doprinosi pružanju odgovora na osnovno istraživačko pitanje definisano u radu: *Kako se mogućnosti tehnologije digitalnog blizanca mogu iskoristiti u kontekstu procesa integrisanog planiranja operacija?* U tabeli 2 je dat prikaz koncepta DT, sa navođenjem njegovih tipova, osnovnih funkcionalnosti i prednosti njihove primene. Konkretna manifestacija tehnologije digitalnog blizanca u procesu integrisanog planiranja prodaje i operacija može dodatno

zavisiti od specifičnosti planerskih praksi i organizacionih modela u kompanijama koje pripadaju različitim industrijama.

4. ZAKLJUČAK

Proces planiranja prodaje i operacija (S&OP) ne predstavlja samo planski mehanizam, već i strateški instrument upravljanja koji integriše različite funkcionalne oblasti unutar organizacije. Njegova uspešna implementacija omogućava kompanijama da sistematski uravnoteže tražnju i ponudu, unaprede efikasnost korišćenja resursa i dugoročno ojačaju svoju konkurentsku poziciju na tržištu.

Razvoj informacionih tehnologija - počevši od integrisanih softverskih sistema (ERP), preko elektronske razmene podataka (EDI), do naprednih sistema za planiranje i raspoređivanje (APS) – označio je ključnu prekretnicu u modernizaciji planiranja u lancima snabdevanja. Pojava tehnologije digitalnog blizanca, predstavljena u ovom radu, ilustruje potencijal savremenih digitalnih rešenja da podrže procese integrisanog planiranja u proizvodnim i uslužnim organizacijama, kao i da doprinesu unapređenju efikasnosti planerskih aktivnosti u okviru savremenih lanaca snabdevanja.

Ovaj rad doprinosi korpusu znanja o primeni tehnologije digitalnog blizanca u procesu integrisanog planiranja operacija, pri čemu se digitalni bliznac prepoznaje kao jedan od ključnih koncepata digitalne transformacije u kontekstu paradigme Industrija 4.0. Buduća istraživanja autora biće usmerena na definisanje specifičnih sadržaja i modela primene tehnologije digitalnog blizanca u planerskim procesima savremenih proizvodnih i uslužnih preduzeća.

LITERATURA

- [1] Agostino, Í. R. S., Broda, E., Frazzon, E. M., & Freitag, M. (2020). Using a digital twin for production planning and control in industry 4.0. In *Scheduling in industry 4.0 and cloud manufacturing* (pp. 39-60). Cham: Springer International Publishing.
- [2] Andersson, J., & Jonsson, P. (2018). Big data in spare parts supply chains: The potential of using product-in-use data in aftermarket demand planning. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 48(5), 524-544.
- [3] BMW IFactory (2025). BMW Group scales virtual factory to streamline production planning. ETManufacturing.
- [4] Chabanet, S., Bril El-Haouzi, H., Morin, M., Gaudreault, J., & Thomas, P. (2023). Toward digital twins for sawmill production planning and control: benefits, opportunities, and challenges. *International Journal of Production Research*, 61(7), 2190-2213.
- [5] Fornari, F., Compagnucci, I., De Donato, M. C., Bertrand, Y., Beyel, H. H., Carrión, E., ... & Valderas, P. (2024). Digital twins of business processes: A research manifesto. *Internet of Things*, 101477.
- [6] Gansterer, M. (2015). Aggregate planning and forecasting in make-to-order production systems. *International Journal of Production Economics*, 170, 521–528.
- [7] Gartner (2024). S&OP Process 5-Steps. Supply Chain S&OP. Gartner Inc.

- [8] Ghamgui, N., Rezaei, M., Hentati, I., Louati, N., & Karim Kefi, M. (2025). The role of business planning for internationalisation: Navigating digital transformation in an emerging economy. *The International Journal of Entrepreneurship and Innovation*, 26(3), 224-238.
- [9] Groshev, M., Guimaraes, C., Martín-Pérez, J., & de la Oliva, A. (2021). Toward intelligent cyber-physical systems: Digital twin meets artificial intelligence. *IEEE Communications Magazine*, 59(8), 14-20.
- [10] Jones, D., Snider, C., Nassehi, A., Yon, J., & Hicks, B. (2020). Characterising the Digital Twin: A systematic literature review. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 29, 36-52.
- [11] Lapide, L. (2004). Sales and operations planning part I: the process. *The Journal of Business Forecasting*, 23(3), 17-19.
- [12] Lapide, L. (2006). Top-down & bottom-up forecasting in S&OP. *The Journal of Business Forecasting*, 25(2), 14.
- [13] Liu, M., Fang, S., Dong, H., & Xu, C. (2021). Review of digital twin about concepts, technologies, and industrial applications. *Journal of Manufacturing systems*, 58, 346-361.
- [14] Rakićević Z. (2018) The S&OP: practical and advanced mid-term production planning, SymOrg 2018.
- [15] Sengupta, S., & Dreyer, H. (2023). Realizing zero-waste value chains through digital twin-driven S&OP: A case of grocery retail. *Computers in Industry*, 148.
- [16] Schmitt, L., & Copps, D. (2023). The business of digital twins. In *The Digital Twin* (pp. 21-63). Cham: Springer International Publishing.
- [17] Stevenson, W. (2009). *Operations Management* (10th ed.). McGraw-Hill Irwin
- [18] Wallace, T. F., & Stahl, R. (2006). *Sales & Operations Planning: The Executive's Guide*. TF Wallace & Company.