



DIGITÁLNE DVOJČA A JEHO VYUŽITIE VO VÝROBNÝCH PODNIKOKCH

DIGITAL TWIN AND ITS USE IN MANUFACTURING ENTERPRISES

Radovan SKOKAN – Martin KRAJČOVIČ – Monika BUČKOVÁ

Abstract: The concept of a digital twin is an indispensable part of the concept of Industry 4.0. The article describes Digital Twin and its use in manufacturing enterprises. The introduction to the article briefly describes the basic features of the digital twin, its history and the actual implementation of the digital twin in practice. The digital twin can be applied to the production product or the production system, the digital twin of the entire production hall, as well as the designing of production and logistics systems of the production enterprise.

Abstrakt: Koncept digitálneho dvojčata je neodmysliteľnou súčasťou koncepcie Priemyslu 4.0. Článok teoreticky popisuje digitálne dvojča a jeho využitie vo výrobných podnikoch. V úvode článku sú v stručnosti popísané základné vlastnosti digitálneho dvojčata, jeho história a samotné aplikovanie digitálneho dvojčata v praxi. Digitálne dvojča sa dá aplikovať na výrobný produkt alebo výrobný systém, vytvorenie fyzickej dvojčky továrne, a taktiež aj pri projektovaní výrobných a logistických systémov výrobného podniku.

Keywords: Digitálne dvojča, Výrobný systém, Projektovanie výrobných systémov

Kľúčové slová: Digital Twin, Production System, Design Production Systems

Úvod

Pojem digitálne dvojča bol prvýkrát spomenutý v polovici 90. rokov 20. storočia. Odvtedy prešlo už viac ako 30 rokov a digitálne dvojča sa opäť spomína ako priekopníkom vo výrobnom odvetví. Na začiatku bolo digitálne dvojča vytvorené na vytvorenie virtuálnej dvojčky výrobného produktu a výrobného systému, následne sa digitálne dvojča aplikovalo na vytvorenie fyzickej dvojčky celej výrobnéj linky a v neposlednom rade sa vytvárajú celé výrobné dvojčky kompletných výrobných hál. Spektrum využitia digitálneho dvojčata ale stále nenadobudla koniec, a preto ďalším cieľom aplikovania digitálneho dvojčata je uplatnenie sa v projektovaní výrobných a logistických systémov.

Digitálne dvojča

Podľa niektorých definícií je digitálne dvojča integrovaným modelom výrobku, ktorý je určený na to, aby odrážal všetky výrobné chyby a bol neustále aktualizovaný tak, aby zahŕňal opotrebenie počas trvania jeho používania. Ďalšie definície opisujú digitálne dvojča ako senzorový digitálny model fyzického objektu, ktorý simuluje objekt v aktívnom nastavení. Digitálne dvojča je založené na masívnych, kumulatívnych meracích údajov v reálnom čase, v reálnom svete a v celom rade dimenzií. Tieto merania môžu vytvoriť vyvíjajúci sa profil objektu alebo procesu v digitálnom svete, ktorý môže poskytnúť dôležité poznatky o výkonnosti systému, čo vedie k činnostiam vo fyzickom svete, ako je zmena dizajnu výrobku alebo výrobného procesu [1]. Ako bolo spomenuté v úvode tohto článku, digitálne dvojča vzniklo v polovici 90. rokov minulého storočia. Evolúcia digitálneho dvojčata ale



pokračovala ďalej a postupne si prechádzala digitálnou simuláciou, internetom vecí a v dnešnej dobe ju ovplyvňuje zmiešaná realita a umelá inteligencia tak, ako to môžete vidieť na Obr. 1.



Obr. 1 Evolúcia digitálneho dvojčat'a

Digitálne dvojča ako súčasť výrobných podnikov

Digitálne dvojča bude v podnikoch budúcnosti tvoriť neodmysliteľnú súčasť výrobného procesu. Na Obr. 2 môžeme vidieť ako by sa mali výrobného podniky meniť z hľadiska času a stratégií výrobných podnikov.

Čas			
Minulosť	Prítomnosť	Budúcnosť	
Prvý stupeň	Druhý stupeň	Tretí stupeň	Štvrtý stupeň
Reaktívna stratégia	Stratégia v reálnom čase	Prediktívna stratégia	Proaktívna stratégia
	Internet vecí	Digitálne dvojča Big Data	Umelá inteligencia Digitálne dvojča ...
Obtiažnosť a neistota			

Obr. 2 Vývoj riadenia výrobného podniku



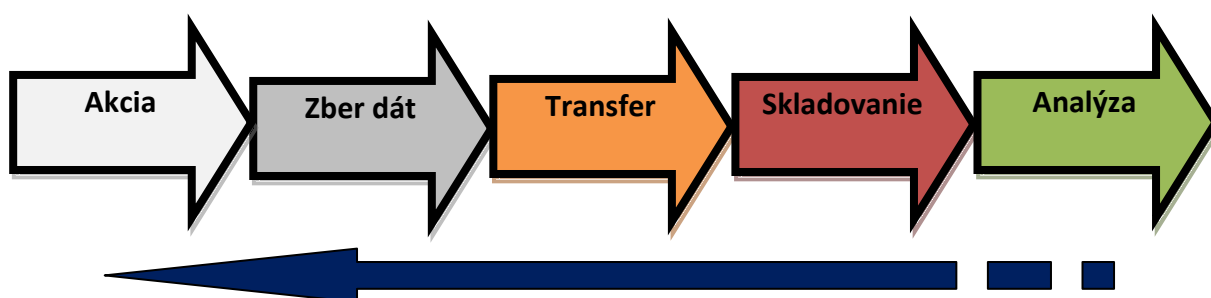
Výrobné podniky môžeme rozdeliť na štyri druhy stratégií. V minulosti fungoval výrobný podnik na reaktívnej stratégii. Táto stratégia riešila rôzne typy problémov až po tom, keď sa niečo stalo. Nasledoval druhý typ stratégie, a to stratégia v reálny čas, ktorá dokázala riešiť problémy v reálny čas výroby. Budúcnosťou výrobných podnikov je stratégia prediktívna, do ktorej zasahuje Digitálne dvojča a Big Data. V stratégii proaktívnej je okrem digitálneho dvojčata už spomenutá aj umelá inteligencia.

Implementácia digitálneho dvojčata

Medzi základné úlohy implementovania digitálneho dvojčata patrí:

- Vytvorenie 2D, resp. 3D objektov výrobného produktu, systému alebo výrobnéj haly,
- Zozbieranie skutočných dát z reálnej výrobnéj prevádzky,
- Implementovanie zozbieraných dát do simulačných softvérov,
- Spustenie simulácie s neustálym vyhodnocovaním dát,
- Overenie výsledkov a ich implementácia do reálneho výrobného prostredia.

Pri spracovaní prvého kroku samotnej implementácie digitálneho dvojčata musíme vytvoriť 3D objekty reálnej prevádzky v CAD softvéroch (AutoCAD, Process Designer, CEIT Table a pod.) Pri rozsiahlom type objektov sa môže využívať aj metóda 3D skenovania výrobnéj prevádzky. Po vytvorení fyzickej dvojčky v CAD softvéroch musíme z reálnej výroby zozbierať údaje. Na Obr. 3 môžeme vidieť cyklus spracovania dát.



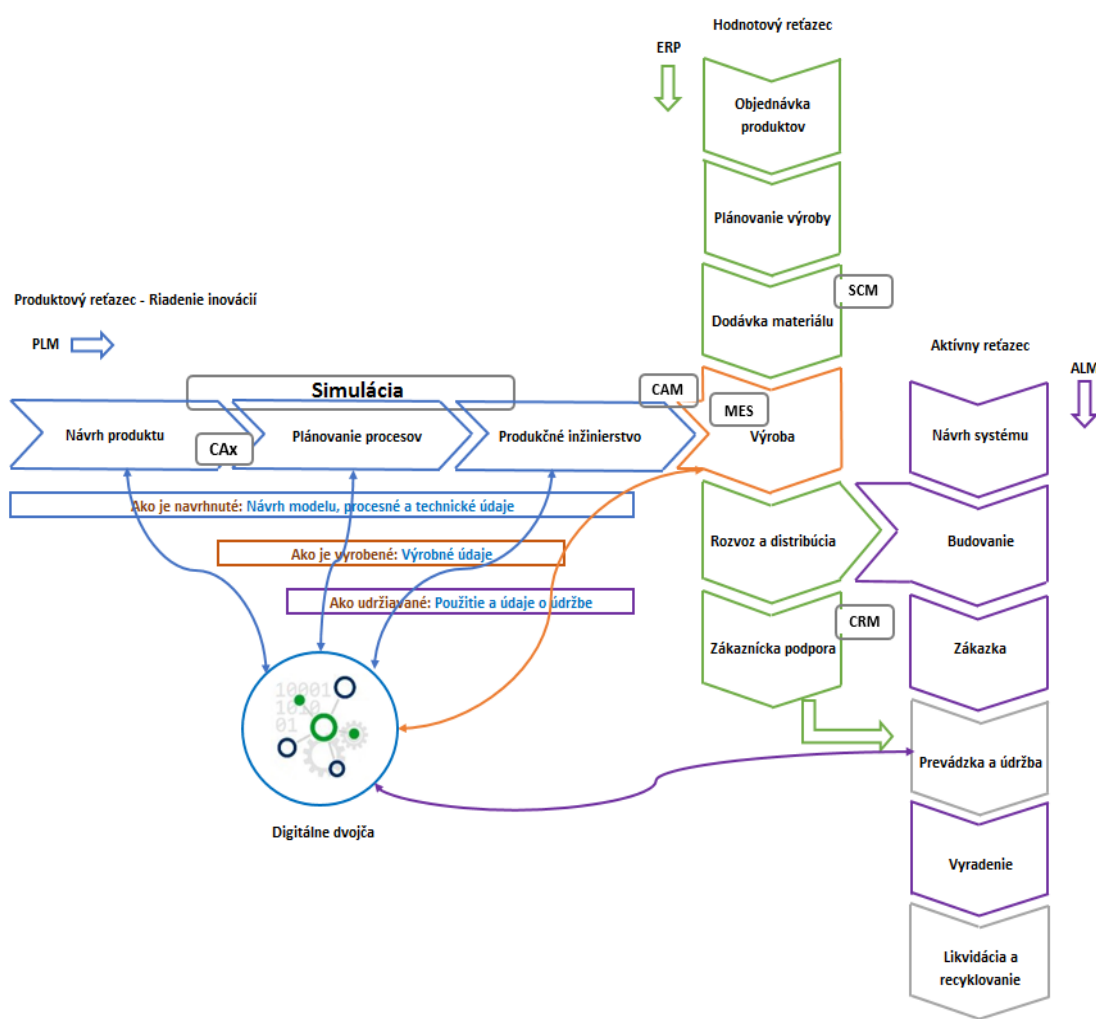
Obr. 3 Cyklus spracovania dát

Na začiatku cyklu spracovania dát tvorí prvý krok výber reálnej časti, z ktorého chceme vytvoriť digitálnu dvojčku. Nasleduje zber dát, ktorý môžeme realizovať pomocou rôznych typov snímačov, senzorov a inteligentných výrobných systémov. Medzi inteligentné výrobné systémy patrí napr. RTLS systém, ktorý slúži ako monitorovanie pohybu objektov definovanom priestore v reálnom čase. Pre transfer informácií sa využívajú bezdrôtové technológie, či už ide o metódy Bluetooth, Wifi, Ultra-Wide-Band, Lora, Sigfox a pod. Zozbierané dáta sa ukladajú na server (Cloud), do ktorého majú prístup všetky zamestnanci výrobného podniku, kde si môžu dané dáta prezeráť, upravovať. Všetky údaje, ktoré sa nachádzajú v Cloude sú označované ako pojem Big Data. Tieto Big Data sa na záver pretransformujú do simulačných softvérov, kde sa následne prepoja s fyzickými objektmi, ktoré boli vytvorené v 3D softvéroch. Po implementovaní vstupných údajov sa môže spustiť simulácia výrobného procesu, ktorá nám vyhodnotí požadované informácie o stave výrobného procesu. Cieľom digitálneho dvojčata je vlastne neustále vyhodnocovať zozbierané údaje, ktoré sú prepojené s simulačným softvérom a optimalizovať ich, aby sa následne mohli opäť prekonvertovať do výrobného procesu reálnej prevádzky. To je systém implementácie digitálneho dvojčata vo výrobnom podniku.



Digitálne dvojča výrobného produktu a výrobného systému

Digitálne dvojča vzniklo na začiatku ako koncept vytvorenia fyzickej dvojčky výrobného produktu a výrobného systému. Na Obr. 4 môžeme vidieť životný cyklus výrobného produktu od návrhu až po samotnú likvidáciu. Tento životný cyklus ovplyvňuje produktový reťazec, hodnotový reťazec a aktívny reťazec. Digitálne dvojča najviac ovplyvňuje produktový reťazec, kde ovplyvňuje návrh produktu, jeho plánovanie a produkčné inžinierstvo. Následne ovplyvňuje samotnú výrobu a jeho prevádzku a údržbu.



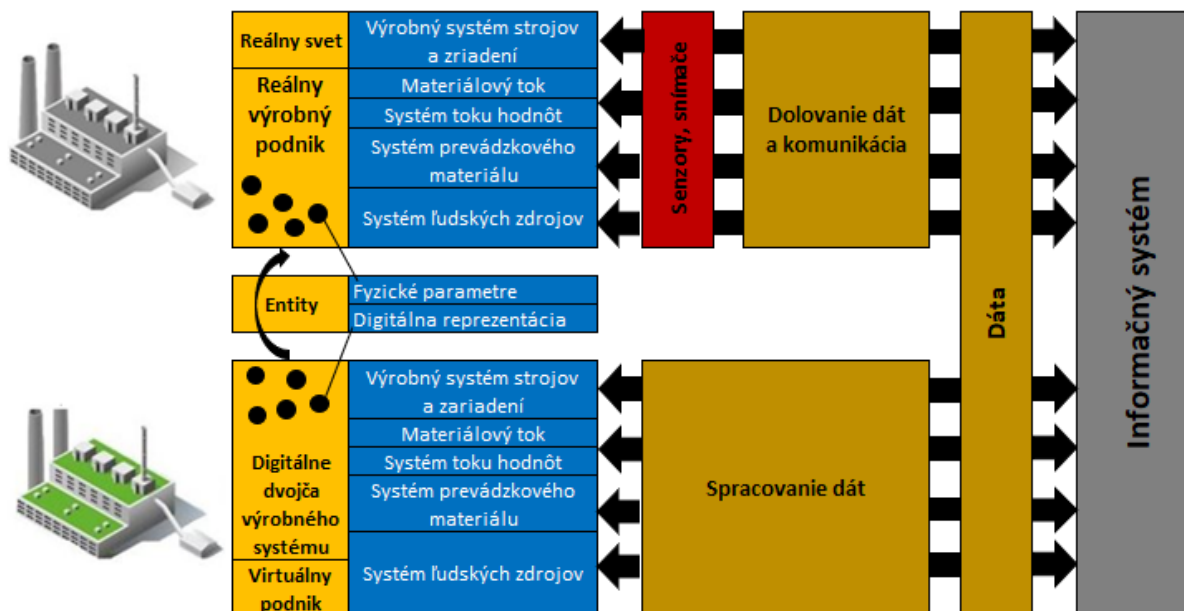
Obr. 4 Životný cyklus výrobného produktu

Digitálne dvojča výrobného podniku

Pokrok vývinu digitálneho dvojčat'a sa posunul na tú takú úroveň, že v súčasnosti sa digitálne dvojča dá aplikovať na celú výrobnú halu so všetkými výrobnými prevádzkami. Postup implementovania digitálneho dvojčat'a v rámci vytvorenia dvojčky celej výrobnej haly ostáva rovnaký. Rozdiel je ale v náročnosti riešenia tohto projektu, keďže výrobná hala pozostáva z viacerých výrobných prevádzok [2]. Na Obr. 5 je zobrazené, ako to v rámci vytvorenia digitálnej dvojčky vyzerá pri vytvorení digitálneho dvojčat'a z reálneho podniku. Na začiatku máme reálny výrobný podnik, ktorý sa po prekreslení stáva virtuálnym podnikom, kde sú



zozbierané dáta z reálneho podniku a následne sa z virtuálneho podniku stáva podnik digitálny, ktorý posúva zlepšený návrh do skutočného reálneho podniku. Tento kolobeh je neustály, pretože dáta sa neustále vyhodnocujú a optimalizujú, keďže ide o celý výrobný koncept a nie len časť alebo výrobný produkt.



Obr. 5 Digitálne dvojča reálneho výrobného podniku [3]

Medzi najdôležitejšie výhody digitálnej dvojčky v celom výrobnom koncepte patrí:

- komplexné zvládnutie procesov od návrhu výrobného a logistického systému až po autonómne riadenie a optimalizáciu,
- zhromažďovanie a neustále vyhodnocovanie dát a informácií,
- rýchly prístup ku komplexným a relevantným informáciám,
- redukcia nákladov na chybovosť a plytvanie.

Digitálne dvojča ako súčasť projektovania výrobných systémov

Využitie digitálneho dvojčat'a nemusíme využívať len na vytvorenie a optimalizovanie výrobného systému, resp. produktu alebo celej výrobné haly. Spôsob digitálneho dvojčat'a vieme aplikovať aj pri projektovaní výrobných systémov. Po vytvorení digitálnej dvojčky továrne dokážeme zo zozbieraných údajov projektovať výrobné systémy. Dokážeme naprojektovať nové výrobné procesy v nových výrobných halách výrobného podniku, z ktorého sme brali dáta, resp. dokážeme reštrukturalizovať výrobné procesy [4]. Nevýhodou projektovania výrobných systémov s konceptom digitálneho dvojčat'a je to, že sa nedá aplikovať na realizáciu novej výrobné koncepcie výrobného podniku, keďže nemáme z čoho brať reálne údaje.

Záver

Cieľom článku bolo priblížiť digitálne dvojča ako súčasť konceptu Priemyslu 4.0. Digitálne dvojča bude neodmysliteľnou súčasťou Priemyslu 4.0. V článku bol popísaný popis digitálneho dvojčat'a, jeho vývoj, implementácia v praxi a využitie digitálneho dvojčat'a.



Digitálne dvojča má celé spektrum využití, či už ide o vytvorenie dvojčky výrobného systému alebo produktu, výrobnej haly alebo tiež pri projektovaní výrobných a logistických systémov. Hlavnými výhodami aplikovania digitálnej dvojčky vo výrobnom procese je zefektívnenie výrobného procesu, redukcia nákladov, komplexný prehľad celého výrobného konceptu vo virtuálnom prostredí a neustále zbieranie a spracovávanie údajov, preto je realizácia digitálneho dvojčaťa nevyhnutnou súčasťou konceptu Priemyslu 4.0.

Použitá literatúra

- [1] BOTTANI E., CAMMARDELLA A., MURINO T., From the Cyber-Physical System to the Digital Twin: the process development for behavior modeling of a Cyber Guided Vehicle in M2M logic. [online]. 2018. Dostupné na internete: < <http://www.summerschool-aidi.it/cms/extra/papers/75-%20Bottani%20et%20al-with-numbers.pdf>>
- [2] GREGOR, M., GRZNÁR, P., GREGOR, T.: Budúce výrobné koncepty. In: ProIn: Productivity and innovation. 2018. ISSN 1339-2271, s. 39-41.
- [3] KUNATH, M., WINKLER, H., Integrating the Digital Twin of the manufacturing system into a decision support system for improving the order management process. [online]. 2018. Dostupné na internete: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827118303512>>
- [4] HODOŇ, R., BIŇASOVÁ, V., PODHORA, P.: Simulation-emulation logistics system. In: Invention for enterprise. 2018. ISBN 978-80-89865-08-6, s. 34-37.

Podakovanie

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe Zmluvy č. APVV-16-0488.

Kontakt

Ing. Radovan Skokan

Žilinská univerzita v Žiline, Strojnícka fakulta, Katedra priemyselného inžinierstva,
Univerzitná 8215/1, 010 06, Žilina, Slovensko
e-mail: radovan.skokan@fstroj.uniza.sk

doc. Ing. Martin Krajčovič, PhD.

Žilinská univerzita v Žiline, Strojnícka fakulta, Katedra priemyselného inžinierstva,
Univerzitná 8215/1, 010 06, Žilina, Slovensko
e-mail: martin.krajcovic@fstroj.uniza.sk

Ing. Monika Bučková, PhD.

Žilinská univerzita v Žiline, Strojnícka fakulta, Katedra priemyselného inžinierstva,
Univerzitná 8215/1, 010 06, Žilina, Slovensko
e-mail: monika.buckova@fstroj.uniza.sk