

<https://doi.org/10.54937/refl.2023.7.1.121-131>

Priemysel 4.0 v stavebníckom priemysle: prehľad súvisiacich technológií

Industry 4.0 in construction industry: The overview of related technologies

Dávid Paculík

Abstrakt

V dnešnej spoločnosti dochádza k mnohým zmenám. Je ale náročné určiť, ktoré z týchto zmien sú významnejšie a majú väčší vplyv ako iné. Jeden z pohľadov na túto problematiku naznačuje, že medzi najdôležitejšie faktory pri sumarizácii stavu dnešnej spoločnosti patria technologické zmeny. Priemysel 4.0 je práve tematikou tohto typu zmien, ktorá skúma najnovšie a najaktuálnejšie prebiehajúce inovácie a míľniky v tejto oblasti. Priemysel 4.0 je však z mnohých pohľadov kategoricky príliš obsiahla téma. Nejde len o nepretržitý proces predchádzajúcich priemyselných revolúcií. Potenciálne je priemysel 4.0 aj predchodcom nových koncepčných technologických epoch, ktoré existovali pred stavom súčasnej spoločnosti. Existujú aj rôzne typy samotných technológií, ktoré rozdeľujú priemysel 4.0 do rôznych typov tohto konceptu. Preto je jedným zo spôsobov delenia priemyslu 4.0 sektorová diferenciácia podľa konkrétneho odvetvia, ktorého sa tento koncept dotýka. Viaceré výskumy a články študujú a analyzujú priemysel 4.0 v stavebníctve, čo sa stalo podkladom pre vznik nového študijného odboru s príbuzným pojmom, ktorý sa začal používať. Jedná sa o takzvané stavebníctvo 4.0 a tento koncept pozostáva z inovácií a technológií používaných v tomto odvetví, ktoré je jedným z najväčších a najvplyvnejších v ekonomike. V stavebníctve 4.0 dochádza k neustálym zmenám a novým trendom, čo z neho robí vhodného zástupcu témy priemyslu 4.0. Výskum a skúmanie tejto témy je dôležité, keďže stavebný priemysel rastie a v niektorých ekonomikách sa do roku 2025 očakáva nárast využívania nových technológií v tomto odvetví o viac ako 50 %.

Kľúčové slová: stavebníctvo 4.0, priemysel 4.0, inovácie, technológie

Abstract

There are numerous changes happening in current society, however it is difficult to determine which of these changes are more significant and influential than others. One of the views on this problematic suggests that between there are technological changes included in the most important factors when summarizing the condition of the societal world of today. The Industry 4.0 is precisely the study of these type of changes, which reviews the latest and the most actual ongoing innovations and milestones in this field. There are also various types of technologies themselves,

which split the Industry 4.0 into different variations of this concept. That is why one of the methods of division of Industry 4.0 is an areal differentiation based on the specific industry which is affected by the concept. Several research and articles study and analyse the Industry 4.0 in the construction industry, which became a background for the formation of new field of study with the related term that was put to use. It is so-called Construction 4.0 and this concept is comprised of innovations and technologies used in this industry, which is one of the largest and the most influential in the economy. There are constant changes and new trends occurring in Construction 4.0, which makes it a suitable representant of the Industry 4.0 topic. Researching and exploring this subject is vital as the construction industry grows and in certain economies there is expected increase of more than 50% in usage of new technologies in this industry by 2025.

Keywords: Construction 4.0. Industry 4.0. Innovations; Technologies.

JEL Classification: O30, O31

Úvod

Priemysel 4.0, známy aj ako štvrtá priemyselná revolúcia, predstavuje koncept transformácie priemyslu do digitálnej podoby s cieľom dosiahnuť lepšiu kvalitu organizačného procesu a vyššiu pridanú hodnotu. Táto transformácia by mala byť vykonaná rôznymi faktormi. Ide napríklad o využitie moderných technologických systémov so zabudovaným sofistikovaným softvérom, implementáciu konceptu IoT do výrobného procesu, rozšírenie komunikácie či prepojenie strojov používaných v priemysle mnohými inými spôsobmi slúžiacimi na inovácie a efektívnosť priemyselnej produkcie. Veľmi zjednodušene je možné priemysel 4.0 definovať ako nástroj, ktorý sa v súčasnosti používa vo výrobných procesoch s cieľom zvýšiť efektívnosť výstupu pri súčasnom znižovaní vstupov a tým aj navyšovaní výstupov samotnej výroby.

1 Teoretické východiská

Priemysel 4.0 je v podstate pokračovaním predchádzajúcich zmien, ktoré sa udiali vo výrobe, ako napríklad mechanizácia, elektrifikácia, využitie pásovej výroby, primárna robotizácia a ďalšie kľúčové prvky priemyslu potrebné pre jeho fungovanie tak, ako ho poznáme dnes. Tieto zmeny v rámci konceptu priemyslu 4.0 znamenajú obrovské príležitosti, ktoré môžu firmy na trhu využiť pre vytváranie svojich konkurenčných výhod a vytváranie svojich konkurenčných stratégií. Zároveň však môžu predstavovať aj významné hrozby pre pôsobenie firiem na trhoch, ako je napríklad strata ich pôvodnej konkurenčnej pozície.

Celý koncept priemyslu 4.0 je súčasťou širšej témy priemyselných revolúcií, ktorú začali objavovať v priebehu druhej polovice 18. storočia s technologickými zmenami umožňujúcimi priemyselnú transformáciu, ktorá podstatne navýšila výstup globálnej produkcie. Tieto zmeny sa neskôr sformovali do konceptov priemyselných revolúcií, nazývaných aj ako priemysel 1.0, priemysel 2.0 a priemysel 3.0, až do súčasného štádia priemyslu 4.0. Každá z týchto epoch má svoje osobitné špecifikácie

charakterizujúce každú fázu individuálne. Neustále aktuálna je v rámci výskumu, okrem iného, aj otázka rýchlosti týchto zmien v každej fáze priemyselných revolúcií. Existuje mnoho štúdií, ktoré porovnávajú tento špecifický faktor s cieľom zmerať skutočný stav priemyslu 4.0 vo vzťahu k iným priemyselným revolúciám (Popkova et al., 2019).

Priemysel 4.0 prináša do výrobného procesu nové metódy, zvyšuje ho na vyššiu úroveň a tým zvyšuje konkurencieschopnosť a ekonomickú výkonnosť subjektov, ktoré takýto koncept pri svojej výrobe využívajú. Automatizácia, flexibilnejšie procesy, ako aj horizontálna a vertikálna integrácia sa stávajú čoraz dôležitejšími prvkami modernej, konkurencieschopnej výrobnjej štruktúry. Podľa štúdie Ekonomického ústavu Slovenskej akadémie vied je na Slovensku vo výrobnom sektore, zohrávajúcim v slovenskej ekonomike veľmi dôležitú úlohu, v posledných rokoch badať relatívne nízku mieru inovácií, v porovnaní so zahraničnými konkurentmi. Slovenské firmy si však stále udržiavajú istú mieru inovácií a predstavujú tak potenciál pre úspešné zaradenie sa medzi firmy, ktoré aktívne implementujú priemysel 4.0 do svojej firemnej stratégie (SAV, 2017).

Priemysel 4.0 však prináša aj mnohé ďalšie podnikové zmeny, ktoré budú mať vplyv na voľbu stratégie jednotlivých spoločností a jej následnú realizáciu. Patria tu napríklad kvalifikačné požiadavky na členov podniku, miera spolupráce podniku v rámci externého prostredia, alokácia finančných prostriedkov podniku, zamestnanosť, miera využívania informačných technológií na všetkých úrovniach podniku, výška mzdy, zamestnanecká štruktúra a mnohé ďalšie zmeny, ktoré je potrebné analyzovať a hlbšie preskúmať pri hodnotení úspešnosti implementácie konceptu priemyslu 4.0 v podnikateľskom prostredí. Tieto zmeny budú také rozsiahle, že sa nedotknú len samotných firiem a ich strategického fungovania, ale zasiahnu aj ekonomickú, technologickú, sociálnu a environmentálnu sféru. Je preto veľmi potrebné širšie skúmať a odborne sa zaoberať vplyvom priemyslu 4.0 na firmy a ich súčasné a budúce stratégie spojené s týmto fenoménom 21. storočia.

Ako už bolo uvedené, koncept priemyslu 4.0 sa skladá z obrovského množstva dáta výskumov, čo z neho robí veľmi zložitú problematiku. Je teda potrebné, aby sa rozdeľovala na viac spracovaných segmentov popisujúcich každú jednotlivú časť, ktorej sa tento koncept týka. Aj preto sa uskutočnili rôzne výskumy týkajúce sa jednotlivých odvetví a technológií v nich používaných (aby sa zistilo, či existujú technologické špecifikácie nielen v chronologickom poradí, ale aj v samotných odvetviach). Jedným z takto skúmaných odvetví je stavebníctvo, ktoré tvorí 9 percent svetového HDP (a približne 6 percent v USA). Zistilo sa, že v stavebníctve sa v priebehu 21. storočia objavilo množstvo nových technológií. Následne vznikol koncept tzv. stavebníctva 4.0 (Prieto, 2021).

Stavebníctvo 4.0 sa skladá z rôznych faktorov, ktoré sa neustále formujú. Preto existuje množstvo definícií, ktoré môžu opísať výklad pojmu stavebníctvo 4.0. Napríklad jeden prístup tvrdí, že stavebníctvo 4.0 je proces implementácie kyberneticko-fyzikálnych systémov kvôli podpore digitalizácie stavebného priemyslu s cieľom dosiahnuť optimálny výkon tohto sektora (Temidayo, Oke, Aigbavboa, Liphadzi, 2018). Iná perspektíva vysvetľuje tento koncept ako inovatívnu techniku riadenia výstavby poháňanú technológiami priemyslu 4.0, ktorá umožňuje vytvorenie inteligentného stavebného priestoru. Existuje aj pohľad na stavebníctvo

4.0, ktorý určuje pojem ako kombináciu kyberneticko- fyzikálnych technológií, ktoré podporujú inteligentný stavebný priestor, digitálne modelovanie (tzv. Building Information Modeling – BIM, teda digitálna replika potenciálnych a skutočných fyzických aktivít, procesov, pracovnej sily, fyzického miesta, systémov a zariadení používaných na stavebnom mieste), simuláciu a virtualizáciu (Hossan, Nadeem, 2019). Téma stavebníctva 4.0 je veľmi rozšírená aj vďaka histórii, ktorou si samotné odvetvie prešlo. Stavebný priemysel tiež čelí mnohým výzvam, ktoré môžu ovplyvniť aj stavebníctvo 4.0. Podľa niektorých názorov je stavebníctvo v dnešnej dobe dosť kontroverzné. Dodávatelia sa nezameriavajú na dlhodobé investície, ale najmä na riadenie krátkodobých rizík projektu. Dizajnéri sa nezameriavajú na inovácie, ale rovnako len na riziká projektov. Odberatelia sa zameriavajú viac na ROI ako na reálny prínos realizovaných projektov. Ak je hlavnými hodnotami v kultúre stavebníctva nedôvera a každá jeho časť nerobí nič iné, len hľadá na svoje vlastné záujmy, môže sa stať, že nástroje a procesy zvyšujúce produktivitu (ako napríklad BIM, SAM alebo Lean Construction), ktoré sa spoliehajú na spoluprácu a zdieľanie informácií sa v širšom rozsahu nebudú uplatňovať (Construction TRADE, 2020).

2 Materiál a metódy

Tento článok bol pripravený analýzou výskumov a štatistík z akademických a národných inštitúcií. Rovnako tak aj analýzou sekundárnych údajov, ako systematickou metódou interpretácie. V tomto článku boli tiež použité kompilácie informácií od niekoľkých spoločností.

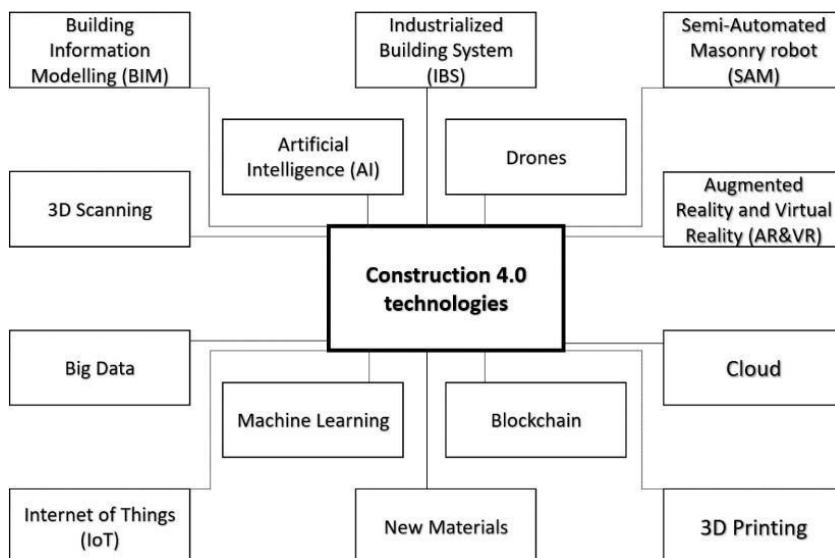
V tejto publikácii boli analyzované prevažne články a výskumy o nových trendoch v stavebníctve. Opakovane používaným výskumom bola štúdia z časopisu *The Ingenieur* s názvom: „Construction 4.0 to Transform the Malaysian Construction Industry“. Rovnako bolo skúmaných mnoho slovenských a zahraničných zdrojov týkajúcich sa stavebníctva 4.0. Napríklad výročné správy mnohých spoločností (Construction TRADE, Positive group, PlanRadar a BEEVAM), ktoré predstavujú vyjadrenia odborníkov zastupujúcich tieto podniky. Po analýze uvedených dokumentov došlo k zozbieraniu presných detailov pre ďalšie výskumné účely a identifikácii vhodných častí pre skúmanie v tomto článku.

3 Výsledky a diskusia

Koncept stavebníctva 4.0 pozostáva z mnohých technológií. Zatiaľ, čo takmer všetky sú stále v určitom štádiu vývoja, mnohé z nich sa stále vyvíjajú a nepoužívajú sa v stavebníctve na širšej úrovni. Samotný pojem stavebníctvo

4.0 nie je zaradený do akademickej a podnikovej praxe príliš dlho, takže presný zoznam technológií, ktoré sa v ňom používajú, sa vo výskume do určitej miery líši. Mnohé z nich sú však spomenuté v drivej väčšine štúdií analyzujúcich túto tému, preto existujú niektoré všeobecné prehľady technológií využívaných v stavebníctve 4.0.

Obrázok 1: Prehľad technológií v stavebníctve 4.0



Zdroj: The Ingenieur magazine

Vyššie uvedená grafika naznačuje, že stavebníctvo 4.0 je rozsiahla koncepcia s mnohými pridruženými čiastkovými témami. Preto je užitočné predstaviť si, aké konkrétne technológie sa v skutočnosti považujú za súčasť tohto konceptu. Podľa praktických dát analyzovaných v niekoľkých štúdiách sa očakáva, že do roku 2025 sa v stavebníctve 4.0 bude vo všeobecnosti používať 12 nových technológií. Okrem týchto vzniklo počas posledných rokov niekoľko novo rozšírených technológií, takže aj tieto majú potenciál doplniť technológie, ktoré už boli predostreté. Je pravda, že samotná téma neustále napreduje a v krátkom čase je možné, že sa tento zoznam zmení. Podľa najnovších údajov sa však očakáva, že tieto technológie budú mať v stavebníctve 4.0 na globálnej úrovni hlavné zastúpenie. Jednou z najinovatívnejších technológií používaných v stavebníctve 4.0 je systém s názvom Building Information Modeling (BIM), ktorý dokáže vytvoriť virtuálny model budovy spolu s podrobnými informáciami o nej ešte pred jej výstavbou. BIM sa uvádza ako dôležitá stavebná technológia v strategických dokumentoch ako napríklad UK Construction 2025, UK Built Environment 2050 alebo Singapore Construction ITM. Predpokladá sa, že technológia BIM má potenciál stať sa jadrom stavebných procesov v krátkodobom, ale aj dlhodobom horizonte v stavebníctve. Najnovšie údaje však ukazujú, že v niektorých prípadoch len 13 % stavebných podnikov využíva vo svojej praxi tento nástroj. Ďalšia technológia, ktorá sa objavila v stavebníctve 4.0 a je jednou z najdiskutovanejších v tomto odvetví je priemyselný stavebný systém (tzv. IBS), ktorý sa v súčasnosti používa hlavne v malajzijskom stavebnom priemysle. Táto myšlienka predstavuje spôsob výstavby, kde by sa priamo na stavenisku dali vyrobiť špecifické časti budovy. Aj napriek tomu, že existuje viacero problémov s adaptáciou tejto technológie na trhu (napríklad potreba komplexnejších prístupov a stratégií, ktoré by mali podporiť rozvoj tejto technológie), bol zaznamenaný obrovský nárast využívania

IBS (z 24 % v roku 2014 na 81 % v r. 2019 v malajzijskom verejnom sektore). Tento výnimočný rast naznačuje, že napriek jeho nižšiemu využívaniu na globálnej úrovni by IBS mal byť pozorovaný, nakoľko ho jeho potenciál posúva do skupiny nových technológií v stavebníctve 4.0.

Metóda často využívaná v kombinácii s rôznymi inými technológiami, ako doplnková, je technológia 3D skenovania. 3D skenovanie sa väčšinou používa na zobrazenie konkrétneho objektu alebo budovy. Najnáročnejším problémom pre technológiu 3D skenovania v súčasnosti je problém s presným skenovaním veľkých plôch alebo objektov. Umelá inteligencia je typ technologického nástroja používaného hlavne na riešenie problémov a úloh, ktoré predtým vykonávala reálna osoba. Celý proces v stavebníctve to výrazne zefektívňuje, keďže ľudskú prácu netreba zamestnávať povinnosťami a jednoduchými rozhodnutiami. Vzniká teda priestor pre koncentráciu ľudských zdrojov na vzdelávanie sa v náročnejších prácach. To je v súčasnosti veľmi potrebné najmä v stavebníctve, a to sa môže dosiahnuť vďaka umelej inteligencii (PlanRadar, 2021). Rovnako ako umelá inteligencia, aj drony pomáhajú pri ušetrení času a časti zdrojov ich využívaním v praxi v stavebnom priemysle. Okrem toho sa drony podieľajú na úlohách, ktoré by bez tejto technológie boli len ťažko možné. Jedná sa napríklad o vytváranie 3D máp, získavanie leteckých snímok, zaznamenávanie objemových meraní atď. (Hadi, 2022).

Technológia SAM, tiež známa ako tzv. poloautomatizovaný murovací robot, je nová metóda, ktorá prináša očakávaná nahradenia tradičného spôsobu výstavby fungujúceho v súčasnosti. Okrem výhod, ako je zvýšená bezpečnosť práce, efektívnejšie procesy na stavbníctve, SAM ponúka diferenciáciu v zameraní sa na hlavné úlohy pri riadení stavby budovy. Zatiaľ čo v súčasnosti musí stredný manažment v stavebnej spoločnosti venovať veľkú pozornosť plneniu napríklad základom stavebnej konštrukcie, SAM je plne prispôbený práve týmto procesom. Manažment sa tak môže viac sústrediť na rôzne ďalšie úlohy, ktoré sú potrebné v procese výstavby a tým byť efektívnejší v ďalších procesoch stavebných podnikov (Roslan et al., 2022). Spomedzi ďalších technológií využívaných v stavebníctve a architektúre sú rozšírená realita a virtuálna realita obzvlášť zaujímavé. Ich využitím možno celý stavebný priestor v každom detaile skopírovať do virtuálneho sveta. Takže ešte pred začatím samotného projektu môžu byť vytvorené kompletne stavby. Dá sa tým pádom predísť mnohým chybám a vopred ich opraviť. S týmito technológiami sa teda ušetrí veľa prostriedkov pre stavebné firmy.

Ďalšou pokročilou technológiou, ktorá môže byť súčasťou optimalizácie v stavebníctve, sú Big data. Umožňujú využívať štruktúry obrovského objemu dát a informácií, ktoré sú touto technológiou spracované na funkčný súbor dát. Tým je možné predpovedať vzorce správania a monitorovať výkonnosť podniku. V budúcnosti možno očakávať nárast objemu dát vďaka pokroku v stavebníctve 4.0. Aj to je jeden z dôvodov využívania Big data (Ngo et al., 2020). Ďalšou technológiou používanou v stavebníctve 4.0 je cloudová technológia. V spolupráci práve s Big data vzniká priestor pre potenciálne dlhodobé prínosy pre toto odvetvie. Jedným z týchto prínosov je odhad energetickej spotreby budovy, ako aj predikcia meškania projektu.

Strojové učenie sa často označuje ako podskupina umelej inteligencie. Napriek tomu sú v definovaní týchto pojmov drobné rozdiely. Význam pre stavebný priemysel je

založený na skutočnosti, že strojové učenie poskytuje strojom príležitosť predpovedať a učiť sa výsledky samostatne. Namiesto toho, aby ich programátor kódoval, dokážu využiť vlastné algoritmy, ktoré im umožňujú vytvárať rozhodnutia s vlastnou analýzou dát. Je to veľmi podobné umelej inteligencii, ale pri strojovom učení je použitie viac zamerané na softvér, než na hardvér. V stavebníctve sú hlavnými výhodami, ktoré prináša strojové učenie zníženie rizík, vyšší životný cyklus projektu či zlepšenie kvality dizajnu modelov budov alebo akéhokoľvek objektu, ktorý sa má stavať. IoT je inovácia, ktorá mení spôsob, akým ľudia komunikujú s technológiami pripojenými k internetu. Hlavným využitím IoT v stavebníctve je využitie senzorov monitorujúcich teplotu, tlak, vlhkosť alebo pohyb (Gbadamosi et al., 2021).

Blockchain je kontroverzná technológia, ktorá rozdeľuje ako laickú, tak aj odbornú komunitu na protagonistov a odporcov tohto nového trendu používaného v priemysle 4.0. Môže byť prínosom aj pre stavebníctvo. Aj keď sa môže zdať, že jeho prínosy sú pre stavebníctvo 4.0 do značnej miery obmedzené, Blockchain môže priniesť transparentnosť do procesu výstavby poskytovaním viditeľných informácií pre všetky strany. Taktiež zjednodušuje mnohé procesy, pri ktorých sa informácie využívajú vo vnútri stavebných spoločností. Stredný a vrcholový manažment sa teda nemusí fyzicky podieľať na toľkých úlohách ako dnes, pretože zodpovednosti sú rozdelené na všetky časti spoločnosti (dodávanie správnych informácií by často nebolo založené na jednej časti podniku, ale na všetkých). Jednou z technológií, ktoré sa v poslednom desaťročí veľmi rozšírili, je 3D tlač. Tá ponúka veľkú efektivitu aj stavebnému priemyslu. Podobne, ako IBS, ponúka 3D tlač výhodu, že mnohé komponenty potrebné na stavbe je možné vyrobiť priamo na mieste výkonu a nie je potrebné ich vyrábať a dodávať z iných miest. Okrem toho existujú typy 3D tlačiarň vyvinuté priamo pre stavebný priemysel. To znamená, že pomocou inovácie 3D tlače môžu byť vytvorené celé domy a budovy. Táto vznikajúca technológia ponúka odvetviu určité výhody, ktoré menia spôsob fungovania stavebného priemyslu. Bude ale len na samotných podnikoch a ich zameraní sa na výskum a vývoj v oblasti 3D tlače, aký z nej dosiahnu skutočný výstup počas nasledujúcich rokov.

Špecifické inovácie v stavebníctve sa sústreďujú aj na objavovanie nových materiálov, ktoré samy o sebe nie sú technológiami. Sú ale vyvíjané používaním technológií, a preto sú zaradené do skupiny stavebníctva 4.0. To výrazne pomáha podnikom budovať si svoju konkurenčnú výhodu ako aj ich intelektuálny kapitál, ich hodnotový reťazec, dodávateľský reťazec, nastavenie konkurenčnej stratégie a pod. Existuje mnoho kombinácií materiálov a látok, ktorými stavebné firmy prinášajú nové inovácie a zlepšujú svoju pozíciu na trhu. Na túto tému sa uskutočnilo aj množstvo výskumov. Mnohé spoločnosti si držia svoje špecifické materiály ako súčasť svojho know-how, aby si udržali svoju výhodu na trhu. Táto oblasť vytvorila vážnu diskusiu a preto je jej pozícia v koncepcii stavebníctva 4.0 ustálená a je potrebné prehodnotiť, ako sa bude v budúcnosti vyvíjať.

Záver

Vzhľadom na predchádzajúce zistenia existuje niekoľko bodov pre diskusiu, ktoré možno uzavrieť a priniesť tak základy pre témy ďalšieho výskumu v oblasti stavebníctva 4.0:

- Aj keď je stavebníctvo začlenené medzi najväčšie globálne odvetvia a má obrovský potenciál v oblasti inovácií a technologického rozvoja, jeho reálna budúca podoba je spochybňovaná z dôvodu viacerých faktorov (jedným z nich je fakt, že stavebné firmy sa často viac zameriavajú na krátkodobé a dlhodobé zisky než investície do výskumu a vývoja poskytujúceho dlhodobú udržateľnosť).
- Mnoho nástrojov stavebníctva 4.0 je navrhnutých tak, aby zefektívnil procesy v stavebnom priemysle a jednou z najbližších výziev pre podniky pôsobiace v tomto odvetví je začleniť tieto nástroje do praxe.
- Pochopenie konceptu priemyslu 4.0 a technológií vznikajúcich v tomto segmente môže stavebným podnikom pomôcť vybudovať si konkurenčnú výhodu (ako aj konkurenčnú stratégiu), vytvoriť štruktúru pre svoj intelektuálny kapitál a posilniť ich schopnosť reagovať na zmeny v stavebnom odvetví (ak sa zamerajú na čo najvhodnejšie nástroje a podnikové procesy vo firme budú dobre nastavené).
- Veľmi dôležitá môže byť koncentrácia na ľudské kapacity, keďže existujú rôzne technológie stavebníctva 4.0 nahrádzajúce ľudskú prácu. Následne vzniká príležitosť pre pokročilé vzdelávanie personálu v stavebných firmách, čo je pre tento sektor významné.
- Technológie stavebníctva 4.0 musia byť aplikované adekvátne a po predchádzajúcej merateľnej analýze. Inak existujú riziká, ktorým bude podnik čeliť v súvislosti s utopenými nákladmi v dôsledku použitia nesprávnej technológie, úslého zisku kvôli neefektívnemu používaniu rovnakej technológie, ako aj oslabenie konkurencieschopnosti spoločností, ktoré sa na trhu neprispôbia.

Ako už bolo spomenuté, stavebný priemysel čelí mnohým výzvam. Početné príležitosti majú aj podniky pôsobiace v tomto odvetví (či už na Slovensku alebo vo svete). V prípade vhodnej realizácie bude stavebníctvo 4.0 schopné priniesť nové a inovatívne poznatky do výskumu uskutočneného v priemysle 4.0, intelektuálnom kapitáli, konkurenčných stratégiách a ďalších oblastiach.

Resume

Considering previous findings, there are few points of discussion which can be concluded and evoke basics for topics of next research made in the field of Construction4.0:

- Even though construction industry is integrated between the largest industries globally and has an enormous potential regarding innovations and technological development, its real future form is put in question because of

several factors (one of them is the fact that construction companies are often more focused on short-term profits than investments in R&D providing long-term sustainability).

- There are many technologies forming the concept of Construction 4.0 of which the following are presented as those most emerging and most potential for the construction industry.
- Understanding the concept of Industry 4.0 and technologies emerging in this segment can help construction companies to build their competitive advantage, as well as their competitive strategy, structure their Intellectual Capital and strengthen their ability to react on changes in the industry, if they will focus on the most suitable tools and the process in the company will be well set.
- Concentration on human capacities can be important in this field, as there are various Construction 4.0 technologies substituting the human labor and consequently an opportunity for advanced education of personnel in construction companies arises, which is very important and notifying for the industry.
- Technologies of Construction 4.0 must be applied adequately and after previous measurable analysis, otherwise there appear to be risks which company will face associated with sunk cost because of using the wrong technology, lost profit for ineffectively using the same technology as competition of the company or innovating materials which are not about to adapt on the market.

As mentioned previously, there are many challenges that construction industry faces. There are also numerous opportunities for companies operating in this industry (in Slovakia, as well as globally). In case of suitable execution, the Construction 4.0 will be able to bring new and innovative knowledge to research made in Industry 4.0, Intellectual Capital, competitive strategies and other fields helping to study and understand the behavior on the market, potentially even evolving them to a broader level of study.

Pod'akovanie:

Tento výskum bol podporený a financovaný prostredníctvom Grantu mladých UK s číslom UK/420/2022 pod názvom Nové trendy pri tvorbe konkurenčných stratégií pod vplyvom priemyslu 4.0.

Literatúra

- Popkova, E. et al. (2019), “Industry 4.0: Industrial Revolution of the 21st Century.” Springer International Publishing, Vol. 169, pp. 3-29
<https://doi.org/10.1007/978-3-319-94310-7>
- Maskuriy, R. et al. (2019), “Industry 4.0 for the Construction Industry—How Ready Is the Industry?.” Applied Sciences, Vol. 9, pp. 1-26. <https://doi.org/10.3390/app9142819>
- Jeck, T. (2017), “Slovenská ekonomika a štvrtá priemyselná revolúcia: Faktory a predpoklady.” Institute of Economic Research SAS, pp. 5-13. Dostupné na:
https://ekonom.sav.sk/uploads/journals/373_wp_4_priemyselna_a_sk_final.pdf
- Temidayo, O. et al. (2020), “Appraisal of stakeholders' willingness to adopt construction 4.0 technologies for construction projects.” Built Environment Project and Asset Management, pp. 1-17.
<http://doi.org/10.13140/RG.2.2.23070.36168>
- Hossan, M. A., and Nadeem, A. (2019), “Towards Digitizing the Construction Industry: State of the Art of Construction 4.0.” pp. 2-5. Dostupné na: https://www.isec-society.org/ISEC_PRESS/ISEC_10/pdf/CON-13.pdf.
<https://doi.org/10.14455/ISEC.res.2019.184>
- Prieto, R. (2021), “Construction 4.0.” National Academy of Construction Executive Insights, pp. 1-8
- Roslan, A. F. et al. (2022), “Construction 4.0 to Transform the Malaysian Construction Industry.” The Ingenieur magazine, Vol. 88, pp. 6-23
- Hadi, R. A. (2022), “Drone technology in construction industry.” Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, pp. 1-8
- Ngo, J. et al. (2020), “Factor-based big data and predictive analytics capability assessment tool for the construction industry.” Automation in Construction, Vol. 110, pp. 2-6.
10.1016/j.autcon.2019.103042.
<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.103042>
- Gbadamosi, et al. (2021), “IoT for predictive assets monitoring and maintenance: An implementation strategy for the UK rail industry.” Automation in Construction, Vol. 122, pp. 486-488
<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103486>
- Mansour, H. et al. (2023), “Implementing industry 4.0 in the construction industry- strategic readiness perspective.” International Journal of Construction Management, pp. 1-14.
<https://doi.org/10.1080/15623599.2021.1975351>

Yang, K. et al. (2022), "Identifying leadership competencies for Construction 4.0." *Buildings*, Vol. 12, pp. 1434-1452.
<https://doi.org/10.3390/buildings12091434>

El Jazzar, M. et al. (2021), "Integrating Construction 4.0 technologies: A four-layer implementation plan." *Frontiers in Built Environment*, Vol. 7, pp. 1-13.
<https://doi.org/10.3389/fbuil.2021.671408>

Mgr. Dávid Paculík

Univerzita Komenského v Bratislave

Fakulta managementu

Katedra stratégie a podnikania

paculik2@uniba.sk