

INDUSTRY 4.0 – TECHNOLOGICAL PRIORITIES IN THE SLOVAKIA

Miroslav Balog¹, Jozef Herčko²

Abstrakt

The fourth industrial revolution is considered a trigger for the industry transformation. It brings new breakthrough technologies as well as business models. The response of the countries to upcoming technology changes is to support the industrial transformation called Industry 4.0. Concept Industry 4.0 enables increase overall economic performance through the introduction of innovative product as well as process innovation in the industry. Variety of countries support this transformation mainly through introduction of technologies by enterprises as well as focused R&D programs. The Government of the Slovak Republic approved several strategies related to Industry 4.0, which define technological priorities in line with the Industry 4.0 concept. The article compares the priorities identified and highlighted some overlaps between strategies from the technology domains point of view.

Kľúčové slová

Industry 4.0, policy, technologies, specialization

I. Úvod

Globálna konkurencia vplýva na vývoj všetkých odvetví a ich ekonomickú aktivitu. Historický vývoj, ako aj vplyv globalizácie a megatrendov, vyvolali potrebu zmeny procesov v jednotlivých odvetviach. Meniace sa požiadavky zákazníkov kladú veľký dôraz na flexibilitu výroby, inovácie a flexibilitu pri reagovaní na zmeny (Fusko et al., 2018). Priemysel patrí medzi odvetvia vystavené najvyššej konkurencii kvôli jeho globálnemu charakteru. Jednou z odpovedí na zvyšujúce sa požiadavky konkurenčného prostredia je zvýšenie produktivity a zavádzanie produktových a procesných inovácií. Z tohto hľadiska sa do popredia dostávajú riešenia spojené so zvyšovaním technologickej úrovne firiem.

V súčasnosti sa zavádzajú v prostredí podnikov nové inovatívne technológie a koncepty. Ich nastupujúce masívne rozšírenie a zavádzanie v rôznych typoch podnikov sa označuje za štvrtú priemyselnú revolúciu, alebo aj *Industry 4.0*, alebo Priemysel 4.0. *Industry 4.0* predstavuje fúziu priemyselnej výroby a informačno-komunikačných technológií (Arnold, Voigt, 2016). Táto fúzia prináša výrazné zvýšenie produktivity práce a celkovej výkonnosti podnikov, ale aj jednotlivých odvetví.

Koncept *Industry 4.0* vznikol v Nemecku, kde bola podpora rozvoja moderných technológií a udržanie konkurencieschopnosti ekonomiky prostredníctvom implementácie moderných technologických riešení zakotvená na celoštátnej úrovni, ako jeden zo strategických cieľov. Nemecká vláda ako prvá označila tento prístup za *Industrie 4.0* a vytvorila podmienky pre rozvoj na systémovej báze.

Nemecké Ministerstvo hospodárstva a energetiky (BMWi) a Ministerstvo školstva a výskumu (BMBF) podporili vznik strategickú iniciatívy „*Industrie 4.0*“. Jej cieľom je zabezpečiť a rozvíjať vedúce postavenie Nemecka v priemyselnej výrobe prostredníctvom digitalizácie a vzájomného

¹ Centre of Social and Psychological Sciences, SAS, Šancová 56, 811 05 Bratislava, Slovakia, progmba@savba.sk

² University of Žilina, Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina, Slovakia, jozef.hercko@fstroj.uniza.sk

prepojenia výrobkov, hodnotových reťazcov a obchodných modelov. Cieľom je tiež podporovať výskum, vytváranie sietí medzi priemyselnými partnermi, ale aj normalizáciu. Nemecká iniciatíva *Industrie 4.0* nadväzuje na národnú *High Tech* stratégiu, pričom bola formalizovaná prijatím akčného plánu *High Tech* stratégie. Akčný plán bol prijatý v marci 2012 a určoval 10 „*Future Projects*“, medzi nimi aj *Industrie 4.0*. Iniciatíva *Industrie 4.0* umožní rozvoj nových spôsobov tvorby hodnoty, nových obchodných modelov a prispeje k rozvoju malých a stredných podnikov (MSP) vďaka ich vyššej spolupráci a vytváraniu výrobných sietí. *Industrie 4.0* môže zabrániť segregácii priemyselných domén (EC, 2017). Podobne ako Nemecko aj iné krajiny sa snažia zachytiť tieto trendy s cieľom podporiť konkurencieschopnosť domáceho priemyslu a reagovať na narastajúcu ekonomickú silu ázijských krajín, najmä Číny.

Koncept *Industry 4.0* predstavuje diametrálne nový rozmer implementácie komplexných technologických riešení a ich horizontálne vertikálnej integrácie v podnikoch a ich sieťach. Továrne sú vystavené požiadavkám transformácie na tzv. továrne budúcnosti.

Koncept *Industry 4.0* prepája informácie, objekty a ľudí z dôvodu konverencie fyzikálneho a virtuálneho (*cyberspace*) sveta vo forme kyber - fyzikálnych systémov, čo umožňuje transformovať podniky do tzv. *smart* prostredia (Thoben, Wuest, 2017, Monostori et al., 2016). Technológie *Industry 4.0* nie sú principiálne nové, ale sú vysoko heterogénne, pričom integruje množstvo prístupov (Chiarello et al., 2018). Inými slovami koncept *Industry 4.0* prináša nové technologické riešenia a zároveň integruje mnohé existujúce technológie do komplexných systémov. Jedným z kľúčových prvkov je horizontálne vertikálna integrácia rôznych technologických riešení (Alcácer, Cruz-Machado, 2019).

Koncept *Industry 4.0* kombinuje najnovšie technológie s princípmi pokrokového priemyselného inžinierstva. Pri zavádzaní *Industry 4.0* na podnikovej úrovni je nevyhnutné, aby podniky reflektovali aktuálne vývojové trendy. Pri zavádzaní konceptu *Industry 4.0* sa uplatňujú rôzne technológie, ako sú kyber - fyzikálne systémy, internet vecí, internet služieb, *Big data* a analytika, rozšírená realita, autonómne roboty, aditívna výroba, *Cloud Computing* a simulácie. Jednotlivé technológie môžu byť efektívnejšie v prípade zavádzania prvkov umelej inteligencie (Tay et al., 2018). Vzhľadom na potenciálne hrozby sa zvyrazňujú aj otázky spojené s kyber bezpečnosťou (Corallo et al., 2020). Nástup štvrtej priemyselnej revolúcie predstavuje zásadný prelom v rozvoji priemyslu, čo vytvára tlak na redefinovanie biznis modelov firiem (Gerlitz, 2016).

Industry 4.0 je považovaná za ďalšiu fázu digitalizácie výrobného sektora, ktorá je vyvolaná obrovským nárastom objemu dát, výpočtových schopností a konektivity (najmä nízkoenergetických a *wide-area* sietí, nárastu analytických kapacít, nových foriem interakcie človek-stroj ako sú dotykové rozhrania a systémy rozšírenej reality, zlepšenia v prenose digitálnych inštrukcií do fyzického sveta ako sú pokročilá robotika a 3D tlač (Lee et al., 2013).

Mnohé krajiny spustili programy zamerané na podporu *Industry 4.0* (Zhou et al., 2017; Kagermann et al., 2013). Vládne snahy by sa mali zamerať na podporu implementácie konceptu *Industry 4.0*, vrátane digitálnej ekonomiky, a to aj napriek tomu, že existuje neistota či vládne intervencie budú schopné kompenzovať „porazených“. Je preto potrebné modernizovať prístupy a nastavenie verejnej správy označovanú aj ako *Governance 2.0*, ktorá podporí štrukturálne zmeny prostredníctvom *Industry 4.0* a digitalizácie (Kovacs, 2018).

II. Podpora konceptu *Industry 4.0* na Slovensku

Rozvoj konceptu *Industry 4.0* označovaný v podmienkach Slovenskej republiky ako Priemysel 4.0 sa rozhodla podporiť aj Vláda SR, ktorá schválila niekoľko materiálov dotýkajúcich sa tejto oblasti. V roku 2013 bola schválený dokument Poznatkami k prosperite - Stratégia výskumu a inovácií pre

inteligentnú špecializáciu Slovenskej republiky označovaný ako národná stratégia inteligentnej špecializácie (RIS3), ktorá bola pripravená Ministerstvom hospodárstva SR, Ministerstvom školstva, vedy, výskumu a športu SR, Úradom vlády SR a zástupcami podnikateľského, akademického a výskumného sektora (VSR, 2013). RIS3 bola tzv. *ex ante kondicionalita* pre Operačný program výskum a inovácie (OP VaI).

Stratégia určila tri typy prioritných oblastí a to i. oblasti hospodárskej špecializácie, ii. perspektívne oblasti špecializácie a iii. oblasti špecializácie z hľadiska dostupných vedeckých a výskumných kapacít (Tab. 1). Oblasti hospodárskej špecializácie pokrývajú ekonomickú špecializáciu Slovenskej republiky, ktorej exportná výkonnosť stojí najmä na týchto odvetviach. Perspektívne oblasti špecializácie predstavujú odvetvia, ktoré majú potenciál rastu, pričom v dobe vzniku stratégie pôsobili klastrové organizácie pokrývajúce tieto oblasti.

Tabuľka 1: Prioritné oblasti RIS3

Oblasť hospodárskej špecializácie	Perspektívne oblasti špecializácie	Dostupné vedecké a výskumné kapacity
Automobilový priemysel a strojárstvo	Automatizácia, robotika a digitálne technológie	materiálový výskum a nanotechnológie
Spotrebná elektronika a elektrické prístroje	Spracovanie a zhodnotenie ľahkých kovov a ich zliatin	informačno-komunikačné technológie
Informačné komunikačné produkty a služby	Výroba a spracovanie polymérov a progresívnych chemických substancií (vrátane smart fertilizations)	biotechnológie a biomedicína
Výroba a spracovanie železa a ocele	Kreatívny priemysel	pôdohospodárstvo a životné prostredie, vrátane moderných chemických technológií šetrných
	Zhodnocovanie domácej surovínovej základne	k životnému prostrediu
	Podpora inteligentných technológií v oblasti spracovania surovín a odpadov v regióne výskytu	udržateľná energetika a energie

Zdroj: VSR, 2013.

Oblasti špecializácie z hľadiska dostupných vedeckých a výskumných kapacít predstavujú vedecko-výskumný potenciál verejných výskumno-vývojových organizácií, ktorý bol rozvíjaný v programovom období 2007-2013 zo zdrojov Operačného programu výskum a vývoj (OP VaV).

V rámci každej z týchto troch oblastí boli identifikované tzv. kľúčové tendencie, pričom niektoré sú jednoznačne relevantné pre koncept *Industry 4.0*, t.j. bezprostredne sa týkajú technologických domén *Industry 4.0*.

Rozvojové tendencie pre oblasti hospodárskej špecializácie ekonomiky priamo relevantné pre oblasť *Industry 4.0* sú:

- rozvoj výrobných postupov v priemysle orientovaných na lepšie využívanie dostupných zdrojov, vyššiu mieru recyklácie a využívanie materiálov priateľských k životnému prostrediu využitím vedecko-technologického rozvoja a inovácií,

- využívanie, nasadenie a nahrádzanie doposiaľ používaných materiálov za materiály moderné s novým a vyšším komplexom úžitkových vlastností, včítane technologickej spracovateľnosti (obrábanie, tvárnenie, spájanie),
- zefektívnenie produkčných a logistických procesov,
- použitie robotizácie a informačno-komunikačné technológie (IKT) vo výrobných procesoch.

Rozvojové tendencie v perspektívnych oblastiach špecializácie priamo relevantné pre oblasť *Industry 4.0* sú:

- nové technológie umožňujúce prenos, spracovanie a uchovávanie dát,
- inteligentné produkčné systémy,
- inteligentná a priemyselná doprava.

Rozvojové tendencie na základe dostupných výskumných a inovačných kapacít relevantné pre oblasť *Industry 4.0* sú:

- výskum a inovácie (VaI) v oblasti spájania dynamických častí strojov a mechanizmov za účelom zvyšovania životnosti a výkonnosti zariadení.

Témy priamo relevantné konceptu *Industry 4.0* sú v najvyššej miere zastúpené v Perspektívnych oblastiach špecializácie, pričom však ich vymedzenie nebolo dostatočne určené. V určených rozvojových tendenciách sa vyskytovali aj témy, ktoré sa môžu nepriamo dotýkať konceptu *Industry 4.0*, príp. nie je explicitne možné určiť technologický prienik s konceptom. V prípade hospodárskej špecializácie sa jednalo o „rozvoj technologických investičných celkov, najmä v oblasti hutníctva, strojárstva, energetiky a integrovaných priemyselných zariadení, s ohľadom na aplikáciu a použitie ľahkých kovov a moderných materiálov vo výrobe dopravnej a stavebnej techniky s cieľom znižovania celkovej hmotnosti a príspevku k zelenej ekonomike, vývoj a aplikačné využitie kompozitných materiálov“. V prípade perspektívnych oblastiach špecializácie o technológie pre inteligentný manažment spotreby, alebo podporu inteligentných technológií v oblasti spracovania surovín a odpadov v regiónoch výskytu. V prípade rozvojových tendencií na základe dostupných výskumných a inovačných sa jednalo napr. o výskum a vývoj (VaI) v oblasti zvarovania, navárania a aj netradičného spájania komponentov.

Pre potreby implementácie RIS3 bol vypracovaný Implementačný plán RIS3, ktorý bol schválený vládou SR (ÚPVII, 2017). Akčný plán určil spôsob detailnej identifikácie prioritných tém pre potreby implementácie RIS3 a špecificky pre Operačný program výskum a inovácie.

Na základe analýz bolo určených celkovo päť oblastí, tzv. domén v ktorých boli identifikované prioritné oblasti v rámci tzv. „*entrepreneurial discovery process-u*“ (EDP), a to:

- Dopravné prostriedky pre 21. storočie,
- Priemysel pre 21. storočie,
- Digitálne Slovensko a kreatívny priemysel,
- Zdravie obyvateľstva a zdravotnícke technológie,
- Zdravé potraviny a životné prostredie.

Detailné priority boli určené vo všetkých doménach (OPVaI, 2020), pričom len v prvých troch doménach sú určené technologické oblasti priamo relevantné konceptu *Industry 4.0*. Všetky produktové línie relevantné ku konceptu *Industry 4.0* sú uvedené v prílohe č. 1. Produktové línie pre doménu Zdravie obyvateľstva a zdravotnícke technológie a Produktové línie pre doménu Zdravé

potraviny a životné prostredie svojim zameraním a špecifickosťou nemajú priamu spojitosť s konceptom *Industry 4.0*. Na druhej strane však riešenia *Industry 4.0* môžu nájsť uplatnenie aj v týchto doménach.

V doméne Dopravné prostriedky pre 21. storočie bolo identifikovaných celkovo 12 priorít, tzv. Produktových línií, ktoré predstavujú technologické priority identifikované v rámci komplexného EDP. Doména Priemysel pre 21. storočie určila najmenej produktových línií relevantných pre rozvoj konceptu *Industry 4.0*, celkovo 10. V rámci domény Digitálne Slovensko a kreatívny priemysel bolo identifikovaných najviac relevantných produktových línií a to až 28. Prioritné oblasti definované v rámci produktových línií v jednotlivých doménach predstavujú priority pre zameranie rôznych typov podporných nástrojov zameraných nie len na realizáciu výskumu a vývoja (VaV), ale aj transferu technológií. Jednotlivé oblasti nie vždy zohľadňujú kapacity verejných VaV organizácií. RIS3 určuje, že nastavené produktové línie by mali byť prioritne podporované zo zdrojov OP VaI, ale aj iných verejných zdrojov zameraných na podporu výskumu, vývoja a inovácií. V rôznych výzvach vyhlásených Ministerstvom školstva, vedy, výskumu a športu SR bol tento prístup zachovaný.

Iný prístup zvolilo Ministerstvo hospodárstva SR, ktoré vyhlásilo 20.12.2018 zo zdrojov OP VaI Výzvu na predkladanie žiadostí o poskytnutie nenávratného finančného príspevku zameranú na podporu inteligentných inovácií v priemysle (kód výzvy: OPVaI-MH/DP/2018/1.2.2-21), ktorej cieľom bolo podporiť zavádzanie inovatívnych technológií v podnikoch. Celková alokácia na výzvu podporujúcu transfer technológií bola 100 mil. Eur. Zdroje Operačného programu Výskum a inovácie majú podporovať technologické oblasti určené v rámci EDP.

Výzva určovala, že cieľom projektov podporených v rámci tejto výzvy musí byť nákup dlhodobého majetku, za účelom inovácie produktu a/alebo procesu prostredníctvom kombinácie niektorých prvkov definovaných inteligentných riešení. Prvky inteligentných riešení boli zaradené do troch kategórií (Tab. 2).

Tabuľka 2: Technologické priority v oblasti transferu technológií

Kategória	Technologické oblasti
Synergické a pokročilé inteligentné riešenia	Pokročilá telematika. Kolaboratívna robotika Kyber-fyzikálne systémy (CPS) - Digitálne dvojča (Digital Twin) Autonómne manipulačné a intralogistické zariadenia Komplexné riešenie kybernetickej bezpečnosti výrobných hál, automatizovanej linky alebo technologického celku. Exponenciálne technológie
Pokročilé inteligentné riešenia	Priemyselné kamerové systémy (Machine Vision), strojové videnie, počítačové videnie Riešenie kybernetickej bezpečnosti jednotlivého zariadenia, alebo technologického celku Digitalizácia výrobného procesu 3D skenovanie. Automatizácia výrobného procesu Robotizácia výrobného procesu. Rozšírená realita
Zariadenia a systémy s inteligentnou podporou	Základná automatizácia jednotlivého procesu Nové senzory Big Data

	Dátové centrum Cloud pre Smart Industry. Autonómne a semiautonómne intralogistické systémy Podnikový informačný systém so Smart modulmi Výrobné informačné systémy Systémy riadenia životného cyklu výrobku Prediktívna údržba
--	--

Zdroj: výzva OPVaI-MH/DP/2018/1.2.2-21.

Určené technologické oblasti nie sú identické s prioritami jednotlivých relevantných domén určujúcimi technologické priority (produktové línie), ktoré boli definované v rámci EDP procesu. Výzva priniesla nové členenie aj z hľadiska koncepčného vymedzenia konceptu *Industry 4.0* v porovnaní s nadradenými strategickými dokumentami. Toto vymedzenie nie je v plnej zhode s technologickými prioritami definovanými v rámci doménových platforiem, resp. produktových línií.

Vláda SR schválila materiál Konceptia inteligentného priemyslu pre Slovensko, ktorú vypracovalo Ministerstvo hospodárstva SR v spolupráci so zástupcami priemyslu (VSR, 2016). Konceptia nadväzuje na schválenú Stratégiu výskumu a inovácií pre inteligentnú špecializáciu (RIS3).

Konceptia určuje, že „prioritou priemyslu sa stáva zavádzanie automatizácie a digitálnej výroby, digitalizácie riadiacich systémov a využívanie komunikačných sietí na zabezpečenie interoperability a flexibility podnikových procesov. Vďaka internetu, ktorý sa stane integrálnou časťou priemyselných riadiacich systémov, vznikne vysoký objem vymieňaných dát, od čoho sa odvíja funkčná analýza veľkých dát, virtuálna simulácia procesov, prepojenie v cloudovom prostredí, rozšírená realita, autonómne zariadenia a 3D tlač.“

V rámci dokumentu je zmienka o rôznych typoch technologických oblastí (napr. co-boty, IoT - internet vecí, PLM - Product Life Cycle Management, CAM - Computer Aided Manufacturing, mechatronika, Cloud computing, Kyber-fyzikálne systémy, automatizácia, nové obchodné a výrobné modely) avšak neurčuje špecifické priority v oblasti VaV. Konceptia identifikovala presahy do komplementárnych konceptov ako sú *Smart Cities*, *Smart Energy*, alebo *e - Government*.

Následne schválila Vláda SR Akčný plán inteligentného priemyslu SR so široko definovaným účelom, ktorý je priamo napojený na RIS3 (VSR, 2018). Dokument určil nasledovnú víziu: Vytvoriť podmienky pre rozvoj slovenského priemyslu, ktorý bude reagovať na globálne digitalizačné trendy, s cieľom zvyšovať konkurencieschopnosť podnikov v záujme udržateľného rastu príjmov, zamestnanosti a kvality života. Naplnením Akčného plánu inteligentného priemyslu SR do roku 2020 má vytvoriť základný predpoklad úspešnej transformácie slovenskej ekonomiky reagujúcej na digitalizáciu priemyslu, s predpokladom naštartovania digitalizačného procesu vo väčšine podnikov.

Akčný plán definoval, že „jadro aplikovaného výskumu pre potreby inteligentného priemyslu predstavujú oblasti kybernetiky, umelej inteligencie a robotiky“. Dokument identifikoval niekoľko kľúčových technológií v ktorých je potrebné realizovať VaV (Tab. 3).

Tabuľka 3: Technologické priority rozvoja inteligentného priemyslu SR

Oblasť	Priority
--------	----------

Pokročilé roboty	autonómne, spolupracujúce priemyselné roboty početné integrované snímače (nedeštruktívna defektoskopia, vibrácie, žiarenie), kamery HMI (CPS) rozhranie hlasových, haptických, vrátane systémov virtuálnej reality
Priemyselný internet	sieť strojov a výrobkov viacsmerová komunikácia medzi sieťovými objektmi
Simulácia	využitie údajov v reálnom čase a zrkadlenie fyzického sveta vo virtuálnom modeli, ktorý môže zahŕňať stroje, produkty a ľudí. To umožní operátorom skontrolovať a optimalizovať nastavenia stroja pre ďalší produkt v rade vo virtuálnom svete pred fyzickým prechodom, čím sa znížia časy nastavenia stroja a zvyšuje sa kvalita.
Rozšírená realita s informáciou v reálnom čase	rozšírenie reality pre údržbu, logistiku a i. podpora pre efektívne zobrazovanie informácií
Prídavná, podporná výroba (napr. 3D tlač)	3D tlač najmä pre náhradné diely a prototypy
Big data a analýza	komplexné vyhodnotenie dostupných údajov podpora rozhodovania a optimalizácia v reálnom čase
Cloud a kybernetická bezpečnosť	správa obrovského objemu údajov v otvorených systémoch vysoká úroveň vytvárania sietí medzi inteligentnými strojmi, výrobkami a systémami vedie k obzvlášť vysokým bezpečnostným požiadavkám.

Zdroj: VSR, 2018.

Dokument určuje, že technológie majú potenciál vytvoriť továrne budúcnosti, ktoré vedú k plne integrovaným a automatizovaným výrobným tokom. Systémy budú musieť byť schopné vzájomnej interakcie, analyzovať dáta pre predpovedanie zlyhaní a vytvárať rýchlejšie, flexibilnejšie a efektívnejšie procesy. Dodávateľské reťazce budú plne integrované po celej svojej dĺžke. Ľudská pracovná sila bude čoraz viac pôsobiť vedľa robotov, ktoré sa budú zaoberať najmä fyzicky náročnými a opakujúcimi sa procesmi.

V rámci SR bolo schválených niekoľko vzájomne komplementárnych strategických materiálov, ktorých vzájomná kompatibilita z hľadiska definovaných technologických priorít nie je dostatočná. Analyzované materiály na strategickej určujú (taxatívne) rôzne typy technologických priorít, ktoré nie sú identické čo vnáša istú mieru neistoty do rozhodovacích procesov a efektívneho smerovania verejných zdrojov. Okrem toho si výzva OP VaI vyhlásená s cieľom zabezpečiť napĺňanie strategických dokumentov prijatých Vládou SR stanovila vlastné detailne vyšpecifikované, úplne nezávislé prioritné technologické oblasti bez zjavnej previazanosti na EDP. To môže poukazovať na nedostatočnú previazanosť zložiek strategickej úrovne riadenia so zložkami zodpovednými za implementáciu opatrení, ktoré majú prispievať k napĺňaniu strategických cieľov definovaných na národnej úrovni.

Všetky typy priorít identifikované v rámci rôznych materiálov je možné zaradiť do základných strešných technologických domén a to (Tab. 4):

- pokročilá robotika,
- priemyselný internet a IoT,
- simulácie,
- rozšírená realita,
- aditívna výroba,

- big data,
- cloud,
- kybernetická bezpečnosť,
- umelá inteligencia.

To znamená, že týchto deväť technologických domén reprezentuje prioritné oblasti určené v rámci rôznych strategických dokumentov, ako aj v rámci podpornej výzvy vyhlásenej v rámci OP VaI.

Tabuľka 4: Komparácia technologických oblastí.

Technologické domény	Akčný plán	Výzva OP VaI	Produktové línie domén
Pokročilá robotika	Pokročilé roboty autonómne, spolupracujúce priemyselné roboty početné integrované snímače (nedeštruktívna defektoskopia, vibrácie, žiarenie), kamery HMI (CPS) rozhranie hlasových, haptických, vrátane systémov virtuálnej reality	Kolaboratívna robotika Autonómne manipulačné a intralogistické zariadenia Priemyselné kamerové systémy (Machine Vision), strojové videnie, počítačové videnie Automatizácia výrobného procesu Robotizácia výrobného procesu Základná automatizácia jednotlivého procesu Autonómne a semiautonómne intralogistické systémy	Automatizácia a robotizácia kľúčových technológií; Automatizované systémy kontroly kvality, metrológie a diagnostiky a ich integrácia v digitálnom podniku; Bezkontaktná inventarizácia a monitoring skladových systémov pomocou inovatívnych prostriedkov (napr. drony) s prepojením na plánovanie výroby; Inovatívne a intuitívne formy riadenia robotických štruktúr s využitím spätných vizuálnych, haptických a zvukových väzieb; Inteligentné metódy rozpoznávania objektov – počítačové videnie pre priemyselné aplikácie a logistiku; Komplexné robotizované systémy vrátane autonómnych; Nové pokročilé interakčné systémy (Interakcia HMI, MMI, HRI); Perspektívne kolaboratívne systémy na technologickej, procesnej i komunikačnej úrovni, systémy strojovej komunikácie nezávislých systémov; Strojové videnie a iné metódy rozpoznávania, detekcie a analýzy objektov, interaktívna edukácia - stereoskopia, mobilné aplikácie, webové aplikácie, konverzačné platformy; Systémy pre bezpečnosť zdieľaného priestoru medzi ľuďmi a robotickými systémami;

			Výskum a vývoj komponentov a uzlov pre automatizáciu, robotizáciu a digitalizácia procesov; Zariadenia a systémy manipulácie s materiálom a dielcami vo výrobe (napríklad systémy pre zlepšenie bezpečnosti, automatizácie skladov a logistiky, a pod.); Zvyšovanie kvality a presnosti výroby;
Priemyselný internet a IoT	Priemyselný internet sieť strojov a výrobkov viacsmerová komunikácia medzi sieťovými objektmi	Pokročilá telematika Nové senzory	IKT produkty pre prevádzku a bezpečnosť technológií a výrobkov (napríklad riešenia IoT, riadiace komponenty a systémy, senzory, softvérové aplikácie, HMI a pod.); IOT riešenia pre priemysel (IIOTs) s využitím existujúcej telekomunikačnej infraštruktúry; Senzory a spracovanie signálov;
Simulácia	Simulácia využitie údajov v reálnom čase a zrkadlenie fyzického sveta vo virtuálnom modeli, ktorý môže zahŕňať stroje, produkty a ľudí. To umožní operátorom skontrolovať a optimalizovať nastavenia stroja pre ďalší produkt v rade vo virtuálnom svete pred fyzickým prechodom, čím sa znížia časy nastavenia stroja a zvyšuje sa kvalita.	Digitálne dvojča (Digital Twin)	Inteligentné riadenie výrobných celkov založené na simulačných technológiách a virtuálnych výrobných systémoch – digitálne dvojča výroby; Simulácia, modelovanie priemyselných, dopravných a iných systémov;
Rozšírená realita	Rozšírená realita s informáciou v reálnom čase rozšírenie reality pre údržbu, logistiku a i. podpora pre efektívne zobrazovanie informácií	Rozšírená realita	Riadenie technologických a logistických procesov; Tvorba transformovateľného a škálovateľného konceptu mobilných manipulačných robotických systémov pre riešenie vnútornej logistiky priemyselnej výroby; výskum, vývoj a inovácia progresívnych nástrojov, technológií – technológie pre oblasť vizualizácie a sprístupňovanie multimediálnych obsahov, digital imaging, VFX, SGI, virtuálna, zmiešaná, či rozšírená realita a ďalšie; Vývoj programového vybavenia a technológií pre inteligentné výrobné systémy, komponenty a uzly, ako aj mestá a komunity;

Aditívna výroba	Prídavná, podporná výroba 3D tlač najmä pre náhradné diely a prototypy	Exponenciálne technológie	Inovatívne metódy riadenia 3D tlače s cieľom zabezpečiť vysokú kapacitu a stabilitu tlače; Progresívne technológie výroby a spracovania materiálov a výrobkov z nich, práškové technológie, vákuové metalurgické technológie, presné liatie, 3D tlač kompozitov, aditívna priemyselná výroba, pokročilé technológie tvorby povrchových vrstiev, automatizované a robotizované výrobné technológie;
Big data	Big data a analýza komplexné vyhodnotenie dostupných údajov podpora rozhodovania a optimalizácia v reálnom čase	Kyber-fyzikálne systémy (CPS) Digitalizácia výrobného procesu 3D skenovanie Big Data Podnikový informačný systém so Smart modulmi Výrobné informačné systémy Systémy riadenia životného cyklu výrobku (Product Lifecycle Management Systems - PLM) - Prediktívna údržba (Predictive Maintenance - PdM) -	Analýza big data pre potreby zvýšenia efektivity výroby, optimalizáciu procesov a analytické a prediktívne nástroje; Aplikácie na báze umelej inteligencie; Inteligentné riadiace a výrobné systémy, vrátane prepájania externých inteligentných systémov a intralogistických/manipulačných systémov a ich prvkov (prostriedkov) (napríklad aj digitalizácia riadenia, digitalizácia výrobných procesov a logistiky a pod.); Inteligentné technológie pre zvyšovanie energetickej efektívnosti prevádzky podniku; Optimalizácia podnikových procesov (napríklad výrobných, logistických procesov, auditovanie procesov a pod.); Prepojenie informačných a znalostných systémov a procesov v priemyselnom podniku (prepojenie technologických systémov s ERP a manažérskymi systémami); Programové vybavenia pre inteligentné výrobné systémy, komplexné riadiace systémy, manažment služieb a procesov; Služby a riešenia v oblasti spracovania veľkých objemov dát, rýchle spracovanie dát (Big Data, High performance computing, cloud computing edge computing); Systémy pre riadenie automatizovaných pracovísk

			(systémy pre priemyselné autonómne riadenie, dopravné a logistické systémy a pod. (napríklad so zameraním na Industry 4.0, Continuous Improvement, diagnostika pre existujúce procesy až po analýzy dôvodov zlej účinnosti, nehôd, alebo disfunkčnosti zariadení a pod.);
Cloud	Cloud a kybernetická bezpečnosť správa obrovského objemu údajov v otvorených systémoch vysoká úroveň vytvárania sietí medzi inteligentnými strojmi, výrobkami a systémami vedie k obzvlášť vysokým bezpečnostným požiadavkám.	Dátové centrum Cloud pre Smart Industry	Cloud to Edge computing – využívanie servisne orientovaného modelu cloudovej architektúry a topológie, ktorá posúva spracovanie a ukladanie informácií bližšie k ich zdrojom; Cloudové riešenia so zameraním na multikriteriálne metódy optimalizácie výroby;
Kybernetická bezpečnosť	Cloud a kybernetická bezpečnosť správa obrovského objemu údajov v otvorených systémoch vysoká úroveň vytvárania sietí medzi inteligentnými strojmi, výrobkami a systémami vedie k obzvlášť vysokým bezpečnostným požiadavkám.	Komplexné riešenie kybernetickej bezpečnosti výrobných haly, automatizovanej linky alebo technologického celku Riešenie kybernetickej bezpečnosti jednotlivého zariadenia, alebo technologického celku	Bezpečnostné riadiace systémy; Kybernetická bezpečnosť a bezpečný prenos údajov v priemyselnom prostredí;
Umelá inteligencia		Umelá inteligencia (v exponenciálnych technológiách)	Umelá inteligencia a aplikácia prostriedkov umelej inteligencie s využitím protokolov a rozhraní bezdrôtovej komunikácie a ich integrácia v rámci digitálneho podniku;

Zdroj: autorské spracovanie.

Medzi technologickými prioritami definovanými v rámci rôznych prístupov možno identifikovať významný prienik, pričom všetky sú v zhode s konceptom Industry 4.0. Jednotlivé priority je možné zaradiť do technologických domén pokročilá robotika, priemyselný internet a IoT, simulácia, rozšírená realita, aditívna výroba, *Big data*, *Cloud* a kybernetická bezpečnosť. Okrem toho boli niektoré identifikované priority zamerané aj na umelú inteligenciu. To poukazuje na isté rozšírenie v chápaní konceptu *Industry 4.0*, pričom je vhodné podporovať aj túto perspektívnu oblasť.

III. Záver

Vláda SR sa pokúsila zachytiť, aj keď s istým oneskorením oproti globálnym trendom, nastupujúce technologické zmeny, ktoré ovplyvnia konkurencieschopnosť Slovenskej republiky. Z tohto dôvodu bolo na Slovensku prijatých niekoľko strategických materiálov relevantných ku konceptu Industry 4.0. Jedná sa o Poznatkami k prosperite - Stratégia výskumu a inovácií pre inteligentnú špecializáciu Slovenskej republiky, ktorá predstavuje národnú stratégiu inteligentnej špecializácie (RIS3), Implementačný plán RIS3, Koncepciu inteligentného priemyslu pre Slovensko a nadväzujúceho Akčného plánu inteligentného priemyslu SR. Všetky dokumenty určujú vlastné technologické priority, ktoré nie sú identické. Úplne iný prístup z hľadiska definovania technologických priorít bol aplikovaný v prípade vyhlásenej výzvy v rámci Operačného programu Výskum a vývoj podporujúcej transfer moderných technológií s cieľom podporovať koncept Industry 4.0 v podmienkach slovenských podnikov.

Prístup identifikácie rôznych ad hoc technologických priorít vniesol istú mieru neistoty najmä v spojitosti s implementáciou opatrení financovaných najmä z Európskych štrukturálnych a investičných fondov a nadväznosti výziev na priority definované pre potreby implementácie RIS3.

Napriek tomu sú všetky typy technologických priorít v zhode s chápaním konceptu Industry 4.0 a sú v oblastiach pokročilá robotika, priemyselný internet a IoT, simulácia, rozšírená realita, aditívna výroba, *Big data*, *Cloud*, kybernetická bezpečnosť a umelá inteligencia.

PodĎakovanie / Financovanie

Článok vznikol vďaka projektu VEGA č. 2/0002/18.

Literatúra

Alcácer, V., Cruz-Machado, V. (2019): Scanning the Industry 4.0: A Literature Review on Technologies for Manufacturing Systems. *Engineering Science and Technology, an International Journal* 22, 899–919

Arnold, C.K., Voigt, D. (2016): How the industrial internet of things changes business models in different manufacturing industries. *International Journal of Innovation Management*. 20(8).

Chiarello, F., Trivelli, L., Bonaccorsi, A., Fantoni, G. (2018). Extracting and mapping industry 4.0 technologies using wikipedia, *Computers in Industry* 100, 244–257.

Corallo, A., Lazoi, M., Lezzi, M. (2020). Cybersecurity in the context of industry 4.0: A structured classification of critical assets and business impacts, *Computers in Industry*. 114, 103165

EC (2017): Germany: Industrie 4.0. Dostupné na: https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/dem/monitor/sites/default/files/DTM_Industrie%204.0.pdf (3.2.2020)

Fusko, M., Rakyta, M., Dulina, L., Sulírová, I., Edl, M. (2018). Digitization in the technical service management system. *MM Science Journal*. March (2018), 2260-2266.

Gerlitz, L. (2016). Design Management as a Domain of Smart and Sustainable Enterprise: Business Modelling for Innovation and Smart Growth in Industry 4.0. *Entrepreneurship and Sustainability Issues*. 3(3), 244-268.

Kagermann, H., Wahlster, W., Helbig, J. (2013). Recommendations for Implementing the Strategic Initiative INDUSTRIE 4.0. Final report of the Industrie 4.0 WG.

Kovacs, O. (2018). The dark corners of industry 4.0 – Grounding economic governance 2.0, *Technology in Society* 55, 140–145.

Lee, J., Lapira, E., Bagheri, B., Kao, H. (2013). Recent advances and trends in predictive manufacturing systems in big data environment. *Manuf. Lett.* 1 (1), 38–41.

Monostori L, Kádár, B., T.Bauernhansl, T. Kondoh, S., Kumara, S. Reinhart, G., Sauer, O., Schuh, G.,Sihn, W., Ueda, K. (2016). Cyber-physical systems in manufacturing. *CIRP Annals - Manufacturing Technology* 65, 621–641.

OPVaI. 2020. Operačný program Výskum a inovácie. Dôležité dokumenty. Dostupné na: <https://www.opvai.sk/sk/ris3/dolezite-dokumenty> (5.2.2020)

Tay, S.I., Lee, T.C., Hamid, N.Z.A., Ahmad, A.N.A. (2018). An Overview of Industry 4.0: Definition, Components, and Government Initiatives. *Jour of Adv Research in Dynamical & Control Systems*, 10, 1379-1387

Thoben, K.D.W., Wuest, S.A. (2017). “Industrie 4.0” and smart manufacturing-a review of research issues and application examples. *International Journal of Automation Technology*. 11(1) 4-16.

ÚPVII (2017): Implementačný plán Stratégie výskumu a inovácií pre inteligentnú špecializáciu Slovenskej republiky, Bratislava 2017.

VSR, Vláda Slovenskej republiky (2013): Stratégia výskumu a inovácií pre inteligentnú špecializáciu SR , uznesenie vlády SR č. 665/2013 z 13.11.2013.

VSR, Vláda Slovenskej republiky (2016): Koncepcia inteligentného priemyslu pre Slovensko, uznesenie vlády SR č. 490/2016 z 26.10.2016.

VSR, Vláda Slovenskej republiky (2018): Akčný plán inteligentného priemyslu SR, uznesenie vlády SR č. 461/2018 z 10.10.2018.

Zhou, K., Liu, Taigang, Zhou, Lifeng, Liu, T., Zhou, L. (2015) Industry 4.0: towards future industrial opportunities and challenges. In: 2015 12th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD), pp. 2147–2152. <https://doi.org/10.1109/FSKD.2015.7382284>.

Prílohy

Príloha 1- produktové línie relevantné k Industry 4.0

Produktové línie pre doménu Dopravné prostriedky pre 21. storočie relevantné pre oblasť I4.0:

- Progresívne technológie výroby a spracovania materiálov a výrobkov z nich, práškové technológie, vákuové metalurgické technológie, presné liatie, **3D tlač kompozitov**, aditívna priemyselná výroba, pokročilé technológie tvorby povrchových vrstiev, **automatizované a robotizované výrobné technológie**.
- Zariadenia a systémy manipulácie s materiálom a dielcami vo výrobe (napríklad systémy pre zlepšenie bezpečnosti, automatizácie skladov a logistiky, a pod.).
- Materiály, štruktúry, **senzory a prvky**.
- Optimalizácia podnikových procesov (napríklad výrobných, logistických procesov, auditovanie procesov a pod.).
- Zvyšovanie kvality a presnosti výroby (napríklad kvalita montáže, auditovanie procesov a pod.).
- Programové vybavenia pre inteligentné výrobné systémy, komplexné riadiace systémy, manažment služieb a procesov.
- Inteligentné riadiace a výrobné systémy, vrátane prepájania externých inteligentných systémov a intralogistických/ manipulačných systémov a ich prvkov (prostriedkov) (napríklad aj digitalizácia riadenia, digitalizácia výrobných procesov a logistiky a pod.).
- Simulácia, modelovanie priemyselných, dopravných a iných systémov.
- Riadenie technologických a logistických procesov.
- Výskum a vývoj komponentov a uzlov pre automatizáciu, robotizáciu a digitalizáciu procesov.
- Systémy pre riadenie automatizovaných pracovísk (systémy pre priemyselné autonómne riadenie, dopravné a logistické systémy a pod. (napríklad so zameraním na Industry 4.0, Continuous Improvement, diagnostika pre existujúce procesy až po analýzy dôvodov zlej účinnosti, nehôd alebo disfunkčnosti zariadení a pod.).
- Výskum a vývoj komplexných robotizovaných systémov.

Produktové línie pre doménu Priemysel pre 21. storočie relevantné pre oblasť I4.0:

- Progresívne technológie výroby a spracovania materiálov a výrobkov z nich, práškové technológie, vákuové metalurgické technológie, presné liatie, 3D tlač kompozitov, aditívna priemyselná výroba, pokročilé technológie tvorby povrchových vrstiev, automatizované a robotizované výrobné technológie.
- Zariadenia a systémy manipulácie s materiálom a dielcami vo výrobe (napríklad systémy pre zlepšenie bezpečnosti, automatizácie skladov a logistiky, a pod.).
- Materiály, štruktúry, **senzory a prvky**.
- Optimalizácia podnikových procesov.
- IKT produkty pre prevádzku a bezpečnosť technológií a výrobkov (napríklad riešenia IoT, riadiace komponenty a systémy, senzory, softvérové aplikácie, HMI a pod.).
- Vývoj programového vybavenia pre inteligentné výrobné systémy, komplexné riadiace systémy, manažment služieb a procesov.

- Simulácia, modelovanie priemyselných, dopravných a iných systémov a optimalizácia prevádzky energetickej náročnosti a environmentálneho dopadu.
- Komplexné robotizované systémy vrátane autonómnych.
- Inteligentné riadiace a výrobné systémy vrátane prepájania externých inteligentných systémov.
- Systémy pre riadenie automatizovaných pracovísk.

Produktové línie pre doménu Digitálne Slovensko a kreatívny priemysel (relevantné pre oblasť I4.0):

- Cloudové riešenia so zameraním na multikriteriálne metódy optimalizácie výroby.
- Analýza big data pre potreby zvýšenia efektivity výroby, optimalizáciu procesov a analytické a prediktívne nástroje.
- Cloud to Edge computing – využívanie servisne orientovaného modelu cloudovej architektúry a topológie, ktorá posúva spracovanie a ukladanie informácií bližšie k ich zdrojom;
- Kybernetická bezpečnosť a bezpečný prenos údajov v priemyselnom prostredí.
- Perspektívne kolaboratívne systémy na technologickej, procesnej i komunikačnej úrovni, systémy strojovej komunikácie nezávislých systémov.
- Nové pokročilé interakčné systémy (Interakcia HMI, MMI, HRI).
- Systémy pre bezpečnosť zdieľaného priestoru medzi ľuďmi a robotickými systémami.
- Inteligentné riadenie výrobných celkov založené na simulačných technológiách a virtuálnych výrobných systémoch– digitálne dvojča výroby.
- Optimalizácia externej a internej logistiky výroby s využitím nástrojov digitálnej transformácie.
- Automatizované systémy kontroly kvality, metrológie a diagnostiky a ich integrácia v digitálnom podniku.
- Umelá inteligencia a aplikácia prostriedkov umelej inteligencie s využitím protokolov a rozhraní bezdrôtovej komunikácie a ich integrácia v rámci digitálneho podniku.
- Inovatívne a intuitívne formy riadenia robotických štruktúr s využitím spätných vizuálnych, haptických a zvukových väzieb.
- Inteligentné technológie pre zvyšovanie energetickej efektívnosti prevádzky podniku.
- Inovatívne metódy riadenia 3D tlače s cieľom zabezpečiť vysokú kapacitu a stabilitu tlače.
- IOT riešenia pre priemysel(priemyselný internet vecí - IIOTs) s využitím existujúcej telekomunikačnej infraštruktúry.
- Tvorba transformovateľného a škálovateľného konceptu mobilných manipulačných robotických systémov pre riešenie vnútornej logistiky priemyselnej výroby.
- Bezkontaktná inventarizácia a monitoring skladových systémov pomocou inovatívnych prostriedkov (napr. drony) s prepojením na plánovanie výroby.
- Inteligentné metódy rozpoznávania objektov vrátane 3D skenovacích technológií pre inšpekciu a riadenie výrobných procesov.
- Prepojenie informačných a znalostných systémov a procesov v priemyselnom podniku (prepojenie technologických systémov s ERP (enterprise resource planning) a manažérskymi systémami).
- Automatizácia a robotizácia kľúčových technológií.
- Inteligentné metódy rozpoznávania objektov – počítačové videnie pre priemyselné aplikácie a logistiku.
- Bezpečnostné riadiace systémy.

- Strojové videnie a iné metódy rozpoznávania, detekcie a analýzy objektov, interaktívna edukácia - stereoskopia, mobilné aplikácie, webové aplikácie, konverzačné platformy.
- Vývoj programového vybavenia a technológií pre inteligentné výrobné systémy, komponenty a uzly, ako aj mestá a komunity.
- Simulácia, modelovanie priemyselných, dopravných a iných systémov a optimalizácia energetickej náročnosti.
- Aplikácie na báze umelej inteligencie.
- Služby a riešenia v oblasti spracovania veľkých objemov dát, rýchle spracovanie dát (Big Data, High performance computing, cloud computing edge computing).
- výskum, vývoj a inovácia progresívnych nástrojov, technológií – technológie pre oblasť vizualizácie a sprístupňovanie multimediálnych obsahov, digital imaging, VFX, SGI, virtuálna, zmiešaná, či rozšírená realita a ďalšie.

Zdroj: OPVaI, 2020.