

OBLASTI A PŘEKÁŽKY VYUŽÍVÁNÍ TECHNOLOGIÍ PRŮMYSLU 4.0 RELEVANTNÍCH VE VZTAHU K ERP SYSTÉMŮM V PODNIKOVÉ PRAXI FIELDS AND OBSTACLES OF THE USE OF INDUSTRY 4.0 TECHNOLOGIES RELEVANT TO THE ERP SYSTEMS IN BUSINESS PRACTICE

Martin Polívka¹, Lilia Dvořáková²

¹ Ing. Martin Polívka, Západočeská Univerzita v Plzni, Fakulta ekonomická, polivkam@kfu.zcu.cz, ORCID 0000-0001-5338-7737

² Prof. Ing. Lilia Dvořáková, CSc., Západočeská Univerzita v Plzni, Fakulta ekonomická, ldvorako@kfu.zcu.cz, ORCID 0000-0001-6389-381X

Abstract: The basic principle of the Industry 4.0 is the close interconnection of the real and virtual world through the modern technologies. There are still various opinions on what the technologies, which will play a decisive role in this interconnection, are. Nevertheless, there is a set of technologies called “The Nine Pillars of Industry 4.0”, which is generally considered to be the key-stones in this field. This paper presents results of the research, which dealt with the current state of use of selected technologies from the “Nine Pillars” list, which are relevant to the Enterprise Resource Planning (ERP) systems, in the manufacturing companies in the Czech Republic. System integration, big data, and cloud computing were identified as the pillars relevant to the ERP systems. Based on the previous research of the authors, Automatic Identification and Data Capture (AIDC) technology was added to them, as the fourth investigated technology. Questionnaire survey was conducted among the medium and large manufacturing companies in the Czech Republic. The survey investigated not only to what extent are these technologies used, but also in which fields of operations do they serve and what are the most important obstacles preventing companies from using them more intensively. The survey shows that the intercompany system integration is the most used technology, which usually serves so as to integrate data from sales, production and intercompany logistics areas. Technology of big data and their analysis is frequently used as well, mainly for analysing large amounts of data from the production and intercompany logistics.

Keywords: Big data; ERP systems; Fourth Industrial Revolution; Industry 4.0; System integration

JEL Classification: M15

ÚVOD

Rychlý technologický rozvoj, ke kterému v posledních desetiletích dochází především v oblasti informačních a komunikačních technologií, je v současné literatuře již široce označován za tzv. „čtvrtou průmyslovou revoluci.“ (Rojko, 2017; Ross & Maynard, 2021) Jestliže první průmyslová revoluce souvisela s objevem parního stroje a se samotným vznikem industriální společnosti, druhá je spojena především se zavedením výrobních linek a z toho vyplývajícím masivním poklesem jednotkových výrobních nákladů, což umožnilo skokové navýšení objemu výroby při současném poklesu prodejních cen, a třetí s prvotním rozvojem informačních technologií a počítačového řízení výroby, v současnosti probíhající čtvrtá průmyslová revoluce se vyznačuje především neustálým rozšiřováním konektivity. Jejím výsledkem by mělo být prostředí, jehož fyzické prvky (ať už v podobě osob, výrobních strojů a zařízení nebo samotných výrobků) budou mít své virtuální reprezentanty, které spolu budou vzájemně propojeny prostřednictvím internetu, případně dalších specializovaných sítí (více viz Rojko, 2017). Budou tak vznikat tzv. kyber-fyzické systémy propojující reálný

a virtuální svět, jejichž prvky spolu budou průběžně komunikovat a optimalizovat svou činnost v závislosti na entitách systému.

V roce 2011 byla na veletrhu v Hannoveru tato vize označena jako „Průmysl 4.0“ (Rojko, 2017), přičemž tento výraz se záhy stal hojně používaným „buzzwordem“ jak v akademické sféře, tak v oblasti podnikové praxe. Aby však mohly být principy Průmyslu 4.0 reálně využity v podnikové praxi, musí podnik nejprve úspěšně implementovat celou řadu moderních technologií, které umožní identifikaci jednotlivých fyzických entit ve virtuálním světě, jejich vzájemnou koordinaci a řízení, sběr dat o jejich provozu a jejich následné vyhodnocování. Zavádění těchto technologií přirozeně neznamena pouze instalaci nového hardware, ale nese s sebou dopady i do informační infrastruktury podniku, kdy podnikem využívané informační systémy musí být schopny s těmito nově zaváděnými technologiemi interagovat. Zatímco některé technologie Průmyslu 4.0 (např. aditivní výroba nebo kolaborativní výrobní roboty) jsou úzce spojené s oblastí výroby, a tedy i jejich dopad do oblasti informačních systémů se omezuje na systémy sloužící k jejímu řízení (tzv. Manufacturing Execution Systems, neboli MES), jiné z těchto technologií mají širší dopad a ovlivňují velké množství procesů napříč podnikem. Implementace takových technologií má potom logické dopady i na centrální prvek informační infrastruktury firmy, kterým jsou tzv. Enterprise Resource Planning (ERP) systémy.

Cílem tohoto článku je představit výzkum, který zkoumal vybrané aspekty stávajícího stavu využívání právě těch technologií Průmyslu 4.0, které mají dopad i na ERP systémy, v prostředí českých podniků zpracovatelského průmyslu. Zkoumanými aspekty byla stávající míra využívání daných technologií, oblasti podnikové činnosti, v nichž k jejich využití dochází, a hlavní překážky, které jejich využívání brání.

Struktura příspěvku je následující. První kapitola obsahuje stručné vysvětlení obsahu dvou klíčových pojmů – ERP systémů a Průmyslu 4.0. V případě Průmyslu 4.0 je důraz kladen na vymezení konkrétních technologií, které tvoří základní stavební kameny tohoto konceptu, a na identifikaci těch z nich, které jsou relevantní ve vztahu k ERP systémům. Druhá kapitola představuje metodiku výzkumu, zatímco ve třetí kapitole jsou shrnuty a diskutovány jeho výsledky.

1. TECHNOLOGIE PRŮMYSLU 4.0 RELEVANTNÍ VE VZTAHU K ERP SYSTÉMŮM

1.1 ERP Systémy

Původ ERP systémů je možné vysledovat až k tzv. Material Resource Planning (MRP nebo též MRP I) systémům, které od konce 60. let 20. století sloužily k centrálnímu plánování materiálového zajištění výroby ve velkých podnicích. V 80. letech 20. století se následně začaly objevovat tzv. Manufacturing Resource Planning systémy (známé též pod zkratkou MRP II), které oproti systémům předchozí generace umožňovaly mnohem komplexnější plánování výroby, do kterého bylo možné kromě materiálu zahrnout i další výrobní zdroje - např. v podobě personálních nebo strojních kapacit podniku, kooperačních kapacit partnerů apod.

Následujícím logickým stupněm vývoje se potom stala integrace dalších podnikových procesů a vznik komplexních informačních systémů, které se již nezabývaly pouze výrobou, ale plánováním a řízením podniku jako celku. V roce 1990 pro tyto systémy významná konzultační firma Gartner poprvé použila výraz „Enterprise Resource Planning“ (ERP), čímž se rozumí „*systémy sloužící ke komplexní integraci veškerých informací proudících podnikem, jako jsou například finanční a účetní informace, informace o lidských zdrojích, dodavatelsko-odběratelském řetězci nebo o zákaznících.*“ (Davenport, 1998, přeložil MP).

Záběr ERP systémů byl postupem času rozšiřován o další moduly, např. pro řešení Supply Chain Managementu (SCM), Customer Relationship Managementu (CRM), Product Lifecycle Managementu (PLM) a dalších oblastí. Zároveň docházelo i k přizpůsobování ERP systémů novým technologiím, reprezentovaným především rozvojem internetu a rychlých sítí obecně. Tyto změny tak po roce 2000 vyústily ve vznik nové generace ERP systémů, označované jako ERP II (Mahmutović & Nikitovič, 2020). V současné době potom někteří autoři hovoří o generaci ERP III, která se z technologického hlediska

vyznačuje přechodem ke cloudovým technologiím a architektuře orientované na služby (Hurbean & Fotache, 2014; Mahmutović & Nikitović, 2020), z funkčního hlediska potom důrazem na oblast marketingu a komunikace s vnějším světem (Vasilev, 2014).

V současné době jsou ERP systémy páteří informačního ekosystému podniku (Yang et al., 2007; Verville et al., 2007; Cebeci, 2009). Jsou v nich shromažďovány informace ze všech podnikových procesů, aby zde následně mohly být vyhodnoceny a využity pro další plánování a řízení. Příkladem těchto systémů jsou např. celosvětově rozšířené produkty SAP, Microsoft Dynamics nebo QAD, případně lokální softwary jako je Helios, ABRA nebo KARAT.

1.2 Technologie Průmyslu 4.0 relevantní pro ERP systémy

Jak bylo zmíněno již v úvodní kapitole, používání termínu „Průmysl 4.0“, často ve spojení s dalšími „4.0“ neologismy, jako je „Společnost 4.0“, „Logistika 4.0“ apod., je v současné době na akademické půdě i v podnikové praxi vysoce frekventované. Jeho význam a obsah však přitom dosud není zcela jednoznačně a univerzálně definován (Inkerman et al., 2019; Bongomin et al., 2020).

Obdobně dosud nepanuje univerzální shoda na tom, které všechny technologie jsou součástí Průmyslu 4.0. Podle některých autorů jsou tak základními kameny Průmyslu 4.0 především technologie Kyber-fyzických systémů (CPS), Internetu věcí (IoT) a cloud computingu (např. Zhong et al., 2017), jiní zdůrazňují význam rozšířené reality (Egger & Massood, 2020), kolaborativních robotů (Schmidbauer et al., 2020) nebo blockchainu (Esmailian et al., 2020).

Přes tuto různost názorů nicméně existují pokusy taxativně vymezit určitý základní soubor technologií, které jsou pro Průmysl 4.0 stěžejní. Tyto pokusy nicméně obvykle nejsou dalšími autory příliš reflektovány. Výjimkou je práce Rüssmana et al. (2015), který vymezil 9 základních technologií, které nazval „9 pilířů Průmyslu 4.0“, přičemž toto vymezení následně převzala řada dalších autorů, např. Erboz (2017), Vaidya et al. (2018) nebo Da Silva et al. (2020). Těmito základními technologiemi jsou:

1. Big data
2. Autonomní roboty
3. Simulace
4. Systémová integrace
5. Internet věcí
6. Kyber-fyzické systémy
7. Cloudové technologie
8. Aditivní výroba
9. Rozšířená realita

Büchi et al. (2020) potom k těmto devíti základním pilířům, které představují technologie použitelné univerzálně napříč různými odvětvími, přidávají ještě desátý pilíř „Ostatní technologie“, který zahrnuje technologie s užším zaměřením, využitelné výhradně v určitých průmyslových odvětvích. Obsah tohoto pilíře tedy není přesně vymezen, protože se může lišit v závislosti na konkrétním odvětví. Vzhledem k tomu, že náš výzkum se zabýval aktuálním stavem využívání konkrétních, jasně specifikovaných technologií, nebyl tento desátý pilíř, jehož obsah se může u jednotlivých podniků různit, do výzkumu zahrnut.

Na druhou stranu byla na základě výzkumu prezentovaného v článku (Polívka & Dvořáková, 2019) identifikována ještě jedna univerzálně využitelná technologie, která je pro svět Průmyslu 4.0 stěžejní. Touto technologií je automatická identifikace a sběr dat (dále jen AIDC z anglického *Automatic Identification and Data Capture*). Její podstatou je jednoznačná identifikace objektů pomocí strojově čitelných identifikátorů, k čemuž je v současné době možné využít široké spektrum technických řešení od čárových nebo QR kódů přes radiofrekvenční identifikaci (známější pod zkratkou RFID), sledování prostřednictvím ultra-širokého pásma (UWB) nebo identifikaci prostřednictvím rozpoznávání obrazu nebo zvuku za využití umělé inteligence. Každopádně je to právě tato technologie, která umožňuje rychle, přesně a automatizovaně

sledovat pohyb objektů v reálném světě, a tedy i následnou reprezentaci a zpracování této informace ve světě virtuálním. Technologie AIDC je tedy v praxi nezbytná k tvorbě systémů propojujících reálný a virtuální svět, což je podstatou Průmyslu 4.0. Právě z tohoto důvodu tak bylo AIDC v prezentovaném výzkumu přiřazeno k 9 pilířům Průmyslu 4.0 jako desátá základní technologie.

Některé z těchto 10 základních technologií jsou nicméně spojené buď primárně s hardwarem, nebo čistě s oblastí výroby, a nesouvisí tedy přímo s ERP systémy. Ze základního souboru technologií byly proto pro účely výzkumu vybrány pouze ty, které primárně souvisí s řízením administrativních procesů a/nebo s vyhodnocováním centralizovaných dat, neboť právě tyto oblasti jsou hlavní doménou ERP systémů. Jedná se o následující technologie (detailní zdůvodnění výběrů je uvedeno v práci Polívka & Dvořáková (2021)):

- **Big data**
- **Systémová integrace**, přičemž tuto technologii je možné z hlediska využití ještě dále rozčlenit na dvě varianty – vnitropodnikovou a mezipodnikovou systémovou integraci
- **Cloudové technologie**
- **AIDC**

Právě aktuální stav využívání těchto čtyř technologií v českých podnicích zpracovatelského průmyslu tak byl předmětem výzkumu.

2. METODA VÝZKUMU

Cílem výzkumu bylo zodpovědět tři specifické výzkumné otázky, které byly označeny jako a) – c):

- a) Jak intenzivně jsou v současné době v českých podnicích zpracovatelského průmyslu využívány vymezené technologie Průmyslu 4.0?
- b) Je možné identifikovat oblasti činnosti podniku, ve kterých jsou jednotlivé technologie nejčastěji využívány?
- c) Je možné identifikovat hlavní překážky ve využívání jednotlivých technologií?

Výzkum byl realizován jako součást rozsáhlejšího dotazníkového šetření zabývajícího se vztahem Průmyslu 4.0 a ERP systémů, které bylo v roce 2021 realizováno mezi podniky splňujícími definovaná kritéria. Prvním kritériem bylo geografické, kdy byly vybírány podniky se sídlem v České republice, což odpovídá definovaným cílům výzkumu.

Druhým kritériem byla velikost oslovovaných podniků, kdy pro šetření byly vybrány pouze podniky spadající do kategorie středních a velkých dle kategorizace EU, tzn. podniky s více než 50 zaměstnanci a ročním obratem vyšším než 10 milionů EUR, resp. bilanční sumou vyšší než 10 milionů EUR. Kritériem velikosti bylo pro vymezení základního souboru využito z toho důvodu, že implementace technologií Průmyslu 4.0 je, především z důvodu investičních nákladů s ní spojených, dosud především záležitostí velkých a středních podniků (Masood & Sonntag, 2020). Podobně i ERP systémy jsou využívány především ve středních a velkých podnicích, zatímco mikro a malé firmy si dosud vystačí s jednoduchými účetními a obchodními softwary. Realizace takto zaměřeného výzkumu mezi mikro- a malými podniky by tak z těchto důvodů pravděpodobně nepřinesla relevantní data.

Třetím kritériem bylo odvětví působnosti oslovovaných podniků. Oslovovány byly podniky spadající do sekce „C“ klasifikace Českého statistického úřadu, tedy podniky zpracovatelského průmyslu. Důvodem pro vymezení konkrétního odvětví je fakt, že přestože již v současné době není Průmysl 4.0 považován výhradně za záležitost výrobních firem, o čemž svědčí existence pojmů jako je „Zemědělství 4.0“, „Logistika 4.0“ nebo všeobecného „Společnost 4.0“, přece jen je tento koncept nejtěsněji spojen právě s výrobou a především tzv. „chytrými továrnami“ (Alcacer & Cruz-Machado, 2019). Je proto logické zkoumat stávající stav využívání technologií Průmyslu 4.0 právě v tomto prostředí.

Podniky odpovídající definovaným kritériím byly vyhledány prostřednictvím databáze Albertina, a následně oslovovány formou emailu, který obsahoval odkaz na dotazník publikovaný na webu prostřednictvím služby Google Docs. Emaily byly zasílány na adresu dohledanou na webových stránkách daných podniků, přičemž

primárně byly dohledávány kontakty na osoby, které jsou v podnicích nejčastěji v pozici uživatelů, kteří mají rozhodující slovo při výběru ERP systémů – typicky se jedná o finanční nebo provozní ředitele, IT managery apod. V případě, že takový kontakt nebyl dohledán, byl email zaslán na adresu sekretariátu společnosti. V textu emailového oslovení byl potom adresát ještě jednou výslovně požádán, aby dotazník předal pracovníkovi, který by byl v pozici decision makera v případě, že by podnik vybíral nový ERP systém. Celkem bylo s žádostí o účast ve výzkumu osloveno 1758 podniků. Dotazník vyplnili zástupci 68 podniků, návratnost tedy činila 3.9 %.

Za účelem získání dat pro zodpovězení výše uvedených výzkumných otázek a-c) obsahoval dotazník pro každou ze zkoumaných technologií tři otázky zkoumající aktuální stav jejího využití v podnicích respondentů. Konkrétní znění otázek se lišilo pro každou technologii, otázky byly detailně specifikovány tak, aby bylo minimalizováno riziko nepochopení ze strany respondenta. Principiálně se nicméně jednalo o následující otázky:

1. Využíváte v současné době danou technologii?
2. Pokud ano, v jakých oblastech podnikové činnosti tuto technologii aktuálně využíváte?
3. Pokud danou technologii využíváte pouze omezeně nebo vůbec, jaká je hlavní překážka, která vám v jejím větším využití brání?

Možné odpovědi na první otázku měly formu pětibodové škály, kde hodnota 1 představovala situaci, kdy daná technologie není podnikem vůbec využívána, a hodnota 5 situaci, kdy podnik technologii využívá v maximální možné míře. Každý bod byl pro lepší pochopení ze strany respondentů detailně slovně specifikován. V rámci odpovědi na druhou otázku byly respondentům nabídnuty možnosti reprezentující jednotlivé podnikové činnosti (např. „výroba“, „obchod a vztahy se zákazníky“ apod.). Respondenti mohli vybrat jednu nebo více možností, případně doplnit i jinou činnost, která se nenacházela v nabídce. U třetí odpovědi respondenti vybírali jednu z nabízených možností, případně mohli udat vlastní důvod.

3. VÝSLEDKY A DISKUSE

Problematika výzkumné otázky a), pro jejíž zodpovězení byla data získávána prostřednictvím odpovědi na otázku č. 1 v dotazníku, byla již podrobně diskutována v článku Polívka & Dvořáková (2021). Související výsledky zde budou proto pouze stručně shrnuty a okomentovány, aby je bylo možné položit do kontextu s dalšími prezentovanými výsledky. Získané odpovědi jsou zachyceny v Tab. 1:

Tab. 1: Aktuální míra využívání jednotlivých technologií Průmyslu 4.0 v podnicích respondentů

Technologie	Četnost odpovědí na škále 1-5 (1 = technologie nevyužívána vůbec, 5 = technologie využívána s maximální možnou intenzitou)					Průměr
	1	2	3	4	5	
Big data	9	12	29	11	7	2.93
Vnitropodniková systémová integrace	4	4	12	19	29	3.96
Mezipodniková systémová integrace	24	17	8	16	3	2.37
Cloudová řešení	14	19	29	4	2	2.43
AIDC	26	11	15	14	2	2.34

Zdroj: Polívka & Dvořáková (2021)

Jak je z Tab. 1 patrné, jednoznačně nejvíce je ze zkoumaných technologií v českých podnicích zpracovatelského průmyslu využívána vnitropodniková systémová integrace. 29 z 68 respondentů míru jejich využití ohodnotilo stupněm 5, který byl v tomto případě definován jako „vzájemná integrace veškerých informačních systémů, mezi kterými existují logické styčné body“, dalších 19 potom stupněm 4, představujícím propojení většiny systémů. Naopak pouze 4 z 68 respondentů uvedlo, že jednotlivé informační systémy vůbec nepropojují.

Zbývající technologie jsou naproti tomu využívány podstatně méně. Mezipodniková systémové integrace, cloudová řešení a AIDC jsou přitom na obdobné úrovni, zatímco míra využívání technologie Big data se oproti nim jeví jako mírně vyšší. Statistická analýza popsaná v Polívka & Dvořáková (2021) nicméně tento rozdíl nepotvrdila jako statisticky významný a není tedy možné zamítnout, že se jedná pouze o zkresení dané výběrovým souborem.

Co se týče výzkumné otázky b), absolutní a relativní (uvedeny v závorce) četnosti oblastí, ve kterých podniky respondentů jednotlivé technologie Průmyslu 4.0 využívají, jsou znázorněny v Tab. 2. Základem pro výpočet relativních četností přitom v tomto případě nebyl celkový počet respondentů, ale vždy pouze počet těch respondentů, kteří na první otázku zjišťující míru využití dané technologie v podniku odpověděli alespoň stupněm 2, který značí, že jejich podnik danou technologií využívá alespoň v minimální možné míře.

Tab. 2: Oblasti využívání technologií Průmyslu 4.0 v podnicích respondentů

Oblasti využití	Big data	Vnitropodniková integrace	Mezipodniková integrace	Cloud	AIDC
Podniky využívající danou technologii celkem:	59	64	44	54	42
Z toho:					
pro oblast nákupu	23 (0.39)	29 (0.45)	10 (0.23)	5 (0.09)	3 (0.07)
pro oblast obchodu, prodeje a CRM	25 (0.42)	36 (0.56)	29 (0.66)	18 (0.33)	6 (0.14)
pro oblast administrativy	28 (0.47)	35 (0.55)	9 (0.20)	23 (0.43)	8 (0.19)
pro oblast výroby	38 (0.64)	41 (0.64)	7 (0.16)	15 (0.28)	30 (0.71)
pro oblast vnitropodnikové logistiky	35 (0.59)	37 (0.58)	3 (0.07)	10 (0.19)	16 (0.38)
pro oblast externí logistiky	7 (0.12)	23 (0.36)	6 (0.14)	2 (0.04)	7 (0.17)
pro oblast managementu kvality	14 (0.24)	18 (0.28)	11 (0.25)	2 (0.04)	4 (0.10)

Zdroj: vlastní zpracování

Data v Tab. 2 ukazují, že technologie Big data, vnitropodnikové systémové integrace a automatické identifikace a sběru dat jsou intenzivně využívány především v oblasti výroby – v této oblasti slouží více než 60 % podniků, v nichž je daná technologie vůbec využívána. Big data jsou dále intenzivně sbírána a vyhodnocována rovněž v oblasti vnitropodnikové logistiky, zatímco vnitropodniková systémová integrace je poměrně značně využívána kromě této oblasti i v obchodu, prodeji a řízení vztahů se zákazníky, a v oblasti obecné administrativy.

Co se týče mezipodnikové systémové integrace, její využití jednoznačně převažuje v oblasti obchodu, prodeje a CRM – 29 z 44 podniků, které tuto technologii vůbec využívají, ji používají právě v této oblasti. Poměrně překvapivě není tato technologie příliš intenzivně využívána v nákupu, a to i přesto, že se de facto jedná o zrcadlově obrácenou oblast oproti prodeji – pokud totiž dochází k integraci informačních systémů mezi dodavatelem a odběratelem, pak integrační rozhraní logicky propojuje oblast prodeje v systému dodavatele s oblastí nákupu v systému odběratele. Ve využívání cloudových technologií naproti tomu není možné vysledovat žádnou jednoznačně převažující oblast.

Podobně jako u předchozí výzkumné otázky, i v tomto případě byla následně provedena statistická analýza s cílem zjistit, zda jsou pozorované rozdíly v relativních četnostech využívání jednotlivých technologií v různých oblastech podnikového provozu statisticky významné, nebo zda se jedná pouze o náhodné zkreslení výběrového souboru. Byla tedy testována nulová statistická hypotéza:

$H1_0$: Míra využívání jednotlivých technologií Průmyslu 4.0 pro jednotlivé oblasti podnikového provozu se neliší

Vzhledem k charakteru dat, kdy se v tomto případě jednalo o binární proměnnou (podnik určitou technologii pro určitou oblast buď využívá, nebo ne), byl tento test realizován prostřednictvím série testů v kontingenční tabulce.

Pro každou oblast byla sestavena kontingenční tabulka, kde řádky představují jednotlivé technologie, zatímco sloupce představují počet podniků, které tuto technologii pro danou oblast využívají, respektive nevyžívají. Následně byly vypočítány teoretické četnosti výskytu jednotlivých kombinací, a to podle vzorce (1):

$$n'_{ij} = \frac{n_i \cdot n_j}{n} \quad (1)$$

Kde n_i je suma četností v i -tém řádku, n_j suma četností v j -tém sloupci a n je celková suma četností. Takto vypočtené hodnoty byly následně využity pro výpočet testovacího kritéria dle vzorce (2):

$$G = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^s \frac{(n_{ij} - n'_{ij})^2}{n'_{ij}} \quad (2)$$

Kde r je počet řádků, s je počet sloupců, n_{ij} je skutečná četnost v i -tém řádku a j -tém sloupci a n'_{ij} je teoretická četnost v i -tém řádku a j -tém sloupci. Kritickou hodnotou je v tomto případě $1-\alpha$ kvantil χ^2 rozdělení s $(r-1) \cdot (s-1)$ stupni volnosti, který je pro hladinu významnosti $\alpha = 0.05$ v tomto případě roven 9.49, pro hladinu významnosti 0.01 pak 13.28. Hodnoty testovacího kritéria G pro jednotlivé oblasti jsou uvedeny v Tab. 3:

Tab. 3: Hodnoty testovacího kritéria G pro jednotlivé oblasti podnikové činnosti

pro oblast nákupu	32.91
pro oblast obchodu, prodeje a CRM	30.13
pro oblast administrativy	22.04
pro oblast výroby	48.80
pro oblast vnitropodnikové logistiky	48.69
pro oblast externí logistiky	24.36
pro oblast managementu kvality	16.23

Zdroj: vlastní zpracování

Jak je z Tab. 3 zřejmé, vypočtená hodnota testovacího kritéria G je pro každou oblast podnikové činnosti vyšší než kritická hodnota. Na základě těchto výsledků je tedy možné zamítnout hypotézu $H1_0$ a konstatovat, že míra využívání jednotlivých technologií Průmyslu 4.0 se statisticky významně liší pro různé oblasti podnikové činnosti.

Data nutná pro zodpovězení výzkumné otázky c) byla v rámci dotazníku zjišťována prostřednictvím otázky č. 3. Absolutní a relativní četnosti odpovědí na tuto otázku zobrazuje Tab. 4. V případě, že respondent neznal odpověď na tuto otázku, mohl otázku vynechat. Počet takto vynechaných odpovědí poté nevstupoval do jmenovatele při výpočtu relativních četností.

Tab. 4: Hlavní překážky ve využití zkoumaných technologií Průmyslu 4.0 v podnicích respondentů

Big data		Vnitropodniková systémová integrace		Mezipodniková systémová integrace		Cloudové technologie		AIDC	
Hlavní překážka	Četnost	Hlavní překážka	Četnost	Hlavní překážka	Četnost	Hlavní překážka	Četnost	Hlavní překážka	Četnost
Vůbec jsme se touto problematikou dosud nezabývali.	5 (0.24)	Vůbec jsme se touto problematikou dosud nezabývali.	7 (0.19)	Vůbec jsme se touto problematikou dosud nezabývali.	19 (0.37)	Vůbec jsme se touto otázkou nezabývali	0 (0.00)	Vůbec jsme se touto problematikou dosud nezabývali.	6 (0.27)
Velká data vznikající při činnosti naší firmy nejsou dle mého názoru smysluplně zpracovatelná, jejich analýza by nám nepřinášela relevantní informace.	2 (0.10)	Propojení by dle našeho názoru nepřinášelo žádný pozitivní efekt.	5 (0.14)	Propojení by dle našeho názoru nebo názoru partnera nepřinášelo žádný pozitivní efekt.	10 (0.20)	Využití cloudových řešení by nám dle našeho názoru nepřineslo žádný pozitivní efekt	2 (0.06)	V rámci naší firmy nevidíme možnost smysluplného využití automatického sběru dat.	8 (0.36)
Investiční náklady na zpracování velkých dat (např. v podobě pořízení a implementace potřebných technických prostředků) jsme vyhodnotili jako vyšší než potenciální přínosy.	6 (0.29)	Propojení se nám nepodařilo zrealizovat z důvodů business logiky.	2 (0.05)	Propojení se nám nepodařilo zrealizovat z technických důvodů.	2 (0.04)	Máme obavy ze zajištění dostupnosti cloudových služeb	6 (0.18)	Při analýze možného využití automatického sběru dat jsme narazili na technické problémy, které se nám nepodařilo vyřešit.	2 (0.09)
Provozní náklady na zpracování velkých dat (např. v podobě času zodpovědných pracovníků) jsme vyhodnotili jako vyšší než potenciální přínosy.	6 (0.29)	Investiční náklady na tvorbu propojení (např. v podobě ceny integračních můstků) jsme vyhodnotili jako vyšší než potenciální přínosy.	11 (0.30)	Propojení se nám nepodařilo zrealizovat z důvodů business logiky.	3 (0.06)	Máme obavy ze zabezpečení cloudových služeb	9 (0.27)	Investiční náklady na využití automatického sběru dat (např. v podobě pořízení a implementace potřebných technických prostředků) jsme vyhodnotili jako vyšší než potenciální přínosy.	4 (0.18)
Data zpracováváme v rámci periodické analýzy	2 (0.10)	Provozní náklady na tvorbu propojení (např. v podobě mezd zodpovědných za běh integraci) jsme vyhodnotili jako vyšší než potenciální přínosy.	8 (0.22)	Investiční náklady na tvorbu propojení (např. v podobě ceny integračních můstků) jsme my nebo partner vyhodnotili jako vyšší než potenciální přínosy.	8 (0.16)	Provozní náklady na využívání cloudu jsme vyhodnotili jako vyšší než potenciální přínosy.	14 (0.42)	Provozní náklady na využití automatického sběru dat (např. v podobě času pracovníků zodpovědných za údržbu nutných nástrojů) jsme vyhodnotili jako vyšší než potenciální přínosy.	2 (0.09)

	Řešíme dle priorit	2 (0.05)	Provozní náklady na tvorbu propojení (např. v podobě mezd pracovníků zodpovědných za běh integrací) jsme my nebo partner vyhodnotili jako vyšší než potenciální přínosy.	6 (0.12)	Preferujeme on-site	1 (0.03)
	Řešení je v dikci mateřské firmy, pro kterou není prioritní	2 (0.05)	Řešení je v dikci mateřské firmy, pro kterou není prioritní	2 (0.04)	Řešení je v dikci mateřské firmy, pro kterou není prioritní	1 (0.03)
			Čeká se na vývoj integračního řešení dodavatelem ERP systému	1 (0.02)		

Zdroj: vlastní zpracování

Jak je z Tab. 4 patrné, není možné jednoznačně identifikovat hlavní překážku, která by dominovala napříč technologiemi. Co se týče jednotlivých technologií, v případě technologie Big data a technologie vnitropodnikové systémové integrace se jako převažující překážka pro jejich intenzivnější využití jeví obava z nárůstu nákladů, kdy součet relativních četností obav z nárůstu investičních a provozních nákladů v obou případech tvoří nadpoloviční většinu v rámci získaných odpovědí. V případě Big data se nicméně respondenti stejnou měrou obávají nárůstu investičních i provozních nákladů, zatímco u vnitropodnikové integrace převažuje obava z nákladů investičních.

Co se týče mezipodnikové systémové integrace, nejčastější odpovědí respondentů bylo „vůbec jsme se touto problematikou dosud nezabývali“. Toto zjištění logicky navazuje na poměrně nízkou míru využívání této technologie jako takové, která plyne z odpovědí na otázku č. 1. Lze tedy konstatovat, že povědomí o možnosti vzájemně propojit informační systémy napříč dodavatelско-odběratelským řetězcem a o potenciálních přínosech takového propojení je mezi českými podniky zpracovatelského průmyslu dosud relativně nízké.

V případě cloudových technologií podniky jako největší překážku vnímají vysoké provozní náklady – tuto odpověď zvolilo 42 % respondentů. Přestože tedy migrace systémů do cloudu znamená ve středně- a dlouhodobém měřítku pro podnik zároveň pokles investičních nákladů, neboť podnik již nemusí investovat do pravidelné obnovy serverového hardware a souvisejících licencí, téměř polovina podniků, které dosud preferují „on premise“ řešení své IT infrastruktury, zjevně dosud není přesvědčena o výhodnosti této změny. Poměrně čtená je rovněž obava z nedostatečného zabezpečení cloudových systémů, a to navzdory skutečnosti, že správně dimenzované cloudové řešení může disponovat takovou úrovní zabezpečení, jaké je v praxi běžného podniku jen velmi obtížné dosáhnout.

U technologie AIDC byla potom jako hlavní překážka nejčastěji zmiňována skutečnost, že podnik nevidí ve své činnosti možnost jejího reálného využití (36 % odpovědí), případně že se touto problematikou dosud ani nezabýval (27 %). Právě odpověď „vůbec jsme se touto problematikou dosud nezabývali“ se přitom relativně často objevovala i v případě Big data (24 %), vnitropodnikové systémové integrace (19 %) a mezipodnikové systémové integrace (37 %). Jedním z možných způsobů, jak zvýšit míru využití

zkoumaných technologií Průmyslu 4.0 v českých podnicích zpracovatelského průmyslu, je tedy popularizační činnost v této oblasti.

ZÁVĚR

Příspěvek shrnuje výsledky dílčího výzkumu zabývajícího se současnou mírou využívání vybraných technologií Průmyslu 4.0 v českých podnicích zpracovatelského průmyslu. Z teoretického hlediska je přínosem prezentovaného výzkumu především samotné zmapování toho, nakolik se teoretická tvrzení o obsahu Průmyslu 4.0 protínají s realitou technologií, které podniky aktuálně skutečně využívají.

Praktické přínosy příspěvku pak směřují především k dodavatelům ERP systémů. Ze získaných dat vyplývá, že jejich dodavatelé by měli klást maximální důraz na jejich otevřenost a schopnost komunikace s ostatními systémy, protože naprostá většina jejich implementací nebude fungovat osamoceně, ale bude integrována s dalšími systémy. Výsledky rovněž ukazují, které ze zkoumaných technologií Průmyslu 4.0 jsou využívány v jakých oblastech podnikového provozu. Dodavatelé ERP systémů, které dosud danou technologii Průmyslu 4.0 nepodporují, se tedy mohou podle dosažených výsledků orientovat, a jednotlivé technologie přednostně zakomponovat do těch modulů svých systémů, které právě tyto oblasti pokrývají. Konečně identifikované hlavní překážky intenzivnějšího využití jednotlivých technologií ukazují, na co by se dodavatelé ERP systémů měli v budoucnu zaměřit, aby získali konkurenční výhodu.

Právě na to, jakým způsobem nástup Průmyslu 4.0 reagují dodavatelé ERP systémů, se bude zaměřovat další výzkum autorů v této oblasti.

Poděkování

Příspěvek byl vytvořen v rámci projektu SGS-2020-026 "Ekonomická a digitální transformace v kontextu digitální společnosti".

ZDROJE / REFERENCE

Alcacér, 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(3), 899-919. <https://doi.org/10.1016/j.jestch.2019.01.006>

Bongomin, O., Yemane, A., Kembabazi, B., Malanda, C., Mwape, M. C., Mpofu, N. S., & Tigalanda, D. (2020). Industry 4.0 Disruption and Its Neologisms in Major Industrial Sectors: A State of Art. *Journal of Engineering, 2020*, 8090521. <https://doi.org/10.1155/2020/8090521>

Büchi, G., Cugno, M., & Castagnoli, R. (2020). Smart factory performance and Industry 4.0. *Technological Forecasting and Social Change, 150*, 119790. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.119790>

Cebeci, U. (2009). Fuzzy AHP-based decision support system for selecting ERP systems in textile industry by using balanced scorecard. *Expert Systems with Applications, 36*(5), 8900-8909. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2008.11.046>

Davenport, T. H. (1998). Putting the Enterprise into the Enterprise System. *Harvard Business Review*, July – August 1998. <https://hbr.org/1998/07/putting-the-enterprise-into-the-enterprise-system>

Egger, J., & Masood, T. (2020). Augmented reality in support of intelligent manufacturing – a systematic literature review. *Computers & Industrial Engineering, 140*, 1-22. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.106195>

Erboz, G. (2017). How To Define Industry 4.0: Main Pillars Of Industry 4.0. In I. Košičiarová & Z. Kádeková (Eds.), *Managerial Trends in the Development of Enterprises in Globalization Era* (pp. 761-767). Slovak University of Agriculture in Nitra.

- Esmailian, B., Sarkis, J., Lewis, K., & Behdad, S. (2020). Blockchain for the future of sustainable supply chain management in Industry 4.0. *Resources, Conservation and Recycling*, 163, 105064. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105064>
- Hurbean, L., & Fotache, D. (2014). ERP III: The promise of a new generation. In *The 13th International Conference on Informatics in Economy, Education, Research & Business Technologies*. ASE Bucharest. <https://doi.org/10.13140/2.1.3906.1765>
- Inkerman, D., Schneider, D., Martin, N. L., Lembeck, H., Zhang, J., & Thiede, S. (2019). A framework to classify Industry 4.0 technologies across production and product development. *Procedia CIRP*, 84, 973-978. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.04.218>
- Mahmutovic, A., & Nikitovic, M. (2020). Defining ERP system selection methodology – research carried out in small and medium-sized production companies in Croatia. In Koricic, M. et al. (Eds.), *MIPRO 2020* (pp. 1323-1328). MIPRO Croatian Society. <https://doi.org/10.23919/MIPRO48935.2020.9245447>
- Masood, T., & Sonntag, P. (2020). Industry 4.0: Adoption challenges and benefits for SMEs. *Computers in Industry*, 121, 103261. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2020.103261>
- Polívka, M., & Dvořáková, L. (2019). Využití automatické identifikace a sběru dat prostřednictvím radiofrekvenčních technologií v prostředí průmyslu 4.0. *Trendy v podnikání*, 9(2), 53-61. https://doi.org/10.24132/jtb.2019.9.2.53_61
- Polívka, M., & Dvořáková, L. (2021). The Current State of the Use of Selected Industry 4.0 Technologies in Manufacturing Companies. In B. Katalinic (Ed.), (*Proceedings of the 32nd International DAAAM Virtual Symposium "Intelligent Manufacturing & Automation"*) (pp. 0652-0659). DAAAM International. <https://doi.org/10.2507/32nd.daaam.proceedings.xxx>
- Rojko, A. (2017). Industry 4.0 Concept: Background and Overview. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 11(5), 77-90. <https://doi.org/10.3991/ijim.v11i5.7072>
- Ross, P., & Maynard, K. (2021). Towards a 4th industrial revolution. *Intelligent Buildings International*, 13(3), 159-161. <https://doi.org/10.1080/17508975.2021.1873625>
- Rüssman, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Engel, P., Harnisch M., & Justus, J. (2015). *Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries*. https://www.bcg.com/publications/2015/engineered_products_project_business_industry_4_future_productivity_growth_manufacturing_industries
- da Silva, E. R., Shinohara, A. C., Nielsen, Ch. P., de Lima, E. P., & Angelis, J. (2020). Operating Digital Manufacturing in Industry 4.0: the role of advanced manufacturing technologies. *Procedia CRIP*, 93, 174-179. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.04.063>
- Schmidbauer, Ch., Komenda, T., & Schlund, S. (2020). Teaching Cobots in Learning Factories – User and Usability-Driven Implications. *Procedia Manufacturing*, 45, 398-404. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.04.043>
- Vaidya, S., Ambad, P., & Bhosle, S. (2018). Industry 4.0 – A Glimpse. *Procedia Manufacturing*, 20, 233-238. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.02.034>
- Vasilev, J. (2013). The change from ERP II to ERP III systems. In *3rd International Conference on Application of Information and Communication Technology and Statistics in Economy and Education (ICAICTSEE 2013)* (pp. 382-384). University of National and World Economy. <https://doi.org/10.13140/2.1.5109.7609>
- Verville, J., Palanisamy, R., Bernadas, Ch., & Halingten, A. (2007). ERP Acquisition Planning: A Critical Dimension for Making the Right Choice. *Long Range Planning*, 40(1), 45-63. <https://doi.org/10.1016/j.lrp.2007.02.002>

- Yang, J., Wu, Ch., & Tsai, Ch. (2007). Selection of an ERP system for a construction firm in Taiwan: A case study. *Automation in Construction*, 16(6), 787-796. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2007.02.001>
- Zhong, R. Y., Xu, X., Klotz, E., & Newman, S. T. (2017). Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: A Review. *Engineering*, 3(5), 616-630. <https://doi.org/10.1016/J.ENG.2017.05.015>