



PRAMONĖS SKAITMENIZAVIMAS: IŠŠŪKIAI IR TENDENCIJOS

Tim TOFAN¹, Artūras JAKUBAVIČIUS²

Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Vilnius, Lietuva

El. paštas: ¹tim.vgtu@gmail.com; ²a.jakubavicius@lic.lt

Santrauka. Globalizacijos ir ūkio transformacijų kontekste efektyvi priemonė verslo konkurencingumui didinti yra pramonės skaitmenizavimas. Straipsnyje apibendrinamo tyrimo tikslas – įvertinti kintantį požiūrį į pramonės skaitmenizavimo sampratą ir pramonės skaitmenizavimo tendencijas globalizacijos iššūkių kontekste. Tyrimo metu skaitmenizacijos sąvokos ir rūšys, skaitmenizavimo kryptys ir tendencijos nagrinėjamos analizuojant, sisteminant ir apibendrinant mokslinę literatūrą nagrinėjama tematika. Remiantis tyrimų rezultatais nustatomos ateities skaitmenizacijos tendencijos, įvardijami strateginiai sprendimai pramonės skaitmenizavimo procesų aktyvinimui.

Reikšminiai žodžiai: Pramonės skaitmenizavimas, Ketvirtoji pramonės revoliucija, Pramonė 4.0, pramonės skaitmenizavimo tendencijos.

Įvadas

Šiuolaikinės pramonės plėtros procesai – be galo sudėtinga ir daugialypė mokslinio pažinimo sritis, reikalaujanti nepertraukiamų kompleksinių tyrimų, orientuotų į naujus iššūkius, sąlygojamus globalizacijos procesų apimant: laisvą prekių, paslaugų, kapitalo ir darbo jėgos judėjimą; tarptautinę konkurenciją; mokslo ir technologijų pažangą; aplinkos apsaugą; saugumą bei aibę kitų dedamųjų. Pramonė, kaip ir visas verslas vystosi cikliškai (Schumpeter 1939, 2006), sąlygojama mokslo ir technologijų pažangos.

Pramonės perversmas, sąlygotas inovacijų trijose pramonės šakose: tekstilė, metalurgija ir energetika prasidėjo XVIII a. 7-ame dešimtmetyje. Anglijoje. Tai sukūrė paskatas pirmajai pramonės revoliucijai ne tik Anglijoje, bet ir pasaulyje. Antroji pramonės revoliucija (arba technologinė revoliucija) apimanti antrąjį XIX a. pusę ir XX a. pradžią, buvo sąlygota Besemerio plieno liejimo metodo atradimu, o kulminaciją pasaulyje pasiekė pramonėje plačiai pradėjus taikyti gamybos linijas (konvejerius). Trečioji pramonės revoliucija (arba skaitmeninė revoliucija) – visuotinis perėjimas nuo analoginių technologijų iki skaitmeninių technologijų prasidėjo 1980 metais. Pagrindinė varomoji jėga yra plačiai paplitęs kompiuterinių technologijų naudojimas, ypač asmeniniai kompiuteriai, visapusiškos interneto galimybės ir masinis asmeninių nešiojamųjų ryšio priemonių naudojimas.

Atsižvelgiant į pirmąsias tris pramonės revoliucijas apibūdinančius apibrėžimus ir mokslinius argumentus, Schwab (2017) teigia, kad šio amžiaus pradžioje prasidės ketvirtoji pramonės revoliucija. Ji remiasi skaitmeninės revoliucijos rezultatais. Šios revoliucijos požymiai: visur esantis mobilusis internetas, mažesni, pigesni ir galingesni jutikliai, dirbtinis intelektas ir savaime automatiškas sumanių mašinų, įrenginių mokymasis. Vykstant ketvirtajai revoliucijai, naujausios technologijos ir inovacijos plinta daug greičiau ir didesniu mastu nei per ankstesnes revoliucijas, kurios tebevyksta kai kuriose pasaulio šalyse.

Ketvirtoji pramonės revoliucija vystosi ant trečiosios pramonės revoliucijos, kuri buvo pagrįsta elektronikos ir informacinių technologijų integracija realizuojant aukšto lygio automatizuotus procesus (Schlaepfer 2015), pamatų. Informacinių technologijų plėtra sukūrė paskatas ir pagrindus naujai ketvirtajai pramonės revoliucijai.

Vienas iš pagrindinių ketvirtosios revoliucijos iššūkių, tai priversti gamybos įrenginius komunikuoti tarpusavyje informacinių technologijų pagalba (Schwab 2017). Informacinės technologijos turi įgalinti gamybos įrenginiams nustatyti gedimą, jį pašalinti ir daugiau jo nebekartoti. Tai be galo svarbūs iššūkiai, kurių sprendimas nėra lengvas, tačiau ir neišvengiamas. Madsen (2016) atkreipia dėmesį, kad esminis pramonės revoliuciją skatinantis veiksnys yra siekis išlikti konkurencingais globalioje aplinkoje. Įmonės turi ryžtis skaitmenizacijos pokyčiams visuose lygmenyse: pradėdant nuo gamybos planavimo iki pardavimo. Skaitmenizavimas taip pat įgalina efektyvų ryšių su klientais ir tiekėjais valdymą.

Pramonės skaitmenizavimas tiesiogiai ir neišvengiamai tapatinamas su ketvirtosios pramonės revoliucijos sąvoka. Tačiau skirtingi autoriai skaitmenizavimo sąvoką interpretuoja ganėtinai skirtingai. Skirtingos interpretacijos riboja unifikavimo ir standartizacijos procesų, reikalingų pramonės skaitmenizavimui, plėtojimą. Visa tai komplikuoja pramonės skaitmenizavimo teikiamas galimybes didinant konkurencingumą. Pramonės skaitmenizavimas nėra

vienalytis procesas. Jis susideda iš daug dedamųjų, todėl pramonės skaitmenizavimas suvokimas skirtingai kelia papildomų problemų.

Tyrimo objektas – pramonės skaitmenizavimo sąvokos ir tendencijos.

Tyrimo tikslas – atlikti pramonės skaitmenizavimo esminių koncepcijų, apsprendžiančių sąvokas ir tendencijas, analizę.

Tyrimo uždaviniai:

1. Apibendrinti pramonės skaitmenizavimo sąvokas.
2. Įvertinti pramonės skaitmenizavimo tendencijas.
3. Pasiūlyti strateginius sprendimus pramonės skaitmenizavimo procesų aktyvinimui.

Pramonės skaitmenizavimo samprata ir tipologija

Terminas pramonės skaitmenizavimas yra tiesiogiai sietinas su ketvirtąja pramonės revoliucija, kuri literatūroje dažnai įvardinama kaip „Pramonė 4.0“. Ekonomistas, tarptautinio ekonomikos forumo Šveicarijoje įkūrėjas prof. Schwab (2016) ketvirtąją pramonės revoliuciją apibūdina kaip skaitmeninių, fizikinių ir biologinių technologijų susivienijimą. Mokslininkai Reinhard *et al.* (2016) teigia, kad ketvirtoji pramonės revoliucija susijusi su pramoniniu internetu ir skaitmeninė gamyba. Куликов *et al.* (2016) pažymi, kad technologijų sąveika tarpusavyje, paėmus atskiras kompleksines automatizuotas funkcijas ir sukūrė galimybes vystyti ketvirtąjai pramonės revoliucijai ant trečiosios pramonės revoliucijos pamatų. Ketvirtosios pramonės revoliucijos pagrindas – trečioji pramonės revoliucija, kuri buvo sufokusuota į gamybos procesų robotizavimą, procesų skaitmenizavimą ir ryšių su klientais bei tiekėjais valdymą. Sparčiai generuojami, analizuojami ir nuosekliai apdorojami duomenys yra pagrindiniai ketvirtosios pramonės revoliucijos pranašumai. Visa tai kuria galutinę pridėtinę vertę gamybos grandinėje.

Pasak Lietuvos pramonininkų konfederacijos prezidento Roberto Dargio (Dargis 2017) ketvirtoji pramonės revoliucija, dar vadinama daiktų internetu, reiškia totalinę pramonės kompiuterizaciją, jos esminis principas – sujungiant mechanizmus ir jų sistemas sukurti išmaniuosius tinklus visoje grandinėje, kurioje jie patys gali organizuoti, kontroliuoti savarankiškai veikiančius gamybos procesus, apdoroti didelius kiekius informacijos, padedančius analizuoti ir optimizuoti pačią gamybą.

Anot Schmidt (2017) "Pramonė 4.0" apibūdinama kaip pramonės sektoriaus duomenų rinkimo skaitmenizavimas ir prieinamumas, pažangios sistemos, didelis automatizavimo lygis, didžiausias lankstumas ir visame pasaulyje sujungti internetiniai tinklai, visoje tiekimo grandinėje iki pat pardavimų. Pramonės skaitmenizavimas yra esminė „Pramonė 4.0“ dedamoji ir gali padėti pasiekti bendrą tikslą produkto kūrimo grandinėje.

Schlaepfer (2015) sąvoką "Pramonė 4.0" apibūdina kaip aukštesnę pridėtinės vertės kūrimo pakopą visoje pramonėje gamybinėje grandinėje, organizavimą ir valdymą. Schlaepfer (2015) manymu trečioji pramonės revoliucija buvo pagrįsta elektronikos ir informacinių technologijų veikla, kuriant produktą arba automatizuojant gamybos procesus, o ketvirtoji pramonės revoliucija išsiskirs kibernetinių sistemų (angl. CPS) taikymu realiame ir virtualiame pasaulyje.

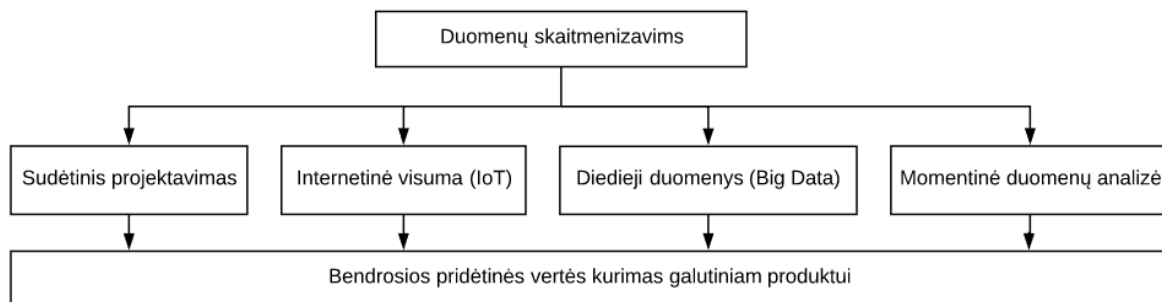
Stock *et al.* (2016) akcentuoja, kad "Pramonė 4.0" yra grįsta pažangių gamyklų, protingų produktų ir pažangių paslaugų, įtrauktų į daiktų ir paslaugų internetą, kūrimo plėtra, kuri turės didelę įtaką gamybos pramonei.

Ketvirtąją pramonės revoliuciją Sander *et al.* (2016), apibūdina kaip: kibernetinių sistemų principų, interneto ir į ateitį orientuotų technologijų, bei pažangių sistemų, kuriuos įgalina geresnių žmogaus ir mašinos sąveikos paradigmos realizavimą, taikymu pramonėje.

Zezulka *et al.* (2016) mato naujosios ketvirtosios pramonės revoliucijos pažangą skaitmenizuojant rinką, kuriant naujus rinkos modelius ir integruojant techninius ir ekonominius ryšius. Ketvirtoji pramonės revoliucija apibūdinama kaip sąveiką trijų tarpusavyje susijusių faktorių:

- Skaitmenizavimas ir integracija techninių ir ekonominių ryšių su sudėtingais techniniais - ekonominiais tinklais;
- Galutinių produktų ir paslaugų rinkos skaitmenizavimas;
- Naujų rinkos modelių kūrimas.

Ketvirtoji pramoninė revoliucija yra neseniai vykstantis intelektinės automatikos ir technologijos judėjimas (Dilberoglu *et al.* 2017). Šioje naujoje eroje modernių gamybos įgūdžių panaudojimas integruojant naujas informacines technologijas atlieka svarbų vaidmenį didinant konkurencingumą. Duomenų skaitmenizavimas gali apjungti skirtingus procesus, siekiant sukurti bendrą pridėtinę vertę galutiniam produktui (1 pav.).



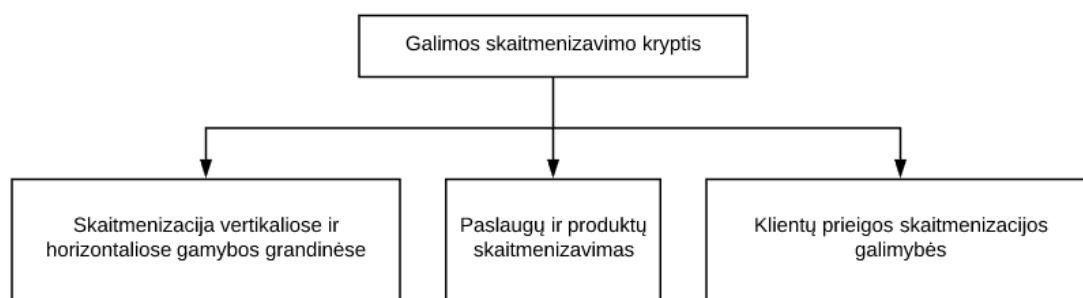
1 pav. Pridėtinės vertės kūrimas skaitmenizavimo pagalba (sudaryta darbo autoriaus pagal: Dilberoglu *et al.* 2017)

Fig. 1. Digitalization created added values (created by authors according Dilberoglu *et al.* 2017)

„Pramonė 4.0“ laikytina tolimesniu gamybos sektoriaus skaitmeninimo etapu, integruojančiu keturias varomąsias jėgas: didieji duomenys ir mažos galios tinklai; skaitmeninis verslo intelektas; naujos žmogaus ir mašinų sąveikos formos, tokios kaip jutiklinės sąsajos ir papildytos realybės sistemos; skaitmeninių komandų perkėlimas į fizinį pasaulį (pažangios robotinės technologijos, 3-D spausdinimas ir pan.) (Sung 2017)

Šiuo metu terminas „pramonės skaitmenizacija“ tampa vis dažniau vartojamas ir suprantamas daugeliui žmonių. Pagal Reinhard *et al.* (2016) gamybos skaitmenizaciją galima suskirstyti į tris pagrindines grupes (2 pav.):

- Skaitmenizacija horizontalioje ir vertikalioje gamybos grandinėje. Kitaip tariant Pramonė 4.0 skaitmenizuoja ir integruoja procesus visoje vertikalioje organizacinėje sistemoje pradedant produkto sukūrimu ir žaliavų įsigijimu, o baigiant gamyba, logistika ir aptarnavimu. Visi duomenys apie atliktas operacijas, procesų efektyvumą ir kokybės vadyba, taip pat planavimas, yra pasiekiami realiuoju laiku ir optimizuotai integruojami į tinklą (internetinę arba skaitmeninę terpę). Integracija horizontalioje gamybos grandinėje tęsiasi nuo tiekėjų iki užsakovų. Tai apima technologijas nuo žaliavų logistikos iki planavimo atlikti tam tikras operacijas.
- Paslaugų ir produktų skaitmenizavimas. Produkcijos skaitmenizavimą apibūdina kaip egzistuojančios produkcijos galimybių plėtra. Prie produkto pridėjus tam tikrus sumaniuosius sensorius, kurie gali savarankiškai nustatyti gedimo priežastis ir pranešti apie tai gamybos įmonei arba tiekėjui. Dėka tokių įrenginių bus galima: kur kas geriau suprasti ką reikalinga galutiniam vartotojui ir kaip spręsti tam tikras iškilusias problemas susijusias su produkto arba paslaugos vartojimu.
- Klientų prieigos skaitmenizacijos galimybės. Stambios kompanijos dažniausiai siekia išplėsti savo siūlomas paslaugas suteikiant vartotojams skaitmenizuotus sprendimus, tokius kaip išsamus duomenų aprašymas arba integruoti platformos sprendimai. Kai verslo modelis siekia skaitmenizacijos dėka padidinti pajamas ir optimizuoti vartotojo bendradarbiavimą ir sąveiką, dažniausiai tokie veiksmai sukelia sunkumus. Produktų ir paslaugų gamintojai turi aprūpinti klientus išsamiais sprendimais.

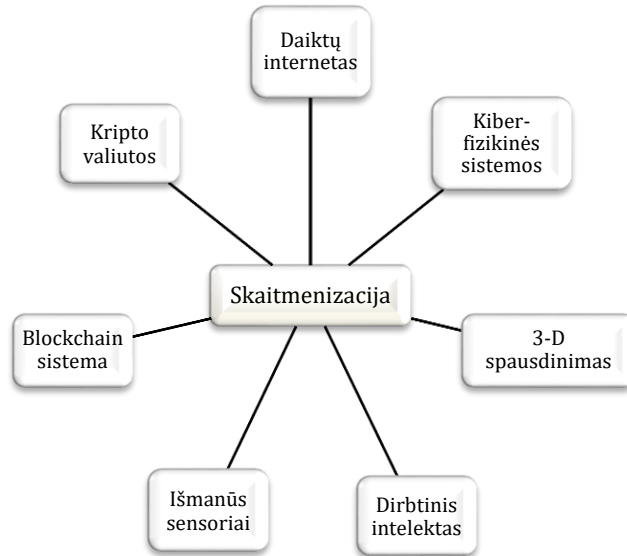


2 pav. Pramonės 4.0 gamybos skaitmenizacijos kryptis (sudaryta darbo autoriaus pagal: Reinhard *et al.* 2016)

Fig. 2. Direction of digitalization in Industry 4.0 (created by authors according Reinhard *et al.* 2016)

Anot Stock *et al.* (2016) kuriant sumaniuosius fabrikus be galo svarbu atkreipti dėmesį į duomenų skaitmenizavimą. Be abejo „Pramonė 4.0“ sukurs naujus verslo modelius, kurie turės įtakos šiuolaikiniai gamybai. Gamyba ir vadyba turi būti kontroliuojama kiekviename etape, tai gali užtikrinti pažangios gamyklos, protingi produktai ir pažangios paslaugos, įtrauktos į daiktų ir paslaugų internetą, taip pat pramoninis internetas.

Apibendrinant įvairių autorių pozicijas pramonės skaitmenizacijos ir Pramonė 4.0 atžvilgiu galima išskirti šia pagrindines ketvirtosios pramonės revoliucijos dedamąsias: kiber-fizikinės sistemos; didieji duomenys; 3D spausdinimas; dirbtinis intelektas; daiktų internetas; kripto-valiutos; išmanūs sensoriai (3 pav.).



3 pav. Ketvirtosios pramonės revoliucijos dedamosios
Fig. 3. Components of Industry 4.0

Nežiūrint pramonės skaitmenizavimo sąvokų traktavimo įvairioje mokslinėje literatūroje, bendru atveju skaitmenizavimą galima apibūdinti kaip produktų ir paslaugų vertės didinimo procesą, kurį sudaro daugelis dedamųjų: daiktų internetas, kiber-fizikinės sistemos, 3D spausdinimas, dirbtinis intelektas, išmanūs sensoriai, krypto valiutos ir Internetinės platformos.

Skaitmenizacijos tendencijos

Inovacijos yra sudėtingas procesas, galintis pakreipti pramonės raida įvairias kelias. Kaip minėta anksčiau, pramonės perversmas prasidėjęs 1870-taisiais Anglijoje buvo gristas inovacijų trijose pramonės šakose: tekstilės, metalurgijos ir energetikos. Vargu ar vien tik išradimai galėjo ką nors nulemti, tačiau tuo metu Anglijos visuomenė buvo pasiruošusi panaudoti inovacijas stambiais mastais. Jau tada Anglija perėjo nuo statinės tradicinės visuomenės prie išsivysčiusios rinkos santykių ir aktyvių verslininkystės ryšių visuomenės. Manoma, kad Anglijos kolonijų kapitalo pasisavinimas suteikė galimybę pramonės revoliucijai ir padarė šalį pirmaujančia tarp kitų šalių pramonės vystymo srityje. XIX amžiuje iš Anglijos startavęs pramonės perversmas pradėjo plisti pirmiausia į JAV, o paskui ir į kitas Europos šalis.

Antroji pramonės revoliucija (arba technologinė revoliucija) lėmusi transformacijas pasaulio pramonėje apėmė antrąjį XIX a. pusę ir XX a. pradžią. Antrosios pramonės revoliucijos pradžia laikoma Besemerio plieno liejimo metodo atradimas, praėjusio amžiaus devintajame dešimtmetyje, o kulminacija yra gamybos konvejerinių linijų taikymas gamyboje. 1860-aisiais ir 1870-aisiais technologinė revoliucija apėmė Vakarų Europą, JAV, Rusijos imperiją ir Japoniją. Tuo metu kai pirmoji pramonės revoliucija pagrįsta inovacijomis, antroji pramonės revoliucija išsivystė pradėjus gaminti aukštos kokybės plieną, plečiant geležinkelių infrastruktūrą, taip pat elektros ir sintetinių cheminių medžiagų atradimų dėka. Technologinės revoliucijos epochos metu ekonomikos raida buvo pagrįsta moksliniais pasiekimais.

Trečioji arba skaitmeninė revoliucija prasidėjo 1980 metais, kai visuomenė perėjo prie skaitmeninių technologijų. Esminiais pokyčiais laikoma platus informacinių ir komunikacinių technologijų panaudojimas. Būtent ant trečiosios pramonės revoliucijos pamatų yra plėtojama ketvirtoji pramonės revoliucija.

Nepaisant teigiamų naujųjų technologijų, inovacijų, bei atradimų poveikio ekonomikos augimui, daugelis atkreipiama dėmesį į galimą neigiamą poveikį darbo rinkos užimtumui. Dar 1931 m. ekonomistas John Maynard Keynesas įspėjo apie galimus nedarbo padidėjimus dėl technologijų, nes pasaulyje atsiranda naujų būdų kaip veiksmingiau taupyti darbo pajėgumus panaudojant naujas technologijas. Tai pasirodė klaidinga, nes kiekviena pramonės revoliucija kūrė vis daugiau naujų darbo vietų, bei naujų profesijų. Masiškai didėjo industrializacija, žmonių gyvenimo trukmė ir gerėjo gyvenimo sąlygos. (Schwab 2017)

Nagrinėjant visuotines tendencijas bendrais bruožais, jas nulemia visuotinis pritaikomumas ir plėtra (Schwab 2017). 2015 m. rugsėjo mėnesį vykusio Pasaulio ekonomikos forumo ataskaitoje buvo išvardyti 21 virsmo taškai. Tai - didžiojoje visuomenės dalyje įvyksiančios technologijos permainos, kurios formuos skaitmeninio ir interneto tinklais plačiai susijusio pasaulio ateitį. Vykdam šį tyrimą dalyvavo daugiau nei 800 įmonių vadovų bei ekspertų iš informacinių ir ryšių technologijų sektoriaus. Pasaulio ekonomikos forumo metu buvo atliktas tyrimas dėl

programinės įrangos ir visuotinės ateities (1 lentelė). Respondentams buvo nurodyti konkretūs 21 virsmo taškai, kurių tikimasi pasiekti per artimiausius 10 metų, iki 2025 m. Respondentai turėjo procentaliai įvertinti galimybę šiems įvykiams įvykti. Šie virsmo taškai suteikia svarbios informacijos, pranešdami apie ateinančius esminius pokyčius ir nurodydami, kaip geriau pasirengti ir tinkamai į juos reaguoti (Schwab 2017).

1 lentelė. Tikimasi, kad šie virsmo taškai bus pasiekti iki 2025 m.

Table 1. Tipping Points Expected to Occur by 2025

10 proc. žmonių vilki prie interneto prijungtus drabužius .	91,2 %
90 proc. žmonių duomenis saugo neribotai ir nemokamai (finansuojama iš reklamos).	91 %
1 trilijonas jutiklių prijungta prie interneto.	89,2 %
Sukurtas pirmasis robotas vaistininkas JAV.	86,5 %
10 proc. skaitymo akinių prijungta prie interneto	85,5 %
80 proc. Žmonių dalyvauja interneto tinkluose.	84,4 %
3D spausdintuvu pagamintas pirmasis automobilis.	84,1 %
Suformuojama pirmoji vyriausybė, surašymą pakeičianti didžiųjų duomenų šaltinius.	82,9 %
Parduodamas pirmasis implantuojamas mobilusis telefonas.	81,7 %
5 proc. vartoti skirtų prekių pagaminta 3D spausdintuvu.	81,1 %
90 proc. gyventojų naudojami mobiliaisiais telefonais.	80,7 %
90 proc. gyventojų turi nuolatinę prieigą prie interneto.	78,8 %
10 proc. visų automobilių JAV keliuose yra savaeigiai.	78,2 %
Atliekama pirmoji 3D spausdintuvu sukurtų kepenų transplantacija.	76,4 %
Dirbtinis intelektas įmonėse atlieka 30 proc. auditų.	75,4 %
Vyriausybė pirmą kartą surenka mokesčius naudodamasi blokų grandine.	73,1 %
Daugiau nei 50 proc. interneto ryšio tiekama namų prietaisams ir įrenginiams.	69,9 %
Visame pasaulyje daugiau keliaujama ir važinėjama ne savais automobiliais, bet jais dalijantis.	67,2 %
Atsiranda pirmasis daugiau nei 50 tūkstančių gyventojų turintis miestas be šviesoforų.	63,7 %
10 proc. pasaulio bendrojo vidaus produkto sukaupta blokų grandinėje.	57,9 %
Pasirodo pirmasis dirbtinis intelektas įmonių valdyboje	45,2 %

ŠALTINIS: Pasaulio ekonomikos forumas, “Didelės permainos. Technologijos virsmo taškai ir socialinis poveikis” (“Deep Shift – Technology Tipping Points and Societal Impact”), tyrimo ataskaita, Programinės įrangos ir visuomenės ateities visuotinės darbotvarkės taryba, 2015 m. rugsėjo mėn.

Pagal gautus respondentų balsavimo rezultatus matome, kad beveik visi šie virsmo taškai surinko daugiau nei 50 proc. galimos tikybės tam įvykiui įvykti iki 2025 m. Labiausiai ekspertus sudomino sumanių jutiklių panaudojimas, ir interneto prieigos plėtros. Manoma, kad sumanieji sensoriai išplis gan greitai. Mažiausiai tikimasi dirbtinio intelekto atsiradimo įmonių valdybos sistemose. Tiesas sakant tokie spėjimai yra ganėtinaai abejingi, nes kai kurių pasaulio gyventojų dar nepasiekė netgi antroji pramonės revoliucija, apie 17 proc. gyventojų neturi elektros energijos (Юдина 2017). Taip pat jau 2014 m. pasaulyje 3D spausdintuvu buvo atspausdintas pirmasis automobilis (Roberts *et al.* 2014). Jis buvo spausdinamas tris dienas vykusiame parodoje. Automobilis buvo varomas elektros varikliu ir turėjo iš anksto paruošta važiuoklės bazę. Šiai dienai 3D spausdinimas puikiai realizuojamas spausdinant vienetinius gaminius. Kai kurie čia paminėti virsmo taškai jau greitai bus pasiekiami, pavyzdžiui jau dabar mažame Šveicarijos miestelyje jau yra savavaldis autobusas. O tai buvo planuojama įgyvendinti tik apie 2022 metus.

Ekonomistas Frey (2013) ir mašininio mokymosi ekspertas Osborne (2013) įvertino galima naujųjų technologijų poveikį nedarbo lygiui. Jie sureitingavo virš septynių šimtų skirtingų profesijų pagal tikimybę, kad jos bus automatizuotos, įvertinant šias profesijas nuo mažiausios iki didžiausios rizikos. Įvertinant šį tyrimą, padaryta išvada, kad galbūt per ateinančią vieną ar du dešimtmečius JAV apie 74 proc. darbo vietų gresia pavojus, nes bus panaikinta ženkliai daugiau darbo vietų ir darbo rinkos pokyčiai vyks žymiai sparčiau nei per ankstesnes pramonės revoliucijas. Be to, ši tendencija skatina didesnius darbo rinkos suskaldymus. Anot šių reitingų reikės daugiau darbuotojų

kognityvinėms ir kūrybinėms užduotims atlikti už didelį atlygį ir mažai mokamo fizinio darbo srityse, bei labai mažes užimtumas įprastiems bei pasikartojantiems darbams atlikti už vidutinį atlyginimą.

Profesorius Wolfgangas Valsteris analizuodamas ketvirtosios pramonės revoliucijos tendencijas išvelgia daug gerų naujovių. Anot jo žmonių darbo indėlis ketvirtojoje pramonės revoliucijoje bus netgi reikšmingesnis nei kada nors. Bet jis pabrėžia kad tai bus aukšto išsilavinimo specialistai, kurie sugebės dirbti su intelektualiais robotais ir dirbtinio intelekto sistemomis. Pats profesorius daug laiko skiria dirbtinio intelekto tyrinėjimui. Šiomis dienomis dirbtinio intelekto robotai turi neribotą prieigą prie interneto duomenų. Kitaip tariant jie gali labai gerai perprasti žmonių elgseną arba gyvenimo tikslus. Galbūt apie tai verta susimastyti dabar, pradinėse dirbtinio intelekto kūrimo stadijose ir riboti robotų laisvą prieigą prie interneto. Kitaip tariant filtruoti duomenų paieškos platybes dirbtiniams intelektams. Taip būtų galima sumažinti robotų ir žmonių komunikacijų keliamas rizikas, bei padidinti saugumą (Вальстер 2014).

Daugelyje Europos šalių svarstoma pradėti reguliuoti vis didėjančią technologijų įtaką žmonių buičiai ir darbui. Tai siūloma daryti kuriant ir taikant tam tikrus valstybinius įstatymus. Cervantes *et al.* (2014) savo darbe „Commercialising Public Research under the Open Innovation Model: New Trends“ aprašo naujausių žinių ir technologijų tendencijų integravimą į šalies pramonę. Autorius teigia kad valstybė turi atkreipti dėmesį į smulkias ir mažas įmones, kurios negali konkuruoti su didžiulėmis korporacijomis. Turinčios perspektyvų smulkios įmonės turi sulaukti pagalbos iš valstybės, joms gali būti taikytinos lengvatos ar net tam tikros piniginės paskolos. Turi būti sukurtos tam tikros laiko normos kurios atitiktų inovacijų integracijos sąlygoms, kurios paskatintų greitesnes įmonių plėtros galimybes.

Taip pat ketvirtoji pramonės revoliucija gali padėti išspręsti daugelį pasaulinio mąsto problemų, tokių kaip kylančios taršos grėsmė ekologijai. Į rinką patenka naujosios medžiagos, turinčios savybių apie kurias mes net neįsivaizdavome. Šios medžiagos yra keletą kartų lengvesnės, stipresnės, be to jos perdirbamos ir pritaikomos pakartotinai gamybai. Išmaniosios medžiagos savaime atsistato savo pradinę formą arba išsivalo savaime. Isaijah (2015) aprašo pažangia nanomedžiagą grafeną, kuris yra apie 200 kartų tvirtesnis už plieną, milijoną kartu plonesnis už žmogaus plauką, be to jis efektyvus šilumos bei elektros laidininkas. Grafeno kainai tapus konkurencingai, gamybos ir infrastruktūros pramonės šakos patirtų reikšmingų virsmą. Laskow (2014) pabrėžia, kad grafenas labai stipriai paveiktų valstybes, kurios ypač priklausomos nuo konkrečių prekių. Meyerson (2015) aprašo taip pat stulbinančias kietėjančio plastiko inovacijas. Tai leistų pakartotinai naudoti medžiagas, kurių buvo neįmanoma perdirbti anksčiau. Jis galėtų būti naudojamas mobiliesiems telefonams, plokštelėms, aviacijos ir mašinų pramonės detalėms gaminti. Atradus perdirbamųjų kietėjančių polimerų naująją klasę, reikšmingai artėjama link žiedinės ekonomikos, kuri atsikuria ir atsieja gamybos augimo ir išteklių poreikius.

Pagal atliktos Wee *et al.* (2015) apklausos rezultatus 92 proc. tiekėjų ir 74 proc. gamintojų tikisi, kad pramonės skaitmenizacija turės teigiamos įtakos jų verslo modeliams. Vokietijoje ir Jungtinėse Amerikos valstijose net 91 proc. tyrime dalyvaujančių subjektų naujoje revoliucijoje mato naujas galimybes. Japonai vertina naująją revoliuciją šiek tiek prasčiau nei Europos ir Amerikos ūkio subjektai, tačiau ir jų 80 proc. vis dėlto nurodė naujų galimybių egzistavimą.

Panašius rezultatus iliustruoja Vadapalas (2017) atlikus didžiausių pramonės įmonių apklausą Lietuvoje, kurios metu buvo tirta kaip Lietuvos įmonės domisi ketvirtąja pramonės revoliucija. Tyrimų rezultatai parodė, kad dauguma (80 proc.) gamybinių įmonių patvirtino, kad „Pramonė 4.0“ yra svarbi tema jų įmonės veiklai, kitos įmonės nurodė kad neskiria papildomo dėmesio arba jų veiklą nėra susijusi su naująja revoliucija. Taip pat buvo nustatyta tendencija, kad įmonių susidomėjimas pramonės skaitmenizacija sparčiai auga, nes 2016 metais tik 56 proc. įmonių domėjosi Pramonė 4.0 revoliucija, o 2017 metai – jau 80 proc. Verta pabrėžti, kad inovacijos ir įmonių gamybos skaitmenizavimas sukuria didelį konkurencinį pranašumą prieš kitas įmones. Atlikus apklausą išaiškėjo, kad gamybinių pajėgumų modernizavimas vis dar itin aktualus klausimas įmonėms. Apklausa įmonių vadovų paaiškėjo, kad 53 proc. įmonių nuolat investuoja ir modernizuoja gamybą, ir dar 38 proc. – investuoja pagal poreikį.

Apibendrinant skaitmenizacijos tendencijas galima daryti išvadas, kad daugelis įmonių yra pasiruošę realizuoti ketvirtosios pramonės revoliucijas potencialą ir išvelgia jame naujas galimybes. Susiformavęs stereotipas, kad ketvirtoji pramonės revoliucija galimai atims iš žmonių jų darbo vietas yra labai abejotinas, nes kiekviena pramonės revoliucija kūrė vis daugiau naujų darbo vietų, bei naujų profesijų. Kiekvienos revoliucijos metu masiškai didėjo industrializacija, žmonių gyvenimo trukmė ir gerėjo gyvenimo sąlygos. Nagrinėjant visuotines pramonės revoliucijos tendencijas, jas dažniausiai nulemia visuotinis pritaikomumas ir plėtra. Naujų produktų atradimas ir greitas jų realizavimas, gali kardinaliai pakeisti daugelio vartotojų požiūrį į produktą.

Išvados

1. Nežiūrint pramonės skaitmenizavimo sąvokų traktavimo įvairoje mokslinėje literatūroje, bendru atveju pramonės skaitmenizavimą galima apibūdinti kaip produktų ir paslaugų vertės didinimo procesą, grįstą informacinėmis technologijomis, integruojančiomis į bendrą visumą kiber-fizikines sistemas, didžiuosius duomenis, 3D spausdinimą, dirbtinį intelektą, daiktų internetą ir išmaniuosius sensorius.

2. Pramonės skaitmenizavimas laikytina viena iš pagrindinių sąlygų lemsiančių subjektų konkurencingumą artimiausiais dešimtmečiais. Pramonės skaitmenizavimas ne tik leidžia didinti veiklos efektyvumą, bet ir kurti didesnę pridėtinę vertę vartotojams.
3. Pramonės skaitmenizavimas įgauna pagreitį – daugiau nei 80 proc. ūkio subjektų pasaulyje teigiamai vertiną skaitmenizacijos naujoves ir mato naujas galimybes verslui vystyti. Gamybos ir paslaugų procesų skaitmenizacija yra esminė verslo subjektų strateginių plėtros krypčių.
4. Siekiant didinti ūkio konkurencingumą pramonės skaitmenizacijos dėka yra būtini adekvatūs valdžios sektoriaus sprendimai mažinantys tokių procesų riziką, bei mažinantys neigiamas tokių procesų pasekmes, sietinas su darbo jėgos poreikio mažėjimu gamybos ir paslaugų procesuose.

Literatūra

- Sanders, A.; Elangeswaran, C.; Wulfsberg, J. 2016. Industry 4.0 implies lean manufacturing: Research activities in industry 4.0 function as enablers for lean manufacturing. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 9(3): 811–833. <https://doi.org/10.3926/jiem.1940>
- Meyerson, B. Top 10 Technologies of 2015“, meta-Council on Emerging Technologies, World Economic Forum, 04-05-2015. [Žiūrėta 16-12-2017] Prieiga per internetą: <https://www.weforum.org/agenda/2015/03/top-10-emerging-technologies-of-2015-2/>.
- Benedikt, C.; Osborne, M. 2013. „The Future of Employment: How susceptible Are Jobs to Computerisation?“, Oxford Martin School, Programme on the Impact of Future Technology, University of Oxford, 17 september 2013. (Žiūrėta: 2017-11-16). Prieiga per internetą: http://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The_Future_of_Employment.pdf.
- Cervantes M., Meissner, D. (2014) Commercialising Public Research under the Open Innovation Model: New Trends. *Foresight-Russia*, vol. 8, no 3, pp. 70–81. [Žiūrėta: 05.12.2017] Prieiga per internetą: <https://foresight-journal.hse.ru/2014-8-3/134341200.html>
- Isaiah, D. 2015. „Automotive grade graphene: the clock is ticking“, „Automotive World“. [Žiūrėta: 03-01-2018] Prieiga per internetą: <https://www.automotiveworld.com/analysis/automotive-grade-graphene-clock-ticking/>.
- Vadapalas, J. 2017. Pramonė 4.0 – keičiasi įmonių požiūris į gamybos modernizaciją.
- Keynes, J.M. 1931. *Economic Possibilities for our grandchildren. Essays in Persuasion.* Harcourt Brace.
- Madsen, T. 2016. *Simplify The Digital Transformation.*
- Pasaulio ekonomikos forumas. 2015. “Didelės permainos. Technologijos virsmo taškai ir socialinis poveikis” (“Deep Shift – Technology Tipping Points and Societal Impact”), tyrimo ataskaita, Programinės įrangos ir visuomenės ateities visuotinės darbotvarkės taryba, 2015 m. rugsėjo mėn. [Žiūrėta 28-11-2017]. Prieiga per internetą: http://www3.weforum.org/docs/WEF_GAC15_Technological_Tipping_Points_report_2015.pdf
- Robarts, S. 2014. World's first, 3D printed car created and driven by Local Motors. *Gizmag*. Retrieved 22 September 2014. [Žiūrėta 02-12-2017] Prieiga per internetą: <https://newatlas.com/local-motors-strati-imts/33846/>
- Dargis, R. 2017. Ar tikrai mus palies ketvirtoji pramonės revoliucija? 2017-09-22 Lietuvos ryto laikraštis: [Interaktyvus] (Žiūrėta: 2017-10-12) Prieiga per internetą: <https://verslas.lrytas.lt/izvalgos-ir-nuomones/2017/09/22/news/robertas-dargis-ar-tikrai-mus-palies-ketvirtoji-pramones-revoliucija--2639524/>
- Reinhard, G.; Jesper, V.; Stefan, S. 2016. Industry 4.0: Building the digital enterprise. *2016 Global Industry 4.0 Survey*, 1–39. <https://doi.org/10.1080/01969722.2015.1007734>
- Laskow, S. 2014. „The Strongest, Most Expensive Material on Earth“, „The Atlantic“, [Žiūrėta 12-12-2017] Prieiga per internetą: <https://www.theatlantic.com/technology/archive/2014/09/the-strongest-most-expensive-material-on-earth/380601/>.
- Schlaepfer. 2015. Industry 4.0. Challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential technologies. *Deloitte*, 32, 1–30.
- Schmidt, O. 2017. *Tex data international. Going Digital*, 1–77. Retrieved from http://www.texdata.com/content/ltys-texdata_magazine_issue_2017-4-en.pdf
- Schumpeter, J. A. 2006. *Business cycles: a theoretical, historical, and statistical analysis of the capitalist process.* Mansfield Centre, Connecticut: Martino Pub
- Schwab, K. 2017. *The Fourth Industrial Revolution.* Crown Business (January 3, 2017).
- Stock, T.; Seliger, G. 2016. Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0. *Procedia CIRP* 40: 536–541. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.01.129>
- Sung, T. K. 2017. Industry 4.0: A Korea perspective. *Technological Forecasting and Social Change*, (October), 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.11.005>
- Wee, D.; Kelly, R.; Cattel, J.; Breunig, M. 2015. Industry 4.0 - how to navigate digitization of the manufacturing sector. *McKinsey & Company*, 1–62. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- Zeulka, F.; Marcon, P.; Vesely, I.; Sajdl, O. 2016. Industry 4.0 - An Introduction in the phenomenon. *IFAC-PapersOnLine*, 49(25), 8–12. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.12.002>
- Вальстер, В. 2014. ИНДУСТРИЯ 4.0: производственные процессы будущего // Управление производством Журнал «Тенденции в автоматизации» [Internetinis straipsnis]. (Žiūrėta: 15.12.2017) Internetinė prieiga: <http://www.up-pro.ru/library/opinion/industriya-4.0.html>
- Юдина, М. 2017. “Индустрия 4.0: перспективы и вызовы для общества”, 197–215.
- Куликов, М. Ю.; Хачатуров, А. Е.; Менделеева, Д. И. 2016. 4-Я ПРОМЫШЛЕННАЯ РЕВОЛЮЦИЯ И КАЧЕСТВО ТРУДА, 85–87.

Summary

In the context of globalization and economic transformations, the digitalization of industry is an effective tool for increasing business competitiveness. The summarized study aims to assess the changing view of the concept of industrial digitization and the trends of digitalization of the industry in the context of globalization challenges. During the research, the concepts and types of digitization, tendencies and trends of digitization are analyzed by analyzing, systematizing and summarizing scientific literature on the subject. Based on the results of the research, future trends of digitalization and strategic decisions for activating industrial digitization processes are identified.

Keywords: Manufacturing digitalization, fourth industry revolution, Industry 4.0, Manufacturing digitalization trends