

ÉRTÉKLÁNC-MODELL AZ IPAR 4.0 KORSZAKÁBAN

Horváth Ádám Béla

Absztrakt: Az Ipar 4.0 körébe tartozó megoldások alapjaiban alakították át a gazdálkodó szervezetek értékteremtő folyamatait. Azzal, hogy lehetségessé vált az informatikai folyamatok, és ezáltal az automatizált nagypontosságú adatgyűjtés, valamint a központosított és/vagy autonóm vezérlés úgynevezett cyber-fizikai rendszerek jöttek létre, ahol a reálgazdasági és informatikai (részben virtuális) folyamatok integrált és egymástól el nem választható egységet alkotnak. A kvalitatív (elméleti) kutatásomban áttekintem az a közelmúlt gazdaságilag releváns informatikai fejlődésének főbb és Porter-féle értékláncre alapozva megvizsgálom, hogy ezen eredmények a gazdálkodó szervezetek életében milyen változásokat indukáltak. A kvalitatív kutatásom eredménye a Porter-féle értékláncmodellnek egy olyan módosított változata, amelynek keretében egységesen értékelhetőek az IPAR 3.0 és az IPAR 4.0 körébe tartozó technológiákat rendszeresítő gazdálkodó szervezetek működése, és várhatóan alkalmazható lesz az IPAR 5.0 korszakában is.

Abstract: Industry 4.0 solutions have fundamentally transformed the value-creating processes of for-profit organisations. By enabling IT processes and thus automated high-precision data collection and centralised and/or autonomous control, so-called cyber-physical systems have emerged, where real economic and IT (partly virtual) processes are integrated and inseparable. In my qualitative (theoretical) research, I will review the main recent economically relevant IT developments and, based on Porter's value chain, examine how these developments have induced changes in the working methods of for-profit organisations. The result of my qualitative research is a modified version of Porter's value chain model, which can be used to assess the operations of business organisations that have adopted Industry 3.0 and Industry 4.0 technologies in a consistent manner and is expected to be applicable in the Industry 5.0 era.

Kulcsszavak: digitalizáció, értéklánc-modell, gazdálkodó szervezet, innováció, Ipar 4.0

Keywords: digitalization, value-chain model, for-profit organisations, innovation, Industry 4.0

1. Bevezetés

Az ezredforduló óta eltelt szűk kettő évtizedben a gazdálkodó szervezetek számára elérhető, így az általuk rendszeresíthető infokommunikációs infrastruktúra (IKT-infrastruktúra) teljesítményében és szolgáltatásaiban végbemenő fejlődés alapvetően alakította át a gazdálkodó szervezetek működését (Nagy, 2017; Mittal et al., 2018). Ezen folyamat során az IKT-infrastruktúra a szolgáltatásai révén kilépett az egyszerű (manuális) adatgyűjtésen alapuló működés-optimalizáció keretei közül és alapvetően átalakította a gazdálkodó szervezetek termelési és/vagy szolgáltatási folyamatait. Az ezredfordulóig tartó időszakban az integrált vállalat-irányítási rendszerek fejlődése eljutott arra szintre, hogy az képes volt mérettől független egy gazdálkodó szervezet teljes tevékenységi spektrumát lefedezni, azaz olyan adatbázissal-háttérrel és üzleti logikával rendelkeztek, hogy a gazdálkodó szervezet működése során keletkezett különféle jellegű és típusú adatot képes volt befogadni, és azokat az üzleti tevékenység támogatása végett feldolgozni és az eredményeket rendelkezésére bocsátani (Alawamleh et al., 2018).

A kommunikációs hálózatok fejlődésével – és itt nem kizárólag csak az internetre kell gondolni – lehetővé vált, hogy egy ágazaton belül az egymással együttműködni kényszerülő vállalatok (amelyek sokszor egymás versenytársai) által

alkotott ellátási láncok integrált rendszerré válhattak. Ennek két példája a pénzügyi szolgáltatók és a polgári légiközlekedés iparága, ahol már a cikkben tárgyalt IPAR 4.0 fogalmával fémjelzett korszak beköszönte előtt integrált és egymással együttműködő ellátási láncok alakultak ki (Scott–Zachariadis, 2012; Conrady et al., 2013).

Az ezredfordulót követően az informatikai megoldások egyes területeinek – különösen a szenzorok, az adattárolási és adatátviteli technológiák és az automatizált döntéshozatali algoritmusok – robbanásszerű fejlődésével az IKT-infrastruktúra szolgáltatásainak révén közvetlenül integrálódni tudott az termelési és/vagy szolgáltatási folyamatokba (Mittal et al., 2018; Masood–Sonntag, 2020). Ezen fejlődés révén úgynevezett az ezen megoldásokat rendszeresítő gazdálkodó szervezetekben úgynevezett cyber-fizikai rendszerek jönnek létre, amelyben a fizikai környezet és az informatikai (információs) rendszerek egymással szimbiózisban élő egységeket képeznek. Ezáltal egy rugalmas és testre szabható termelési architektúra építhető fel, ahol a gyártási és/vagy szolgáltatási folyamat során valós idejű interakciókat biztosít az emberek, a termékek és az eszközök között (Zhou et al., 2015).

A gazdálkodó szervezetek alapvető tevékenységeit és azok közötti kölcsönhatásokat bemutató modellt, az Értéklánc-modellt Michael Porter (1985) alkotta meg. A modell megszületésének időpontja az IPAR 3.0 korszakára esik (Zakoldaev et al., 2020), amikor az ICT-infrastruktúra elsődleges feladata az adatfeldolgozás és döntés-előkészítés volt. Ebben a publikációmban azt a kérdést vizsgálom meg, hogy változott meg a modell felépítése a kétségbevonhatatlan műszaki-technológiai fejlődés hatására.

Az ebben a cikkben ismertetett elméleti elemzés keretében át kívánom tekinteni a gazdálkodó szervezetek működésének és hozzájuk kapcsolódó az IT-Infrastruktúra egymásra gyakorolt hatását. Ezen elemzés a Michael Porter (1985) által megalkotott értéklánc-modellre alapul. Miután a modell megalkotója az időközben bekövetkezett technológiai és gazdasági fejlődés ellenére sem változtatott modelljén (Porter, 2001), ezért megvizsgálom, hogy más szerzők miképpen alakították át az értéklánc-modellt, és tapasztalatok alapján egy olyan egységes modell kialakítására teszek javaslatot, amelyben mind az IPAR 3.0 mind az IPAR 4.0 körébe tartozó technológiát rendszeresítő gazdálkodó szervezeteket értelmezhetőek és elemezhetőek.

2. Irodalmi áttekintés

Az előzőekben bemutatott technológiai fejlődés és annak a gazdálkodó szervezetekre gyakorolt hatása ellenére erre a jelenségre az eredeti modell (Porter, 1985) nem reflektált (Porter, 2001). Több szerző a kutatásainak alapjául is az eredeti változatot veszi alapul (például: Kehoe–Mateer, 2015). Így ezek a kutatások összehasonlíthatóak lesznek ugyan, de így nem reflektálnak az IKT-infrastruktúra megváltozott lehetőségeire és a megváltozott szerepére. Ebből adódóan áttekintem, hogy más szerzők a gazdasági és technikai fejlődés hatására miképpen módosították az eredeti értéklánc-modellt, és az IPAR 4.0-val kapcsolatos felkészülési modellek

alapján bemutatom, hogy milyen tényezőknek kellene szükségszerűen megjelenniük egy új modellben.

A most bemutatott elméleti kutatás egy kvalitatív kérdőíves kutatáshoz kapcsolódik, amely az IKT-infrastruktúra használatát, az információbiztonsági viszonyok és az innováció kapcsolatát hivatott feltérképezni. A kutatás során látókörbe került publikációkban ismertetett, az értéklánc-modell egyes változatait vizsgálom meg. Ezekről a változatokról klasszikus review-jellegű áttekintést nagyon nehéz vagy lehetetlen adni azért, mert ezek a különféle módosítások három nagy csoportra oszthatóak. Az első csoportba azok tartoznak, amelyek szemléletükben még az IPAR 4.0 előtti korszak viszonyait veszik alapul, és az eredeti értéklánc-modellt egy iparágra „szabják teste” (példa: Yılmaz–Bititci, 2006). A második csoportba tartoznak azok a publikációk (példa: Rosales et al., 2017), amelyben a modell érintetlenül marad, viszont kiegészítésre kerülnek a vállalat külső környezetében azonosítható elemekkel bővítik az eredeti modellt.

A harmadik csoportba kerülnek azok a struktúrájukban egyértelműen az eredeti értéklánc-modellre alapuló modellek, azaz ahol kimutatható legalább részleges ekvivalencia az eredeti modellel és reagálnak a világban tapasztalható technológiai és gazdasági változásokra. Ezeket a modelleket a szerzőik egyértelműen az IPAR 3.0 utáni korszakban bekövetkező technológiai és gazdasági fejlődés hatására alakították át a szerzők. Ezek kerülnek részletes elemzésre a továbbiakban. Nem várt eredményként kell tekinteni arra a tényre, hogy a részletes elemzésre kerülő négy modell három különböző kultúrkörből származik: a négy elemzésbe vont modelltől kettő német, egy amerikai és egy magyar kutató eredménye.

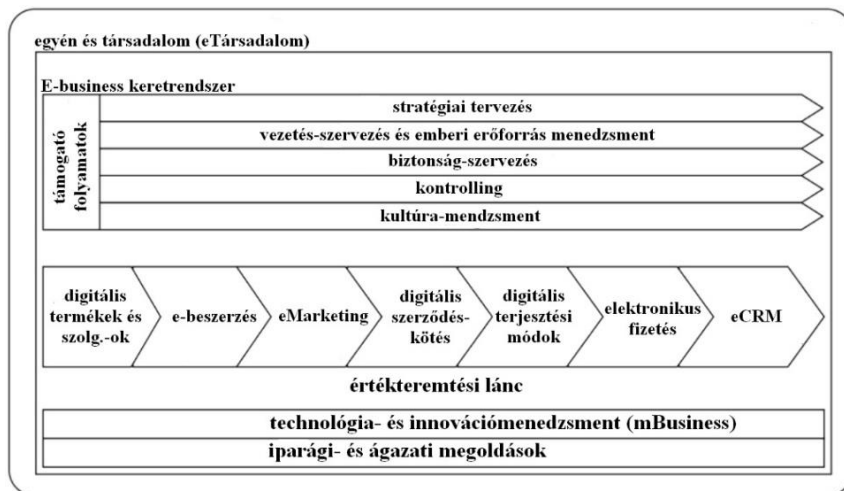
A kutatás teljeskörűnek mondható abból a szempontból, hogy minden olyan látókörbe került modell-változat elemzésre kerül, amely az előbb említett kettő kívánalomnak megfelel, így a forrás-feldolgozása egy olyan alapvetően narratív áttekintés (narrative review), amely bemutatja az egyes modelleket kiemelve a jellegzetességeiket, és ez kerül elemzésre az az IPAR 4.0-val kapcsolatos jelenségek előzetes ismeretének felhasználásával. Az irodalmi áttekintéssorán nem törekszem általánosításra. Miután rá fogok mutatni az egyes modellek gyengeségeire ez a narratív áttekintés kiegészül egy kritikai áttekintéssel (critical review), amely szintén az előzetes ismeretekre alapszik. Ezek alapján kerül sor végül egy olyan modellre vonatkozó javaslattételre, amely magában foglalja a megismert modellek előnyös jellegzetességeit és próbálja kerülni a megkérdőjelezhető részeit (Paré–Kitsiou, 2016).

2.1 A Porter-féle értéklánc modell és annak módosulásai

Az elemzésbe vont modellek bemutatása során először a megjelenés időrendjében nemzetközi szakirodalom eredményeit, majd végül egy hazai kutatásban publikált modellt mutatom be. Az első bemutatásra kerülő modellt az ezredfordulót követően Meier–Stormer (2008) szerzőpáros alkotta meg (1. ábra). Bár az e-kereskedelemmel foglalkozó monográfiájuk a 2008-as megjelenést követően még két alalommal jelent meg, a modelljük az idők folyamán változatlan maradt. Figyelemreméltó, hogy a modellben megjelenik az a jelenség, hogy valaminek meg kell alapoznia ezeket a

tevékenységet. Tekintettel arra a tényre, hogy ez a modell csak digitális terméket előállító szervezetekre vonatkozik, ez az „alap” a kvázi vagy deklarált szabványosított „iparági- és ágazati megoldások”-ra épülő megoldások.

1. ábra: Az értéklánc-modell Meier–Stromer szerint változata



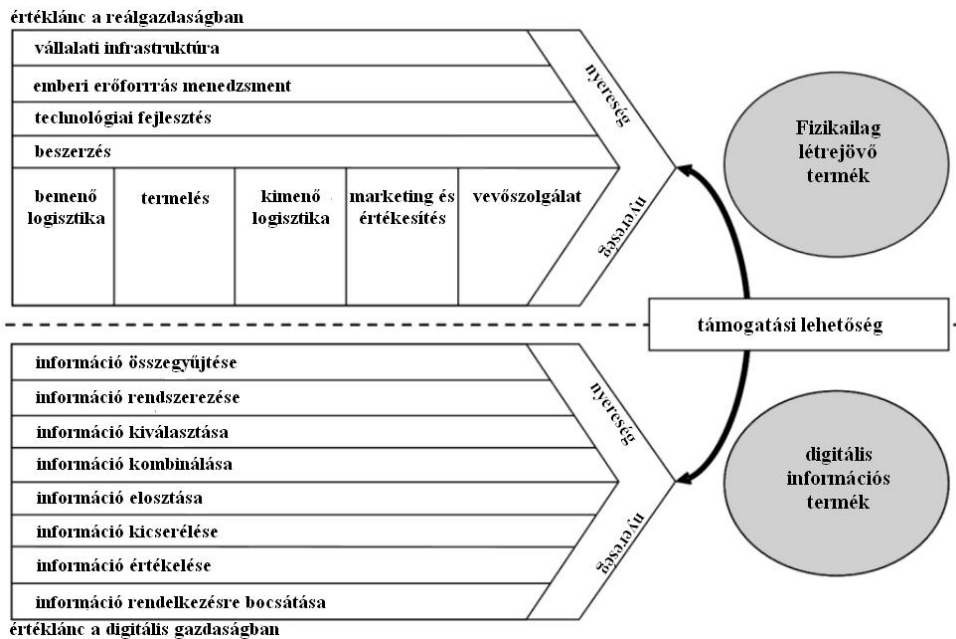
Forrás: Meier–Stromer, 2008. Fordította: a szerző.

Kiemelendőnek tartom, hogy önálló tevékenységként kezeli a biztonság-szervezést, mert ez fontos részint a piaci érvényesülés szempontjából, mind a szabályozói környezet tiszteletben tartása tekintetében. Visszatekintve láthatjuk, hogy ebben a megközelítésben igazuk volt, amennyiben figyelembe vesszük a például a Bazel-III szabályozás a működési kockázatokra vonatkozó egyre szigorúbb előírásait, valamint a GDPR (2016/679 EU-rendelet) révén az adatvédelmi jog tagállami szintről közösségi szintre való előlépését (Cruz et al., 2015). Szerencsésebb lett volna, ha az akkor már koránt sem ismeretlen, de sokkal átfogóbb „compliance” fogalmat alkalmazni. A modell nagy hibája, hogy – ahogyan említésre került korábban – csak olyan gazdálkodó szervezetekre lehet értelmezni, amelyek teljes egészében digitális (online) szolgáltatásokat hoz forgalomba. A maguk alkotta falba a szerző-páros beleütközik, amikor bemutatja az e-egészségügy – egyébként letagadhatatlan – előnyeit, de lássuk be: az e-egészségügy a beteg fizikai meggyógyítása nélkül nem sokat ér. Amennyiben rátekintünk a modellre, észre kell vennünk, hogy mindent erőltetetten „digitalizálni” akar: ennek egyik példája a digitális szerződéskötés. Ennek a B2C relációkban akár még lehet is lényeges szerepe, de az ellátási lánc integrációja következtében a versenyelőny egyik forrása a tranzakciókban résztvevő partnerek fluktuációjának lecsökkentése (Li et al., 2009). Ebben az esetben álláspontom szerint azonban teljesen mindegy a szerződéskötés mikéntje, mert egy relatív alacsony kontraktus-szám esetén a digitalizációtól jelentős hatékonyság-növelés elvárni nem lehet. Hasonlóan erőltetettnek érzem az „eCRM” és eMarketing fogalmának kizárólagos használatát, hiszen egyáltalán nem biztos, hogy mindig szükség és lehetőség van a vevői igényekhez jobban illeszkedő eCRM kialakítására és üzemeltetésére. Ugyanez mondható el az eMarketing egyoldalú

használatáról, hiszen tisztán digitális szolgáltatást számtalan alkalommal reklámoznak tradicionális médiumokban (Farooqui–Dhusia, 2011).

Az elektronikus kereskedelem német szakirodalom egyik alapművében (Kollmann, 2019) a szerző szintén érzékeli a hagyomány vs. digitális termékeket és/vagy szolgáltató értékesítő vállalatokban azonosítható értékláncok közötti különbséget (2. ábra):

2. ábra: Az értéklánc-modell Kollman szerinti változata



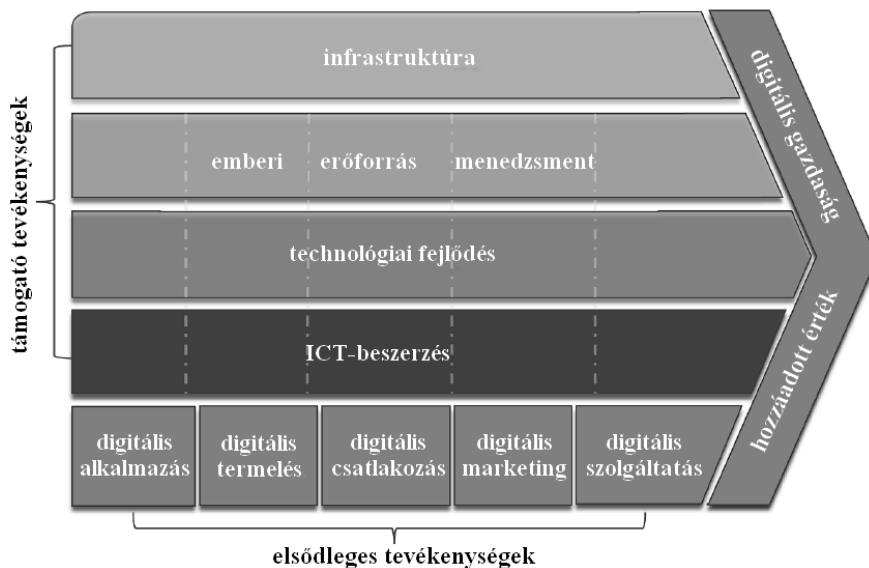
Forrás: Kollmann (2019), honosította a szerző.

A modell egyik előnye, hogy nem egyoldalúan a digitális termékeket forgalomba hozó vállalatokra fókuszál. Másrészt törekedett arra, hogy kapcsolatot teremtsen a hagyományos értéklánc és a digitális értéklánc között. Ez a modell implicit feltételezi (ellentétében a Meier–Stommer modellel), hogy vannak olyan forgalomba hozott termék, amely „binárisan” nem sorolható be a hagyományos vagy digitális termékként, azaz vannak átmenetek. Sajnos azonban van legalább kettő olyan szempont, amely alapján kritikát kell megfogalmazni: a hagyományos értéklánc alapján működő vállalatok sem tudnak működni információk nélkül: egyik legalapvetőbb rendszer, amely az információkat összegyűjti és rendez, az maga a számviteli rendszer. De ha túltekintünk ezen a termelésben keletkező, természetes jellegű információk összegyűjtése és feldolgozása a lassan félévszázados múltra visszatekintő vállalat-információs rendszerek fő feladata. (Például a vevőktől származó adatokra épülő ajánlási rendszerek kifejlődése is megelőzte a digitális értéklánc kialakulását, így értelemszerűen attól teljesen független volt. [Budai, 2002]) Másik gyengesége a modellnek, hogy még egyértelműen digitálisként besorolható termék előállítás és/vagy szolgáltatás nyújtása során is szükség van valamilyen fizikai infrastruktúrára (például: szerverek, hálózati eszközök stb.). Ezt a

tényt álláspontom szerint hiba ilyen mértékben negligálni. Végül, de nem utolsó sorban még a teljesen digitális termékek / szolgáltatások esetében sem lenne szabad annyira egyoldalúan az „információs” jelleget hangsúlyozni, hogy más megközelítés meg sem jelenik modellben. Ha az online szórakozási lehetőségekre gondolunk (például: online játékok, internetes műsorszórás), akkor kijelenthetjük, hogy ezekben az esetekben nem az információ szolgáltatását tekinthetjük a termékfogalma-modell szerinti alapterméknek. (Kotler–Keller, 2006) Összességében elmondható, hogy a modellben nem jelenik meg az az el nem hanyagolható függőség, hogy a klasszikus termelésben szükség van információkra – igaz ennek az intenzitás nem mérhető össze a digitális értéklánc esetében tapasztaltakkal.

A Kollmann (2019) esetében megemlített két jelentős körülménnyel szembesül is Miao (2021) a modell-alkotása során (3. ábra), miszerint van különbség a hagyományos és digitális értéklánc között, valamint, hogy az egyértelműen digitális termékeket és/vagy szolgáltatásokat forgalomba hozó vállalatoknak is szüksége van valamilyen mértékű materializálódott háttérre is.

3. ábra: Az értékteremtési lánc Miao-féle változata



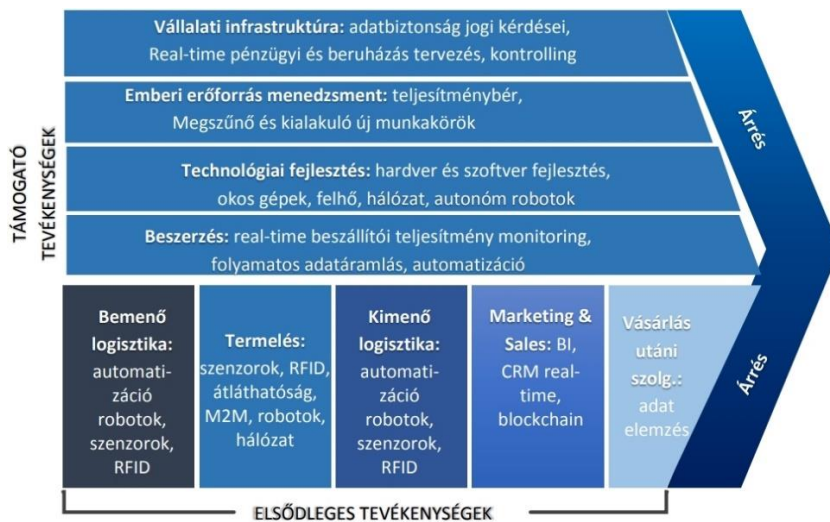
Forrás: Miao (2021), honosította: szerző.

Megközelítése hangsúlyos szerephez jut az infrastrukturális háttér, és egyet kell érteni azzal, hogy változatlanul hagyta az emberi erőforrás menedzsment tevékenységet (nem olvasztotta be más tevékenységbe). Az erőssége azonban egyben a gyengesége is: teljes egészében hiányoznak a vezetési-szervezési feladatok megjelenése (beleértve az információbiztonsági és compliance dimenziókat, amelyeket a korábban említett okok miatt nem lenne szabad figyelmen kívül hagyni), amely egy tevékenységben jelenik meg szinte zárójelbe téve. (Ráadásul abból a tényből, hogy a szolgáltatást értékesítőhöz fél magában a szolgáltatás nyújtásában figyelembe vesz a biztonsági szempontokat, még nem következik, hogy a gazdálkodó szervezet működésének teljes egészében érvényesülnek az információ-

biztonsági és compliance szempontok.) Ezt a kritikámat még annak fényében is igaznak tartom, ha nem téveszem szem elől, hogy a lean vállalat-vezetési filozófia a „lapos” szervezeti struktúrát támogatja, és napjainkban az oly népszerű start-up vállalkozások is ezt az utat követik (Wagner et al., 2017). Az ICT-beszerzés önálló tevékenységgé lépett elő, amit azért (is) megkérdőjelezhetőnek lehet tartani, mert ez a modell így, ebben a formában azt feltételezi, hogy a beszerzéseket elsődlegesen B2B, másodlagosan C2B (ez a gondolat meg is jelenik a cikkben), értékesítését viszont B2C tranzakciók útján bonyolítja le. Ez utóbbit így nem jelenti ki a szerző, viszont a modelljében a beszerzési tevékenység jelenik meg hangsúlyosan és ez a megközelítés „érzéketlen” marad abban az esetben, ha a vizsgált vállalat egy integrált ellátási lánc része.

A Budapesti Corvinus Egyetem egyik műhelytanulmányában (Nagy, 2017) került publikálásra az értéklánc-modell azon módosítása, amely egy kivétellel időben ugyan megelőzi a korábban bemutatott tanulmányokat, viszont sokkal jobban kezel több olyan kritikus pontot, amelyre az előző modellek során rámutattam (4. ábra):

3. ábra: Az értéklánc-modell Nagy-féle változata



Forrás: Nagy (2017).

A modell nagy előnye, hogy a tevékenységek tekintetében érintetlenül hagyta az eredeti modellt, és az egyes tevékenységeken belül érzékeltetni próbálja, hogy az IPAR 4.0 megoldási milyen átalakulási folyamatot indukálnak az egyes tevékenységeken belül. Külön kiemelendő, hogy rámutat arra, hogy a technológiai fejlődés hogyan alakítja át az emberi erőforrás menedzsmentjét (ebből a szempontból ez a modell egyediségének tekinthető). Ez a modell – bár kompromisszumokkal – értelmezhető teljesen digitális termékeket és/ vagy szolgáltatásokat előállító vállalatok esetében is, amennyiben elfogadjuk, hogy a „termelés” tevékenységnek egyáltalán nincs (vagy csak minimális mértékben) materializált eredménye.

Ez a modell tovább-gondolásra érdemes. Alapvetően nem szabad szem elől téveszteni, hogy egy gazdaságon belül egyszerre vannak jelen az IPAR 3.0 és IPAR

4.0 körébe tartozó technológiákat rendszeresítő gazdálkodó szervezetek, és szinte nagyon kevés olyan szervezet van, ahol egyértelműen csak és kizárólag az egyik generáció körébe tartozó megoldások kerültek alkalmazásra. Ebből adódóan Nagy (2017) eredményeit felhasználva az általa kialakított modellt fogom bővíteni (és kisebb mértékben átalakítani) az IPAR 4.0 felkészülési modellekből származó tényezőkkel.

2.2 Ipar 4.0 transzformáció és érettségi modellek

Bár a kérdéssel foglalkozó szakirodalom jellemzően kitér az korábbi (Ipar 1.0 és Ipar 2.0) generációkra (Eisingerné–Rámháp, 2020), a jelen publikációban abból indulok ki, hogy XX. század végére az ipari fejlődés eljutott egy olyan fejlettségi szintre, amely napjainkban már összefoglalóan az IPAR 3.0 névvel illetnek. Ezt a korszakot váltja fel informatikai és technológiai fejlődés révén a következő generáció. Amikor az IPAR 4.0 elterjedését, azaz pontosabban az IPAR 3.0-ról az IPAR 4.0-ra való átállást (digitális transzformáció) elemezzük, akkor az irodalmi áttekintés során a következő kérdésekre kell választ találni:

- Mi jellemzi a végbemenő folyamatot?
- Hogyan megy végbe az átalakulás?

Milyen módon csapódik le ez a gazdálkodó szervezetekben?

Szinte mindegyik – így a korábban hivatkozott is – tudományos publikáció egyetért abban a kérdésben, hogy a digitális transzformáció során, amikor az 1960-1970-es években kialakult automatizált, helyenként – és gyakran szigetszerű – informatikai támogatással bíró termelési folyamat alapvető architektúrális változáson megy keresztül. Ennek során lehetővé válik a termelés ellenőrzése korábbinál sokkal nagyobb gyakoriságú és sokkal pontosabb mintavétellel, automatizált döntéshozatal, valamint a döntés érvényesítése automatizált vezérlés révén. Az informatikai adatcserére és vezérlési adatok fogadására képessé tett termelőeszközök ugyan egy egységes rendszerbe is szervezhető, de a M2M, azaz a gépek közötti egyenrangú kommunikációval és az autonóm döntéshozatal lehetőségével ez az IKT-infrastruktúra részben vagy egészen decentralizálhatóvá tehető. Külön ki kell hangsúlyozni, hogy ez a változás nemcsak a korábban technológiailag intenzív iparágakat érinti, hanem a gazdaság szinte minden szegmensét átjárja. Ezt a jelenséget mutatja be a mezőgazdaság esetében Kumaran–Kurian (2019), és Alexy–Haidegger (2022), valamint az erdőszet esetében Müller et al. (2019).

Amikor arra a kérdésre válaszolunk, hogy hogyan megy végbe ez az átalakulás, akkor azzal kell szembesülnünk, hogy több-technológia-csoport tartozik ebbe a körbe, a teljesség igénye nélkül az alábbiak (Mittal et al., 2018; Schumacher et al., 2019; Eisingerné–Rámháp, 2020; Dayioğlu–Türket, 2021): szenzoros felvétel, informatikai hálózaton adatokat továbbítani, valamint vezérléssel kapcsolatos adatforgalmat fogadni képes eszközök (IoT), nagy mennyiségű adatot feldolgozni képes architektúra (Big Data), kiterjesztett valóság, mesterséges intelligencia, Autonóm és félautonóm eszközök és járművek, cloud computing stb. Az egyes technológiák számbavétele azért is bonyolult, mert fokozatosan bővül, más részt az

egyres technológiák között függőségi viszony mutatható ki: például akkor van értelme Big Datával vagy mesterséges intelligenciával foglalkozni, ha rendelkezésre állnak a megfelelő adatok!

Több review- és kvalitatív kutatási eredményeket bemutató cikk foglalkozik a különböző az IPAR 4.0-a felkészültségi modellek összehasonlításával (Issaa et al., 2018; Rajnai–Kocsis, 2018; Machado et al., 2019; Santos–Martinho, 2020). Ezekben a publikációkban részletesen bemutatják és összehasonlítják a legelterjedtebb IPAR 4.0-felkészültségi modelleket. Ezek közül legelterjedtebbnek az IMPULS-modell tekinthető, amely modell 6 fokú skálán méri az egyes gazdálkodó szervezetek IPAR 4.0 termelési architektúrára való állítására való felkészültséget. Ennek a hatfokú skálának az egyik véglete a „egyáltalán nem foglalkozunk a kérdéssel”, míg a másik véglete a „teljeskörűen megvalósult IPAR 4.0 stratégia”. (A hivatkozott publikációkban bemutatott több modell is hasonló szemlélettel bír, így egy újabb összehasonlítástól jelen publikációmban eltekintek.) Rá kell mutassak, hogy ezek a modellek egyetértenek abban, hogy a gazdálkodó szervezetek IPAR 4.0-ra való felkészülését nem elegendő csak a modernebb eszközök alkalmazásán mérni, mert azok csak arra elegendőek, hogy a működés 1-1 dimenzióját alakítsák át, hanem az említett átállásnak a része a szervezeti struktúra és módszer „reformja” is, újonnan kialakuló feladatokkal.

3. A modell-alkotás folyamata és eredménye

A modell-alkotási folyamat alapvetően három lépésből áll. A cél az eredeti értéklánc-modell akképpen történő módosítása, hogy az értelmezhető legyen a korábbi időszakokra is (IPAR 3.0), azaz felhasználható legyen „generációkon átnyúló elemzésre” (is). Ez azért lényeges, mert ha az innováció Roger-féle modelljét, az innováció adaptációjának tekintetében meg tudunk különböztetni korai innovátorokat, korai elfogadók, korai többség, késői többséget és lemaradókat (Orova, 2006). Figyelembe véve, hogy az IPAR 4.0-val kapcsolatos változások nem kerülnek el a korábban a nem-technológia-intenzívnek iparágakat sem, arra a következtetésre juthatunk, hogy bármelyik iparágon belül egyaránt találkozhatunk a régi, klasszikus IPAR 3.0 korszakához köthető infrastruktúrát üzemeltető, valamint az IPAR 4.0 körébe tartozó technológiát alkalmazó gazdálkodó szervezetekkel is. Ennek tükrében a modell-alkotás során cél, hogy az értéklánc-modellt a lehető legkevesebb ponton kelljen változtatni (az összehasonlíthatóság érdekében), viszont képes legyen reflektálni az IPAR 4.0 indukálta változásokra is. Ennek megfelelően a modell-alkotás a következő lépésekből áll:

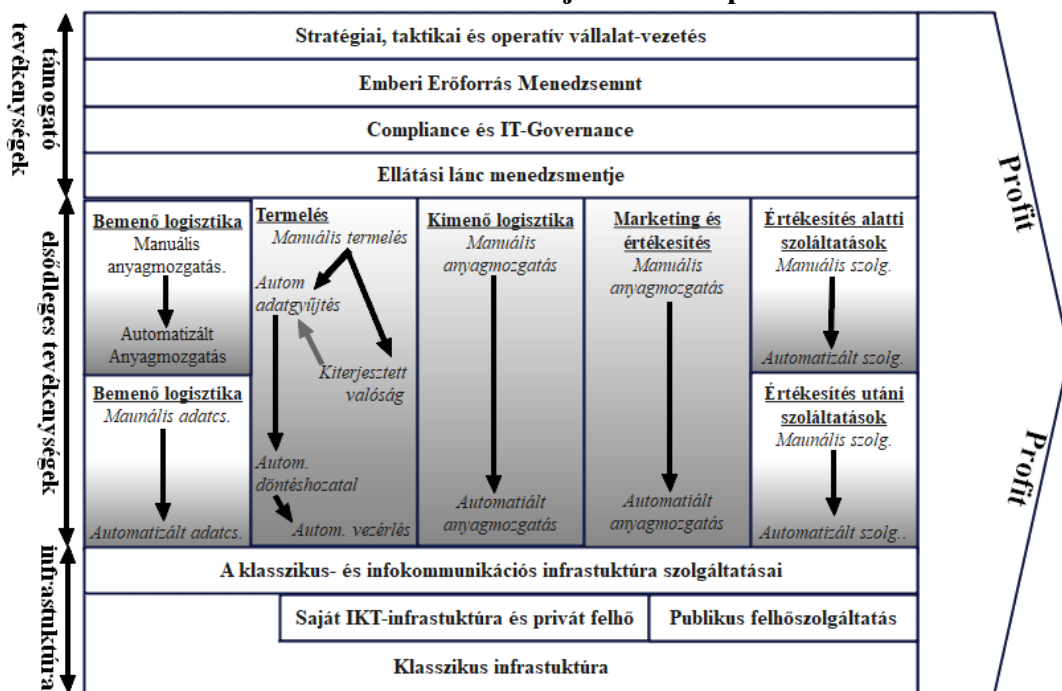
- Az eredeti értéklánc-modell egyes alkotóelemeinek vizsgálata, hogy szükségesek-e azok tartalmi szempontból módosítani;
- Azon elemek számbavétele, amelyek korábbi modellben nem szerepeltek, de az IPAR 4.0 körében tartozó megoldások rendszeresítése miatt szükséges a modellbe integrálni;
- A véglegesen magmaradó alkotóelemek közötti kapcsolatok meghatározása.

A modell-alkotás eredményeképpen egy olyan modell, amely egyrészt a többször idézett Porter-féle értéklánc-modellre, másik oldalról az IPAR 4.0 felkészültségi modellekre épül:

3.1 A Porter-féle értékláncmodell felülvizsgálata

Miután az IPAR 4.0 megoldásai első sorban a gazdálkodó-szervezetek érték-teremtő (elsődleges) folyamatait alakította át, így első lépésben ennek a folyamatokat a lépéseit vizsgálom meg és egészítem ki az felkészülési modellek áttekintéséből fakadó tapasztalatokkal, amelyeket az IPAR 4.0 kapcsán megismert vertikális és horizontális integrációjának elmélete egészít ki (Pérez-Lara et al., 2020). Ezt követően, és ennek tükrében vizsgálom meg a támogató folyamatok egyes részeit. Ahogy a 2.2 fejezetben említettem, ellentétben Nagy (2017) modelljével, ebbe a modellbe nem az egyes technológiai megoldások kerültek be (mert azok idővel változhatnak), hanem az általuk betöltött szerep, amit egy adott időben egy adott megoldás tölt be. Az általam javasolt modell az 5. ábrán látható:

4. ábra: Az értéklánc-modell javasolt felépítése



Forrás: saját szerkesztés.

Inbound logistics (bemenő logisztika): az eredeti modellben minden olyan input beszerzését értettük alatta, amelyet a gazdálkodó szervezet értékteremtési folyamat során beszeréz. Ez az a pont, ahol a beszállítók érintkezésbe lépnek az adott gazdálkodó szervezettel, ez tekinthető a rendszertani egység határának. Ez a felülvizsgált modellben is így marad, azonban több tekintetben szükséges részletekbe bocsátkozni.

Egyrészt az eredeti modellben a beszerzési tevékenységek fókuszában a termelő/értékteremtő folyamatok működtetéséhez szükséges alapanyagok és félkész termékek álltak, addig a napjainkban egyre nagyobb szerepet kapnak az informatikai termékek és szolgáltatások beszállítói. Az IPAR 4.0 körébe tartozó megoldások rendszeresítése következtében nagy jelentősége lesz az IKT-infrastruktúra részegységeinek (mint termék), és a felhő-alapú szolgáltatások beszerzésének, így ezeket a klasszikus nyersanyag beszerzésével egy szinten kell kezelni.

Másrészt az IPAR 4.0 korszakára hatványozottan jellemző a vevői-beszállítói kapcsolatok stratégiai jelentősége, azaz fluktuáció lelassul és emellett igény keletkezik az operatív folyamatok automatizálására. Jelentős szempont egy vállalat esetében, hogy képes-e a beszállító partnerrel automatizáltan adatot cserélni (Seth et al., 2013).

Harmadrészt a kérdést a logisztika oldalról vizsgálva láthatjuk, hogy napjainkban is számos raktár-automatizálási rendszer ismert. Ezekhez kapcsolódnak az automatikus áruazonosítást megvalósító technológiák (például: RFID, QR-kód), illetve az autonóm járművek alkalmazása. Ezek között fennáll egyfajta függőségi viszony, hiszen csak akkor tudnak a logisztikai célú autonóm járművek emberi beavatkozás nélkül működni, ha rendelkezésre áll egy automatizált árufelismerő rendszer.

Operation (termelés): értelemszerűen ez az terület, amelyet az IPAR 4.0 megoldásai gyökeresen átalakítottak. Függetlenül attól, hogy a materiális és/vagy immateriális terméket/szolgáltatást előállítását vizsgálunk, több szempontot kell szem előtt tartani:

A szenzor-technológia és az IKT-infrastruktúra kapcsolódó elmeinek fejlődésével (például: adatátvitel) lehetővé vált, hogy az értékteremtési folyamatokban a korábbiakban megszokottnál (tehát a manuálisan, az emberi közreműködéssel lebonyolítottánál) gyakrabban és pontosabban történjen az keletkező adatok rögzítése.

Lehetővé vált a termelésben résztvevők számára többlet-információ rendelkezésre bocsátása, a kiterjesztett valóságra (augmented reality) épülő megoldások révén.

Az informatika fejlődése lehetővé tette az automatizált döntéshozatalt, amely rendszerint a mesterséges intelligenciára (MI) alapul. (Még ha a MI alkalmazása napjainkban etikai kérdéseket vet fel.) Az MI-alapú egységes modellben való kezelést megnehezíti az a tény, hogy a döntéshozatal végbe mehet a termelő-eszközben autonóm módon, és történhet egy központosított IKT-infrastruktúra „központjában”, a szervereken.

A termelő-eszközök is képessé válhatnak az önvezérelt helyváltoztatásra. Ahogy a bevezetőben írtam, az IPAR 4.0 forradalmasított olyan nem-technológia-intenzív iparágakat, mint az erdőszet vagy mezőgazdaság, ahol a termelés nagy fizikai kiterjedésű területen megy végbe.

Végül, de nem utolsó sorban szót kell említeni a vezérlésről is. Ez történhet az adatok alapján manuálisan, fél-manuálisan (döntést automatizált úton keletkezik, de kell az emberi jóváhagyás), vagy automatikusan (centralizáltan vagy nem centralizáltan).

Outbond logistics (kimenő logisztika): Itt meg kell ismételnem mindazt, amit az „*Inbound logistics*” esetében a harmadik pontnál bemutatam. A kimenő logisztika sarkalatos pontja, hogy ennél a pontba integrálódik egy másik szereplő, a szállítványozó partner szerepe abban az esetben, hogyha a szállítványozás kívül esik a vizsgált gazdálkodó szervezet felelősségi körén. Akár B2B, akár B2C relációt vizsgálunk, valós idejű vagy legalábbis kvázi valós idejű adatszolgáltatás elvárás. Tehát itt már nemcsak a termék szerződés szerinti leszállítása az elvárás, hanem a szállítás körülményeitől is sok esetben adatot kell szolgáltatni, amely adatok egy külső, a expedíós feladatokat ellátó partnertől származik. Amennyiben figyelembe vesszük a termék-hagyma modellt (Kotler–Keller, 2006), a szállítási szolgáltatások könnyen a kiterjesztett termék körébe tarthatnak. Ennek következménye, hogy a kimenő logisztikának kapcsolatának kell lennie a marketinggel és értékesítéssel (ez kapcsolat eddig is megvolt), de a szolgáltatásokkal is (ez a közvetlen kapcsolat nehezen érvényesíthető az ábrán).

Marketing and sales (marketing és értékesítés): Az előző pontban felvetett problémát, miszerint az értékesített termék / szolgáltatás mellé gyakran egyéb szolgáltatás (például: expedíció) is tartozik, ezen szempont értékelése során úgy kezelem, mint továbbértékesített szolgáltatást. Ennek megfelelően ez kizárólag az árképzést érinti. Az IPAR 4.0 szempontjából két olyan kérdéskör van, amelyet tárgyalni kell:

A marketing és értékesítési tevékenység klasszikusan első generációs. azaz a historikus értékesítési adatbázisra, valamint a tágabb értelemben reklámra alapszik, vagy alkalmaznak második generációs marketing eszközöket is (például: Social CRM).

A marketing és értékesítési hagyományos módon történik (azaz meglévő adatbázison alapuló szegmentált vagy nem szegment tömegmarketing) vagy alkalmaznak olyan MI-n alapuló megoldásokat, mint amilyen az ajánló rendszerek, vagy automatizált értékesítés alkalmazásai.

Szolgáltatások (services): ide tartozik a termék értékesítéséhez közvetlenül kapcsolódó tevékenységek (például ügyfélszolgálat). Magát a szolgáltatást is szerencsés kettő részre bontani: ezek a leszállítás során és leszállítást követő szolgáltatások. A leszállítás során lévő szolgáltatások első sorban a Kimenő logisztikával és Marketing és értékesítéssel vannak kapcsolatban. A leszállítást követő szolgáltatások ennél sokrétűbbek, hiszen ide tartozik a kiegészítő online szolgáltatások köre, online ügyintézés (például garanciális esetekben), ez a része akár „Termelés” funkcióig is visszanyúlhat.

Az elsődleges tevékenység áttekintése után a támogató tevékenységek elemzése következik: az általam javasolt modellben támogató tevékenységek köre jelentős átalakuláson ment keresztül. Kikerült ebből a körből a vállalati infrastruktúra, amely új kategóriát képez, ennek okát később ismertetem. A támogató tevékenységek körének és tartalmának meghatározásában számos korábban már hivatkozott szakirodalomban foglaltakra támaszkodom (Mittal et al., 2018; Rajnai–Kocsis, 2018; Santos–Martinho, 2020; Schumacher et al., 2019; Nick et al., 2021):

Stratégiai, taktikai és operatív vállalat-vezetés: ez váltotta fel a korábbi „vállalati infrastruktúra” tevékenységet. Ebbe a kategóriába tartozik minden vállalat-vezetési funkció, tehát a szervezeti hierarchia kialakításától kezdve a számvitel-kontrollingok keresztül minden vezetői tevékenység, amely nem érinti más a támogató tevékenység által érintett feladatkört. Ezek kötelezően ellátandó feladatok, így a felújított modellnek is tartalmaznia kell.

Emberi Erőforrás Menedzsment: ez a tevékenység azért marad önálló (és nem olvadt bele az előző tevékenységbe), mert függetlenül attól, hogy az Ipar 4.0 körébe tartozó technológiák az automatizáltság révén váltanak ki emberi munkát, viszont megnövekedett és a korábbinál várhatóan gyakrabban frissítendő tudás-igény jelentkezik a munkavállalóknál (Maisiri et al., 2019). Ebből fakadóan az emberi erőforrás menedzsmentnek a korábbinál sokkal szofisztikáltabb, controlling jellegű tevékenységekkel kell számolnia (Budai–Gazdag, 2008).

Compliance és IT-Governance: Az IPAR 4.0 fő jellegzetessége – ahogyan a bevezetőben rámutattam, hogy a fizikai környezet és az informatikai (információs) rendszerek egymással szimbiózisban élő egységeket. Ezt a helyzetet bonyolítja, hogy a cloud-alapú megoldásokkal a gazdálkodó szervezet által igénybe vett IKT-infrastruktúra az üzemeltetés szempontjából (legalább is részlegesen) kikerül az adott gazdálkodó szervezet ellenőrzése alól, viszont az üzemeltetésből adódó kockázatokat a felhasználó viseli. Az a tény, hogy az értékteremtő tevékenységekbe integrálódnak a különböző szervezeti informatikai folyamatok, felvetődik a kérdés, hogy az IPAR 4.0 architektúrájú szervezetek életében is elegendő pusztán informatikai biztonságról beszélni, vagy ezekben az esetekben is szükséges lenne a működési kockázat szemléletének integrálása a gazdálkodó szervezetek életébe.

A javasolt modellemben ebbe a kategóriába tartozik a minden IKT-infrastruktúrával kapcsolatos stratégiai, taktikai és operatív vezetői tevékenység, beleértve az IKT-infrastruktúrának szabályozói környezettel összhangban történő működésének biztosítását (Selig, 2016, Pérez-Lara et al., 2020).

Ellátási lánc menedzsmentje: ez a tevékenység a beszerzést váltotta fel. erre azért volt szükség, mert több szerző támasztott arra, hogy az az ellátási láncok egyre integráltabbak lesznek, és egyre gyakoribb, hogy egy gazdálkodó szervezeteknek nemcsak a vásárlásra/értékesítésre, hanem a más piaci partnerrel való együttműködésre is a korábbinál több figyelmet kell szentelnie (Kollmann, 2019; Kumaran–Kurian, 2019, Müller et al., 2019).

Az értéklánc-modell általam felülvizsgált változatában az **infrastruktúra** önálló tevékenységgé lépett elő, amely három részből áll: a saját fizikai infrastruktúra, a saját IKT-infrastruktúra és valamit a felhő-szolgáltatást nyújtó partner (részleges) IKT-infrastruktúrája. Azért tartottam szükségesnek e három tényezőt külön, és egységes szerkezetben kezelni, mert ez a három tényező adja meg az IPAR 4.0 korszakában a gazdálkodó szervezetek infrastrukturális keretét. E három infrastrukturális elem közötti határ is elmosódik, ha olyan megoldásokra gondolunk, mint az okos épületek.

4. Véggövetkeztetés és a modell továbbfejlesztési lehetőségei

Az elméleti levezetésen alapuló, összefoglalva az 1. ábrán bemutatott modell két lényeges tulajdonsága, hogy az eredeti értéllánc modell aszimmetrikusan ekvivalensé tehető az új modellel. Ennek megfelelően az eredeti modell egyes alkotóelemeihez egyértelműen rendelhető az új modell egy vagy több alkotóeleme. Így sikerült elérni, hogy egy modell alkalmazható legyen az Ipar 3.0 és Ipar 4.0 generációjához tartozó technológiát alkalmazó gazdálkodó szervezetek esetén.

Bár igazán még az IPAR 4.0 sem tekinthető általánosan elterjedtnek – legalább is Magyarországon és a környező régióban – (Tick, 2023), a cikk írásának időpontjában már megszülettek az első tudományos publikációk az IPAR 5.0-ról (Kemendi et al., 2022). Az IPAR 5.0 középpontjában, amelyben az IPAR 4.0 megoldásaira építve az ember-robot együttműködés kap kitüntetett szerepet. A feldolgozott és hivatkozott publikációk megerősítették a modellem helyességét abban az értelemben, hogy az IKT-infrastruktúrának koordinálása stratégiai fontosságúvá vált, és ez a következő generációkban sem lesz másképp. Hasonló a helyzet az emberi erőforrás kezelésével is, és ha az ember-robot együttműködés tényleg a tervek szerint alakul ma, akkor várhatóan a – természetesen csak a gazdálkodó szervezetekre értelmezendő modellben is – a köztük húzóerő határ el fog mosódní.

Irodalomjegyzék

- Az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2016/679 rendelete a természetes személyeknek a személyes adatok kezelése tekintetében történő védelméről és az ilyen adatok szabad áramlásáról, valamint a 95/46/EK rendelet hatályon kívül helyezéséről (általános adatvédelmi rendelet)*
- Alawamleh, M., Ismail, L. B., Mazzawi, R. (2018): Value chain and supply chain: which is more impacted by ERP systems? *International Journal Services and Operations Management*, 30 (4): 405–418.
- Alexy, M., Haidegger, T. (2022): Precision Solutions in Livestock Farming—feasibility and applicability of digital data collection. In: *2022 IEEE 10th Jubilee International Conference on Computational Cybernetics and Cyber-Medical Systems (ICCC)*, 233–238
- Budai E. (2002): A tevékenységirányítás és a számvitel kapcsolódási pontjai. *Vezetéstudomány*, 33 (7-8): 85–93.
- Budai E., Gazdag L. (2008): Az emberi tőke mint vállalati erőforrás (12/6) In: Véry, Z. (szerk.): *Controllingtrendek: A sikeres vállalatirányítás gyakorlata*. Raabe Kiadó, Budapest. 1–28.
- Conrady, R., Fichert, F., Sterzenbach, R. (2013): *Luftverkehr - Betriebswirtschaftliches Lehr- und Handbuch*. Oldenburg Verlag, München.
- Cruz, M. G, Peters, G. W., Shevchenko, P. V. (2015): *Fundamental Aspects of Operational Risk and Insurance Analytics: A Handbook of Operational Risk*. Wiley, Hoboken, NJ.
- Dayioğlu, M. A., Türküt, U. (2021): Digital Transformation for Sustainable Future - Agriculture 4.0: A review. *Journal of Agricultural Sciences*, 27 (4): 373–399. <https://doi.org/10.15832/ankutbd.986431>
- Eisingerné Balassa, B., Rámháp, Sz. (2020): Innováció fejlesztési módszerek a kis- és középvállalkozások számára az ipar 4.0 trendjei/elvárása alapján. In: Csiszárík-Kocsir, Á., Varga, J. (szerk.): *Vállalkozásfejlesztés a XXI. században X./I. : A szervezetek reakciója és válasza a jelen kor üzleti kihívásaira*. Óbudai Egyetem, Keleti Károly Gazdasági Kar, Budapest. 93–115.
- Farooqui, R., Dhusia, K. D. (2011): A comparative study of CRM and e-CRM technologies. *Indian Journal of Computer Science and Engineering*, 2 (4): 624–627.

- Issaa, A., Hatiboglu, B., Bildsteina, A., Bauernhansla, T. (2018): Industrie 4.0 roadmap: Framework for digital transformation based on the concepts of capability maturity and alignment. *Procedia CIRP*, 81:1113–1118. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.03.151>
- Kehoe, K., Mateer, J. (2015): The Impact of Digital Technology on the Distribution Value Chain Model of Independent Feature Films in the UK. *International Journal on Media Management*, (17) 2: 93–108. <https://doi.org/10.1080/14241277.2015.1055533>
- Kemendi, Á., Michelberger, P., Mesjasz-Lech, A. (2022): Industry 4.0 and 5.0 – organizational and competency challenges of enterprises. *Polish Journal Of Management Studies*, (26) 2: 209–232.
- Kollmann, T. (2019): *E-Business. Grundlagen elektronischer Geschäftsprozesse in der Digitalen Wirtschaft 9 Auflage*. SpringerGabler Verlag, Wiesbaden.
- Kotler, P., Keller, K. L. (2006): *Marketingmenedzsment*. Akadémiai Kiadó, Budapest:
- Kumaran, S., Kurian, J. (2019): The Role of Industry 4.0 as a Driver to Sustainable Development Goals - A Critical Review. *The Management Quest*, 2 (2).
- Li, G., Yang, H., Sun, L., Sohal A. S. (2009): The impact of IT implementation on supply chain integration and performance. *International Journal of Production Economics*, 120 (1): 125–138. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2008.07.017>
- Machado, C. G., Winroth, M., Carlsson, D., Almström, P., Centerholt, V., Hallin, M. (2019): Industry 4.0 readiness in manufacturing companies: challenges and enablers towards increased digitalization. *Procedia CIRP*, 72: 973–978. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.03.262>
- Maisiri, W., Darwish, H., Van Dyk, L. (2019): An investigation of Industry 4.0 skills requirements. *South African Journal of Industrial Engineering*, 30 (3): 90–105. <https://doi.org/10.7166/30-3-2230>
- 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.2020.103>
- 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.2020.103>
- Meier, A., Stormer, H. (2012): *eBusiness & eCommerce Management der digitalen Wertschöpfungskette 3. Auflage*. Springer Verlag, Berlin-Heidelberg.
- Miao, Z. (2021): Digital economy value chain: concept, model structure, and mechanism. *Applied Economics*, 53 (37): 4342–4357. <https://doi.org/10.1080/00036846.2021.1899121>
- Mittal, S., Khan, M. A., Romero, D., Wuest, T. (2018): A critical review of smart manufacturing & Industry 4.0 maturity models: Implications for small and medium-sized enterprises (SMEs). *Journal of Manufacturing Systems*, 49: 194–214. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2018.10.005>
- Müller, F., Jaeger, D., Hanewinkel, M. (2019): Digitization in wood supply – A review on how Industry 4.0 will change the forest value chain. *Computers and Electronics in Agriculture*, 162: 206–218. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.04.002>
- Nagy J. (2017): Az ipar 4.0 fogalma, összetevői és hatása az értéklánra. *Műhelytanulmányok Vállalatgazdaságtan Intézet*, No. 167.
- Nick G., Beregi R., Domián K., Mezgár I., Nacsa J., Smejkal P., Szalavetz A., Szaller Á., Várgedő T. (2021): *Ipar 4.0 érettségi felmérés kérdőíves módszertana*. Ipar 4.0 Nemzeti Technológiai Platform Szövetség, Budapest.
- Orova, L. (2006): Az innováció elterjedésének modellezése. *Marketing & Menedzsment*, 2006 (2-3): 18–31.
- Paré, G., Kitsiou, S. (2016): Methods for Literature Reviews in: Lau, F., Craig Kuziemsky, C. (szerk): *Handbook of eHealth Evaluation: An Evidence-based Approach*. University of Victoria, Victoria. 157–180.
- Pérez-Lara, M., Saucedo-Martínez, J. A., Marmolejo-Saucedo, J. A., Salais-Fierro T. E., Vasant, P. (2020): Vertical and horizontal integration systems in Industry 4.0. *Wireless Network*, 26: 4767–4775. <https://doi.org/10.1007/s11276-018-1873-2>
- Porter, M. E. (1985): *Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance*. The Free Press, New York, NY.
- Porter, M. E. (2001): The Value Chain and Competitive Advantage in Barnes, D. (szerk): *Understanding Business: Processes*. New York, NY, USA: Routledge. 50–66.

- Rajnai, Z., Kocsis, I. (2018): Assessing industry 4.0 readiness of enterprises. In: *2018 IEEE 16th World Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics (SAMI)*. Kosice and Herlany, Slovakia. 225–230. <https://doi.org/10.1109/SAMI.2018.8324844>
- Rosales, R. M., Pomeroy, R., Calabio I. J., Batong, M., Cedo, K., Escara, N., Facunla, V., Gulayan, A., Narvadez, M., Sarahadil, M., Sobrevega M. A. (2017): Value chain analysis and small-scale fisheries management. *Marine Policy*, 83: 11–17. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.05.023>
- Santos, R. C., Martinho, J. L. (2020): An Industry 4.0 maturity model proposal. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 31 (5): 1023–1043. <https://doi.org/10.1108/JMTM-09-2018-0284>
- Schumacher, A., Nemeth, T., Sihm, W. (2019): Roadmapping towards industrial digitalization based on an Industry 4.0 maturity model for manufacturing enterprises. *Procedia CIRPS*, 79: 409–414. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.02.110>
- Scott, S. V., Zachariadis, M. (2012): Origins and development of SWIFT, 1973–2009. *Business History*, 54 (3): 462–482.
- Selig, G. J. (2016): IT Governance-An Integrated Framework and Roadmap: How to Plan, Deploy and Sustain for Improved Effectiveness. *Journal of International Technology and Information Management*, 25 (4): 55–76. <https://doi.org/10.58729/1941-6679.1252>
- Seth, A., Aggarwal, H., Singla, A. R. (2013): Framework for business values chain activities using SOA and cloud. *International Journal of Information Technology, Communications and Convergence*, 2 (4): 281. <https://doi.org/10.1504/ijitcc.2013.059408>
- Tick, A. (2023): Industry 4.0 narratives through the eyes of SMEs in V4 countries, Serbia and Bulgaria. *Acta Polytechnica Hungarica*, 20 (2): 83–104. <https://doi.org/10.12700/APH.20.2.2023.2.5>
- Wagner, T, Herrmann, C., Thiede, S. (2017): Industry 4.0 Impacts on Lean Production Systems. *Procedia CIRP*, 63: 125–131. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.02.041>
- Yılmaz, Y., Bititci, U. S. (2006): Performance measurement in tourism: a value chain model. *International Journal of Contemporary Hospitality Management*, 18 (4): 341–349. <https://doi.org/10.1108/09596110610665348>
- Zakoldaev D. A., Shukalov A.V., Zharinov I. O. (2020): From industry 3.0 to industry 4.0: production modernisation and creation of innovative digital companies. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 560 (1):012206. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/560/1/012206>
- Zhou, K., Liu, T., Zhou, L. (2015): Industry 4.0: Towards future industrial opportunities and challenges In: Tang, Z. (szerk.): *12th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery*, IEEE, Piscataway, NJ. 2147–2152. <https://doi.org/10.1109/FSKD.2015.7382284>