



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

HABILITÁCIÓS TÉZISFÜZET

**DR. FÜRSTNER IGOR,
EGYETEMI DOCENS**

Integrált termékfejlesztési
folyamatok vizsgálata a
felsőoktatás és a vállalatok
együttműködése során az Ipar
4.0 környezetben

**BIZTONSÁGTUDOMÁNYI
DOKTORI ISKOLA**

Budapest,
2024.04.06.

Tartalom

1	A kutatás előzményei.....	5
2	Új tudományos eredmények	15
2.1	Integrált termékfejlesztés lehetőségei és határai a felsőoktatásban.....	15
	Tézis 1: A hallgatók bevonásával megvalósított termékfejlesztés eredményezhet funkcionális prototípusokat, de valós gyártási célokra alkalmatlan.....	15
2.1.1	Az elvárások általános leírása alapján történő fejlesztés	18
2.1.2	Az elvárások részletes leírása alapján történő fejlesztés	19
2.1.3	Hallgatók által fejlesztett projektek további módosítása.....	20
2.2	A co-creation koncepció innovációs hajtóereje a felsőoktatás és a vállalatok együttműködése során	22
	Tézis 2: A Co-creation koncepció alkalmazása a felsőoktatásban, megnövelheti a hallgatók	

innovációs kapacitását, az innováció minőségét, valamint az eredmények lehetséges hasznosítását a vállalatok által.....	22
2.2.1 Co-creation a felsőoktatásban – az innovációs kapacitás növelője.....	26
2.2.2 Közvetítő platformok – eszközök a fejlesztési folyamat minőségének növelésére	27
2.2.3 A teljes fejlesztési folyamat kihelyezése co-creation formába az MKKV-k esetében	29
2.3 Együttműködés a felsőoktatás és az ipar között az Ipar 4.0 kontextusban	31
Tézis 3: A felsőoktatásban zajló projektek eredményei sikeresen beépíthetők a lehetséges ipari alkalmazásokba, valamint növelhetik az Ipar 4.0 befogadását az MKKV-k esetében.....	31
2.3.1 Hallgatói projekteredmények felhasználása ipari alkalmazásokban	33
2.3.2 Oktatók által létrehozott eredmények alkalmazása ipari környezetben	35

2.3.3	Ipar 4.0 befogadási szintjének növelése az MKKV-k által	36
3	A kutatás és a bemutatott eredmények hatása, visszhangja.....	39
4	Irodalmi hivatkozások listája	41
5	A tézispontokhoz kapcsolódó tudományos közlemények	45
6	További tudományos közlemények	48

1 A kutatás előzményei

A mai gyorsan fejlődő ipari környezetben a korszerű technológiák, valamint az innovatív megoldások ötvözése folyamatosan alakítja át a hagyományos termékfejlesztési folyamatokat az iparban, valamint a felsőoktatásban. Az Ipar 4.0 üzleti megközelítés megjelenése, amelyet az automatizálás és digitális technológiák behálózása jellemez, forradalmasította a termékek fejlesztésének módját.

Az Ipar 4.0 a tervezési folyamatba több tervezési elvet fonott össze (Herman et al., 2016, Gorecky et al., 2014, Schlick et al., 2014, Pine, 1993):

- Az interoperabilitást, ami alatt valamennyi kibertéri-fizikai rendszer kommunikációs képességét értjük jellemzően a dolgok és szolgáltatások internetével megsegítve,
- A virtualizációt, ami a fizikai világ virtuális másolatát teszi lehetővé a folyamatok monitorozása végett,
- A decentralizációt, amely a rendszerek központi irányításának növekvő nehézségeiből ered,

- A valós idejű válasz képességét,
- A szolgáltatásorientáltságot ahhoz, hogy képesek legyünk megfelelni a konkrét vásárlói követelményeknek,
- A modularitást, ami lehetővé teszi a változó követelményekhez való alkalmazkodóképességét azáltal, hogy funkcionálisan függetlenné teszi az egyes egységeket.

Az Ipar 4.0 az integrált termékfejlesztés (ITF) elengedhetetlen részévé vált. Az Ipar 4.0 koncepcióinak és az ITF elveknek való összefonódása egy összetett keretet kínál a vállalatoknak, hogy optimaljalk termékfejlesztési folyamataikat, javítsák az együttműködést, és felgyorsítsák a piacra való jutást.

Ha megfigyeljük az ITF lényegét, a hangsúlyt a zökkenőmentes kommunikáción, együttműködésen és tudásmegosztáson tapasztaljuk multidiszciplináris csapatok között, ideértve a mérnököket, tervezőket, marketing szakembereket és más érintetteket is (Ulrich et al., 2020). Emellett az Ipar 4.0 dinamikus környezete lehetőséget nyújt további előnyök elérésére, például a

gyorsított piacra jutásra, javított termékminőségre, fokozott együttműködésre és kommunikációra.

Habár az ITF számos jelentős előnyt kínál, a megvalósítása az Ipar 4.0 kontextusában bizonyos kihívásokkal jár, melyek szervezeti, kulturális és hierarchikus jellegűek is lehetnek. Emellett a technológiai integráció és infrastruktúra megvalósítása erős IT-infrastruktúrát, digitális eszközöket és technológiákat igényel a közös munka, az adatmegosztás és a döntéshozatal támogatására rendszerint földrajzilag is távolálló csapatok között.

Az ITF multidiszciplináris csapatokra támaszkodik, amelyek különböző képességekkel és szaktudással rendelkeznek. Ezért a hatékony ITF megvalósításához elengedhetetlen a továbbképzésbe és oktatásba való befektetés.

Az ITF lehetőséget kínál az innovációra és a hatékonyság növelésére, viszont figyelembe kell venni, hogy kockázatokkal is jár, amely a rendszer összetettségéből és komplex összefüggésekből adódik.

A felsőoktatás tekintetében az ITF oktatása egyaránt rejt magában lehetőségeket és kihívásokat. Maga az ITF értékes tapasztalati tanulási lehetőségeket kínál a hallgatóknak, és felkészíti őket a különböző iparágakban való pályafutásra, viszont a hatékony ITF oktatási programok megvalósítása számos kihívást jelent a tantervi tervezés, az oktatói szakértelem, az erőforrások és a pedagógiai megközelítések tekintetében.

Az ITF kurzusok kifejlesztése interdiszciplináris együttműködést igényel a különböző szakterületek oktatói között. Ezen felül, a tantervtervezés során az elméleti tudás és a gyakorlati készségek, valamint az ipari releváns tapasztalatok egyensúlyban tartása is kihívást jelent.

Az ITF oktatása különleges erőforrásokhoz, létesítményekhez és technológiai platformokhoz való hozzáférést is igényel, amelyek támogatják a közös tervezést, prototípuskészítést és tesztelést.

A hallgatók felkészítése az ITF oktatás kihívásaira átfogó támogatási rendszereket igényel, amelyek az akadémiai,

technikai és szociális, illetve érzelmi igényeket is figyelembe veszik. A hallgatók esetében rendszerint hiányolható a korábbi tapasztalat az interdiszciplináris együttműködésben, projektmenedzsmentben és az iparági kapcsolatokban.

A valós projektek, tervezési kihívások, esettanulmányok és ipari támogatású projektek bevonása a tantervbe javíthatja a hallgatók részvételét és kimeneteli eredményeit. Emellett hatékony értékelési módszerek kidolgozása a hallgatók teljesítményének, csapatmunkájának és problémamegoldó képességeinek értékelésére kihívást jelent az ITF oktatásban.

Összefoglalásként elmondható, hogy az ITF az Ipar 4.0 korszakában jelentős előnyökkel jár annak ellenére, hogy számos kihívással szembesülünk a folyamat során. Ha a felsőoktatásra összpontosítunk, azt lehet tapasztalni, hogy az ITF integrálása ezen a téren is átfogó és körültekintő hozzáállást igényel a tanterv tervezés, a tanári szakértelem, az erőforrások, a hallgatói támogatás, a pedagógiai megközelítések és a szervezeti kultúra terén.

Az interdiszciplináris együttműködés, az innovatív oktatási módszerek és a támogató intézményi irányelvek alkalmazásával a felsőoktatási intézmények képesek megbirkózni az ITF oktatásának akadályával, és felkészíteni a hallgatókat egy sikeres karrierre a dinamikus és innovációdús világban.

Az elmúlt 10 évben kutatásaim főként az ITF területén folytak az oktatás, valamint a mikro- és kis- és középvállalkozások (MKKV) területén, és különböző egyedi-testreszabott termékfejlesztési aspektusokat foglaltak magukba. Kutatásaim főként a mechatronikai termékek fejlesztésére összpontosítottak, amelyek multidiszciplináris megközelítést igényeltek, de nem csak erre korlátozódtak. Emellett a kutatásim az Ipar 4.0 koncepciójának környezetében zajlottak.

Kutatásaim során az ITF igen összetett és szerteágazó területén néhány konkrét területre próbáltam összpontosítani, nevezetesen:

- A felsőoktatásra, az ITF projektalapú megközelítését kutatva, oktatva és alkalmazva azt,

- A közvetlen együttműködés kontextusára a felsőoktatás és az MKKV-k bevonásával az ITF vonatkozásában,
- A közvetett együttműködés kontextusára a felsőoktatás és az MKKV-k között az ITF által létrejött innovációs megközelítések révén,
- A közvetlen együttműködés kontextusában az MKKV-kal.

Az ITF viszonylag komplex és interdiszciplináris természetéből adódóan, amely együttműködést igényel a termék teljes életciklusának különböző szakaszaiban, a koncepciótól a kereskedelmi forgalomba hozatalig, különböző kutatási módszerek bevonása volt szükséges. A folyamat dinamikája és annak terjedelme miatt az ITF-et összetett rendszerként kell meghatározni, és a rendszer elemeinek felhasználásával különböző almodelleket kell kifejleszteni kölcsönös összekapcsolódásokkal. Ezért általában az ilyen területen végzett kutatások az almodellek elemzésén alapulnak, és ezekhez szintetizálják a módosításokat, különböző

multidiszciplináris kutatások eredményeinek felhasználásával.

Kutatásaim az adott területhez kapcsolódó átfogó irodalomkutatást foglalták magukba, ami kutatásom elméleti részét képezte. Ezt a kutatást empirikus kutatás egészítette ki, amely a felsőoktatásban való oktatással, valamint a hallgatókkal és-vagy vállalatokkal végzett projektmunkákkal szerzett tapasztalatokat foglalta magába.

Empirikus kutatásaim kitértek a megfigyelő kutatási módszerekre, amelyek magába foglalták az ITF tevékenységek, csapatinterakciók és döntéshozatali folyamatok közvetlen megfigyelését valós idejű környezetben, lehetővé téve számomra, hogy tapasztalatot szerezzek arról, hogy a csapatok hogyan működnek együtt, kommunikálnak és oldanak meg problémákat a termékfejlesztés élekciklusában. A megfigyelő kutatás során első kézből származó betekintést nyerhettem az ITF bevezetésének dinamikájába, kiegészítve ezzel az elméleti kutatási módszereket.

Ezzel párhuzamosan részt vettem olyan együttműködésekben ipari partnerekkel, ahol az úgynevezett „co-creation” fejlesztési stratégiák fejlesztésén, képzési programokba való bevezetésén és értékelésén dolgoztunk.

Az irodalomkutatás és a szerzett tapasztalatok alapján különböző érdeklődési területek lettek megfogalmazva, és célok lettek meghatározva, amelyek a kutatási tevékenységem alapját hozták létre.

A meghatározott célok alapján több esettanulmány készült, amelyek mélyrehatóan feltárták az ITF problémáit, gazdag kontextuális betekintést nyújtva a termékfejlesztési folyamatok bonyolultságába, dinamikájába és eredményeibe, figyelembe véve a kutatási területemet. Az esetek lehetővé tették a legjobb gyakorlatok, tanulságok és kritikus sikerfaktorok azonosítását az ITF terén a felsőoktatás és az MKKV-k területét illetően.

Az elméleti és az empirikus kutatási módszerek kombinálása, átfogó betekintést nyújtott az ITF ezen

területébe. Az irodalomkutatásból származó adatok és az empirikus eredmények segítettek megerősíteni a megállapításokat, azonosítani a mintákat, és gazdagítani az értelmezéseket.

Összefoglalásként elmondható, hogy az ITF vizsgálata sokféle kutatási módszer alkalmazását igényelte, amelyek magukba foglalják a ITF többdimenziós jellegét. Az elméleti és gyakorlati megközelítések ötvözése holisztikus betekintést nyújtott az ITF gyakorlatába, ami hozzájárulhat a kutatott téma optimalizálásához és jobb megértéséhez.

2 Új tudományos eredmények

2.1 Integrált termékfejlesztés lehetőségei és határai a felsőoktatásban

Tézis 1: A hallgatók bevonásával megvalósított termékfejlesztés eredményezhet funkcionális prototípusokat, de valós gyártási célokra alkalmatlan.

A korszerű mechatronikai eszközök fejlesztése egyre nagyobb teret hódít a legkülönbébb területeken. Egyre több eszköz tartalmaz összekapcsolt és interoperábilis mechatronikai elemeket. Ezek az eszközök több érzékelőt és meghajtót tartalmaznak. Ezért a felsőoktatásban zajló oktatási folyamatokat alkalmazni szükséges ehhez az iparban zajló változáshoz, vagyis ahhoz, hogy ma, illetve a jövőben milyen lesz az ipar, és fel kell készíteni a hallgatókat a tanulmányaik befejezése után szembesülő szakmai kihívásokra.

A mechatronikai rendszerek napjainkban egyre fontosabb szerepet játszanak. Ezért az ilyen rendszerek tervezésének és irányításának megértése szükségessé válik a jövő mérnökei számára. Az oktatási folyamat a

multidiszciplináris megközelítés problémájával szembesül.

Függetlenül az így keletkezett komplex feladattól, a hallgatók hajlandók kutatási munkát végezni a gyakorlati problémák megoldása érdekében, ha ezek vonzó vetélkedők formájában, vagy versenyekben nyilvánulnak meg. A nyeremények a versenyen való részvételért a hallgatóknak sikerélményt nyújtanak. Ez fontos tényező a technológiára összpontosító egyetemi hallgatók számára, akik gyakran alacsony tanulmányi eredményeket érnek el a hagyományos elméleti alapú oktatási formák esetén (Su et al., 2016).

Ezt az új megközelítést vettem figyelembe a multidiszciplináris projektek bevezetésével, gyakran vállalati együttműködés keretében, a tananyagba, vagyis konkrét kurzusokba, nevezetesen az Integrált Termékfejlesztés, Mechatronikai berendezések tervezése és Projekt kurzusokba a Szabadkai Műszaki Szakfőiskolán. Ezzel a módszerrel a gépészmérnök, villamosmérnök, informatikus és mechatronika hallgatók csapatokban dolgozhattak viszonylag bonyolult

problémákon, olyan eredményeket elérve, melyeket egyedül nehezen tudtak volna elérni.

Az ilyen multidiszciplináris feladatok, illetve projektek bevezetésénél, kutatásom két irányban zajlott:

- Általános leírás alapján melyet az érdekelt vállalat adott meg, rendszerint egy szöveges leírás formájában, ahol rá lett mutatva a vásárló/megrendelő igényeire. Ebben az esetben az általános leírás képezte a fejlesztési folyamat alapját.
- Konkrét leírás alapján melyhez konkrét vásárlói-megrendelői igények társultak, így képezve a fejlesztendő feladatot.

A hallgatói csapatok által megoldott multidiszciplináris feladatok általában termékjavaslatok és/vagy funkcionális prototípusok formájában kerültek bemutatásra. Azonban kutatásaim alapján megmutatható, hogy a hallgatók által elkészített műszaki dokumentáció általában nem elégítette ki a valós termék létrehozásához szükséges követelményeket, melyet később ténylegesen alkalmazni

is lehetne. Ezért, bár az értékelt hallgatói projekteket sikeresnek lehetett tekinteni, alaposan újra kellett vizsgálni és jelentősen módosítani kellett őket ahhoz, hogy ténylegesen használhatók legyenek.

Ennek több oka van. A hallgatók részéről mindig jelen van az idő hiánya, mert a hallgatóknak más kötelezettségeik is vannak a szorgalmi időszak alatt. Az oktatóknál is időhiány tapasztalható, mert általában nagyszámú tantárggyal, projekttel és hallgatóval kell foglalkozniuk. Emellett képtelenség a hallgatók hosszabb időtartamra való bevonása, például egy félévnél hosszabb ideig, sokszor a hallgatók elégtelen tudása és képzettsége is fontos tényező.

2.1.1 Az elvárások általános leírása alapján történő fejlesztés

Kutatásom során olyan projektben vettem részt mely egy mechatronikai berendezés fejlesztését célozta meg, de az elvárások csak általános formában kerültek megadásra az érdekelt vállalat által. Maga a fejlesztési folyamat a vállalat aktív bevonása nélkül jött létre. A vállalat csak a nyertes megoldás kiválasztásában vett részt [1].

Az általános elvárások egy kiállításokon használható eszközre irányultak. Ebben az esetben az eszköznek vonzóan kell hatnia a vásárlókra a kiállításon, bemutatva és népszerűsítve a vállalat termékkínálatát (Moon et al., 2013).

A fejlesztési folyamat több csapat különálló munkájával került megszervezésre irányításom és mentorálásom alatt és több lépésből állt:

- Többszörös elsődleges ötlet létrehozása,
- 3D modellek létrehozása,
- Műszaki dokumentáció véglegesítése.
- A projekt utolsó részében, a kidolgozott megoldások bemutatásra kerültek a vállalaton belül, és a győztes megoldásjavaslat a vállalat által került kiválasztásra.

2.1.2 Az elvárások részletes leírása alapján történő fejlesztés

Kutatásom során olyan projektben vettem részt mely egy ún. „Telepresence” rendszer fejlesztését célozta meg egy szimulációs projekt-orientált környezetben [2]. Ebben az

esetben a vállalat konkrét és részletes leírást adott a funkcionális elvárásokról. Az elvárások kitértek a méretekre, elvárt mozgásra, kezelésre, biztonsági követelményekre, alkalmazott alkatrészekre, beépített elemek láthatóságára stb.

A fejlesztési folyamat az ITF folyamatára jellemző fázisokból állt, magába foglalta többek között a piackutatást, a funkcionális követelmények meghatározását, valamint a tervezési paramétereket, a koncepció generálását, megtestesítését, a rendszer kifejlesztett funkcionális prototípusának gyártását és tesztelését, figyelembe véve az ilyen típusú termékek specifikus tulajdonságait is (Simon, 2015, Wen et al., 2018).

2.1.3 Hallgatók által fejlesztett projektek további módosítása

Kutatásom ebben az esetben egy olyan probléma megoldását illette, amely a hallgatók által előzőleg befejezett ITF projekt eredményeinek módosításával foglalkozott azzal a céllal, hogy a fejlesztett termék gyártásához alkalmas legyen, illetve, hogy rendelkezésre

álljon a gyártáshoz szükséges dokumentáció [3]. Ez két fázisban történt. Először a hallgatók által elkészített projektet elemeztem, majd ezt követően módosítások sorozatát hajtottam végre.

A projekt elemzéséhez alapos funkcionális elemzésre volt szükség (Magrab et al., 2009). A meghatározott általános követelmények alapján végzett elemzés eredményeként módosított funkcionális elvárásokat állítottam fel. A korábbi projekt elemzése alapján megállapítottam, hogy az elvárások nagyobb része részben teljesült, de néhány nem teljesült egyáltalán, például a biztonsági intézkedések, méretbeli korlátozások, irányítás és beágyazás, könnyű karbantartás stb. A meghatározott funkcionális elvárások alapján módosítottam a végső termék mechanikus szerkezetét.

2.2 A co-creation koncepció innovációs hajtóereje a felsőoktatás és a vállalatok együttműködése során

Tézis 2: A Co-creation koncepció alkalmazása a felsőoktatásban, megnövelheti a hallgatók innovációs kapacitását, az innováció minőségét, valamint az eredmények lehetséges hasznosítását a vállalatok által.

Az egyre rövidülő termékéletciklusok és a gyors technológiai fejlődés a mai dinamikus környezet fő jellemzői, amelyek arra kényszerítik a vállalatokat, hogy termékeiket folyamatosan innoválják, ezzel fenntartva versenyképességüket. Azonban a magas kutatás-fejlesztési költségek és a korlátozott erőforrások arra ösztönzik a vállalatokat, hogy megváltoztassák termékeik fejlesztésének módját.

A vállalatok egyre inkább tudatában vannak annak, hogy belső, valamint külső tudással is rendelkezniük kell annak érdekében, hogy felgyorsítsák ezt a folyamatot (Huff et al., 2013). Ezért sokszor a közös értékteremtés (co-creation) irányába fordulnak az innovációs folyamatok során, és lehetővé teszik a tudás átáramlását a szervezeti

határokon kívül is, így kihasználva a belső tudást, amit a külső tudással ötvözve saját innovációs folyamatuk támogatására használják ki. Az ilyen módon létrejött co-creation folyamatot egy állandó visszacsatolás és együttműködés jellemzi a folyamatban résztvevők által. A közös tervezés, fejlesztés és megvalósítás során, új termékek, szolgáltatások, illetve szervezeti és stratégiai változások jöhetnek létre. Így az innovációt egy co-creation folyamatként lehet meghatározni a társadalmi és technológiai hálózatokon belül, amelyben a résztvevők integrálják erőforrásaikat annak érdekében, hogy közös értéket teremtsenek (Baldwin and von Hippel, 2011).

Az innováció alatt a változtatás folyamatát értjük, legyen az nagy vagy kis léptékű, radikális vagy inkrementális, termékeken, folyamatokon és szolgáltatásokon, amelyek eredményeként valami új jelenik meg a vállalat számára, valamint értéket ad a vásárlóknak. A korlátok, például a növekvő kutatási és fejlesztési költségek, az elégtelen erőforrások és a nem kielégítő szintű kompetenciák áthidalására a vállalatok kihelyezhetik az innovációs folyamatokat külső résztvevőkkel együttműködve, hogy

ötleteket vagy megoldásokat fejlesszenek ki konkrét, előre meghatározott problémákra. (O’Sullivan & Dooley, 2009).

A felsőoktatás és az ipar együttműködésében az ún. nyitott innováció (open innovation) az egyik legfontosabb eleme az innovációs teljesítmény növelésének. Az ilyen megközelítésű termékfejlesztési folyamat nagyszerű lehetőséget kínál a vállalatok számára, hogy értékes tudáshoz férjenek hozzá, több külső forrásból. A források lehetnek MKKV-k, egyének vagy felsőoktatási intézmények (Mortara et al., 2013). Az ilyen folyamatot kintről-befelé irányuló folyamatnak lehet tekinteni, ahol az új ötletek és technológiák külső partnerek által szerezhetők meg.

Az innovációs versenyek bevezetése lehetőséget nyújt a szakértők és kreatív gondolkodású egyének összekapcsolására úgynevezett önkéntesek tömeges bevonása (crowdsourcing) formájában. A vállalatok számára ez egy lehetőséget nyújt a külső tudás megszerzésére. A külső tudás egyéni vállalkozóktól, hallgatóktól, szakértőktől és MKKV-tól származhat, akik

megoldásokat hozhatnak létre egy adott meghirdetett versenyen belül, megfelelve bizonyos meghatározott kritériumoknak egy adott időkereten belül. Az innovációs versenyek mögötti logika az, hogy a tömeg kollektív intelligenciája jobb eredményekhez vezethet, mint egy egyéné, vagy kis csoporté (Mortara et al., 2013).

Az innovációs verseny megszervezése olyan esetben is indokolható, amikor nem egyértelmű, hogy milyen kompetenciák vagy akár milyen technikai megközelítés vezethet a legjobb megoldáshoz egy adott problémára. A hozzáállás igen hatékony lehet, ha a megoldandó probléma bonyolult vagy újszerű, illetve amikor kulcsfontosságú a kreativitás.

Annak érdekében, hogy az ilyen versenyek hatékonyságát növeljük, lehetséges olyan platformok bevezetése, melyek tudástárként és közvetítő platformként működnek, lehetővé téve a vállalatok számára, hogy elfogulatlan tudáshoz jussanak, és betekintést nyerjenek azokba az ötletekbe, illetve lehetőségekbe, amelyek a vállalatok számára más módon nem lennének elérhetőek.

Az ismertetett területen, kutatásom során annak lehetőségeit vizsgáltam, hogyan és mennyire lehet növelni az innovatív megoldások, illetve javaslatok mennyiségét és minőségét, valamint azt, hogyan lehet menedzselni a co-creation folyamatot. Emellett, kutatásomban kitértem arra is, hogyan lehet kihasználni a ilyen fejlesztési környezetben a nagyobb számú résztvevők bevonását a végső megoldások javítása érdekében.

2.2.1 Co-creation a felsőoktatásban – az innovációs kapacitás növelője

A kutatásom ebben az esetben része volt egy többéves közös együttműködésnek két felsőoktatási intézmény és egy KKV között. A KKV ebben az esetben gyerekeket szállító közlekedési eszközöket gyártott, kerékpárokkal vontatott pótkocsikat. Az együttműködés a termékfejlesztés kihelyezését célozta meg. A vállalat új ötleteket, illetve megoldásokat keresett a hallgatóktól, valamint a felsőoktatási intézmények szakembereitől. A co-creation folyamat, innovációs verseny formájában került meghirdetésre [4].

A vállalat négy versenyfeladatot mutatott be, a kompakt vonóhorog, a lopás elleni védelem, a világítás és a súlycsökkentés terén történő javításra. Az első két versenyfeladat a hallgatók számára került kihirdetésre, a másik kettőn pedig kiválasztott szakértői csapatok dolgoztak. A vállalat pénzügyi jutalmat kínált a legjobb koncepciómegoldásokért minden négy termékfejlesztési feladatra. A vállalat által a fő elvárás a műszakilag elméletileg megvalósítható megoldásjavaslat volt, mely eleget tesz a termék jellegéből adódó általános elvárásoknak (teherbírás, befoglaló méretek, mozgás, biztonsági előírások stb.). Összesen több mint 50 megoldásjavaslat készült el, amelyek közül körülbelül az 50% megvalósítható innovatív megoldás volt.

2.2.2 Közvetítő platformok – eszközök a fejlesztési folyamat minőségének növelésére

A közvetítő platformok bevezetésének alapötlete az, hogy ösztönözze a fejlesztési folyamatban való résztvevőket, rendszerint a hallgatókat és a fiatal kutatókat, hogy aktívan használják intellektuális lehetőségeiket minél több innovatív ötlet generálására. Munkám során egy

olyan kutatásban vettem részt, amelynek eredményeként egy olyan új platformstruktúra jött létre, amely három szegmensből állt, nevezetesen vállalatokból, felsőoktatási intézményekből és hallgatókból [5]. A platform struktúrájában a megoldáskeresők a vállalatok és a felsőoktatási intézmények, melyek konkrét feladatot javasolhatnak megoldásra, támogatást, szakértelmet és/vagy pénzügyi támogatást adva egy-egy érdekes ötlet/projekt/termék esetében. A hallgatók szerepe az, hogy megoldják a feladatokat egy adott kiíráson belül, véleményt mondjanak/szavazzanak a javaslatok tekintetében, ötletet/projektet/szolgáltatást, üzleti modellt vagy más tevékenységet javasoljanak.

Az innovációs folyamat hatékonyságának növelése érdekében a platform támogatja a többlépcsős fejlesztési folyamatot, amelyben az első körben egy nagy versenyző csoport vesz részt az ötletgenerálási fázisban. A további körökben, miután értékelik a benyújtott ötleteket, és kiválasztják a potenciálisan elfogadhatókat, korlátozott számú megoldó dolgozik az összes kiválasztott ötleten. Ezt addig ismétlik, amíg elfogadható fejlesztési

eredményt nem mutatnak be, általában koncepció vagy funkcionális prototípus formájában.

Ezzel lehetőség nyílik a megoldások finomítására a résztvevők által. Ez ahhoz vezet, hogy a végleges megoldás rendszerint sokkal jobb tulajdonságokkal rendelkezik, mint az eredeti javaslat.

2.2.3 A teljes fejlesztési folyamat kihelyezése co-creation formába az MKKV-k esetében

A bemutatott kutatásom ebben az esetben egy olyan vállalattal való együttműködés keretein belül zajlott, ahol annak lehetőségeit kutattuk, hogy lehetséges-e adott esetben a teljes fejlesztési folyamatot a co-creation formában megvalósítani. Ebben az esetben több párhuzamosan futó feladat került meghirdetésre, és valamennyi feladat részletes funkcionális elvárásokat tartalmazott, alátámasztva azt részletes műszaki dokumentációval [6]. A termék ebben az esetben egy multifunkcionális gyerekek szállítására alkalmas kocsi volt.

Ebben az esetben az elvárt megoldásnak funkcionális prototípus formájában kellett válaszolnia az adott feladatra. A feladatok a vállalat által gyártott termék alszerelvényeinek továbbfejlesztett változatai voltak. Az első feladat a kocsi „támaszkerekének” felszerelésével-rögzítésével foglalkozott, míg a második a tolókar felszerelésével-rögzítésével foglalkozott. A harmadik feladat a kerékagy módosítását célozta meg, míg a negyedik a vonórúd vonóhorogra való kapcsolását-rögzítésére kereste a választ. A kutatási eredmények azt mutatták, hogy ez a megközelítés olyan módosított prototípusokhoz vezetett, amelyek a terméket összességében javították. Néhány javasolt megoldást be lehetett építeni a valós termékbe, illetve azok később bekerültek a sorozatgyártásba.

2.3 Együttműködés a felsőoktatás és az ipar között az Ipar 4.0 kontextusban

Tézis 3: A felsőoktatásban zajló projektek eredményei sikeresen beépíthetők a lehetséges ipari alkalmazásokba, valamint növelhetik az Ipar 4.0 befogadását az MKKV-k esetében.

A felsőoktatási intézmények és az ipar együttműködése a termékfejlesztés területén az Ipar 4.0 keretében számos elemet tartalmaz. Többek között az Ipar 4.0 különböző kompetenciákkal rendelkező szakembert igényel a robotika, mesterséges intelligencia, adatkezelés és korszerű gyártás területein. Az oktatási intézmények együttműködhetnek az iparral olyan multidiszciplináris, illetve interdiszciplináris programok kidolgozásában, amelyekkel a hallgatók a gyorsan változó környezetben való sikeres szerepléshez szükséges tudást és kompetenciákat szerezhethetnek.

Az oktatási intézmények gyakran a legújabb kutatások központjai, lehetővé téve az akadémiai kutatások gyakorlati alkalmazásba történő átültetését. Az ipari

partnerekkel való együttműködés lehetővé teszi az intellektuális tulajdon átadását a piacra.

Az felsőoktatási intézmények nélkülözhetetlen szerepet játszanak az vállalkozói szellem és innováció ösztönzésében. Inkubátorokkal, tudományos parkokkal és vállalkozói programokkal támogatják a hallgatókat, illetve a fiatal vállalkozókat, új vállalkozások létrehozásában, amelyek az Ipar 4.0 elveit követik. Az iparral való partnerség lehetőséget biztosít a kezdő vállalkozások mentorálására, finanszírozására és piaci beilleszkedésére.

Az Ipar 4.0 technológiai változásának tempója folyamatos munkaerő-fejlesztést és átképzést tesz szükségessé. A felsőoktatás együttműködhet az iparral, hogy olyan szakmai fejlesztési programokat kínáljon, amelyek az egyes vállalatok igényeihez igazodnak.

Összességében a felsőoktatási intézmények és az ipar együttműködése a termékfejlesztés terén az Ipar 4.0 kontextusában létfontosságú az innováció elősegítése, a gazdasági növekedés ösztönzése és a munkaerő

felkészítése tekintetében. Az felsőoktatás és az ipar egymás erőforrásainak és erősségeinek kihasználása szimbiotikus kapcsolatot teremthet, ami felgyorsíthatja a technológiai fejlődés és a társadalmi előrehaladás ütemét.

Az ismertetett területen, kutatásom során annak lehetőségeit vizsgáltam, milyen formában lehet a hallgatók bevonásával megoldott termékfejlesztési feladatokat, illetve az oktatók által készített projekteredményeket beépíteni lehetséges ipari alkalmazásokba. Emellett vizsgáltam annak lehetőségeit és korlátait is, hogy az MKKV-k és a felsőoktatási intézmények együttműködése lehetőséget teremtsen az Ipar 4.0 elveinek befogadására, illetve alkalmazására.

2.3.1 Hallgatói projekteredmények felhasználása ipari alkalmazásokban

Az Ipar 4.0 egyik jelentős alkalmazása a karbantartás területén az kiterjesztett valóság (KV) alkalmazása. A KV olyan technológia, amely virtuális objektumokat helyez el a valóságban, lehetővé téve ebben az esetben a karbantartási személyzet számára, hogy valós időben vizualizálja és interakcióba lépjen a virtuális

objektumokkal. Az KV-alapú karbantartási rendszer előnyei számosak. Először is, csökkentik a karbantartási feladatok elvégzéséhez szükséges időt, ami javítja az eszközök rendelkezésre állását és csökkenti a leállási időt. Másodszor, növelik a karbantartási munka minőségét, valós idejű utasításokat biztosítva és csökkentve az emberi hibákat. Harmadszor, csökkentik a balesetek kockázatát, távoli segítséget nyújtva a karbantartási személyzetnek veszélyes környezetekben. Negyedszer, javítják a karbantartási személyzet tudásszintjét (Garcia et al., 2021, Konstantinidis et al., 2020).

A bemutatott kutatásom során, részt vettem egy alkalmazás kifejlesztésében annak érdekében, hogy bemutatásra kerüljön a javasolt KV rendszer hatékonysága egy „telepresence” rendszer alkalmazásba való beépítésével [7]. A kutatás eredményei jelentősen befolyásolhatják az ipari karbantartási rendszerek fejlesztését, ami nagymértékben javíthatja a KV és a „telepresence” technológiák felhasználásával történő karbantartási feladatok minőségét és hatékonyságát. A KV alapú „telepresence” eszköz, amely egy a hallgatók

által készített projekt részeként került kifejlesztésre, további fejlesztésen esett át, valamint tesztelve lett a karbantartási folyamatok távoli ellenőrzése és az alkatrészek automatikus azonosítása tekintetében.

2.3.2 Oktatók által létrehozott eredmények alkalmazása ipari környezetben

Az adott területen a kutatásom célja az volt, hogy bevezetésre és vizsgálatra kerüljön egy olyan módszertan és elemek, amelyek sikeres felügyeletet eredményeznek a szerelési folyamatok során, vezeték nélküli technológiával. A fő cél az volt, hogy kifejlesztésre kerüljön egy általánosan testre szabható felügyeleti modell, amely megfelel a szerelési rendszerek követelményeinek, és beépítse a vezeték nélküli érzékelőhálózat technológiát a szerelési folyamatok kezeléséhez, azaz a helymeghatározási problémák megoldásához a szerelési folyamatok során (McFarlane et al., 2013, Wollschlaeger et al., 2017). Egy ilyen modell kifejlesztése érdekében szükséges volt néhány részfeladat teljesítése, nevezetesen a felügyeleti folyamat szükséges technológiájának és felszerelésének azonosítása, a

használhatóság, azaz a vezeték nélküli technológia alkalmazási határainak meghatározása. Emellett a felügyeleti algoritmusokat is meg kellett határozni, és az általános felügyeleti modellszerkezetet módosítani kellett annak érdekében, hogy megfelelően reagáljon a szerelési folyamatok kezelésének specifikus követelményeinek. Továbbá meghatározásra kerültek az átalakított általános irányítórendszer azonosított elemeinek jellemzői, valamint létrejöttek a rendszer elemei közötti kapcsolatok. A kutatási eredmények általános megoldást mutattak be a szerelési folyamat felügyeletének problémájára, amely szerelési rendszerben alkalmazható, függetlenül a rendszer méretétől és alakjától [8].

2.3.3 Ipar 4.0 befogadási szintjének növelése az MKKV-k által

Kutatásaim során többször találkoztam olyan problémákkal, melyek során az Ipar 4.0 elveinek megvalósítására irányuló megoldásokat kellett kifejleszteni és elfogadtatni olyan MKKV-k esetében, amelyek nem voltak tisztában a koncepció lehetséges előnyeivel. A folytatásban két eset kerül bemutatásra.

Az első esetben a cél két csoport elektromos motor egyidejű irányításának megoldása volt annak érdekében, hogy bemutatásra kerüljenek az új technológiák által nyújtott lehetőségek [9]. A csoportok három-három motort tartalmaztak. Az irányítás alapvető célja az volt, hogy a motorok szinkronizált és vonzó mozgását érjenek el, figyelembe véve a motorok tulajdonságait a pozíció, a sebesség és az gyorsulás tekintetében. Az elektromos motorokat előre meghatározott funkciók irányították. Az esettanulmány eredménye azt mutatta, hogy a bemutatott mechatronikai rendszer megfelelően működhet a megadott szerkezettel, ami jó kiindulási pont a bonyolultabb mechatronikai rendszerek tervezése felé.

A második esetben a cél az volt, hogy egy mikro vállalat részére egy olyan technológiai megoldás kerüljön kifejlesztésre, amely a vállalat addigi kézműves technológiai szintjét, egy robotizált megoldással váltsa ki [10]. A fejlesztést úgy kellett megvalósítani, hogy az a vállalat vezetősége számára érthető és elfogadható legyen. Az eredmény egy az Ipar 4.0 elvein alapuló érmék

polírozására alkalmas automatizált rendszer
megvalósítása volt.

3 A kutatás és a bemutatott eredmények hatása, visszhangja

A bemutatott kutatásaim eredményeit konferenciákon, workshopokon és folyóiratokban egyaránt bemutattam, illetve publikáltam. a publikált eredményekre összesen 39 független hivatkozás található az MTMT adatbázisában. A hivatkozó publikációk között hazai és nemzetközi publikációk is találhatók.

Tekintettel a kutatás témakörére, a hivatkozó kutatások több különböző témát érintenek, melyekből hármat lehet kiemelni, habár nem lehet őket teljesen elkülöníteni, mivel számos összefonódás található közöttük.

Az első témakör az oktatók mentorálásával, illetve a hallgatók által fejlesztett termékeket vizsgálja különböző projekteken át. Ehhez csoportosíthatók azok a kutatások is melyek a co-creation folyamatok optimalizálását vizsgálják a felsőoktatásban, illetve amelyek a hallgatók különböző képességeit vizsgálják a digitalizáció fejlődésének függvényében.

A második témakör a robotrendszerek, illetve a programozható meghajtók irányítását mutatja be, különböző megközelítéssel, ahová csatolhatók azok a kutatások melyek a szerelési technológiák felügyeletét vizsgálják.

A harmadik témakör magát az Ipar 4.0 vonzatait vizsgálja több szegmensben. Közülük ki lehet emelni a szükséges informatikai háttérrel, a dolgok internetét az iparban és a mindennapi életben, az Ipar 4.0-a kapcsolatát a virtuális- és kiterjesztett valósággal, a korszerű érzékelőket, eszközöket és alkalmazásokat, illetve az Ipar 5.0 perspektíváit.

4 Irodalmi hivatkozások listája

Baldwin, C., and von Hippel, E., „Modeling a Paradigm Shift: From Producer Innovation to User and Open Collaborative Innovation,” *Organization Science*, vol. 22, no. 6, pp. 1399–1417, 2011.

García, J.R.R., Martinetti, A., Becker, J.M.J., Singh, S. and van Dongen, L.A., „Towards an industry 4.0-based maintenance approach in the manufacturing processes,” *In Research Anthology on Cross-Industry Challenges of Industry 4.0*, IGI Global: Hershey, PA, USA, pp. 1219–1243, 2021.

Gorecky, D., Schmitt, M. and Loskyll, M., „Mensch-MachineInteraktion im Industrie 4.0-Zeitalter,” In Bauernhansl, T., Hompel, M. and Vogel-Heuser B. (eds.), *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung un Logistik*, Springer Vieweg, Wiesbaden, 2014.

Hermann, M., Pentek, T. and Otto, B., „Design principles for Industrie 4.0 Scenarios,” *49th Hawaii International conference on system sciences*, 2016, pp. 3928-3937.

Huff, A. S., Möslin, K. M., and Reichwald, R., „Leading Open Innovation,” MIT Press Scholarship Online, 2013.

Konstantinidis, F.K., Kansizoglou, I., Santavas, N., Mouroutsos, S.G. and Gasteratos, A., „MARMA: A Mobile Augmented Reality Maintenance Assistant for Fast-Track Repair Procedures in the Context of Industry 4.0,” *Machines*, vol 8, no. 4, p. 15, 2020.

Magrab, E.B., Gupta, S.K., McCluskey, F.P. and Sandborn P.A., „Integrated Product and Process Design and Development: The Product Realization Process,” 2nd edition, CRC Press, 2009.

McFarlane, D., Giannikas, V., Wong, A.C. and Harrison, M., „Product intelligence in industrial control: Theory and practice,” *Annual Reviews in Control*, vol. 37, no. 1, pp. 69–88, 2013.

Moon, H. S., Kim, J. K. and Ryu, Y. U., “A Sequence-based Filtering Method for Exhibition Booth Visit Recommendations,” *International Journal of Information Management*, vol. 33, no. 4, pp. 620-626, 2013.

Mortara, L., Ford, S.J. and Jaeger, M., „Idea Competitions under scrutiny: Acquisition, intelligence or public relations mechanism?,” *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 80, no. 8, pp. 1563-1578, 2013.

O’Sullivan, D., and Dooley, L., „Applying Innovation,” SAGE Publications, Inc., 2009.

Pine, B.J., „Mass Customization: The New Frontier in Business Competition,” Harvard Business School Press, Boston, MA, 1993.

Simon, J., „Concepts of the Internet of Things from the Aspect of the Autonomous Mobile Robots,” *Interdisciplinary Description of Complex Systems*, vol.13, no.1, pp. 34-40, 2015.

Schlick, J., Stephan, P., Loskyll, M. and Lappe, D., „Industrie 4.0 in der praktischen Anwendung,” In Bauernhansl, T., Hompel, M. and Vogel-Heuser B. (eds.), *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung un Logistik*, Springer Vieweg, Wiesbaden, 2014.

Su, J.H., Cai, X.H., Lee, C.S. and Chen, C.W., „The development of a half-size micromouse and its

application in mobile robot education,” in *Proceedings of 2016 International Conference on Advanced Robotics and Intelligent Systems*, Taipei, Taiwan, 2016, pp. 1-6, doi: 10.1109/ARIS.2016.7886611.

Ulrich, K., Eppinger, S. and Yang, M.C., „Product Design and Development 7th Edition,” McGraw-Hill Education, 2020.

Wen, M., Yang, C., Tsai, M., and Kang, S., „Teleyes: A telepresence system based on stereoscopic vision and head motion tracking,” *Automation in Construction*, vol. 89, pp. 199-213, 2018.

Wollschlaeger, M., Sauter, T. and Jasperneite, J., „The Future of Industrial Communication: Automation Networks in the Era of the Internet of Things and Industry 4.0," *IEEE Industrial Electronics Magazine*, vol. 11, no. 1, pp. 17-27, 2017.

5 A tézispontokhoz kapcsolódó tudományos közlemények

- [1] Fürstner, I. and Gogolak, L., „Presentation of the Developed Mechatronic Devices for Exhibition Purposes,” *International Journal of Electrical and Computer Engineering Systems*, vol. 6, no. 1, pp. 23-28, 2015.
- [2] Fürstner, I., Gogolak, L. and Sarcevic, P., „Development of telepresence technology during the teaching process at Subotica Tech,” *Journal of Applied Technical and Educational Sciences*, vol. 8, no. 4, pp. 44-53, 2018.
- [3] Gogolak, L., Fürstner, I., „Improvement proposals in student projects for prototype technical documentation,” *In: Subotica Tech – College of Applied Sciences (ed.) 4th International Conference and Workshop Mechatronics in Practice and Education – MECHEDU 2017*, Subotica, Serbia, 2017, pp. 61-66.
- [4] Orcik, A., Anisic, Z., Fürstner, I., Suzic, N. and Sremcev, N., „Co-creation in Product Development –

- Sutdents in an Innovation Contest,” *Proceedings of the 2013 International Conference on Technology Transfer*, Nis, Serbia, 2013, pp. 259-264.
- [5] Anisic, Z., Fürstner, I., Orcik, A. and Nadj, A., „Some Results in Implementation of iDEA Lab Co - Creation Platform,” *In: Dudic, S (ed.) Proceedings of the 16th International Scientific Conference on INDUSTRIAL SYSTEMS – IS '14*, Novi Sad, Serbia, 2014, pp. 303-308.
- [6] Anisic, Z., Fürstner, I., Nadj, A., Medic, N. and Retfalvi, A., „Improved 3D printed prototype of wheel hub as a result of student’s creative work through the idealab platform,” *Machine Design*, vol. 8, no. 3, pp. 97-102, 2016.
- [7] Simon, J., Gogolák, L., Sárosi, J. and Fürstner, I., „Augmented Reality Based Distant Maintenance Approach,” *Actuators*, vol. 12, no. 7, p. 15, 2023.
- [8] Fürstner, I. and Gogolák, L., „Synchronizing the Motion of Multiple Electric Motors - New Possibilities for Smart Motion Control,” *In: Szakál, A (ed.) 2016 IEEE 14th International Symposium on Intelligent*

Systems and Informatics, Subotica, Serbia, 2016, pp. 105-110.

- [9] Gogolák, L. and Fürstner, I., „Wireless Sensor Network Aided Assembly Line Monitoring According to Expectations of Industry 4.0,” *Applied Sciences*, vol. 11, no. 1, 25, 2021.
- [10] Pletikoszity, Á., Fürstner, I. and Gogolák, L. „Industry 4.0 and Rami Model Based Art in Microindustry for Polishing Application,” *In: Anna Kovács, Tünde; Nyikes, Zoltán; Fürstner, Igor (eds.) Security-Related Advanced Technologies in Critical Infrastructure Protection: Theoretical and Practical Approach*, Heidelberg, Germany, Springer Netherlands, 2022, pp. 331-340.

6 További tudományos közlemények

A fejezetben csak azok a folyóiratokban publikált tudományos közlemények kerülnek felsorolásra, melyek jegyezve vannak a Scopus vagy Web of Science, illetve az MTA IX. adatbázisokban.

- [11] Čović, Z., Rajnai, Z. And Füstner, I., „Secure data utilization from photovoltaic systems for optimization purposes,“ *Biztonságtudományi szemle*, vol. 6, no. 1 pp. 65-77, 2024.
- [12] Sánta, R. and Füstner, I., „Investigation of the Pressure Drop in the Shell Side of the Evaporator,“ *Acta Polytechnica Hungarica*, vol. 19, no. 9, pp. 239-249, 2022.
- [13] Sánta, R., Garbai, L. and Füstner, I., „Numerical investigation of the heat pump system,“ *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, vol. 130, no. 2, pp. 1133-1144, 2017.
- [14] Sánta, R., Garbai, L. and Füstner, I., „Optimization of heat pump system,“ *Energy*, vol. 89, pp. 45-54, 2015.

- [15] Fürstner, I and Nađ, A., „Improving Tourism Package Configuration in Web Environment,“ *International Journal of Industrial Engineering and Management*, vol. 3, no. 4, pp. 195-203, 2012.
- [16] Fürstner, I., Anišić, Z. and Takács, M., „Product Configurator Self-Adapting to Different Levels of Customer Knowledge,“ *Acta Polytechnica Hungarica*, vol. 9, no. 4, pp. 129-150, 2012.
- [17] Fürstner, I., Anišić, Z. and Ćosić, I., „Overview of Current Research Results of Mass Customization,“ *Advances in Production Engineering & Management*, vol. 4, no. 1, pp. 47-58, 2009.