

## Karbantartás és egyetem-ipar együttműködés<sup>1</sup>

2026. Április.

### TARTALOM

<b>Bevezetés</b>	<b>1</b>
<b>Intelligens prediktív karbantartás</b>	<b>3</b>
<b>Kína esete</b>	<b>4</b>
<b>Egyetem-ipar integráció Kínában</b>	<b>5</b>
<b>A karbantartás helye az egyetem-ipar integrációs ökoszisztémában</b>	<b>5</b>
<b>Ágazati példák</b>	<b>6</b>
A nagysebességű vasutak példája	6
Az elektromos közúti járművek példája	8
A pénzügyi szektor példája	11
<b>Konklúzió</b>	<b>12</b>
<b>Hivatkozások</b>	<b>14</b>

## Bevezetés

A komplex technológiák alkalmazására épülő modern társadalmak problémavilágát elemzők gyakran szembe állítanak egymással két alapvető funkciót: az innovációt (*innovation*) és a folyamatos működtetést (*maintenance*). Technológiai kontextusban az utóbbit általában a *karbantartás* szóval fordítjuk magyarra, noha a két szó jelentése nem teljesen fedi egymást. A karbantartás szót a magyar nyelvben sokkal ritkábban használjuk tágabb, metaforikus értelemben (pl. „egy kapcsolat karbantartása”) így egy magyar ember számára meglepő lehet, hogy e szónak, és az általa jelzett tartalomnak milyen mély filozofikus jelentése lehet. Nem véletlen, hogy *Robert M. Pirsig* amerikai írónak a hetvenes években megjelent híres könyve címében („*Zen and the Art of Motorcycle Maintenance*”) nem a „karbantartás”, hanem az

---

<sup>1</sup> E tanulmány – és az ennek tartalmát ismertető előadás – a magyar kormány támogatásával zajló “*University–Industry Integration Policies and Practices in China – Potential Applications in Hungary*” c. kutatási program (<https://wsne.hu/en/about-us/uii-research>) keretei között készült. A kutatási program a *Wekerle Sándor Nemzetközi Egyetemen* (WSNE) folyik, együttműködésben a *Mathias Corvinus Collegium Tanuláskutató Intézetével* (MCCTI). A szerzők a kutatási program szakmai vezetője és kutatási asszisztense.

„ápolás” szó jelenik meg.<sup>2</sup> Pedig e mű, melyet egy magyarországi terjesztője „az elmúlt fél évszázad egyik legfontosabb és legnagyobb hatású könyveként” mutat be, és amelyről azt állítja, hogy „egyetemisták, értelmiségiek ’bibliája’, vezérlő kalauza, a legkülönfélébb irodalomkedvelők emlékezetes olvasmánya” volt,<sup>3</sup> nem másról szól, mint a karbantartásról.

Az innováció általában nemcsak jóval nagyobb közfigyelmet figyelmet kap, mint a karbantartás. Az utóbbi – leszámítva azokat az eseteket vagy időszakokat, amikor valamilyen jelentősebb rendszer összeomlik és ebből komoly károk keletkeznek – jóval magasabb társadalmi elismerésben is részesül. A folyamatos működtetés vagy karbantartás funkcióját gyakran együtt említik a hibajavítás vagy helyrehozás (*repair*) fogalmával, azaz a piacra bevezethető új terméket létrehozó innovációt azzal funkcióval állítják szembe, melyet a karbantartás és a hibajavítás együtt fejez ki pontosan. Nagyszerűsége, sokat idézett esszéjében érzékletesen ír erről a téma egyik ismert kutatója:

„Első pillantásra semmi sem tűnhet távolabb egymástól, mint az innováció és a javítás látszólag különálló kérdései. Az innováció, a domináns kódolásban, először jön létre: a technológiai lánc elején, a kvázi-mitikus keletkezés pillanataiban, egy garázsból lett vállalati mérnökökből álló teremtmény, akik piackutatás és felhasználói élmény műveletek előnyeivel vagy anélkül működnek. A javítás később történik, amikor a képernyők és a gombok meghibásodnak, a firmware megsérül, és az iPhone-t visszazállítják oda, ahonnan az iPhone születik” (Steven, 2014).

A minket körülvevő és a mindennapi életünket meghatározó technológiai rendszerek bonyolultabbá válása és a bennük keletkező zavarok okozta lehetséges károk mértékének növekedése sok gondolkodót indított arra, hogy megpróbálják a figyelmet az innováció felől a működtetés, és karbantartás (vagy éppen javítás) felé fordítani és egyúttal megpróbáljanak nagyobb társadalmi elismerést is kiharcolni azok iránt, akik ezt a munkát végzik. Ebben megerősítést kapnak azoktól a komplex technológiai rendszereket működtető szervezetektől (vállalatok vagy éppen közhatóságok), melyek értelemszerűen növelik azokat az erőfeszítéseiket, melyek célja az általuk működtetett rendszerek megbízható működésének biztosítása. Teszik ezt részben piaci megfontolásokból – a könnyen elromló és karbantartással nem támogatott rendszerek eladhatatlanná válnak –, részben azért, mert a regulációs hatóságok rákényszerítik őket erre.

A karbantartás problémavilágának előtérbe kerülése a fejlett nyugati világban ma már a filozófiai szintű reflexió szintjén jelenik meg. Ezt illusztrálja két európai kutató nemrég megjelent „*Karbantartás és technológia-filozófia*” című tanulmánykötete, melynek bevezetőjében részletesen elemzik, mi lehet az oka annak, hogy bár „az egyik legalapvetőbb és legátfogóbb mód, ahogyan az emberek a technológiákhoz viszonyulnak” a karbantartás és a javítás, a technológiafilozófia hosszú időn keresztül elhanyagolta ezt a perspektívát, és azt feltételezte, hogy „mindaz, amit a technológiákkal kapcsolatban érdemes megvizsgálni, azzal függ össze, hogyan készülnek, és hogyan használják őket” (Young & Coeckelbergh, 2024).

Az egyik terület, melyet e nagy horderejű hangsúlyeltolódás szempontjából eddig kevésbé vizsgáltak, és amelyet érdemes alaposabban szemügyre venni, az akadémiai és ipari/gazdasági szervezetek együttműködése, azaz – ahogyan a leggyakrabban nevezzük – az egyetem-ipar együttműködés (*university-industry cooperation - UIC*). Kérdés, vajon a hangsúlyeltolódás az új termékek piacra történő bevezetését célzó innováció felől a meglévő rendszerek folyamatos

---

<sup>2</sup> Robert M. Pirsig: A zen meg a motorkerékpár-ápolás művészete. Európa. Budapest. 1998.

<sup>3</sup> Moly (<https://moly.hu/konyvek/robert-m-pirsig-a-zen-meg-a-motorkerekpar-apolas-muveszete>).

és megbízható működését garantáló karbantartás felé, hogyan érinti az egyetemek és az ipar kapcsolatát (UIC), és mindez hogyan tükröződik vissza – vagy hogyan kellene visszatükröződnie – a UIC-t támogató szakpolitikákban és intézményi stratégiákban.

A UIC-vel foglalkozó kutatások döntő többsége az innováció problémakörére fókuszál. E problématerület kutatóit leggyakrabban az érdekli, vajon az egyetemeken keletkező tudás hogyan válik piacon értékesíthető termékekké, ezáltal erősítve nemcsak egy-egy nemzetgazdaság, gazdasági szektor vagy egy-egy vállalat versenyképességét, hanem egyúttal bevételi forrást is teremtve az egyetemek számára. Jóval kevesebben vannak, akiket az foglalkoztat, vajon az egyetemek hogyan járulhatnak hozzá a vállalatok (vagy éppen közintézmények) megbízható mindennapos működéséhez, azaz karbantartó vagy hibajavító képességeik erősítéséhez.

Érdeemes hangsúlyozni: bár az új termékek megteremtését célzó, leggyakrabban kutatásra épülő innováció és a meglévő rendszerek megbízható működését szolgáló karbantartás (vagy meghibásodás/összeomlás esetén javítás) szembeállítását segítheti a gondolkodásunkat, ez a szembeállítás a valóságban gyakran nem életszerű. A komplex technológiai vagy társadalmi rendszerek meghibásodásának/összeomlásának megelőzése és a bekövetkezett baj elhárítása gyakran olyan bonyolult eszközöket és tudást igényel, melynek megteremtésében a kutatásnak – adott esetben alapkutatásoknak is – éppolyan nagy szerepe lehet, mint az új piaci termékeket teremtő klasszikus innovációban. Ezeknek az eszközöknek a megteremtése gyakran maga is innovációs folyamatnak tekinthető, és nem egyszer ezek maguk is új piaci terméként jelennek meg a piacon, melyeket a bonyolult rendszereket működtető szervezetek külső beszállítóktól vásárolhatnak meg. A karbantartással foglalkozó szakirodalom a meghibásodások javítását is gyakran karbantartásként kezeli, megkülönböztetve a preventív és korrektív karbantartást (Benhanifia et al., 2025).

E tanulmány fő állítása, hogy az egyetem-ipar együttműködés nemcsak az innovációt szolgálja, hanem kulcsszerepet játszik a komplex technológiai és társadalmi rendszerek működtetéséhez szükséges karbantartási képességek kialakításában és fenntartásában, különösen a következő részben bemutatott *intelligens prediktív karbantartás* területén. Ennek az állításnak alátámasztására egy olyan ország (Kína) példáját használjuk, ahol a UIC különösen fejlett gyakorlata alakult ki. A tanulmány egyúttal javasolja a karbantartás fogalmának kiterjesztését nem-műszaki rendszerekre.

## Intelligens prediktív karbantartás

A technológiafilozófiának a karbantartás problémavilágával foglalkozó képviselői gyakran hangsúlyozzák e tevékenység *láthatatlanságát* (Young & Coeckelbergh, 2024). A legtöbben a termelési tevékenységre fókuszálják a figyelmüket, és kevesen vannak tudatában annak, hogy a biztonságos működés fenntartását biztosító karbantartás milyen jelentős hatással van a költségekre és ezen keresztül általában a vállalatok, egyes ágazatok és egész nemzetgazdaságok versenyképességére. Egy gyakran idézett, a témával foglalkozó tanulmány szerint például az olaj- és gáziparban a karbantartási kiadások a teljes termelési költség 15–70%-át teszik ki, adatközpontok leállása miatt pedig a szervezetek átlagosan óránként 138 000 dollárt veszítenek (Zhu et al., 2019).

A meghibásodások vagy rendszerösszeomlások okozta károk mérséklésének és a karbantartási-üzemeltetési költségek csökkentésének egyik növekvő érdeklődést keltő formája az a preventív megközelítés, melyet *intelligens prediktív karbantartásnak* (IPK) neveznek. A bonyolult

rendszerek (pl. közlekedésbiztonsági, energetikai, informatikai vagy pénzügyi rendszerek) karbantartására egyre inkább jellemző, hogy folyamatosan keletkező, nagymennyiségű adat elemzésével és mesterséges intelligencia alkalmazásával, valószínűségi alapon becsülik meg hibák (pl. anyagok elöregedése vagy mozgó felületek érintkezése nyomán keletkező meghibásodás) lehetséges bekövetkezését és ennek nyomán végeznek el karbantartási beavatkozásokat. E megközelítés úgy is leírható, mint annak a folyamatnak egy újabb állomása, amely a reaktív (azaz meghibásodásokra reagáló) karbantartástól a megelőző (azaz a normális működésbe szisztematikus módon beépített) karbantartáshoz vezet, és ez utóbbinak egy fejlettebb, szofisztikáltabb, minőségileg új formáját jelenti.

Az elmúlt évtizedben a technológia fejlődése és a tág értelemben vett ipari/gazdasági folyamatok összetettebbé válása és digitalizálódása nyomán (*intelligent manufacturing; smart infrastructure systems, intelligent socio-technological systems, digital infrastructure ecosystems*) az intelligens prediktív karbantartás iránti érdeklődés látványosan megnőtt (Benhanifia et al., 2025). Az IPK rendszerek megalkotása, folyamatos működtetése és fejlesztése rendkívül összetett kutatási és képességfejlesztési feladatokat igényel. A területről való jelenlegi tudásunk és az ezzel foglalkozó szakirodalom alapján (lásd pl. Achouch et al., 2022; Zhu et al., 2025) valószínűleg nem túlzás kijelenteni, hogy az IPK olyan önálló diszciplináris és szakmai területté vált, amely speciális kutatási és képzési infrastruktúra felépítését teszi szükségessé. Ennek megteremtése és működtetése az ipari-gazdasági szféra számára szükségessé teszi egyetemi/akadémiai erőforrások bevonását, és optimális módon csak egyetem-ipar együttműködésben oldható meg.

Amint azt a továbbiakban is hangsúlyozzuk, az ipari-gazdasági szféra önmagában, az egyetemek kapacitásainak használata nélkül nem képes eredményesen elmozdulni a intelligens prediktív karbantartás felé, és az akadémiai szféra sem képes e területen a gyakorlat számára releváns kutatási és képzési eredményeket produkálni az ipari-gazdasági és kapcsolódó társadalmi-szervezeti folyamatokba történő közvetlen bekapcsolódása nélkül.

## Kína esete

Annak elemzését, hogy az egyetem-ipar kapcsolatok miképpen járulhatnak hozzá a karbantartás világának fejlődéséhez, jelentősen segítheti más országok ehhez kapcsolódó tapasztalatainak tanulmányozása. A tapasztalatok azt mutatják, hogy ha e kapcsolatokban megnő a képességfejlesztéssel (*skills development*) vagy képzéssel összefüggő elemek súlya, ez pozitív hatással lehet a karbantartással összefüggő kapcsolatokra irányuló figyelem növekedésére. Míg a kutatás- és innováció-orientált UIC leggyakrabban új termékek megteremtésére fókuszál, a képzés-orientált UIC fókuszában erőteljesebben jelenik meg a létező rendszerek működtetésének perspektívája. Az egyetemektől a gazdasági szervezetek elsősorban a létező rendszerek megbízható működésének biztosítására képes munkaerő képzést várják, és csak kisebb mértékben olyanok képzését, akiknek fő feladata piacra dobható új termékek megalkotása. A korábbiakkal összehangban érdemes ehhez hozzátenni: ennek a munkaerőnek a képzése éppúgy megkívánja a kreativitás, a kezdeményezőkézség és más magas szintű transzverzális kompetenciák fejlesztését, mint az új termékek kifejlesztésére specializálódó munkaerőé (gondoljunk akár a különösen bonyolult informatikai, közlekedés vagy energetikai rendszerek preventív/prediktív karbantartásával és hibaelhárításával foglalkozó szakemberekre, akár azokra, akik városok működtetésével vagy biológiai ökoszisztémák fenntarthatóságának biztosításával foglalkoznak).

A külföldi modellek közt érdemes külön figyelmet szentelni annak az országnak a példájára, ahol a képességfejlesztésre fókuszáló egyetem-ipar együttműködés támogatásának és elmélyítésének talán legmagasabb szintjével találkozhatunk: ez az ország Kína. Azok a kutatások, melyek az egyetem-ipar integráció kínai szakpolitikájának és intézményi gyakorlatának feltárására irányulnak<sup>4</sup> meggyőzően igazolják, hogy a karbantartással és hibaelhárítással foglalkozó elemek nagy súllyal jelennek meg azokban a képzési programokban, melyeket az egyetemek vállalatokkal szorosan együttműködve valósítanak meg. Ennek hátterében az áll, hogy a meglévő, gyakran szofisztikált technológiára épülő és rendkívül komplex technológiai rendszereket működtető, azokat folyamatosan karbantartó, és működési zavarait elhárító vállalati szakemberek mélyen beépültek az egyetemi oktatás világának lényegében minden elemébe. Ez azzal jár, hogy a részvételükkel történik a képzési követelményeknek és a tanítás tartalmának meghatározása, a tanulási környezetek kialakítása csakúgy, mint a megszerzett kompetenciák értékelése. Így a képzés minden szintjében erősen megjelenik a működtetés mindennapjainak problémavilága, amiben nagyobb súllyal van jelen a karbantartás és hibaelhárítás, mint az új megoldások megalkotása.

## Egyetem-ipar integráció Kínában

Annak a kutatási programnak köszönhetően, melynek keretében ez az elemzés készült, egyre mélyebben beleláthatunk az egyetemek és az ipar közötti együttműködés kínai szakpolitikájába és gyakorlatába (Huang & Halasz, 2024; Halász-Huang, 2025a; 2025b). E szakpolitika és az ennek nyomán tömegessé és általánossá vált intézményi gyakorlat nyomán Kínában az egyetemi-akadémiai és az ipari-gazdasági szféra rendkívül erős *fúziója* zajlik, melynek hatására mind az egyetemek, mind a gazdasági szervezetek működésében radikális változások bontakoznak ki. E folyamat nyomán az egyetemi és az ipari-gazdasági szféra közötti határvonalak sok esetben rendkívüli módon elmosódnak. Ebben az országban már nem egyetem-ipar *kapcsolatról* vagy *partnerségről* kell beszélnünk, hanem a két szféra *integrálódásáról* (a kapcsolódó szakpolitikai és gyakorlat szinte kizárólag ezt a fogalmat használja). Az egyetem-ipar integráció (*university-industry integration* - UII) magas szinten intézményesült: olyan új intézményi-szervezeti, tulajdonosi, finanszírozási modellek sokasága jött léte, melyek nagymértékben illeszkednek a sajátos ágazati és földrajzi, igazgatási kontextushoz.

Ez az integrációs folyamat különösen előrehaladott a legfejlettebb technológiát alkalmazó, és a digitalizálódás tekintetében leginkább élen járó szektorokban. Ez nemcsak a klasszikus ipari-gyártási szektorokra jellemző, hanem a szolgáltatások lényegében minden területére, beleértve olyan területeket is, mint a városgazdálkodás, a turizmus, az egészségügy, a pénzügyek, a médiakommunikáció vagy éppen a kulturális ipar egésze.

## A karbantartás helye az egyetem-ipar integrációs ökoszisztémában

Noha a karbantartásról való gondolkodásnak az a fajta filozófiai vonulata, amit korábban Young és Coeckelbergh tanulmánykötetére hivatkozva említettünk, Kínában közvetlen és látható módon még kevéssé jelent még, létezik egy olyan gondolkodási irány, amely a technológia problémavilágát sokkal inkább a folytonosság, a fenntarthatóság, a rend, az infrastruktúrák mindennapos működtetése és a technológia civilizációs beágyazottsága, mintsem az innováció perspektívájában gondolja újra (Rippa & Oakes, 2023; Liu & Peng, 2025). E szemlélet-váltás értelemszerűen az egyetemek és az ipar közötti kapcsolatok újragondolását is igényli.

---

<sup>4</sup> Lásd a korábbi lábjegyzetben említett kutatási program honlapjáról (<https://wsne.hu/en/about-us/uii-research>) letölthető tanulmányokat.

Ebben az új perspektívában az egyetemek nem úgy jelennek meg, ahogyan azt a klasszikus kutatási-innovációs gondolkodási és szakpolitikai keretek között láttuk, azaz legfőbb missziójuknak már nem az új termékekhez vezető ipari innováció úttörő technológiai megoldások megalkotásával történő támogatása. Ehelyett úgy tekintenek rájuk, mint olyan intézményekre, melyeknek a meglévő technológiai rendszerek biztonságos és fenntartható működéséhez kell hozzájárulniuk, részben a komplex technológiai rendszerek által igényel bonyolult karbantartási megoldások tudáshátterének megteremtésével, részben az ilyen megoldások működtetésére képes, magasan képzett munkaerő folyamatos biztosításával. Az ilyen megoldások egyike a komplex technológiai rendszerek mindennapos működtetésébe beépülő intelligens prediktív karbantartás, ami olyan összetett informatikai, adatelemzési és döntéshozatali képességeket igényel, melyeket az egyetemek és a technológiai rendszereket működtető vállalatok csak közösen tudnak fejleszteni. Erre – mint korábban utaltunk rá – önmagukban sem az ipar világtól elszakadó és a technológia mindennapos működtetésének problémavilágát nem ismerő egyetemek nem képesek, sem azok a vállalatok, melyek nem rendelkeznek olyan mély háttértudással és adatelemzési képességekkel, amilyenekkel a tudományos kutatásnak az akadémiai szférába beágyazott világa rendelkezik.

Az intelligens prediktív karbantartással kapcsolatos kutatások, ezen belül a mesterséges intelligencia ilyen célú alkalmazásának a területén Kína a világ élvonalában van. Egy néhány évvel ezelőtt megjelent bibliometriai elemzés (Keleko et al., 2022) szerint az Egyesült Államok egészen minimális mértékben előzte meg, és mára a rangsoruk akár már át is fordulhatott.

## Ágazati példák

A továbbiakban három ágazati példával illusztráljuk a fent említetteket. Ezek közül kettő klasszikus ipari és technológiai területeket érint, egy pedig olyan szolgáltatási területet, mellyel kapcsolatban a karbantartás vagy az intelligens prediktív karbantartás fogalmának használata szokatlan lehet, de a folyamatok természetét tekintve messze nem indokolatlan. Ez utóbbival egyben – a bevezetőben említettekkel összhangban – az IPK kiterjesztett értelmezésnek a lehetőségét is szeretnénk megmutatni. A bemutatott esetek közös eleme, hogy az intelligens prediktív karbantartás fejlődésében nemcsak a technológiai innováció, hanem a humán képességek átalakulása is kulcsszerepet játszik. A UII egyik legfontosabb funkciója e képességek rendszerszintű kialakítása.

## A nagysebességű vasutak példája

Annak, hogy Kínában milyen szerepet játszik az egyetemek és az ipar együttműködése a karbantartás területén egyik gyakran említett és különösen figyelemre méltó példája a nagysebességű vasúti közlekedés kiépülése és működtetése. Köztudott, hogy e területen Kína világelső nemcsak az ilyen vasúti vonalak mennyiségét tekintve, de abban is, hogy a jelenlegi fejlettségi szintet milyen rövid idő alatt érte el. Ez az egyetemi-tudományos szférának a vasúti közlekedési ágazat vállalataival történő fúziója nélkül nem jöhetett volna létre. Egy 2019-ben megjelent világbanki elemzés így írta le ezt:

„A vasútgyártók, egyetemek, kutatóintézetek, laboratóriumok és mérnöki központok közötti együttműködés lehetővé teszi a kapacitásfejlesztést, a gyors technológiai fejlődést és a technológia lokalizációját. (...) A tervezőintézetek és az egyetemi vasúti programok fontos szereplői az ágazatfejlesztésnek. (...) Kína egyetemekből és kutatószervezetekből álló széles „ökoszisztémát” fejlesztett ki, amelyek a beszállítókkal együttműködve jobb termékeket szállítanak. Például a 350 km/h-s „Fuxing” vonatszerelvény fejlesztéséhez 2008-ban a Tudományos és Technológiai Minisztérium és a korábbi Vasúti Minisztérium közösen írt alá egy együttműködési megállapodást a Kínai Nagysebességű Vonat Független Innovációs Közös Akciótervről. Ez a terv hat nagyméretű központi vállalatot, 25 kulcsfontosságú egyetemet, 11

első osztályú tudományos kutatóintézetet, 51 nemzeti laboratóriumot és mérnöki központot, valamint egy 68 akadémikusból, 500 professzorból és több mint 10 ezer mérnökből és technikusból álló tudományos és technológiai csapatot fog össze. Ez az együttműködés lehetővé tette Kína számára, hogy rövid idő alatt bevezesse, feldolgozza, átvegye és újra-innoválja a külföldi fejlett, sokelemű elektromos technológiát egy sikeres termék létrehozása érdekében.” (Lawrence et al., 2019)

A nagysebességű vonatközlekedés kiépítése és működtetése értelemszerűen egyszerre igényli új megoldások kifejlesztését (innovációs design tevékenység) a már létező rendszerek biztonságos működtetéséhez és élettartamuk növeléséhez szükséges folyamatos munkát (karbantartási és javítási tevékenység). A technológia biztonságos működtetése itt különösen nagy kihívást jelent: egy-egy működési rendellenesség vagy meghibásodás rendkívül nagy károkkal járó, emberéletek sokaságát követelő katasztrófákat eredményezhet. Jellemzően olyan területről van szó, ahol a működés minden apró elemét folyamatosan megfigyelő szenzorok, az ezek által szolgáltatott adatokat folyamatosan feldolgozó és elemző intelligens rendszerek, és az ennek alapján meghozott koordinált döntések bonyolult rendszerét kell működtetni, melyek megtervezése, állandó fejlesztése és megbízható működtetése olyan magas szintű, dinamikus képességeket igényel, melyek létrehozása, fejlesztése és fenntartása csak olyan ökoszisztémákban lehetséges, amelyeket a korábban ígézett világbankos elemzés említ.

Ennek az ökoszisztémának meghatározó elemét alkotja a komplex rendszerek működtetéséhez szükséges humán képességek folyamatos fejlesztés és fenntartása. Érdemes megemlíteni, hogy ezt Kína jóval a nagysebességű vasúthálózat építésének megkezdése előtt elkezdte: feltárták és átvették a nemzetközi szinten elérhető nagysebességű vasúti technológiákat, amit továbbfejlesztettek és lokalizáltak, miközben az egyetemekből, tervezőintézetekből, magasan képzett személyzettel rendelkező vállalatokból és kapcsolódó állami intézményekből álló ökoszisztéma intézményi keretei közt jelentős összegeket fektettek be a technológiai képzés modernizálásába.

E folyamatban kiegyensúlyozott módon jelent meg az új megoldások megalkotása és a meglévő technológiák működési biztonságának a biztosítása: e két perspektíva folyamatosan kiegészítette és erősítette egymást. Jól illusztrálja ezt egy olyan elemzés, melynek szerzői – területen dolgozó szakmérnök kutatók – átfogó képet nyújtanak arról, hogyan fejlődtek Kínában párhuzamos módon a nagysebességű vasutak vágányai (illetve és az ezeket tartó alapzatok) tervezésének elméletei (*design theories*) és ezek karbantartási technológiái (*maintenance technologies*). Ez utóbbi olyan kérdések laboratóriumi körülmények között történő kutatását igényelte, mint például vas és vasbetonrészecskék kifáradását befolyásoló környezeti és terhelési tényezők hatása e részecskékre (Ren et al., 2021). Ennek nyomán nemcsak minőségstandardok meghatározása valamint komplex karbantartási technológiák és rendszerek kiépítése történhetett meg, hanem – egyetem-ipar együttműködések keretei között – olyan képzési, képességfejlesztési programok létrehozása is melyek lehetővé tették az e technológiák és rendszerek működtetésére képes humán erőforrások (azaz felkészült szakemberi közösségek) megteremtését.

A nagysebességű vasúti közlekedés biztonságos működtetése humán feltételeinek megteremtésének néhány elemét e tanulmány szerzői közvetlenül is megtapasztalhatták. A szerzők egyike a nagysebességű hálózatokat fejlesztő és működtető legnagyobb kínai vállalat (CRRC) illetékes vezetőjével folytatott személyes beszélgetés keretei között tájékozódhatott annak a nemzeti ipari-oktatási konzorciumnak a létrehozásáról, amely a vasúti ágazatban a

legfontosabb intézményes kereteket nyújtja az egyetem és az ipar integrációja számára.<sup>5</sup> A szerzőknek szintén alkalmuk volt közvetlenül megfigyelni egy ezen a területen meghatározó szerepet játszó kínai egyetem képzést szolgáló technikai infrastruktúráját. Emellett konzultálhattak az egyetemmel együttműködő vállalatok egyikének tulajdonos vezetőjével is. E vállalat termékportfóliójának egyik fontos eleme az intelligens prediktív karbantartási rendszerek fejlesztése a vasúti közlekedés területén.<sup>6</sup>

A kapcsolódó irodalom és a személyes tapasztalatok nyomán legalább négy olyan, egymással sorosan összekapcsoló csatornát tudunk azonosítani, melyeken az egyetem-ipar integráció hozzájárult az IPK rendszerek kifejlődéséhez a nagysebességű vasúti közlekedés területén. Az első, melyre a korábban idézett Világbank jelentés is utalt, annak a tudáshátrének a közös építése, amely nélkül nem jöhetett volna létre a nagysebességű vasúti közlekedés biztonságosan működtethető rendszere. A második azoknak a standardoknak, ezen belül különösen minőségi standardoknak kutatásokra épülő közös megalkotása, amelyek garantálni tudják, hogy felhasznált anyagok és a folyamatok megbízhatóságát. A harmadik annak szemléletváltásnak a közös megvalósítása, amely lehetővé tette a preventív karbantartás korábbi gyakorlata felől a prediktív forma felé történő elmozdulást. Végül a negyedik azoknak a képzési kapacitásoknak közös megteremtése, melyek lehetővé teszik nemcsak a megbízható működtetéshez és hibajavításhoz, hanem a prediktív karbantartás számára nélkülözhetetlen jelző és elemzőrendszerek fenntartásához szükséges humán képességek fejlesztését.

### Az elektromos közúti járművek példája

Egy másik terület, ahol az egyetem-ipar integráció komoly mértékben támogatja az IPK felé történő elmozdulást az elektromos autók biztonságos üzemeltetése. Ismert, hogy ezen a területen Kína – hasonlóan a nagysebességű vasutak üzemeltetéséhez –, ugyancsak globális vezető szerepet tölt be. Egyes városokban vagy régiókban az üzemben tartott elektromos autók mennyisége jóval meghaladja a hagyományos belsőégésű motorral hajtott autókét, ami a korábbiaktól teljesen eltérő karbantartási igényeket teremtett. Ez főképpen olyan problémák kezelését jelenti, mint például az akkumulátorok üzemelési biztonságának garantálása vagy az egy töltéssel történő üzemelés hosszának növelése, de olyanokét is, mint az autók bonyolult elektronikai rendszere üzembiztonságának fenntartása vagy akár – főképp az önjáró autók esetében – a közlekedésbiztonság megőrzése.

Az elektromos autókra épülő közlekedésben a legkomolyabb kihívást az akkumulátorok biztonságos üzemeltetése jelenti, ami egyszerre jelenti annak biztosítását, hogy ezek ne okozzanak akár pusztító tűzzel is járó üzemzavart, és hogy kellő utazási távolságot biztosítsanak az autóknak, illetve lehetővé tegyék a gyors és problémátlan feltöltést. Ez utóbbit egy, az elektronikus autók intelligens karbantartását elemző tanulmány különösen kritikus elemként mutatja be. tekintettel arra, hogy „a legtöbb töltőrendszert külső tereken telepítik, ezért érzékenyek a környezeti tényezőkre (pl. eső és harmat), ami csökkenti a töltőalkatrészek megbízhatóságát” (Hsu et al., 2023),

---

<sup>5</sup> Lásd a „Notice of the Ministry of Education on Supporting the Construction of a National Rail Transit Equipment Industry Industry-Education Integration Community” [教育部关于支持建设国家轨道交通装备行业产教融合共同体的通知] című 2023-ban kiadott szakpolitikai dokumentumot). ([http://www.moe.gov.cn/srcsite/A07/s7055/202307/t20230714\\_1068862.html](http://www.moe.gov.cn/srcsite/A07/s7055/202307/t20230714_1068862.html)).

<sup>6</sup> Lásd a Southwest Jiatong University és a Tanyuan Intelligent Control Ltd. esetével foglalkozó részeket a „Using university-industry integration to modernise university education in the Chengdu-Chongqing Economic Area: a case study” című esettanulmányunkban ([https://wsne.hu/media/dokumentumok/uii\\_dokumentumok/chengdu\\_chongqing\\_case\\_study\\_2025.pdf](https://wsne.hu/media/dokumentumok/uii_dokumentumok/chengdu_chongqing_case_study_2025.pdf))

Az üzembiztoság fenntartásához itt már messze nem elegendő a klasszikus megelőző karbantartás, hanem nagymennyiségű adat folyamatos elemzésére épülő és a várható üzemzavarok előre történő jelzésére képes monitorozási és diagnosztikai rendszereket kell működtetni, azaz intelligens prediktív karbantartásra van szükség. Csakúgy, mint a nagysebességű vonatok esetében, ezek kiépítése, folyamatos fejlesztése és működtetése olyan képességeket igényel, melyeket az elektromos autók gyártó és karbantartó vállalatok önmagukban nem képesek megteremteni, ehhez olyan tudás és képességfejlesztő ökoszisztémára van szükség, amelyet az akadémiai és ipari világ fúziójából tud megszületni.

Ennek az új ökoszisztémának – vagy helyi ökoszisztémáknak – kialakulása tette lehetővé, hogy Kínában létrejöhetett az a kutatási és tesztelési infrastruktúra, amely az intelligens elektromos járművek megbízhatóságához, diagnosztikájához és állapotmenedzsmentjéhez szükséges, és – egyebek mellett – kialakulhatott az akkumulátor-prognózis és az állapotmenedzsment mint az elektromos járművek működtetésének egyik központi tudásterülete. Itt a preventív (és prediktív) karbantartás már nem olajcseréről vagy hagyományos motorkopásról szól, hanem az akkumulátorok állapotának folyamatos nyomon követéséről, a fennmaradó hasznos élettartam megállapításáról, a hőkockázatokról, a töltési viselkedésről vagy éppen az akkumulátorrendszerek felhőalapú/járműoldali felügyeletéről (Sida et al., 2024). A UII jelentős mértékben hozzájárult ahhoz, hogy az autóiipari szektor karbantartási logikája helyébe egy összekapcsolt, adatgazdag, életciklus-kezelő rendszer léphessen, felváltva a műhelyalapú szervizfunkciót. Számunkra legérdekesebb azonban az, hogy a kialakuló új ökoszisztémák miképpen alakították át a karbantartás új modelljének a működtetéséhez szükséges humán képességek rendszerét.

Egy sor olyan oktatás-ipar integrációs közösség jött létre, melyek keretei között olyan új, egyetemekhez kötődő képzőbázisok és új képzési programok sokaságát teremtették meg, melyek az intelligens új energiájú járművekre összpontosítanak. Példa erre az 2023-as a sanghaji kezdeményezés, melynek nyomán létrejött egy, az új energiájú járművek fejlesztését szolgáló oktatás-ipar integrációs közösség.<sup>7</sup> E közösség – hasonlóan sok más ilyen közösséghez – „az iskolák és a vállalatok közös tananyagfejlesztése révén digitális kurzusok sorozatát dolgozza ki” és „ipari-oktatási integrációs képzési bázist épít ki az intelligens új energiájú járművek iparága számára”.

Egyetemek sokasága fejlesztett ki ipari partnerekkel közösen olyan új energiájú jármű (NEV) szakokat és képzőbázisokat, melyek közvetlenül kapcsolódnak a helyi autóiipari klaszterekhez és foglalkoztatási útvonalakhoz, és lehetővé teszik azoknak a technikusoknak, mérnököknek, adatelemzőknek, szoftverspecialistáknak és szervizszemélyzetnek a képzését, akiket az új szektor igényel. Egy másik, az ilyen ökoszisztémák keletkezését illusztráló példa az, amikor 2025-ben Kína legnagyobb autógyártója és egyben világ egyik vezető autóiipari konzernje, a *Shanghai Automotive Industry Corporation* (SAIC Motor) stratégiai együttműködési megállapodást kötött az egyik vezető műszaki egyetemmel (*Beijing Institute of Technology* - BIT) arról, hogy a felek „akadémiai és autóiipari szakértelmére építve nagy hatású tehetséggondozó programokat fognak megvalósítani”<sup>8</sup> Ahogy az erről szóló híradás említette:

---

<sup>7</sup> Lásd egy helyi internetes portál *„Industry-Education Integration Community of National Smart New Energy Vehicle Industry Established in Hongkou”* című híradását itt: <https://www.shhk.gov.cn/English/006002/006002001/20231113/5aa6d555-c989-4748-8c41-11b5c9395fd8.html>

<sup>8</sup> Lásd a „SAIC Motor, Beijing Institute of Technology to co-boost innovation in vehicle electrification, intelligence” című hírt az egyik vezető kínai autóiipari hírportál honlapján itt: [https://autonews.gasgoo.com/articles/news/saic-motor-beijing-institute-of-technology-to-co-boost-innovation-in-vehicle-electrification-intelligence-70035743?utm\\_source=chatgpt.com](https://autonews.gasgoo.com/articles/news/saic-motor-beijing-institute-of-technology-to-co-boost-innovation-in-vehicle-electrification-intelligence-70035743?utm_source=chatgpt.com)

„ezek az erőfeszítések magukban foglalják a szakmai képzési kezdeményezéseket, a tehetségcsere-mechanizmust a magas szintű kutatók számára, valamint a hallgatói fejlődés, a szakmai gyakorlatok és a szakmai képzés kölcsönös támogatását. Együttes céljuk a kivételes képességekkel rendelkező mérnökök és a globális perspektívával rendelkező, élvonalbeli tehetségek fejlesztése.”

E tanulmány szerzőinek alkalma volt több hasonló, UII alapú képzési kezdeményezés közvetlen tanulmányozására. Ezek egyike a Geely autóipari konszern és a Sanya egyetem által közösen létrehozott „*New Energy and Intelligent Automobile Industrial College*”,<sup>9</sup> melynek képzési programja az autóipar szereplőinek közvetlen részvételével készíti fel a hallgatókat az elektromos autók megbízható üzemeltetésére, így az ehhez kapcsolódó szerviselési feladatok ellátására. Egy másik példa, melyet közvetlenül megfigyelhettünk a *Shenzhen Polytechnic University* és a BYD által közösen működtetett ipari képzőközpont, ahol hasonló képzési tevékenység zajlik olyan programok keretében, melyeket az ipari szakemberek és az egyetemi oktatók közösen fejlesztettek ki és közösen valósítanak meg.

Az elektromos autózás esetében is érdemes még kiemelni, hogy – akárcsak más fejlett technológiai területeken – a határ elmosódik a termékinnováció és a karbantartási innováció között. Az akkumulátorkezelő rendszerek, a felhőalapú elemzések, a töltőrendszerek vagy a „digitális ikrek” (fizikai rendszerek virtuális másolata) egyszerre részei a terméktervezésnek és a későbbi prediktív karbantartásnak. Ezek az elektromos autóközlekedéshez kapcsolódó UII folyamatokban általában nem a „karbantartás” fogalma alatt jelennek meg, hanem olyan címkék alatt, mint például „intelligens gyártás” vagy „akkumulátor-innováció”, de funkcionálisan ezek karbantartást is jelentenek, azaz diagnózis, prognózis és hibaelőrejelzés készítését, hibamegelőző beavatkozásokat vagy szervizoptimalizálást a jármű teljes életciklusa során. Mindez olyan képzési igényeket támaszt – ahogyan azt egy autóipari képzési tájékoztató megfogalmazta –, melyek „a szervizkarbantartó és javító technikusok képzésére irányulnak elektromos járművek, akkumulátorok, elemzés, diagnosztika és javítás területén”<sup>10</sup>

Az intelligens elektromos járművek biztonságos működtetése olyan munkaerőt igényel, melynek képességei teljesen mások, mint amilyenekre a hagyományos belsőégésű motorokkal működő autózásban volt szükség. A UII keretében létrejött új képességfejlesztési rendszerek nemcsak a diagnosztikával vagy az akkumulátorok állapotával kapcsolatos új tudás megszerzését teszik lehetővé, hanem egy új munkaerő-architektúra kiépülését is egy olyan karbantartási rendszer számára, amely egyre inkább digitális és prediktív jellegű. Az elektromos járművek intelligens prediktív karbantartása nem elszigetelt speciális funkció, hanem a járműelektronika, az akkumulátorrendszerek, a szoftverek, a felhőplatformok, a nagyfeszültségű biztonság, a töltőinfrastruktúra és a szervizműveletek átfedésében helyezkedik el, ami a képességrendszer teljes átalakulását igényli.

Az egyetem és ipar fúziója nélkül ez az új képességrendszer és munkaerő-architektúra nem alakulhatott volna ki Kínában. A UII tette lehetővé olyan képzési környezetek létrehozását, melyek a valódi karbantartási ökoszisztémára hasonlítanak, nem pedig a hagyományos tantermekre. A korábban említett és ezekhez hasonló, az ipari vállalatokkal együtt működtetett képzési bázisokban például virtuális szimulációs rendszerek és valóságos intelligens

---

<sup>9</sup> Lásd az erről szóló, „Geely New Energy and Intelligent Automobile Industrial School is inaugurated at University of Sanya” híradást itt: [https://www.sanyau.edu.cn/en/2022/1130/c925a75215/page.htm?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.sanyau.edu.cn/en/2022/1130/c925a75215/page.htm?utm_source=chatgpt.com).

<sup>10</sup> Idézet a kutatási programunk szakmai tanácsadó testületének tagja, a terület egyik vezető elemzője, Mike Danilovic által rendelkezésünkre bocsátott „*European Electric Vehicle College. New Energy International R&D, Training and Educational Platform*” című tájékoztató kiadványból.

gyártósorok vannak, ami nélkülözhetetlen, mert prediktív karbantartást nem lehet csak előadásokon keresztül tanulni. Ez szimulált hibákat, valóságos diagnosztikai adatok elemzését, tényleges akkumulátorrendszer-kezelést, digitális interfészeket, az intelligens járműrendszerekkel történő közvetlen gyakorlást igényel. Lényegében az UII tette lehetővé hogy a képességfejlesztés az absztrakt elméletek felől a platformalapú gyakorlati környezet felé tudjon elmozdulni, és ennek nyomán létrejöhessen egy új, hibrid munkaerő, amely egyszerre szerelő, villanyszerelő, diagnosztika és digitális operátor, és amely nélkülözhetetlen elektromos jármű szektorban folyó intelligens prediktív karbantartásához (Luo et al., 2025).

## A pénzügyi szektor példája

Mint korábban említettük, a harmadik ágazati példánk szokatlan lehet a karbantartással foglalkozó, elsősorban műszaki területen dolgozó szakmai közösség számára. Ebben az ágazatban ugyanis e fogalmat nem vagy csak jóval ritkábban használják, annak ellenére, hogy az üzemeltetési vagy működési folyamatok természetét vagy és az ezekben keletkező zavarokat, meghibásodásokat, vagy éppen súlyos, összeomlásként leírható válsághelyzeteket tekintve hasonló dolgokról beszélhetünk. A pénzügyi szektor példája egyúttal azt is szemlélteti, hogy IPK fogalmát lehetséges, sőt érdemes vagy indokolt kiterjesztett módon használni, kivetítve ezt olyan területekre, melyek nem klasszikus műszaki területek. Mint a bevezetőben említettük, e tanulmány javasolja a karbantartás fogalmának kiterjesztését nem-műszaki rendszerekre: ebben a részben erre is történik kísérlet. Érdemes előre hangsúlyozni, itt nem metaforikus szóhasználatról van szó, hanem analitikus kiterjesztésről. Úgy ítéljük meg, hogy a pénzügyi rendszerek esetében, ahol a karbantartás más rendszerekhez hasonlóan a működési folyamatok stabilitásának, megbízhatóságának és integritásának fenntartását jelenti, hasonló logika érvényesül, mint a fizikai rendszerek esetében.

Amíg a vasúti és elektromos járművek esetében az IPK magától értetődő, a pénzügyekben ez áttételes értelmezést igényelhet, de itt is a komplex rendszerek előrelátó, intelligens operatív karbantartásáról van szó. A cél itt a létező platformok megbízhatóságának fenntartása, az anomáliák korai észlelése, a rendszerhibák megelőzése, az alkalmazott modellek teljesítményének fenntartása, a csalások visszaszorítása, valamint a folytonosság és a megfelelés biztosítása a meghibásodások előtt. A pénzügyi szektorban az IPK a komplex pénzügyi infrastruktúrák és szolgáltatási műveletek lehetséges zavarának vagy meghibásodásának előrejelzése és ennek nyomán megelőző beavatkozások elvégzése. Ebben itt is meghatározó szerepe van a mikro-folyamatok követésének, az ezekkel kapcsolatos nagymennyiségű adat folyamatos gyűjtésének és elemzésének, ami itt is jellegzetesen a mesterséges intelligencia alkalmazásával történik (Aldasoro et. al., 2024).

Kína kapcsolódó stratégiája explicit módon összeköti a digitális technológiát a pénzügyi szolgáltatásokkal, a működéssel, az irányítással és a biztonsággal (Zhou, 2022). Ez azt jelenti, hogy az intelligens prediktív karbantartáshoz köthető látásmód, logika és eljárások az intelligens társadalmi-technikai rendszereknek ebben a világában is érvényesülnek. Ennek nyomán mindaz, amit a nagysebességű vasutak és az elektromos autók ágazatában megjelent új tudás- és szakértelem-szükségletekről, az új hibrid képességekkel rendelkező munkaerő iránti igényről elmondtunk, itt is hasonlóképpen érvényesült. Itt is azt látjuk, hogy a vizsgált szektor intézményei (pl. bankok, biztosítók) csak az egyetemi-akadémiai világgal együttműködve képesek kielégíteni a magasszintű új tudással és képességekkel kapcsolatos igényeiket, és – megfordítva – az üzleti-gazdasági képzést folytató egyetemek csak a pénzügyi szektor intézményeivel való szoros együttműködésben képesek ezeket az igényeket kielégíteni. Ez azt jelenti, hogy az ipari-gazdasági szereplők itt is az egyetemi programok fejlesztésének és

megvalósításának közvetlen résztvevőivé válnak, és az akadémiai szereplők bevonódnak a pénzügyi szolgáltatók működésének mindennapjaiba.

A lehetséges példák közül itt egyet mutatunk be: ez a *Shenzhen University* és a *WeBank* nevű pénzügyi intézet által közösen létrehozott és működtetett képzőintézmény, az *Institute of FinTech* (SWIFT).<sup>11</sup> A WeBank Kína első kizárólag digitális szolgáltatásokat nyújtó bankja, melyet a Tencent cég hozott létre 2014-ben. SWIFT közös megalapítása az egyetem és a bank között kötött megállapodás alapján által 2018-ban történt. Az itt létrehozott kettős tanácsai irányítási modell, a többféle formában történő, szoros együttműködésben megvalósított oktatási mechanizmus, a banki gyakoronoki rendszer, a közös laboratóriumi infrastruktúra és a közös tanúsítási rendszer a képességfejlesztés vagy tehetséggondozás olyan beágyazott rendszerét hozta létre, ami általában jellemző a UII kínai gyakorlatára. Ez az eset a tágabb kínai UII kontextusban jól illusztrálja az egyetemi-vállalati közös irányítást, az interdiszciplináris tehetséggondozást és a prioritást élvező gazdasági ágazati szereplőkkel történő stratégiai összehangolást. A pénzügyi szolgáltatások intelligens prediktív karbantartásának szűkebb kontextusában a SWIFT és a hasonló intézmények a digitális pénzügyi infrastruktúrák, a kockázatkezelési rendszerek és a működési rugalmasság előrejelző karbantartásához szükséges hibrid tehetségek fejlesztésének platformjaként is értelmezhetőek. Ezek közvetlenül és közvetett módon erőteljesen hozzájárulnak az intelligens prediktív karbantartáshoz azáltal, hogy megteremtik azokat az emberi és szervezeti feltételeket, amelyek mellett a prediktív, megelőző és rugalmas digitális műveletek megvalósíthatók.

Hasonlóan a korábban bemutatott vasúti és elektromos jármű esetekhez, a UII a SWIFT esetében is nemcsak kutatással járul hozzá a prediktív karbantartás gyakorlati működéséhez, hanem a képességfejlesztéssel is, kiépítve szükséges munkaerő megteremtéséhez szükséges intézményi utakat. Ez olyan mechanizmusokkal történik, mint például oktatók és gyakorlati szakemberek közös oktatása, a kettős képesítéssel rendelkező oktatók vállalati tapasztalatokkal való felruházása, a strukturált szakmai gyakorlatok, a közös laborok, a projektalapú, versenyalapú és tanúsítványalapú tanulás és a vállalati oldal által finanszírozott ösztöndíjak és tanulmányutak. Ezek teszik lehetővé, hogy létrejöhessenek azok a hibrid képeségek, melyeket az intelligens prediktív karbantartás a pénzügyi szektorban is igényel, vagyis az a munkaerő, amely sem nem tisztán „üzleti”, sem nem tisztán „műszaki”, hanem vegyes kompetenciákkal rendelkezik, így pénzügyi ismeretekkel, adatelemzési képességekkel, mesterséges intelligencia-ismeretekkel, rendszerszemlélettel, kockázattudatossággal és az üzemi környezet alapos ismeretével is.

A SWIFT csökkenti az akadémiai tanulás és a működő digitális pénzügyi környezet közötti „áthallási szakadékot.” A vasúti közlekedésben és az autópárhazban ez a szakadék az iskola és az üzemi környezet között van, a FinTech esetében az osztálytermi tanulás és a nagy sebességű digitális pénzügyi műveletek között. Ez a UII alapú képzési modell azáltal hidalja át e szakadékot, hogy a vállalati oldalt nemcsak a gyakoronoki szakaszba, hanem a képzési program vezetésébe, a tanterv megalkotásába, a mentorálásba, a tanúsításba és az erőforrások biztosításába is beágyazza.

## Konklúzió

E tanulmány kiindulópontja az a megfigyelés, hogy a komplex technológiákra épülő modern társadalmak működésében a figyelem hagyományosan az innovációra irányul, miközben a

---

<sup>11</sup> A SWIFT-t bemutató weblapot lásd itt: <https://swift.szu.edu.cn/en/as/xyjj.htm>.

rendszerek folyamatos működtetéséhez szükséges karbantartási tevékenységek – bár jelentőségük nem kisebb – kevésbé kerülnek reflektorfénybe. Az elemzésünk részben azt mutatja meg, hogy ez a hangsúlyeltolódás nemcsak a technológiáról való gondolkodásban, hanem az egyetemek és az ipar kapcsolatának értelmezésében is megjelenik, részben azt, hogy az egyetemek és az ipar (gazdaság) közötti együttműködés elmélyítése nélkülözhetetlen ahhoz, hogy e hangsúlyeltolódás megtörténjen és eredményeket hozzon létre.

A tanulmány fő állítása szerint az egyetem–ipar együttműködés (UIC), különösen annak legjobban Kínában megfigyelhető integrált formája (UII), nem csupán az innováció támogatásában játszik kulcsszerepet, hanem a komplex technológiai és társadalmi rendszerek működtetéséhez szükséges karbantartási képességek kialakításában és fenntartásában is. Ez különösen jól megfigyelhető az intelligens prediktív karbantartás területén, amely a reaktív és preventív megközelítéseket meghaladó, adatalapú, előrelátó működtetési logikát képvisel.

A kínai példák elemzése azt mutatta, hogy ott, ahol az egyetem és az ipar közötti kapcsolat integrált, intézményesült és képességfejlesztés-központú formát ölt, az IPK-hoz szükséges tudás és kompetenciák kialakulása jelentős mértékben felgyorsul. A nagysebességű vasúti közlekedés, az elektromos járműipar és a pénzügyi szolgáltatások példája három eltérő, de egymást kiegészítő területet mutatott be, amelyekben az IPK különböző formákban jelenik meg: fizikai infrastruktúrák, intelligens termék- és platformrendszerek, illetve digitális szolgáltatási infrastruktúrák működtetésében.

A három eset összevetése arra is rámutat, hogy az intelligens prediktív karbantartás nem csupán technológiai kérdés, hanem alapvetően humán képességekhez kötött jelenség. Az IPK rendszerek működtetéséhez olyan új típusú, hibrid kompetenciákkal rendelkező munkaerőre van szükség, amely egyszerre rendelkezik műszaki, informatikai, adatelemzési és rendszerszintű gondolkodási képességekkel, valamint az adott ágazat működésének mély megértésével. A UII ebben a tekintetben kulcsszerepet játszik: lehetővé teszi olyan képzési és tanulási környezetek létrehozását, amelyek közvetlenül kapcsolódnak a valós működési rendszerekhez, és így csökkentik az akadémiai tudás és a gyakorlati alkalmazás közötti szakadékot.

A pénzügyi szektor példája különösen jól illusztrálja a karbantartás fogalmának kiterjesztési lehetőségét. Bár e területen a „karbantartás” kifejezést ritkábban használják, a digitális pénzügyi rendszerek működésének biztosítása – ideértve az anomáliák korai felismerését, a kockázatok előrejelzését és a működési folytonosság fenntartását – analitikusan az intelligens prediktív karbantartás egy sajátos formájaként értelmezhető.

E tanulmány egyik legfontosabb következtetése, hogy a jövőben az egyetem–ipar együttműködésről való gondolkodásban nagyobb hangsúlyt kell kapnia a karbantartási és működtetési dimenzióknak. Ez nem jelenti az innováció jelentőségének csökkenését, hanem annak kiegészítését egy olyan perspektívával, amely a komplex rendszerek hosszú távú fenntarthatóságát, megbízhatóságát és működési biztonságát helyezi előtérbe.

E szemléletváltásnak fontos következményei lehetnek mind a közpolitikák, mind az egyetemi stratégiák számára. A képességfejlesztés, a gyakorlatorientált tanulási környezetek és az ipari szereplők mély bevonása olyan területeken is kulcsfontosságúvá válhat, amelyek eddig elsősorban innovációs logika mentén szerveződtek. A kínai tapasztalatok azt mutatják, hogy az egyetem–ipar integráció e téren nemcsak lehetőség, hanem egyre inkább szükségszerűség is.

## Hivatkozások

- Achouch, M., Dimitrova, M., Ziane, K., Sattarpanah Karganroudi, S., Dhouib, R., Ibrahim, H., & Adda, M. (2022). On predictive maintenance in industry 4.0: Overview, models, and challenges. *Applied sciences*, 12(16), 8081. <https://doi.org/10.3390/app12168081>
- Aldasoro, I., Gambacorta, L., Korinek, A., Shreeti, V., & Stein, M. (2024). Intelligent financial system: how AI is transforming finance. BIS Working Papers No 1194. Monetary and Economic Department of the Bank for International Settlements (<https://EconPapers.repec.org/RePEc:bis:biswps:1194>)
- Benhanifia, A., Cheikh, Z. B., Oliveira, P. M., Valente, A., & Lima, J. (2025). Systematic review of predictive maintenance practices in the manufacturing sector. *Intelligent Systems with Applications*, 26, 200501. <https://doi.org/10.1016/j.iswa.2025.200501>
- Halász, G., & Huang, M. (2025a). Using knowledge to enhance policy innovation: the case of integrating education with industry in China. *European Journal of Education Policy & Practice*, 1(1), 1-27. <https://doi.org/10.5117/EJEP2025.1.002.HALA>
- Halász, G., & Huang, M. (2025b). University-industry integration policies and practices in China: exploring policy documents and literature. Manuscript. University-industry integration policies and practices in China - potential applications in Hungary. WBS-MCC.
- Huang, M., & Halasz, G. (2024). Education-driven university-industry cooperation: A comparative analysis of European Union and Chinese policies and practices with special focus on the creative industry sector. *Education and Lifelong Development Research*, 1(4): 204-214. <https://doi.org/10.46690/elder.2024.04.05>
- Hsu, Y. M., Ji, D. Y., Miller, M., Jia, X., & Lee, J. (2023). Intelligent maintenance of electric vehicle battery charging systems and networks: Challenges and opportunities. *International Journal of Prognostics and Health Management*, 14(3). <https://doi.org/10.36001/ijphm.2023.v14i3.3130>
- Keleko, A. T., Kamsu-Foguem, B., Ngouna, R. H., & Tongne, A. (2022). Artificial intelligence and real-time predictive maintenance in industry 4.0: a bibliometric analysis. *AI and Ethics*, 2(4), 553-577.
- Lawrence, M., Bullock, R., & Liu, Z. (2019). *China's high-speed rail development*. World Bank Publications.
- Liu, Y., & Peng, J. (2025). Vision and Reality of Intelligent Governance: Philosophical Reflections on Intelligent Governance. *Journal of Contemporary Chinese Philosophy*, 1(2), 190-211.
- Luo Siqi, Ma Jiajun, Hai kenan, Hu Yi, Chen Bing, Huang Jinglei & Lou Anzhe (2025). The Transformation of China's Automotive Industry: Challenges to Skill Development and Vocational Training. Volkswagen Group (China) & School of Government, Sun Yat-sen University (<https://ccpar.sysu.edu.cn/sites/default/files/2025-08/The%20Transformation%20of%20China%27s%20Automotive%20Industry%EF%BC%9AChallenges%20to%20Skill%20Development%20and%20Vocational%20Training.pdf> )
- Ren, J., Deng, S., Zhang, K., Du, W., & Wu, Q. (2021). Design theories and maintenance technologies of slab tracks for high-speed railways in China: a review. *Transportation Safety and Environment*, 3(4), ttab024.
- Rippa, A., & Oakes, T. (2023). Infrastructural thinking in China: A research agenda. *The China Quarterly*, 255, 547-559.
- Sida, Z., Zichao, G., Honglei, D., Xinan, Z., Yifan, Z., Tianyi, M., ... & Shichun, Y. (2024). Vehicle-cloud-collaborated prognosis and health management for lithium-ion batteries: Framework, technics and perspective. *Energy Storage Materials*, 70, 103531. <https://doi.org/10.1016/j.ensm.2024.103531>

- Steven, J. (2014). Rethinking repair. in. Gillespie, T., Boczkowski, P. J., & Foot, K. A. (Eds.). (2014). *Media technologies: Essays on communication, materiality, and society*. (pp. 221-239). MIT Press.
- Young, Mark Thomas & Coeckelbergh, Mark (2024). Keeping Things Going. Maintenance and Philosophy of Technology. in Young & Coeckelbergh (eds.). *Maintenance and Philosophy of Technology* (pp. 1-34). Routledge
- Zhu, T., Ran, Y., Zhou, X., & Wen, Y. (2019). A survey of predictive maintenance: Systems, purposes and approaches. arXiv preprint arXiv:1912.07383. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1912.07383>
- Zhu, T., Ran, Y., Zhou, X., & Wen, Y. (2025). A survey on intelligent predictive maintenance (IPdM) in the era of fully connected intelligence. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*. DOI: 10.1109/COMST.2025.3567802.
- Zhou, Qian (2022). A Close Reading of China's Fintech Development Plan for 2022-2025. China Briefing (<https://www.china-briefing.com/news/a-close-reading-china-fintech-development-plan-for-2022-2025/>)

### **Lehetséges vitakérdések:**

1. Milyen szemléletbeli és gondolkodásbeli változásokra van szükség ahhoz, hogy megerősödhessen a karbantartásra és javításra irányuló társadalmi figyelem és e területek társadalmi megbecsültsége. Milyen szerepe lehet ebben az egyetemeknek és kapcsolódó (a technológia társadalmi szerepét vizsgáló) kutatásoknak.
2. Milyen ágazati specifikumok jellemzik az intelligens prediktív karbantartás felé történő elmozdulást, mennyire terjeszthető ki ez a megközelítés nem a hagyományos műszaki területekre?
3. Milyen szerepe van és lehet a meglévő rendszerek karbantartásához és meghibásodásaik kijavításához szükséges szervezeti/intézményi (vállalati, közintézményi) kapacitások fejlesztésében az egyetemeknek?
4. A karbantartás és javítás témáját érintő szemléletváltozás és az e területről való tudás hogyan érintheti az egyetem-ipar együttműködés erősítését célzó közpolitikákat és intézményi gyakorlatokat? Miben kell ezeknek változniuk és hogyan lehet e változásokat elérni?
5. Milyen hazai és nemzetközi példák elemzése segítheti a fenti folyamatot? Milyen sikeres példákat, működő jó gyakorlatokat ismerünk, hogyan lehet ezeket jobban megismerni, mit és hogyan tudunk ezekből tanulni? Lehetséges-e valamit adaptálni sikeres Európán kívüli gyakorlatokból?