

Balajti István

Miért és hogyan válhatunk hatékony és sikeres mérnökké?

„Agykarbantartás” koncepció és „Nobel-sörök” motiváció a radartechnológiák oktatásában

A Debreceni Egyetem Műszaki Karán kifejlesztett „Agykarbantartás” és „Nobel-sörök” oktatási koncepció radartechnológia-példákon keresztül erősíti a mérnöki alapkészségeket. A módszer válasz az ipar 4.0 által kibontakozó gyors technológiai változásokra és az ipar 5.0, a mesterséges intelligencia (MI) az élet minden területét érintő integrálására, kiemelve az általánosan elvárható alapkészségek folyamatos fejlesztését, ami a hazai hadmérnökképzés újrakezdését is elősegítheti.

Kulcsszavak: mérnökpedagógia, mesterséges intelligencia, radartechnológiák, agykarbantartás, Nobel-sörök, tanulásmotiváció, oktatási innováció

1. Bevezető

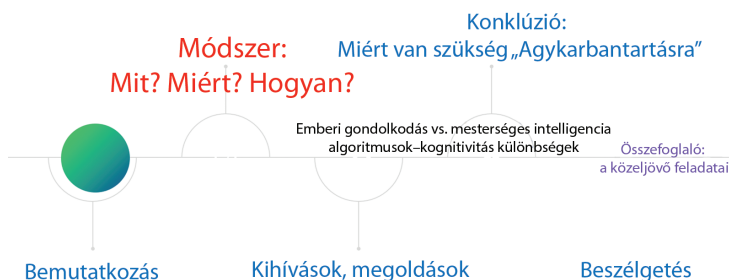
„Kétfajta embertípus létezik: a MÉRNÖKÖK és mindenki más. Minden rendben van a »mindenki más« típussal, szeretjük őket, de ők nem mérnökök!” (Tanár első találkozása a hallgatókkal, Debreceni Egyetem Műszaki Kar [DE MK])

2023 közepére elkészült a *Stratégiai kérdések 2023 – Debreceni Egyetem Műszaki Kar* című dokumentum, amely az elkövetkező 10 évre rögzíti a DE MK főbb célkitűzéseit a „Misszió”, „Értékrendek”, „Jövőkép – személyi feltételek, oktatás, kutatás, oktatási és kutatási kompetenciák”, valamint ezek „Fenntarthatósága” területein. Az elvégzendő munka következő lépése ezen elvek és elvárások gyakorlati megvalósításával kapcsolatos kérdésköreinek összegyűjtése, értékelése és szükség szerinti kiegészítése [1]. Egyértelmű, hogy a mérnöki tudományok egyre gyorsuló fejlődése, a mesterséges intelligenciát (MI) alkalmazó, az *Internet of Things-szel*¹ (IoT) kapcsolatos, a világűrben is széleskörűen alkalmazható megoldások tanítására hagyományos módszerekkel nincs elég idő és a gyakorlatban hatékonyan alkalmazható oktatási képességcsomag [9], [19]. Az egyetemeken jelenleg elterjedt Képzési és Kimeneti Követelmények (KKK), Programtantervek (PTT) folyamatosan megújulnak, lásd például a kompetenciaalapú Elvárt Tanulási Eredmény (ETE) eddig közzétett dokumentumait. A tématerület fejlesztésével foglalkozó szakemberek szerint: „A mérnökpedagógia a felsőoktatás-pedagógia területén végzett empirikus pedagógiai és pszichológiai kutatásokat foglalja magában. A műszaki,

¹ Dolgok internete – interneten keresztül kapcsolódó eszközök, pl. érzékelők.

az informatikai és az információbiztonsággal kapcsolatos tudományok határterületein folytatott kutatások a gyakorlati mérnöktanárképzés kérdéseit tárgyalják, különös tekintettel a pedagógiai és szakmai kompetenciák fejlesztésére." A tanulmány [13] javaslatokat fogalmaz meg a képzés hatékonyságának növelésére a magyar felsőoktatási kontextusban. Az általunk alkalmazott módszer lényegét az 1. ábra mutatja. Ennek legfontosabb eleme a korunk műszaki kihívásai, a hatékony mérnökpedagógia és a mérnöki gondolkozásmód közötti kapcsolat.

Természetesen az egyetemről kikerülő mérnökök képzési színvonala nem csökkenhetett, és továbbra is megfelelt olyan általános mérnöki elvárásoknak, mint például a megbízhatóság, strukturált gondolkozásmód, hatékony és következetes konklúzióalkotás, bármilyen szakmaspecifikus témakörben, valamint önmaguk elismertetése a mérnöki társadalomban stb. Az elvárt képességek, a rendelkezésre álló időkeretek függvényében, csak elméleti és gyakorlati mérnökpedagógiai megoldásokkal, „szabványos” ismeretekkel, szakmaspecifikus eljárásrendek alkalmazásával, lehetőleg költséghatékonyan, mesterséges intelligencia széles körű, egyre terjedő alkalmazásaival, adaptálhatók az új kihívásokhoz. Ezért a hatékony mérnökképzés pedagógiája és az ehhez kapcsolódó kutatások kiemelkedően fontosak. A Debreceni Egyetem Műszaki Karán folyó hasonló vizsgálatok ettől az elvárástól némileg eltérő mérnöki képességekre, szakirányokra fókuszálnak. Mivel a szerző több mint 40 év alatt a Radartechnológiák területén ért el mérnöki és tudományos eredményeket, sikereket, szerinte minden olyan tantárgy, érvelési megközelítés és képesség, amelyek szükségesek a korszerű radartechnológiák hatékony elsajátításához és alkalmazásához, ebbe a témakörbe tartozik. Az [22] oktatási célú weboldal részletes információkat nyújt a radar működési elveiről és történelmi mérföldköveiről.



1. ábra

Napjaink mérnökpedagógiai folyamatainak órai kezelése a DE MK-n [a szerző]

A főbb képességekre és az oktatási kihívásokra irányítja a figyelmet a 2. ábra. Az előtérben a központ vezetői láthatók, míg mögöttük a radarindikátor-kezelők (ember-gép kapcsolat), a radar különböző részeinél a mérnökök és technikusok teszik a feladatukat. A DE MK-n 2024 végéig közel 500 diák a következő tantárgyakban ismerhette meg a radartechnológia főbb jellemzőit: Kiberfizikai rendszerek (Ipar 4.0); Cyber-Physical Systems (CPS) [18] (angol nyelven); Mechatronikai eszközök (érzékelők beavatkozók, motorok); Mérés és adatgyűjtés; Méréstechnika; Measurement Technology (angol nyelven); Cyber Security (angol nyelven) – BSc-szinten; míg a villamosmérnöki (MSc-) tantárgyak: Digitális jelfeldolgozás, Méréselmélet; Szűrők elmélete és gyakorlata; Elektromágneses kompatibilitás (EMC) és interferencia (EMI) tantárgyak. A hallgatók az elméleti radar-alapismereteken túl gyakorlati tapasztalatokat is szerezhettek. A fejezetek elején megjelenő figyelemfelkeltő megfogalmazások

célja a „mérnökpalánták” jövőbeli feladataihoz való adaptálási idő lerövidítése. Ide tartoznak az órákon túlmutató radarhelyszín-látogatások és mérések. A cikk a Debreceni Egyetem Műszaki Karán a radartechnológiákkal kapcsolatos tématerületeken folyó és az alcímben jelzett munka főbb jellemzőit, sajátosságait és tapasztalatait foglalja össze.



2. ábra
Integrált radartechnológia-képességek [22]

A 3. ábrán a DE MK hallgatói *in situ*² antennamérésekkel összekötött látogatáson vesznek részt a HungaroControl püspökladányi radarantenna-rendszerénél.



3. ábra
In situ antennamérésekkel összekötött látogatás a HungaroControl püspökladányi radarnál [a szerző felvétele]

² *In situ*: helyszínen, természetes környezetben végrehajtott mérés.

A bemutatott oktatási megközelítés a „Mit?“, „Miért?“ és „Hogyan?“ kérdések mentén foglalható össze. Célja a mérnöki alapismeretek, a strukturált problémamegoldás, valamint a kommunikációs és együttműködési készségek együttes fejlesztése. Ezt a technológiai környezet gyors változása és a mesterséges intelligencia terjedése indokolja, amely mellett továbbra is szükség van az önálló mérnöki gondolkodásra és a kapott eredmények kritikus értékelésére. A megvalósítást az „Agykarbantartás” feladatai, a „Nobel-sörök” motivációs rendszere, az egyéni műszaki jelentések és a csoportos feladatok szolgálják. A radartechnológiai példák ezekhez közös alkalmazási keretet biztosítanak, összekapcsolva az elméleti ismereteket a gyakorlati mérnöki problémákkal.

1.1. Korunk mérnökpedagógiai kihívásai

„Amikor megszülettünk, senki sem garantálta, hogy az élet igazságos, környezetünk tisztességes lesz velünk.” – DE MK, szemeszter eleje.

Napjainkban a legfontosabb mérnökpedagógiai feladat az alapismeretek megszerzésén túl a hagyományos mérnöki elvárásoknak és viselkedésformáknak való megfelelés [7], javaslatok megfogalmazása a kommunikációs, és problémamegoldó készségek, valamint a csapatmunka műszaki tantervekbe való hatékonyabb integrálására. Ebben a tekintetben az adott tantárgy anyagának tanítása „csak” másodlagos elvárás. Különösen, mivel az utóbbi évek tapasztalatai szerint a végzős mérnökök 50–60%-a nem szakirányú munkakörben helyezkedik el. Ezért a mérnöki pályafutással kapcsolatos tapasztalatok szerinti elvárások rangsorában a legfontosabb a megbízható és strukturált mérnöki gondolkozásmód kialakítása. Ennek elve a mit, miért és hogyan szempontok szerinti elvárásokra és a cikkben értékelt oktatási struktúrára épül. Módszerünkben hangsúlyt kaptak a mérnöki élettapasztalatokon alapuló meglátások és a napjainkban az oktatás 4.0 és oktatás 5.0 szintjén megjelenő mérnökpedagógiai alkalmazások. Ezek egy része, például a legújabb technológiai kihívások a (szak)oktatásban,³ a projektalapú tanulás,⁴ a laboratóriumi munka sajátos didaktikája⁵ megtalálhatók a [6], [27] hivatkozásokban. A 4. ábrán a radartechnológiák iránt érdeklődő hallgatók és munkatársak láthatók.



4. ábra

Látogatás a Magyar Honvédség bánykúti Gerinc Radar századánál [a szerző felvétele]

³ Recent Technological Challenges in (Vocational) Education.

⁴ Project Based Learning.

⁵ Specific Didactics of Laboratory Work.

2. Radartechnológiákat alkalmazó élenjáró mérnöki elvárások

2.1. A mesterséges intelligencia és az „Agykarbantartás” kihívásai

„Legyőzheti-e az emberiséget a mesterséges intelligencia? Érzelmi válasz: »Soha, lehetetlen, az emberek nagyságrendekkel kreatívabbak, alkalmazkodóbbak! Ez csak egy eszköz!« Pragmatikus válasz: »Semmi esélyünk, ha nem tartjuk karban az agyunkat!«” (DE MK)

A növekvő számítási teljesítmény, a nagy méretű adatok könnyű hozzáférése és a folyamatosan fejlődő mesterséges intelligencia algoritmusok és alkalmazások új hullámának megszületéséhez vezetett. Ezek megváltoztatják életünket, gyártási technológiáinkat, az Ipar 4.0/5.0-t, behatárolják a haditechnikai eszközeinket és üzleti tevékenységünket [10]. A média és a mérnöki társadalom figyelme az MI és annak legismertebb változatai, a ChatGPT és a Copilot lehetséges hatásaira, politikai vonatkozásaira, valamint ezek etikai következményeire összpontosul. Számunkra különösen az oktatással kapcsolatos összefüggések fontosak [14]. A ChatGPT és a hasonló nagy nyelvi modellek mérnöki oktatásra gyakorolt hatását vizsgálja a [21]. Az MI szerepét az online oktatásban és az MI-alkalmazások fő területeit, beleértve a személyre szabott tanulást, az automatikus értékelést és az intelligens oktatási platformokat, elemzi a [24]. Az elosztott MI-összetevőknek nagy sáv szélességű, valós idejű működést biztosító, elhanyagolható késleltetésű, a tanulási és döntéshozatali feladatokat támogató kapcsolatra van szükségük, amellyel biztosítják a nagy mérési pontosságot és az energiahatékonyságot [8]. A gépi tanulás (ML⁶) és a mély tanulás (DL⁷) kulcsszerepet tölt be számos iparág, köztük az oktatás átalakulásában. Innovatív technikáival és alkalmazásaival megváltoztatja a hagyományos tanulási módszereket. E-learning-alkalmazások segítségével a tanárok egyénenként követhetik nyomon az egyes tanulók fejlődését, figyelmet fordítva a hallgató „problémás” munkaterületeire [11]. A cikk elemzi az AI-eszközök által kínált lehetőségeket és kihívásokat, valamint javaslatokat fogalmaz meg a tantervi és pedagógiai adaptációra. Ugyanakkor az MI-alkalmazásokkal kapcsolatban gyakran felmerül a mérnökképzés legfontosabb kérdése: Mitől lesz egy rendszer intelligens? A válasz tömören összefoglalva:⁸

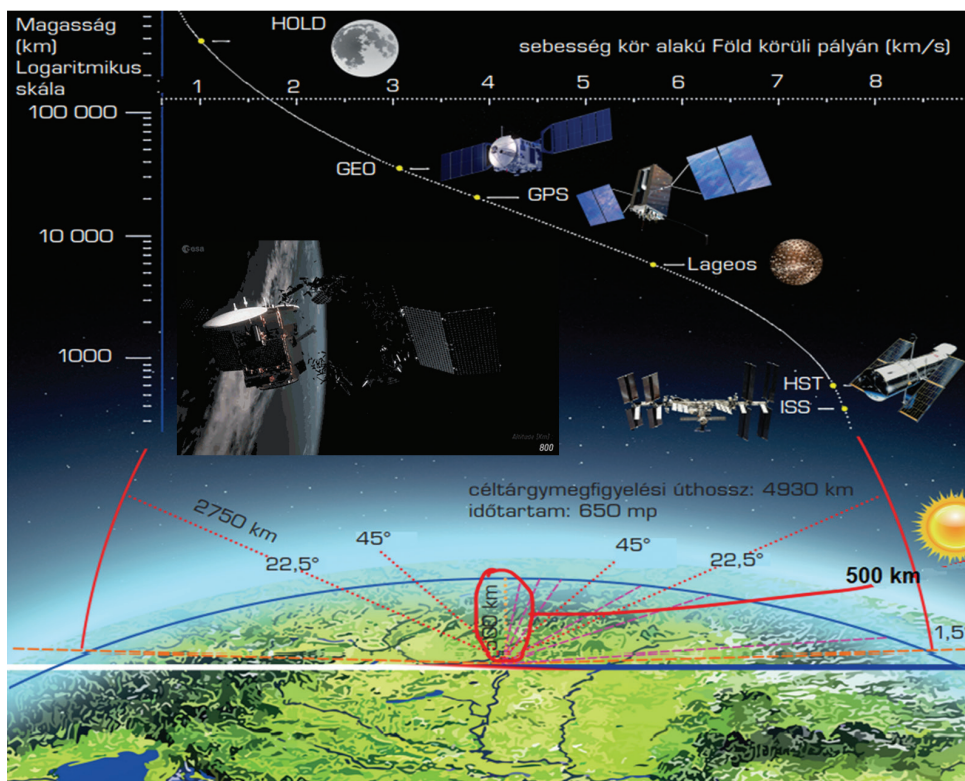
1. A környezetből érkező bemenetekre több differenciált választ képes adni.
2. Az alábbi alrendszerrel rendelkezik:
 - a) érzékelők: a külvilágból érkező információ detektálására és szabványos továbbítására;
 - b) aktuátorok: amelyek a külvilágra, a környezetre hatnak;
 - c) döntéshozók: adott szempontok szerint meghatározzák a külvilágból érkező információra, ingerre adott reakciók nagyságát és irányát.
3. Ezeket az alrendszereket rendszerré kell szervezni, és beépíteni gyakran a már korábban használt eszközbe, gépbe, termékbe, amelyeket intelligensebbé akarunk tenni.

Megjegyzés: Agykarbantartás alatt mindazon mérnöki alapképességeket, viselkedésformát, tudásszintet értünk, amelyek elengedhetetlenek a 21. századi mérnöki sikerek eléréséhez.

⁶ Machine Learning.

⁷ Deep Learning.

⁸ Prof. Korondi Péter DE MK előadásai nyomán.



5. ábra

A Kárpát-medence feletti világűr mérnöki szempontokból [a szerző]

Napjainkban a radar széles körben elterjedt érzékelő az élet minden területén, így az autonóm vezetésben is. A folyamatosan változó komplex környezeti jellemzők valós idejű kezeléséhez intelligens radarok szükségesek. A radarrendszerek működésében és kezelésében az emberi tényező kritikus szerepet játszik, ezért még a digitális „iker” algoritmusokat alkalmazó, kvázi monostatikus radarok sem képesek a kiberfizikai rendszerekben (CPS⁹) az elvárt kiber, fizikai, társadalmi intelligencia (CPSI¹⁰) elvárásokat teljesíteni. Ennek oka az emberi viselkedés hiányos ismerete és a mérnöki munkában való figyelembevétele [10]. Ezek a kihívások tovább erősödnek a kognitív radartechnológiák fejlődésével, valamint a világűrrel kapcsolatos alkalmazások bővülésével, beleértve például a műholdas rendszereket (GPS, televízió, kommunikáció), valamint az in situ megfigyelési és adatgyűjtési feladatokat. Az 5. ábra áttekintést nyújt a helyzetről.

A világűrrel kapcsolatos mérnöki kutatás-fejlesztési tevékenységek – beleértve a hazai törekvéseket is – elsősorban az alacsony, Föld körüli pályán működő műholdakhoz, illetve a Holdhoz kapcsolódó alkalmazásokra koncentrálnak. A kínai űrszonda Chang'e-5 megállapította,

⁹ Cyber-Physical Systems, CPS.

¹⁰ Cyber-Physical-Social Intelligence.

hogy a Hold felszínén más ritkaföldfémek mellett több millió tonnányi hélium-3 található. Ez a Földön rendkívül ritka elem alapvetően fontos az olyan atomerőművek létesítéséhez, amelyek radioaktív sugárzás és gőzturbinák nélkül közvetlenül állíthatnak elő energiát. Napjainkban a NASA¹¹ közzétette, hogy a Holdon nagyságrendekkel több víz van, mint eddig számolták. Ennek következtében valószínűsíthető, hogy legkésőbb 2035-ig állandó bázisok települnek a Holdra, ami új kihívások elé állítja a hazai mérnökképzést is. A tervek megvalósíthatósága szempontjából a legnagyobb kockázatot az alacsony pályákon található űrszemét jelenti. Ezek megtalálása és feltérképezése kiemelten fontos és összetett mérnöki feladat. A munka komplexitását bizonyítja, hogy egy Budapesthez viszonyítva 500 km magas műhold vagy űrszemét a Kárpát-medencéből csak 650 s-en keresztül figyelhető meg. Az erre a feladatra kifejlesztett radarrendszernek ezalatt az idő alatt több mint 40 000 törmelékkel kell detektálnia, útvonalba fognia és azonosítania. A felsorolt feladatok megoldásában döntően fontos összetevő az MI.

Motiváció – Nobel-sörökkel növelhető a mérnöki hatékonyság

„Azt tartják önökről, hogy azért jöttek az egyetemre, mert kőgazdag mérnökök szeretnének lenni. Mások szerint csak arról van szó, hogy még néhány évet eltölthessenek a Mama Hotelben.” (DE MK szemeszter eleje)

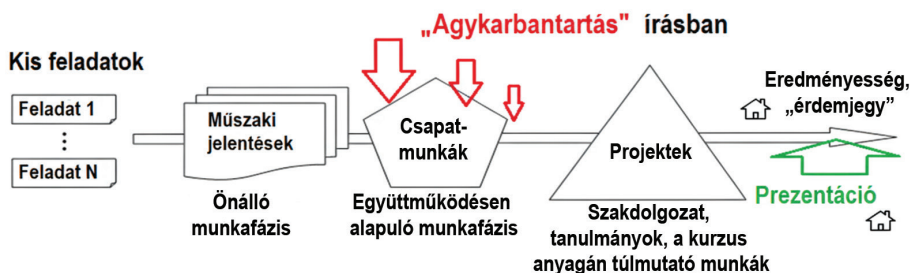
A növekvő felsőoktatási hallgatói létszám, különösen a mérnöki szakokon, megnehezíti a motivált oktatóknak, hogy továbbra is aktív oktatási módszereket alkalmazzanak. A témakör nemzetközi szakirodalmának tanulmányozása szerint a digitális szakértői értékelés bevezetése olyan alkalmazás, amely skálázható visszajelzéseket biztosít az oktatók számára [10]. Az oktatók tájékozódhatnak a nekik megfelelő módszer alkalmazásához szükséges elvárások, eszközök adaptálásáról és/vagy fejlesztéséről. Más megoldások szerint a tanár–hallgató interakciók határfoka tovább javítható kétfordulós Stackelberg-játékelmélet alkalmazásával [4]. Ennek lényege, hogy első körben a hallgatók eldöntik, melyik tanulási feladatforma felel meg nekik a legjobban, majd a második körben a képzési paramétereket és azok alkalmazhatóságának hasznosságát optimalizálják. A DE MK mérnökpedagógiai elvei és elvárásai még nem tartanak ezen a szinten, bár az általunk alkalmazott aktív oktatási módszerek hatékonyak ígérkeznek. Például [16] azonosítja azokat a kompetenciákat és tudásterületeket, amelyeket a mérnöki képzésben elsődlegesen szükséges fejleszteni a CPS-technológiák hatékony oktatásához. A Műszaki Karon alkalmazott módszerek legfontosabb jellemzői az alábbiakban:

- Egyénileg – hogyan legyünk hatékonyak? Saját tulajdonságaink megismerése, feltérképezése:
 - emberi viselkedésformák, személyiségtípusok,
 - hatékony műszaki jelentésírási készség,
 - hatékony előadókészség,
 - általános és szakmaspecifikus mérnöki ismeret – „Agykarbantartás”,
 - projektszemlélet.

¹¹ National Aeronautics and Space Administration.

- Csoportmunka jelentősége és elvárásai:
 - érvelés- és tárgyalástechnika,
 - csoportos, oktató által kijelölt 4 fős, laboratóriumi munkák,¹² műszaki jelentések írása.

A módszer főbb lépéseit a 6. ábra foglalja össze.



6. ábra

Az „Agykabantartás” koncepció mérnökképesség-fejlesztés lépései [a szerző]

2.3. Hogyan legyünk hatékonyak, Soft Skills¹³ témakörök

Egy hallgató késéssel rohan az órára, rajta „Just do it”¹⁴ feliratú póló. Tanár: „Állj, rossz tanterem felé fut, itt mérnököket képeznek, maga messziről hirdeti, hogy nem lesz az. Make Things Happen & Let's Make It Together. Mi mérnökök megcsináljuk (make) a dolgainkat, míg mások „csak” elméleteket (do) gyártanak arra, hogyan lehetne jobb a világ.” (DE MK, év közben)

A személyes készségek fejlesztése túlmutat a szakmaspecifikus tantárgyak keretein, és magába foglalja a mérnöki viselkedés elvárásait, a környezetünk által felkínált lehetőségek felismerését és kihasználását. Az itt jelzett térmaterületeket külön tantárgyak részletesen tárgyalják, és azok a kreditrendszer részei. Ugyanakkor minden mérnöki tantárgy oktatásánál szükséges erősíteni a fejlődésüket, miközben felkeltjük a hallgatók érdeklődését.

2.3.1. Műszaki jelentések, tantárgyspecifikus feladatok és értékelésük

„Műszaki jelentés írása a FŐNÖKnek, aki mindig elfoglalt, siet, és általában semmire sincs ideje. Mielőtt elhamarkodottan ítélkeznenek a FŐNÖKkel kapcsolatban, jusson eszükbe, hogy önök is hasonló FŐNÖKök lesznek 5–10 éven belül. Ha nem tudják hatékonyan megszervezni saját maguk és beosztottaik munkáját, a fizetéseik legjobb esetben is csak stagnálnak.” (DE MK, év közben)

¹² A csapat összetétele az egyéni műszaki jelentések színvonalához igazodik, a legjobban együtt és így tovább.

¹³ Személyes készségek.

¹⁴ Csak csináld!

A műszaki dokumentumok készítése kritikus szakmai készség a mérnökök számára, de a mérnökhallgatók gyakran kevésbé fontosnak tartják [16]. [28] részletesen elemzi és igazolja, hogy az íráskészség fejlesztése pozitívan hat a műszaki tartalmak megértésére és elsajátítására. A DE MK által alkalmazott eljárásban a feladatmegoldások egyetemi e-learning-felületen¹⁵ történnek.

- Kis feladat: egy félévben legalább 3-4 db – 1,5 oldal, Word 11 pp formátum, tömören/ szabatosan megfogalmazva. Extra Nobel-sőr kapható például MATLAB Onramp MI-feladatsorok megoldásával szerzett *Certifiketek* bemutatásával.

Absztrakt: 5–6 sor; kifejtés: 55–70%, bevezetés/szakirodalmi összefoglaló, a javaslat/jelentés fő mondanivalója „a lényegi összefoglalót megjelenítő” ábrával maximum: 5 x 7 cm; konklúzió: 5–6 sor; irodalomjegyzék: 10-15%.

(A rövidebbre vagy hosszabbra „sikeredett” feladatmegoldások értékei a Gauss-függvény $[3 = 1, m = 0]$ értékével arányosan csökkennek.)

- Csapatmunka: 1–2 feladat, csapat hallgatói számmal szorzott „Kis feladat” elvárások. Ebben a témakörben is vannak extra Nobel-sőr-szerzési lehetőségek, például szakdolgozat, TDK-dolgozat közös kidolgozása.
- Értékelés: eleinte a tanár feladata, majd a hallgatók egymással konzultálnak, kijavítják a hibákat. A tanár később értékeli. 3 db 80 pont feletti munka = 1 Nobel-sőr lásd 10. ábra, ahol 3 Nobel-sőr – jeles osztályzat. MI használata erősen ajánlott.

Az „Agykarbantartó dolgozatot” legalább 2. szinten kell teljesíteni. Ha elégtelen, az azt jelenti, hogy az egész évi munka szorozva van 0-val. A feladatok komplexitásának érzékelésére az alábbi néhány kérdés szolgál: 1. Mi az Euler-féle szám? Alkalmazásával írja le a „sin x” és „cos x” függvényeket és értékelje az eredményt! Mi a Dirac-delta függvény, és miért fontos a mérnöki tevékenységekben? 2. Mik az elektromágneses spektrum legfontosabb fizikai jellemzői? Rádióhullámok alkalmazásával mikor tudunk több információt átvinni, ha 2 GHz-t vagy 8 GHz-t alkalmazunk? Miért? Mit nevezünk transzverzális hullámnak? Mit nevezünk longitudinális hullámnak? Mitől függ egy antenna polarizációja? Mit értünk vízszintes, elliptikus és lineáris polarizáció alatt? 3. Írja fel a RADAR-egyenletet! Értékelje a változókat! Milyen tényezőktől függ az antenna erősítése? Írja fel az egyenletét! Ha a 81 GHz frekvencián üzemelő automobil-radar hatótávolsága 300 m, hogyan változik a hatótávolsága, ha minden más paramétere változatlan marad, de a frekvencia 24 GHz-re csökken? 4. Mi a jel-zaj viszony és mit mutat meg? Írja fel az egyenleteit! Írja fel a vevő zaj teljesítmény egyenletét! Milyen tényezőktől függ a rendszer ekvivalens zajhőmérséklete? 5. Mi az impedancia és mit mutat meg? Mit nevezünk feszültség-állóhullámaránynak (VSWR¹⁶)? Mi az S-paraméter, mire használjuk? Rajzolja fel a Smith-diagramot és jelölje a legfontosabb jellemzőit!

Prezentáció, záróvizsga: tanév végi 10 perces, 12 diás előadás. Tantárgyhoz kapcsolódó, szabadon választott témakörben.

¹⁵ Számítógépes hálózaton elérhető képzési forma.

¹⁶ *Voltage Standing Wave Ratio*.

2.3.2. „KISS(+S) principális”, elvek

A mérnöki munka fejlődése egyértelműen az előző években megszokott sokkal összetettebb kommunikációs útválasztási, vezérlési és számítási algoritmusok alkalmazásához vezet. Ezek szükségesek ahhoz, hogy hatékonyan működhessenek, miközben minden változik az alrendszerek szintjén. Az áttekinthetőség miatt célszerű a KISS-elv ismerete és alkalmazása – a KISS-elv szerint a legtöbb rendszer akkor működik a legjobban, ha egyszerű, nem bonyolult, áttekinthető és strukturált. A KISS rövidítés értelmezése mérnökpedagógiai szempontok szerint:

- KISS – *Keep it Structured and Simple!* – alpmérnöki gondolkodásmód;
- KISS+S – „Legyen strukturált, egyszerű és okos!”¹⁷ – haladó mérnök;
- KISS+SS – „Legyen strukturált, egyszerű, okos és rövid!”¹⁸ – élenjáró;
- *Less is More* – „A kevesebb az több” – mindent visz, de nehéz megvalósítani.

„Tegyen mindent a lehető legegyszerűbbé, de ne egyszerűbbé.”¹⁹ (Albert Einstein)

2.3.3. Az emberi viselkedés sémáival kapcsolatos kihívások

„A maguk generációja semmivel sem jobb, mint az enyém. Pedig volt 20–23 évük, hogy jobbak legyenek. Apuci? Anyuci? Nem hallgattak rájuk? Nagyapó? Nagyanyó? Gondolom, előadják a cuki unoka figurát, és az öregek elérékenyülnek. Remélem, nem gondolják, hogy ez nálam is beválik?” (DE MK, év közben)

Carl Gustav Jung pszichológus szerint az emberek négy alapvető funkció szerint gondolkodnak, illetve cselekednek: érzékelés, intuíció, gondolkodás és érzelem. Viselkedésünk és döntéshozatalunk szempontjából ez tovább bontható önmagunk, környezetünk ismerete, elfogadása és el nem elfogadása jellemzőkkel. Ezek alapján további személyiségtípusokat különböztetünk meg. Minden tulajdonság alapvetően fontos az emberiség fennmaradása szempontjából. Valószínűleg ezek aránya ezért nem változott jelentősen az évmilliók során, ugyanakkor a hatékony mérnökökre általában asszertív²⁰ tulajdonságok jellemzők. Ezért hallgatóink személyiségtípusainak megismerésével, a tématerületre való figyelmük felkeltésével és az oktatási metodikában való alkalmazásával elérhető, megengedhető(?), hogy a félév végén *ne legyen bukás*. Igaz, előfordul, hogy az inaktív hallgatók azzal *tisztelik meg tanáraikat*, hogy még legalább további egy féléven keresztül hallgatják az előadásait!

Az emberi viselkedési sémákkal kapcsolatos problémakör különösen az emberi viselkedés megértése területén fontos, mivel ezeket a megoldásokat a mérnököknek külön kell alkalmazniuk a mindennapi életükben és mérnöki megoldásaikban. Például az ember-számítógép kapcsolatrendszer jelentősen bővült az élet minden területén, beleértve a szociális robotika területeit, a lakossági elvárásoknak megfelelően [3], [20].

¹⁷ *Keep it Structured, Simple, and Smart.*

¹⁸ *Keep it Structured, Simple, Smart, and Short.*

¹⁹ *Make everything as simple as possible, but not simpler.*

²⁰ Határozott, magabiztos személyiséget mutató.

2.3.4. Az érvelés- és tárgyalástechnika kihívásai

„A harag és a félelem rossz tanácsadók; a szerelem vak; a szívnek nem lehet parancsolni; éhes disznó makkról álmodik; aki fél, annak a szél is ellensége.” (DE MK)

A valós mérnöki tevékenységek mindig tartalmaznak bizonyos mennyiségű tárgyalást. A téma fontossága és komplexitása mindenki számára ismert, de a hatékony mérnökök ismerik, felismerik a lehetőségeket. Lásd a részleteket [26]. A legfontosabb kérdés, hogy meggyőzni vagy legyőzni akarjuk lehetséges üzleti partnerünket?

- Cél: megkapni a számunkra lehető legjobb „csomagot”. (Nem a legtöbbet kapni!). Ehhez a másik félnek is jó csomagot kell kapnia! *Mondjuk ki a tárgyalási célt!*
 - Legfontosabb tárgyalóeszköz: a kérdés! (Ha tudjuk, mit tudunk kínálni.) Ilyenkor ismerjük a kérdésre adható válaszokat, és a *válasz alapján határozzuk meg a tárgyaló fél felkészültségét.*
- Tárgyalás előtt határozzuk meg a saját és a másik fél preferenciáit!

A tárgyalás folyamatát tapasztalatokon alapuló elvek szerint célszerű felépíteni:

- nyitás (előkészítés/hangulat/könnyebb napirendi pontok előre);
- szükségletek feltérképezése (egyetértési pontok azonosítása, könnyen megoldható konfliktuspontok előre csoportosítása, alternatív opciók, kreativitás, közös gondolkodás);²¹
- zárás (konklúziók, az elvárások nyomon követése, még akkor is, ha látszatra nem értük el a kitűzött célt);
- *Win-Win* stratégia²² alkalmazásának fontossága (lásd a 7. ábrát a tárgyalási elvárások és a lehetőségeink folyamatos értékelhetősége szempontjából).



7. ábra
Tárgyalási elvárások, lehetőségek [a szerző]

Ugyanakkor gyakran találkozunk érzelmi alapú érveléssel. Ez a meggyőzési technika a hallgatóság érzéseire, vágyaira, félelmeire vagy előítéleteire hat a *tények és a szigorú logika helyett*. Gyakorlati szempontból ez nagyon hatékony meggyőzési forma, bár a mérnökök érvelési hibának tekintik, ha az *érzelmek a bizonyítékokat hivatottak helyettesíteni*. A magyar

²¹ Gyakran használt angol kifejezése: *Brainstorming*.

²² Mindkét fél számára kedvező, győztes, stratégia.

közmondások pontosan leírják azt az emberi sajátosságot, amelyre ez a technika épít. Ahol az *érzelmeink könnyen elnyomják a józan eszünket és a logikát*. Legfontosabb típusaik egy-egy közmondással érzékelhetők. Ennek a hatásnak a csökkentésére napjainkban már különböző érzékelőkből származó adatokat használnak a viselkedési minták azonosítására, például egészségügyi monitorozásban és az ember-gép interakciókban [2].

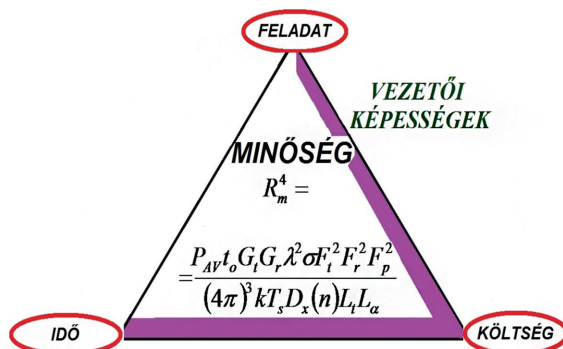
2.3.5. A projektszemlélettel kapcsolatos mérnöki kihívások

A projektszemlélettel kapcsolatos mérnöki kihívások rendkívül kritikus alkalmazások kezelésére szolgálnak, különösen az IoT, az Ipar 4.0 és az okosvárosok megvalósítási folyamataiban. Ezért a mérnököknek ismerniük kell az alapokat. Lásd a részleteket [17], [23]. Röviden:

- A projekt időszaki vállalkozás, amely egyedi „terméket” hoz létre vagy szolgáltatást nyújt.
- A projektmenedzsment folyamatokat, módszertanokat, technikákat és eszközöket alkalmaz a projekt tervezésében, végrehajtásában, követésében és zárásában. (Magyarázata a 8. ábrán a radartechnológiára vonatkozó részletekkel.)

Tulajdonosi elvárások:

- legyen költséghatékonyabb a jelenleginél;
- a tulajdonosi érdekek kiegyensúlyozása:
 - rövid távon > a bevételek maximalizálása: minden elérhető erőforrásnál;
 - hosszabb távon > fenntarthatóság, mértékletesség – üzleten belül maradni;
- előnyök, hátrányok és a kockázat értékelése minden esetben elvárás.



8. ábra
Projektháromszög a radartechnológiai esetekre [a szerző]

2.3.6. A csapatmunkával és a kommunikációval kapcsolatos kihívások

„A hátsó sorokban ülők általában nem túl aktívak az órákon, viszont rendszeresen kiscsoportos »önképzéseken« vesznek részt. Például söröskorsókat emelgetnek, fociznak. Az éltanulók viszont

az egyéni eredményeikre büszkék. Joggal. De Superman és Superwoman csak a mozifilmekben sikeresek, a valódi műszaki eredményeket csapatmunkában hozzuk létre.” (DE MK, előadásokon)

Az átfogó projektcélok elérése érdekében sok csapatnak kell együtt dolgoznia. Minél több csapat van, annál nagyobbak a munkafolyamatok koordinációjával kapcsolatos követelmények. Az MI növekvő népszerűsége ellenére a csapatok közötti koordináció komoly kihívást jelent az elméleti és a gyakorlati megvalósítás, valamint a kutatás-fejlesztés számára. A nagy léptékű célratörő műszaki fejlesztések, testreszabott módszerek és folyamatok a folyamatos képességnövekedés biztosítása érdekében. Lásd a további részleteket [18].

A DE MK hallgatók számára feldolgozandó főbb csapatmunkakészségek:

- kommunikáció,
- konfliktuskezelés,
- hallgatás a társakra,
- megbízhatóság,
- tiszteletudás,
- meggyőzési és befolyásolási, vezetői készségek.

További elvárások: mások elismerése, aktív hallgatás, együttműködés, elkötelezettség, bizalom, bizalomépítés, kreatív gondolkodás, kritikus gondolkodás, problémák meghatározása, ösztönzés, bátorítás, ötletek kibővítése, rugalmasság, logikus gondolkodás, csapatépítés és sok minden más. A lényegét jól kifejezi a 9. ábra, bizonyítva, hogy bár furcsa, de hatékony lehet a katonaságnál gyakran emlegetett módszer: „Ami kerek, azt visszük, ami szögletes, azt gurítjuk, az okát ne kérdezzék! A lényeg, hogy oldják meg a feladatot.”



9. ábra

Csapatmunka, in situ mérésadatgyűjtés belső környezete Ferihegy TAR 1 [a szerző felvétele]

2.3.7. A matek „csak” eszköz, de alapvetően fontos a mérnöki megoldáshoz

„A gravitáció törvényeinek nem ismerete nem véd meg a hasra eséstől.” (DM MK)

A 21. század elején a mérnöki teljesítmény elvárásai a matematikai alkalmazásokkal kapcsolatos új követelmények megjelenéséhez vezettek. A különböző számítási módszerek

mérnöki oktatásban betöltött szerepét, a pedagógiai megközelítéseket, a numerikus és algoritmikus készségek elsajátítását segítő eszközöket értékeli a [17]. Az MI által támogatott matematikai alkalmazások, modellek elengedhetetlenek komoly mérnöki szimulációkhoz, amelyek házi feladatok használatával jól gyakorolhatók [14]. Természetesen a komplex mérnökpedagógiai rendszerek megvalósítása során számos hiba, félreértés merülhet fel, amelyek megghiúsítják a kitűzött célok elérését, egyben jelentős erkölcsi és pénzügyi veszteségeket eredményezhetnek [6]. Ezért célszerű a mérnököktől elvárt tudás összetevőinek keverése. Például a mechatronikai mérnökök legfontosabb kompetenciaterülete a rendszerelemzés, -tervezés, -vezérlés és a rendszermodellezés, amely minden mérnöki tevékenység alapja [9]. Itt megfigyelhető, hogy a mérnöki feladatok megoldásához szükséges matematikai eszközök jelentősen eltolódtak a numerikus módszerek felé [10]. A radartechnológiák területén a gyorsan bővülő kapacitások és számítástechnikai, hálózati rendelkezésre állás legfontosabb összetevői:

- a differenciálegyenletek különféle alkalmazásai;
- a koherens jelfeldolgozással kapcsolatos vektoriális algoritmusok; a Fourier-sorok különböző módszerekkel történő számításainak előnyei vs. hátrányai;
- a sztochasztikus, véletlenszerű folyamatok nemparametrikus algoritmusokkal történő kezelése.

2.4. Az Agykarbantartás eredményeinek összegzése

„Mi a mérnök szó jelentése? Legalább kétszer, háromszor megmérjük, mielőtt megcsináljuk. Így is, első alkalommal, gyakran elcsesszük.” (DM MK)

A 10. ábra az „Agykarbantartás és Nobel-sörök” koncepciót alkalmazó mérnökpedagógiai módszerek alkalmazásának eredményességét szemlélteti egy félévre vonatkoztatva. Minden félév végén hasonló „Agykarbantartás – Nobel-sörök” táblázatok készülnek a radartechnológiákat tanuló évfolyamokon. Ez csak egy példa, amely a kiberfizikai rendszerek tantárgy hallgatóinak részfeladat-eredményeit mutatja.

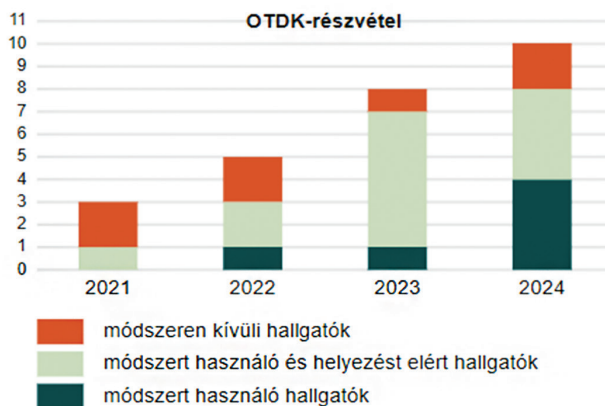
Név	Agykarbantartás	KF1a/b	KF2a/b	KF3a/b	KF4a/b	Teams	CSM1a/b	CSM2a/b	Extra1	Extra2	Előadás	Nobelsörök státusz	Ért.
1	60/72	92/92	85/85	82/82	88/88/817	26	91		Mat_Cert	Conf_Kész	4		5
2	89	89/89	85/85	87/87	85	6, 20, 27	91/91/85	89/89/90			5		5
3	60/83	89/89	87/87	88/88		7, 10, 24	45/92				5		5
4	40/50/68	84/84		84/84		42, 44, 47	85/92	89/	Mat_Cert		5		5
5	66	85	85	85	85/84	3, 20, 27	55/85/95	90/	Matlab??	Conf?	4		4
6	60/78	88/88	85	85/85	88/88	4, 10, 24	86/80/85	85/92	Mat_Cert		47		5
7	60/61/50/70	82	77	81		11, 17, 46	88/85/91			Mat_Cert	57		3
8	45/60/50/68	78/78	79/79	82/82		12, 14, 19	65/85		Matl_Cert	Conf?	2		3
9	64/74	81	88	91	90	4, 7, 24	90/92		Matlab??		3+		4
10	30/50/50/76	83	85	84	80	8, 17, 46	85/	85/	Matlab??	Conf?	4+		4
11	30/72	79/79	79/79	79/79	85/85	9, 14, 19	80/55/785	89/	Mat_Cert	Conf_Kész	3		4
12	82/82	88	85/85		88	25, 28, 36	45/85/90		Mat_Cert		3		4
13	30/75	85	79			9, 12, 19	85/80		Mat_Cert	Conf_kvél	4		3
14	98		86	91		29, 32, 35	45/95		Mat_Cert	Conf?	2++/57	Nyári feladatok - Cikkírás MI területén	37/5
15	56/86	68	78/78	79/79	81	18, 37, 39	85/		Mat_Cert		3		3
16	66	79/79	85/85	79/80	80/80	8, 11, 46	89/89/85		Matl_Cert		3		3
17	66	85/85	77/77	82	90	16, 37, 39	90/		Mat_Cert		3		3
18	64/60/50/68	84	87			9, 12, 14	85/		Mat_Cert		57/3		3
19	76	91/84	85	89/89		3, 6, 27	85/95	90			3		3
20	45/66	79	79/79	82/82	88/82	22, 31, 45	82/82/82		Matlab??	Conf?	3		4
21	35/66	75/75	78		84	21, 31, 45					?		1
22	60/84	95/89	90	91/91	89/89	33, 41, 43	55/89/90		Mat_Cert		57		5
23	60/67	88/88	89/89	91/91		4, 7, 10	45/95			Conf_Readva	57		5
24	52/66	79/79	84		81/81	13, 28, 36	88/75/91				3		3

10. ábra

„Agykarbantartás” és Nobel-sörök feladat teljesítményösszegző ábra [a szerző]

Az Agykarbantartás oszlop az 5. vagy 6. héten írt írásbeli dolgozat eredményét tartalmazza. Elégtelen osztályzat esetén ajánlott újrairni. A KF1a/b, KF2a/b, KF3a/b és KF4a/b „Kis feladatok”, „Jelentések a főnöknek” eredményei. Ezek alapján alakulnak a csapatok, „Teams”, ahol azonos, például a legjobb, kevésbé jó, megfelelő egyéni eredményeket elérők kerülnek egy csoportba. A csapatmunka eredményességét a CSM1a/b és CSM2a/b oszlopok jelzik. Ide jegyezzük be a TDK- (Tudományos Diákköri Konferencia) munkákkal és extra feladatok megoldását vállaló hallgatókkal kapcsolatos megjegyzéseket. A félévet a szóbeli vizsga „Előadás” zárja. Ennél és az „Agykarbantartó dolgozat” esetén mindenfajta segédeszköz, kalkulátor, MI használata tilos; csak a saját kognitív képességeikre támaszkodhatnak a hallgatók. Minden más feladat megoldásánál tanári elvárás az MI használata. Az alkalmazott módszer lényege: a hallgató először oldja meg a feladatot saját kognitív képességeivel, „papíron, ceruzával”, majd pontosítsa MI-használattal, végül az értékelést tanár vagy egy hozzáértő szakember közreműködésével pontosítsa, és a tanulságok levonásával zárja le. Az oktatási módszer sajátossága, hogy a rendkívül szoros és intenzív tevékenységek miatt nincs, vagy elhanyagolható az osztályismétlés. A módszer elterjedése, bevezetése a kihívásalapú hazai hadmérnökképzés alapja lehet, hiszen honvédelmünk csak magyar ipari-oktatási kultúra alapján építhető fel gazdaságosan és hatékonyan [5].

A tudományos tevékenység eredményei keretében vizsgáltuk a hallgatók hazai OTDK- és nemzetközi konferenciákon, folyóiratokban való publikálási eredményességét. A 11. ábra szemlélteti a módszer tudományos tevékenységek területén elért eredményeit. Látható, hogy az új módszerben tanított diákok egyre gyakrabban és sikeresebben vesznek részt ezekben a tevékenységekben. A benyújtott dolgozatok számának növekedése mellett a díjazott hallgatók száma is jelentősen megnőtt. Erre jó példa [15], de további jelentős eredményeket sorol fel és értékel [16].



11. ábra

A DE MK „Agykarbantartás” módszer hatása a tudományos tevékenységre [5]

3. Konklúzió: Merre tovább?

„A debreceni akkumulátorgyár megépítése nagyon veszélyes, különösen a hazai politikai és jogi körülmények között!” „Ha az emberiség nem fedezi fel a tüzet, most nem lenne szükség tűzoltóságra.” Ezért, mérnöki elvárások szerint, csapatmunkában, műszaki jelentést kell írni az akkumulátorgyártásról a jelenleg érvényben lévő magyar és EU-szabványokra, gyártástechnológiai elvárásokra koncentrálva. Indok: „Ha nem tanulják meg a szakmájukat, és komolyabb esemény történik a gyárban, akkor csak a mérnököket lehet lecsukni, mivel egyértelműen bizonyítható a mérnöki kompetencia hiánya. Ráadásul egy üzemi balesetben a gyár környékén élő saját családjuk is sérülhet.” (DM MK)

A cikk összefoglalta a Debreceni Egyetem Műszaki Karán folyó „Agykarbantartás és Nobel-sörök” aktív oktatási módszerének sajátosságait és kihívásait. Napjainkban a hallgatói állomány szociális háttere eltolódott az „érzelmi alapú” internet és az „okostelefon használata” irányába. Ugyanakkor az MI gyors térhódítása további új kihívásokat és megoldásokat kínál. Ebből egyenesen következik a mérnökpedagógiai elvárások jelentős változásának szükségessége.

Az oktatási metodikát a szerző saját és egyetemi kollégái tapasztalatait felhasználva, a DE MK helyi követelményekhez adaptálva kezdte alkalmazni. A módszer legfontosabb elvárásai:

1. Szükség van a mérnöki gondolkozásmód hatékony erősítésére. Ez a feladat reálisan megoldható a mit, miért, hogyan kérdéskörök szisztematikus, hallgatók általi, minden elvégzendő feladatra vonatkozó értékelésével.
2. A mesterséges intelligencia beépül mindennapi alkalmazásainkba, ezért hatékony kezelését ki kell tapasztalni. Ebben a folyamatban a mérnöki *kreativitás* döntő tényező.
3. A hatékony mérnöki megoldásoknál, ezek elfogadtatásánál és alkalmazásánál ki kell használnunk magunk, környezetünk és a pszichológia alapismerete nyújtotta előnyöket.

Minden aktív oktatási módszer sajátossága és talán hátránya, hogy *rendkívül munkaigényes, ezért gyakran túlterheli az oktatókat, és a hallgatók számára is komoly többletmunkát jelent.* Egy átfogó áttekintés és útmutató a hibrid ember – mesterségesintelligencia-rendszerek vonatkozásában: [25]. A szerzők bemutatják, hogyan kombinálható az emberi és a gépi intelligencia a hatékonyabb döntéshozatal és problémamegoldás érdekében. Remélhetőleg a szociális robotika területén elért kutatási és fejlesztési eredményeket mielőbb bevezethetjük az oktatók feladatainak robotasszisztensekkel segítése által.

A csatolt szakirodalmakkal összevetve megállapítható, hogy az „Agykarbantartás” és „Nobel-sörök” koncepciók további kutatásokra alkalmas *State-of-the-Art* mérnökpedagógiai megoldásokat kínálnak.

Köszönetnyilvánítás

A szerző köszönetet mond a Debreceni Egyetem Műszaki Kara vezetésének, oktatóinak, adminisztratív dolgozóinak, külön a Mechatronikai Tanszék munkatársainak, hogy lehetőséget adtak, támogatták munkámat, majd segítettek élettapasztalataim átadásában a jövő mérnök-nemzedéke számára. A módszer kidolgozásában nagyon lelkiismeretes és alapos munkával

közvetlenül részt vett Dr. Kocsis Imre és Dr. Burján-Mosoni Boglárka, valamint közvetetten a tantárgyakon átívelő feladatkonceptciók terén Dr. Korondi Péter, amelyért valamennyiük hálával tartozom.

Felhasznált irodalom

- [1] P. Abichandani et al., „Internet-of-Things Curriculum, Pedagogy, and Assessment for STEM Education: A Review of Literature,” *IEEE Access*, 10. évf. 1. sz. pp. 31624–31667. 2022. Online: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3164709>
- [2] I. R. Adochiei et al., „Human Behavior Recognition System using Physiological Signals,” in *13th International Symposium Advanced Topics Electrical Engineering (ATEE)*, Bucharest, 2023, pp. 1–4. Online: <https://doi.org/10.1109/ATEE58038.2023.10108220>
- [3] T. Alexander et al., „Mobile Communications and Networks,” *IEEE Communications Magazine*, 58. évf. 5. sz. pp. 48–48. 2020. Online: <https://doi.org/10.1109/MCOM.2020.9112741>
- [4] M. S. Allahham et al., „Motivating Learners in Multiorchestrator Mobile Edge Learning: A Stackelberg Game Approach,” *IEEE Canadian Journal of Electrical and Computer Engineering*, 46. évf. 1. sz. pp. 69–76. 2023. Online: <https://doi.org/10.1109/ICJECE.2022.3206393>
- [5] I. Balajti, „Gondolatok az Education 5.0 alapú hadmérnökképzés szükségessége és megvalósításának elvárásai témakörben: Hogyan képezzünk Ipar 5.0 környezetbe integrált Dobó Istvánokat és Bornemissza Gergelyeket?,” in *Szemelvények a katonai műszaki tudományok eredményeiből VI.* Padányi J., Gőcze I. szerk. Budapest, Ludovika, 2025, pp. 7–32. Online: https://doi.org/10.36250/01323_01
- [6] M. Berntzen et al., „A Taxonomy of Inter-Team Coordination in Large-Scale Agile,” *IEEE Transactions on Software Engineering*, 49. évf. 2. sz. pp. 699–718. 2023. Online: <https://doi.org/10.1109/TSE.2022.3160873>
- [7] B. Burján-Mosoni, I. Balajti, I. Kocsis, „Expanding Soft Skills Development Across Undergraduate Engineering Education,” *Journal of Integrated Design and Process Science*, 2026, pp. 1–19. Online: <https://doi.org/10.1177/10920617251409518>
- [8] C. Campolo, A. Iera, A. Molinaro, „Network for Distributed Intelligence: A Survey and Future Perspectives,” *IEEE Access*, 11. évf. pp. 52840–52861. 2023. Online: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3280411>
- [9] R. Carrasco-Navarro et al., „MEIoT 2D-CACSET: Educational Toolkit for Cartesian System,” *Sensors*, 22. évf. 9. sz. 2022. Online: <https://doi.org/10.3390/s22134802>
- [10] R. Clark, A. Kaw, „Adaptive Learning in Numerical Methods Course,” *Applications in Engineering Education*, 30. évf. 1. sz. pp. 62–79. 2022. Online: <https://doi.org/10.1002/cae.22175>
- [11] N. M. Gyöngyössy et al., „Supervised Learning for Gesture Recognition by Spiking Neural Networks,” in *IEEE Symposium Series Computational Intelligence (SSCI)*. Xiamen, 2019, pp. 2201–2206. Online: <https://doi.org/10.1109/SSCI44817.2019.9002720>
- [12] G. V. Helden et al., „The Use of Digital Peer Assessment in Higher Education – An Umbrella Review of Literature,” *IEEE Access*, 11. évf. pp. 22948–22960. 2023. Online: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3252914>

- [13] I. Holik, I. D. Sanda, „Gondolatok a gyakorlati mérnöktanárképzésről,” *Pedagógusképzés*, 20. évf. 2. sz. pp. 112–119. 2021. Online: <https://doi.org/10.37205/TEL-hun.2021.2.07>
- [14] H. Ibrahim et al., „Rethinking Homework in the Age of Artificial Intelligence,” *IEEE Intelligent Systems*, 38. évf. 2. sz. pp. 24–27. 2023. Online: <https://doi.org/10.1109/MIS.2023.3255599>
- [15] K. Á. Kis et al., „Quarter Car Suspension State Space Model and Full State Feedback Control for Real-Time Processing,” in *2023 Signal Processing Symposium (SPSymposium)*. Karpacz, 2023, pp. 73–78. Online: <https://doi.org/10.23919/SPSymposium57300.2023.10302720>
- [16] I. Kocsis, B. Burján-Mosoni, I. Balajti, „A Comprehensive Review of Key Cyber-Physical Systems, and Assessment of Their Education Challenges,” *IEEE Access*, 13. évf. pp. 8898–8911. 2025. Online: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3527714>
- [17] N. Leger, B. Berhane, „Literature Review on Computational Methods in Engineering Education,” in *ASEE Annual Conference & Exposition*. Minneapolis, 2022.
- [18] Y. Liu, et al., „RadarVerses in Metaverses: A CPSI-Based Architecture for 6S Radar Systems in CPSS,” *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, 53. évf. 4. sz. pp. 2128–2137. 2023. Online: <https://doi.org/10.1109/TSMC.2022.3228590>
- [19] F. Montori et al., „An IoT Toolchain Architecture for Condition Monitoring,” *IEEE Access*, 11. évf. pp. 6837–6856. 2023. Online: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3237971>
- [20] B. Nagy, P. Korondi, „Deep Learning-Based Recognition and Analysis of Limb-Independent Dog Behavior for Erorobotical Application,” *IEEE Access*, 10. évf. pp. 3825–3834. 2022. Online: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3140513>
- [21] J. Qadir, „Engineering Education in Era of ChatGPT,” in *IEEE Global Engineering Education Conf. (EDUCON)*. Kuwait, 2023, pp. 1–8. Online: <https://doi.org/10.1109/EDUCON54358.2023.10125121>
- [22] „Radar History,” Radartutorial.eu. Online: radartutorial.eu
- [23] F. Sanfilippo et al., „Teaching Motion Control Using Elevator Model Framework,” *Machines*, 10. évf. 2. sz. p. 126. 2022. Online: <https://doi.org/10.3390/machines10100945>
- [24] R. Shafique et al., „Role of Artificial Intelligence in Online Education: A Systematic Mapping Study,” *IEEE Access*, 11. évf. pp. 52570–52584. 2023. Online: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3278590>
- [25] F. Shi et al., „Survey and Tutorial on Hybrid Human-Artificial Intelligence,” *Tsinghua Science and Technology*, 28. évf. 3. sz. pp. 486–499. 2023. Online: <https://doi.org/10.26599/TST.2022.9010022>
- [26] P. D. Sree et al., „Product Negotiation in E-Commerce using Chatbot,” in *7th International Conference on Computing Methodologies Communication (ICCMC)*, Erode, 2023, pp. 879–883. Online: <https://doi.org/10.1109/ICCMC56507.2023.10083745>
- [27] *Technical and Vocational Education and Training: Issues, Concerns and Prospects*. Springer, 2019.
- [28] M. Wilson-Fetrow et al., „Engineering Students' Writing Perceptions Impact Their Conceptual Learning,” *IEEE Transactions on Professional Communication*, 66. évf. 2. sz. pp. 186–201. 2023. Online: <https://doi.org/10.1109/TPC.2023.3251159>
- [29] MATLAB Help Center – Community – Learning: MATLAB. Online: <https://matlabacademy.mathworks.com/details/matlab-onramp/gettingstarted>

Why and How Can We Become Effective and Successful Engineers?

The "Brain Maintenance" Concept and "Nobel Beers" Motivation in Radar Technology Education

The "Brain Maintenance" and "Nobel Beers" educational concepts, developed at the Faculty of Engineering of the University of Debrecen, reinforce fundamental engineering skills through examples of radar technology. This method responds to the rapid technological changes unfolding with Industry 4.0 and the integration of Industry 5.0 and artificial intelligence (AI) into all areas of life, placing particular emphasis on the continuous development of generally expected basic engineering skills, which may also contribute to the revival of domestic military engineering education.

Keywords: *engineering education, artificial intelligence, radar technologies, brain maintenance, Nobel beers, learning motivation, educational innovation*

Balajti István
ny. mk. alezredes
Nemzeti Köszolgálati Egyetem
Katonai Műszaki Doktori Iskola
balajti.istvan@uni-nke.hu
orcid.org/0000-0003-3566-2904

István Balajti
ret. Eng. Lt. Col.
Ludovika University of Public Service
Doctoral School of Military Engineering
balajti.istvan@uni-nke.hu
orcid.org/0000-0003-3566-2904
