

Kiválóság a kutatásban

—
A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem eredményei
a Felsőoktatási Intézményi Kiválósági Program (FIKP)
és a Tématerületi Kiválósági Program (TKP) keretében

2019



NEMZETI KUTATÁSI, FEJLESZTÉSI
ÉS INNOVÁCIÓS HIVATAL

AZ NKFI ALAPBÓL
MEGVALÓSULÓ
PROGRAM

Előszó

A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (BME) egyik alapvető célkitűzése, hogy az intézmény nemzetközileg is kiemelkedő tudományos kompetenciái eredményes ipari fejlesztésekké alakuljanak, új termékeket, technológiákat és szolgáltatásokat létrehozva. Ezért az Egyetem hatékony, „tudomány- és innovációvezérelt” KFI tevékenység megvalósítására törekszik, szoros ipari együttműködésben, amelynek minőségét az elnyert kiválósági programok is tanúsítják. A BME 2018-ban nyerte el a Felsőoktatási Intézményi Kiválósági Program (FIKP) támogatását (1400 millió Ft/év), illetve 2019-ben a Tématerületi Kiválósági Program (TKP) támogatását (600 millió Ft/év). A programok az Innovációs és Technológiai Minisztérium támogatásával, a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozva valósulnak meg.

Az FIKP programon belül az Egyetem négy nagy tématerületen folytatott kutatásokat: (i) nanotechnológia és anyagtudomány, (ii) biotechnológia az egészség és az ipar szolgálatában, (iii) mesterséges intelligencia az ipar és társadalom szolgálatában, (iv) víztudomány és katasztrófamegelőzés. A mesterséges intelligencia kutatása az okos technikák, illetve a jövő mobilitása tématerületekre oszlott. Míg a TKP program a hatékonyságnövelt – intelligens gyártástechnológiákra fókuszált.

A fenti támogatásokkal sikeresen valósítottuk meg az FIKP és TKP programok célkitűzéseit, hiszen

- a tématerületeken jelentősen erősödtek az egyetem KFI kompetenciái (a kutatásokban összesen 207,70 FTE-vel vettek részt fokozattal rendelkező munkatársak),
- a kapcsolódó tudományos eredményekről összesen 416 darab IF-es nemzetközi publikáció jelent meg,
- a program végrehajtása erősítette az ipari együttműködéseket (a tématerületekhez kapcsolódó projektekben összesen 5,210 milliárd Ft volumenben),
- a kutatások a BME KFI témáihoz kapcsolódó új doktori fokozatok megszerzésére inspiráltak (doktoranduszok összesen 186,44 FTE értékben vettek részt a kutatásokban, amely 39 PhD, valamint 1 MTA doktora fokozatszerzést eredményezett),
- a programok segítségével 4 darab Lendület projekt továbbfinanszírozását sikerült megoldani.

Természetesen a számok mögött rejlő igazi érték a tématerületi kompetenciákhoz kapcsolódó egyetemi folyamatok és multidiszciplináris kutatások katalizálása, illetve új – az ipari hasznosítás számára fontos – tudományos eredmények elérése.

Jelen kiadvány ezen eredményekről ad összefoglalót, minden tématerületről három eredményt kiemelve.

Tartalomjegyzék

1. NANOTECHNOLÓGIA ÉS ANYAGTUDOMÁNY

- 1.3.1. Malária-diagnosztika nanoméretű hemozin kristályok detektálásával
- 1.3.2. Nanokompozitok
- 1.3.3. Neuromorf termikus-elektromos integrált áramkörök

2. BIOTECHNOLÓGIA AZ EGÉSZSÉG ÉS AZ IPAR SZOLGÁLATÁBAN

- 2.3.1. Oxidatív stressz és stressz és sejthalál
- 2.3.2. Arany-epoxy nanokompozit alapú, plazmonikus DNS bioérzékelő fejlesztése
- 2.3.3. Immobilizált biokatalizátorok létrehozása

3. MESTERSÉGES INTELLIGENCIA AZ IPAR ÉS TÁRSADALOM SZOLGÁLATÁBAN - OKOS TECHNIKÁK

- 3.3.1. Vezetők Azonosítása Autók Belső Hálózati Logjából
- 3.3.2. FaultAssist - gyártósori hibakeresés és eszkalálás digitalizálása
- 3.3.3. Kopula alapú anomáliadetektáló eljárások kidolgozása

4. MESTERSÉGES INTELLIGENCIA - FUTURE MOBILITY

- 4.3.1. Irányítási módszerek kidolgozása klasszikus és AI alapú megoldások ötvözésével
- 4.3.2. Kevert valóságot és „koszimulációt” alkalmazó keretrendszer fejlesztése autonóm járműipari tesztekhez
- 4.3.3. Környezetérzékelés, nyers szenzorfüzió

5. VÍZTUDOMÁNY ÉS KATASZTRÓFAMEGELŐZÉS

- 5.3.1. Területi párolgás
- 5.3.2. Földrengés
- 5.3.3. Tűzálló építőanyagok

6. HATÉKONYSÁGNÖVELT- ÉS INTELLIGENS GYÁRTÁSTECHNOLÓGIÁK

- 6.3.1. Szerszámgépek rezgéstani vizsgálata
- 6.3.2. Gallium-nitrid (GaN) alapú feszültséginverter villamos hajtásokhoz (DEMO)
- 6.3.3. Fémes additív gyártás, drónok és Kinect szenzorok alkalmazása a korszerű gyártásban és a termelési logisztikában



1. NANO- TECHNOLÓGIA ÉS ANYAG- TUDOMÁNY

1.1. Adatok

TÉMATERÜLETI VEZETŐ NEVE

Dr. Mihály György, MTA rendes tagja, egyetemi tanár

FTE ADATOK

- 37,4 (fokozattal rendelkező)
- 15,1 (fiatal kutatók)
- 44,0 (PhD hallgatók)
- 4,3 (külföldi kutatók)

PUBLIKÁCIÓK SZÁMA

- 84 (impakt faktoros xpublikáció)
- 58 (Q1 folyóiratcikk)
- 25 (D1 folyóiratcikk)

EGYÜTTMŰKÖDÉSEK ÉRTÉKE

| | |
|-----------------------------------------------------|-----------|
| Hazai üzleti-jellegű együttműködések értéke | 40,0 MFt |
| Hazai támogatás-jellegű együttműködések értéke | 662,6 MFt |
| Nemzetközi üzleti-jellegű együttműködések értéke | 16,1 MFt |
| Nemzetközi támogatás-jellegű együttműködések értéke | 115,4 MFt |

FOKOZATSZERZÉSEK SZÁMA A TÉMATERÜLETEN

8

A TÉMATERÜLET KUTATÓCSOPORTJAI

- Nanoelektronika, memrisztorok, önszerveződő nanoszerkezetek kutatócsoport vezető: Halbritter András
- Alkalmazott anyagtudomány és fotonika kutatócsoport vezető: Koppa Pál
- Komplex mágneses struktúrák és nanoszerkezetek elmélete kutatócsoport vezető: Szunyogh László
- Spintronika, multiferroikus anyagok kutatócsoport vezető: Bordács Sándor
- Funkcionális nanoanyagok, bevonatok kutatócsoport vezető: Hórvölgyi Zoltán
- Nanokémiai szenzorok kutatócsoport vezető: Gyurcsányi Róbert
- Funkcionális fémek előállítása, megmunkálása, ipari alkalmazása kutatócsoport vezető: Szabó Péter János
- Polimer alapú funkcionális és szerkezeti anyagok kutatócsoport vezető: Bárány Tamás

- Elektronikai, nanoelektronikai, nano és bioszenzorikai anyagok technológiái, alkalmazásai és vizsgálati módszereik kutatócsoport vezető: Poppe András
- FIKP támogatás keretében továbbfutó Lendület projektek
- Egzotikus Kvantumfázisok Kutatócsoport kutatócsoport vezető: Zaránd Gergely
- Statisztikus Térelméleti Kutatócsoport kutatócsoport vezető: Takács Gábor
- Kémiai Nanoérzékelők kutatócsoport vezető: Gyurcsányi Róbert

1.2. A tématerületi kutatások célja

A korszerű ipari alkalmazásokban mindig is meghatározó volt az adott célra legalkalmasabb anyagok felhasználása, ami napjainkra már kibővült az anyagokba integrált intelligens funkciók hasznosításával is. A modern informatikai eszközökben a hagyományos félvezető megoldásokat kiszorító, korábban nem ismert elektromos, mágneses és optikai tulajdonsággal rendelkező anyagok, illetve a belőlük felépített nanoszerkezetek jelennek meg. A tématerület kutatásai új eredményeket ígérnek az alábbi eszközök és alkalmazások, valamint anyagok és technológiák területén.

- Újszerű adattárolásra és műveletvégzésre alkalmas nanoelektronikai eszközök
- Nano(bio)kémiai szenzorok, nanofluidikai lab-on-a-chip eszközök orvosi diagnosztikai alkalmazásokhoz
- Elektromos autókhoz alkalmas Li-ion akkumulátorok működési mechanizmusának javítása és öregedési folyamatainak előrejelzése
- Modern funkcionális és szerkezeti anyagok, intelligens anyagszerkezetek
- Nanoszerkezetek és komplex mágneses struktúrák spintronikai alkalmazása
- Nanofotonikai anyagok modellezése és alkalmazása

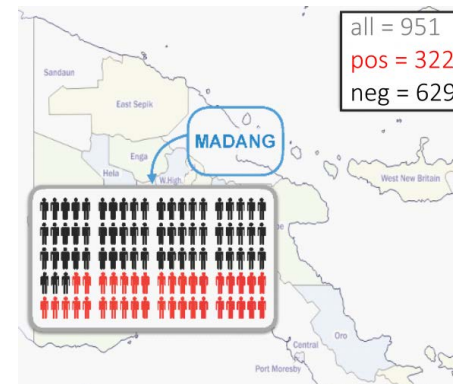
A tématerület kiemelt céljai közé tartozik a tehetséges fiatal kutatók itthon tartása, az ipari igényeket kiszolgáló magasan kvalifikált szakembergárda kutatóhelyi képzése, és az egyetemi kutatási infrastruktúra fejlesztése.

1.3. A tématerület kiemelt eredményei

1.3.1. MALÁRIA-DIAGNOSZTIKA NANOMÉRETŰ HEMOZIN KRISZTÁLYOK DETEKTÁLÁSÁVAL

A maláriafertőzés a Föld népességének közelítőleg felét érintő, súlyos emberi és anyag áldozatokat követelő egészségügyi probléma még napjainkban is. A 2017-ben a regisztrált megbetegedések száma közelítőleg 200 millió, a halálos áldozatoké pedig 400 ezer volt [1]. A malária globális visszaszorítását, mely cél a WHO egy kiemelt stratégiai területe, nagyban elősegítené egy olyan módszer kifejlesztése, amivel infrastrukturálisan fejletlen régiókban, gyorsan és érzékenyen lehetne diagnosztizálni a betegséget, és esetlegesen azonosítani a tünetmentes hordozókat.

1.3.1.1. ÁBRA
A terepi teszt mintái,
Pápua Új-Guinea



Kutatócsoportunkban egy olyan eljárás megvalósíthatóságát vizsgáljuk, amely magneto-optikai úton képes kimutatni a kórokozók jelenlétét a fertőzött vérmintában a betegség egy melléktermékén, az ún. malária pigmenten (hemozin) keresztül [2]. A hemozin egy szub-mikron nagyságú paramágneses kristály, amely a paraziták hemoglobin-metabolizmusának mellékterméke és a fertőzés előrehaladtával felhalmozódik a páciens

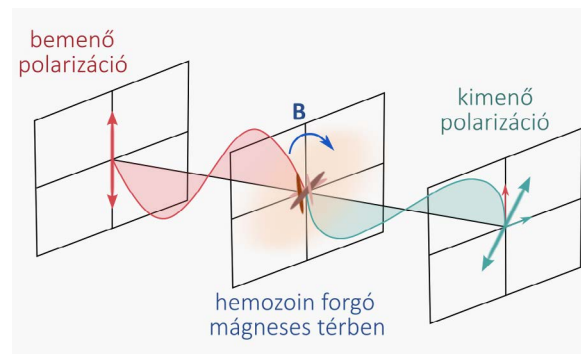
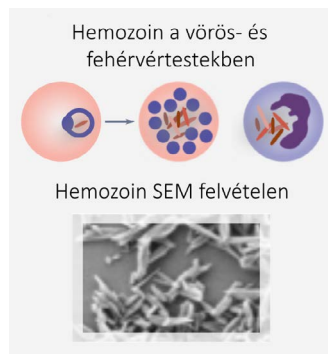
véráramában [3]. A általunk kidolgozott mérési módszer lényege, hogy egy forgó mágneses gyűrűbe helyezve a vizsgálandó mintát, a kristályok anizotrop mágnesességük révén forgásra kényszerülnek, és dikroizmusuknak köszönhetően periodikusan modulálják a próbaként alkalmazott lézernyaláb polarizációs állapotát. Ez a modulációs mérés technika az, ami kiemelten érzékennyé teszi az egyébként olcsó és egyszerű eljárást [4].

Az elmúlt időszakban (2019. május – 2020. május) az eszköz maláriakutatásban és klinikai diagnosztikában való alkalmazhatóságát is vizsgáltuk in vivo rágcsálómodelleken, laboratóriumi sejkultúrákon és egy nagy volumenű terepi tesztben. A New Orleans-i Tulane Egyetem kutatóival közösen végzett kísérleteink feltárták, hogy szinkronizált és aszinkron vértádiumot mutató egérfertőzések kialakulása már 1-2 sejtciklus elteltével detektálható, illetve, hogy a gyógyszeres kezelés hatékonyságát akár a sztenderdként alkalmazott mikroszkópos vizsgálatnál gyorsabban is képes kimutatni forgómágneses módszerünk [5]. Plasmodium falciparum sejkultúrákon végzett kísérleteinkkel igazoltuk, hogy in vitro parazita-populációk növekedése akár néhány órás felbontással, nagy pontossággal követhető, ami lehetővé teszi maláriallenes hatóanyagok gyors tesztelését. Utóbbi ugyanis a legelterjedtebben alkalmazott eljárásokkal akár 48-72 órát is igénybe vesz, szemben módszerünk 10-20 órás inkubálási idejével [6].

A műszer diagnosztikai validációjának egy fontos lépését is a fent nevezett időszakban zártuk le, mely során kollégáink Pápua Új-Guinea Madang tartományában n=952 maláriagyánús páciens vérmintáját vetették alá forgómágneses vizsgálatnak, mikroszkópos és PCR analízisnek, illetve végeztek rajtuk antigén-alapú gyorstesztet is. A kiterjedt klinikai vizsgálatok eredményei, melyek egy benyújtás

2. Egan TJ. *Physico-chemical aspects of hemozoin structure and formation.* J Inorg Biochem. 2002;91(1):19-26. doi:10.1016/S0162-0134(02)00372-0
3. Day NPJ, Diep PT, Ly PT, et al. *Clearance kinetics of parasites and pigment-containing leukocytes in severe malaria.* Blood. 1996;88(12):4694-4700.
4. Butykai A, Orbán A, Kocsis V, et al. *Malaria pigment crystals as magnetic micro-rotors: Key for high-sensitivity diagnosis.* Scientific Reports 2013;3. doi:10.1038/srep01431
5. Mária Pukáncsik, Petra Molnár, Ágnes Orbán, Ádám Butykai, Livia Marton, István Kézsmárki, Beáta G. Vértessy, Mohd Kamil, Amanah Abraham and Ahmed S. I. Aly. *Highly Sensitive and Rapid Characterization of the Development of Synchronized Blood Stage Malaria Parasites Via Magneto-Optical Hemozoin Quantification.* Biomolecules 9(10):579. (2019).
6. Petra Molnár, Ágnes Orbán, Richard Izrael, Réka Babai, Livia Marton, Ádám Butykai, Stephan Karl, Beáta G. Vértessy, István Kézsmárki. *Rapid and quantitative antimalarial drug efficacy testing via the magneto-optical detection of hemozoin.* Scientific Reports (megjelenés alatt).

1. WHO Report. World Malaria Report 2017.; 2017. doi:10.1071/EC12504



1.3.1.2. ÁBRA
A hemozoin kristályok

1.3.1.3. ÁBRA
A forgómágneses módszer elve

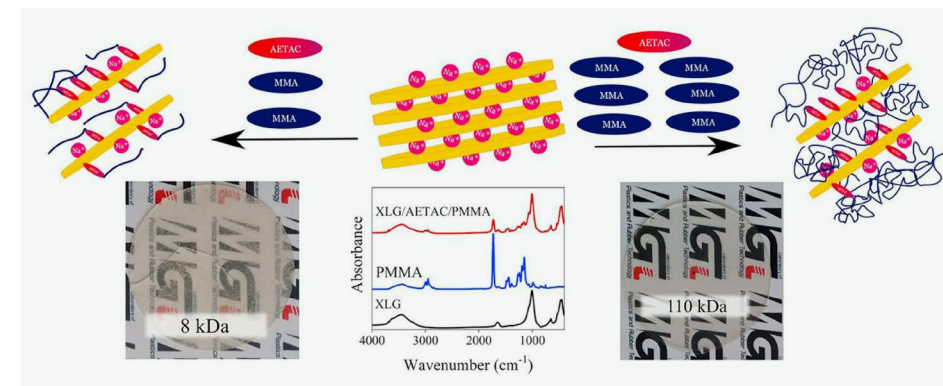
alatt álló kéziratban olvashatók [7], azt mutatják, hogy a forgómágneses módszer legalább olyan jó szenzitivitásra és specificitásra képes mint a bevett terepi eljárásnak számító gyorsteszt, illetve, hogy a hemozoinnal arányos magneto-optikai jel jól korrelál a populáció maláriával való átfertőzöttségével, ami alkalmassá teheti epidemiológiai vizsgálatokban való alkalmazásra. Ezen eredményeinknek köszönhetően egy hazai, orvosi műszerfejlesztésben élen járó ipari partner bevonásával a műszer következő, továbbfejlesztett prototípusát tervezzük elkészíteni a következő fél-egy éves időszakban.

1.3.2. NANOKOMPOZITOK

A nanokompozitok témakörében végzett munkánk fő célja, hogy olyan társított rendszereket tervezzünk, amelyekben a nano-méretű töltőanyagoknak egyedileg funkcionális tulajdonságai vannak. Az elvégzett munka két nagy területre bontható, melyek közül az egyik a nano-méretű töltőanyagok tervezett felületmódosításával és kapcsolásával foglalkozik annak érdekében, hogy minél inkább kialakítható legyen az ideális egyedi lemezeket tartalmazó exfoliált és interkalált szerkezet [8,9]. A munka során olyan felületkezelést alkalmaztunk, amely során a rétegeket úgy távolítottuk el, hogy mátrix polimerláncokat kapcsolunk kémiai rétegszilikát töltőanyag felületére in situ polimerizációval. A polimerizációt vizes közegben feloldott metil-metakriláttal végeztük [2-(akrioloxi)etil]-trimetilammónium klorid jelenlétében, ami a rétegszilikát felületén található Na⁺ ionokat lecseréli, így megnöveli a rétegtávolságot, hogy a metil-metakrilát monomerek könnyen hozzáférjenek a kapcsolódási pontokhoz. A rétegszilikát felületi borítottsága és reakció körülményei egyaránt befolyásolják a végső szerkezetet, és a rétegtávolságot. Az eredményeink alapján elmondható, hogy amennyiben elég hosszú polimerláncot sikerült hozzákapcsolni a rétegszilikáthoz, akkor az ilyen módon felületmódosított rétegszilikátnak igen kedvező erősítő hatása lesz PMMA mátrix esetén.

- Leandra Arndt, Tamarah Koleala, Agnes Orban, Clemencia Ibam, Lincoln Timinao, Lina Lorry, Adam Butykai, Peter Kaman, Andrea P Molnar, Stephan Krohns, Elma Nate, Istvan Kucsera, Erika Orosz, Brioni R Moore, Leanne J Robinson, Moses Laman, Istvan Kezsmarkí, Steohan Karl
Magneto-optical diagnosis of symptomatic malaria in Papua New Guinea,
<https://doi.org/10.1101/2020.05.14.20101543>
- Nóra Hegyesi, Nóra Simon, Béla Pukánszky,
Silane modification of layered silicates and the mechanism of network formation from exfoliated layers
Applied Clay Science 171, 74-81 (2019)
- Nóra Hegyesi, Szabolcs Pongrácz, Richárd T. Vad, Béla Pukánszky,
Coupling of PMMA to the surface of a layered silicate by intercalative polymerization: processes, structure and properties
Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, **601**, 124979, (2020)

1.3.2.1. ÁBRA
Egyedi lemezeket tartalmazó nanokompozit létrehozása in situ polimerizációval tervezett kapcsolóanyaggal



A másik területen pedig a nano-méretű töltőanyagot olyan enzim felületmódosításnak vetettük alá, amely a jó eloszthatóság mellett a lebonthatóságot is elősegíti. Ennek következtében olyan kompozitokat terveztünk, amelyek teljesen lebomlanak, és biokompatibilis mátrixpolimert tartalmaznak. Az egyik ilyen ígéretes polimer mátrix a poli-ε-kaprolakton, melynek fejlesztésével mi is foglalkoztunk. Olyan nanokompozitokat állítottunk elő, melyekben az enzimekkel módosított nano-töltőanyaggal hangoltuk a lebomlási időt, így ezek a funkcionális kompozitok kiváló vázanyagok lehetnek célzott szövettenyésztéshez [10].

1.3.3. NEUROMORF TERMIKUS-ELEKTROMOS INTEGRÁLT ÁRAMKÖRÖK

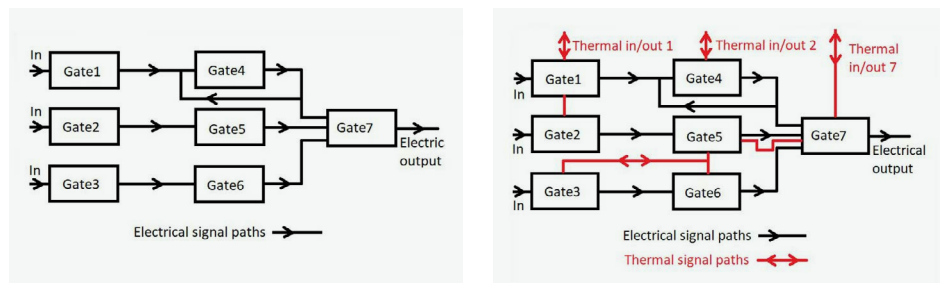
A hagyományos elektronikus rendszerben a hő fejlődés és a hőterjedés parazita mellékhatás. Mostanáig nem volt példa arra, hogy a hő termelődés, hővezetés és hőátadás az információ feldolgozó eszköz működési alapja legyen. A termikus elektromos eszköz korábbi fejlesztések, szabadalmak tárgya volt, amelyekben azonban a hőhatást csak a hőmérséklet-érzékeny elem gerjesztési lehetőségeként vették figyelembe. Az új elgondolás és fejlesztés alapja az, hogy a hőterjedés az információ hordozója is lehet a szokásosan használt elektromos mennyiségek mellett. Az ilyen és ehhez hasonló, több fizikai mennyiségen alapuló információátvitel kiterjesztheti mind az analóg, mind a digitális rendszerek lehetőségeit. A komplex analóg vagy digitális termikus elektromos áramkör tartalmazhat hagyományos elektronikus kapukat (CMOS) és termikus elektromos kapukat is.

Az alábbi ábra a hagyományos digitális elektronikus logikát szemlélteti az elektronikus információ átvitel (a) és a komplex digitális termikus elektronikus áramkört, termikus és elektromos jelátvitellel (b). A fekete és a piros vonalak, illetve a nyilak jelzik az elektromos és a termikus jelek terjedését.

Vegyük észre, hogy az elektromos visszacsatolásra a kombinációs hálózatban szükség van a szekvenciális logika felépítéséhez, míg a hő csatolás szekvenciális működést eredményezhet még elektromos visszacsatolás nélkül is. Ez azt jelenti, hogy a memóriahatás a termikus elektromos áramkörök alapvető tulajdonsága.

A termikus-elektromos áramkör a termikus gerjesztésre szigetelő-fém fázisátmenetet mutató VO₂-alapú kapcsolóeszköz és hőtermelő elemek kombinációja. A termikus elektromos integrált áramkör kifejlesztése elérte azt a stádiumot, ahol

- Hegyesi, N., Hodosi, E., Polyák, P., Faludi, G., Balogh-Weiser, D., Pukánszky, B.:
Controlled degradation of poly-ε-caprolactone for resorbable scaffolds,
Colloids and Surfaces B: Biointerfaces 186, 110678 (2020)



1.3.3.1. ÁBRA
Jelterjedési utak elektronikus rendszerben

1.3.3.2. ÁBRA
Jelterjedési utak termikus-elektromos rendszerben

lehetővé vált egy korábbi [11], valamint egy újabb szabadalmi bejelentés megfogalmazása és a lehetséges alkalmazások feltárása.

Logikai kapukat valósítottunk meg, bebizonyítottuk a működést a 100 mikrométer és kHz frekvenciatartományban, a kapcsolási jelenséget a mikrométer és az MHz frekvenciatartományban, valamint a fém félvezető átmenet jelenségét a nanométer mérettartományban. Ezen felül bemutattuk a termikus-elektromos áramkörök multi modulusú rezgési állapotait [12-13].

A termikus-elektromos áramkörök felépítésükből és működésükből következően neuromorf tulajdonságokat mutatnak: a termikus diffúziós hosszban belüli elemek kölcsönösen gerjeszthetik egymást, a logikai kapu által megvalósított függvény befolyásolható az órajel sebességével.

11. <https://patentimages.storage.googleapis.com/84/f4/ff/2e4d4f79e855ac/WO2013160709A3.pdf>, illetve https://www.sztnh.gov.hu/kiadv/szkv/201401b-pdf/B_02_Szab_kozzetetel_2_1401.pdf

12. J. Mizsei, J. Lappalainen, I. Ulbert; "Thermal electronic logic circuit as neuromorphic element", 2018 IEEE 18th International Conference on Nanotechnology (IEEE-NANO) (doi: 10.1109/NANO.2018.8626264)

13. J. Lappalainen, J. Mizsei, M. Huotari; "Neuromorphic Thermal-Electric Circuits Based on Phase Change VO2 Thin-Film Memristor Elements", Journal of Applied Physics 125 (2019) 044501 (<https://doi.org/10.1063/1.5037990>)



2. BIO- TECHNOLÓGIA AZ EGÉSZSÉG ÉS AZ IPAR SZOLGÁLATÁBAN

2.1. Adatok

TÉMATERÜLETI VEZETŐ NEVE

Dr. Szarka András, MTA doktora, egyetemi tanár

FTE ADATOK

- Fokozatot szerettek (fiatal kutatók nélkül)
teljes munkaidő-ráfordítása: 34,4
- PhD-képzésben /fokozatszerzési eljárásban
rész vevők teljes munkaidő-ráfordítása: 44,1
- Fiatal kutatók (PhD fokozat megszerzését követő
legfeljebb 7 év) teljes munkaidő-ráfordítása: 17,0
- Külföldi kutatók teljes munkaidő-ráfordítása: 2,2

PUBLIKÁCIÓK SZÁMA

- 82 (impakt faktoros publikáció)
- 37 (Q1 folyóiratcikk)
- 31 (D1 folyóiratcikk)

EGYÜTTMŰKÖDÉSEK ÉRTÉKE

| | |
|--------------------------------------------------------|----------|
| Hazai üzleti-jellegű együttműködések értéke | 89,0 MFt |
| Hazai támogatás-jellegű együttműködések értéke | 865 MFt |
| Nemzetközi üzleti-jellegű együttműködések értéke | 37 MFt |
| Nemzetközi támogatás-jellegű együttműködések értéke | 117 MFt |

FOKOZATSZERZÉSEK SZÁMA A TÉMATERÜLETEN

11

A TÉMATERÜLET KUTATÓCSOPORTJAI

- ComBineLab (Computational Biomedicine Laboratory)
kutatócsoport vezető: Antal Péter
- Gabonatudományi és Élelmiszerminőség
kutatócsoport vezető: Tömösközi Sándor
- Katalitikus Eljárások Kutatócsoport
kutatócsoport vezető: Mika László
- Neurokognitív kutatócsoport
kutatócsoport vezető: Kéri Szabolcs
- NIR Spektroszkópiai csoport
kutatócsoport vezető: Salgó András
- Biokatalízis és fehérjerögzítés
kutatócsoport vezető: Poppe László
- Gépészeti módszerek a biotechnológiában
kutatócsoport vezető: Paál György

- Környezeti Mikrobiológia és Biotechnológia Kutatócsoport kutatócsoport vezető: Molnár Mónika
- Orvosi diagnosztikai és terápiás módszerek kutatócsoport vezető: Benyó Balázs
- Géldozimetria és matematikai módszerek a biotechnológiában kutatócsoport vezető: Szilágyi Brigitta
- Extrakciós Kutatócsoport kutatócsoport vezető: Székely Edit
- PAT bio-gyógyszer technológia kutatócsoport vezető: Nagy Zsombor
- Szennyvíztisztítási technológiák kutatócsoport vezető: Patziger Miklós
- BIOSTRUCT: molekuláris kapcsolók kutatócsoport vezető: Vértessy Beáta
- Bioenergetika, bioanalitika és sejthalál kutatócsoport kutatócsoport vezető: Szarka András
- Lendület kutatócsoport vezető: Kállay Mihály

2.2. A tématerületi kutatások célja

A tématerület névadásának megfelelően innovációs tevékenységünket két vezérelv az egészségmegőrzés, -helyreállítás és a magyar ipar támogatása köré szőttük.

A BME-n egy átfogó biotechnológiai koncepció mentén összehangoltuk a biotechnológiai K+F+I tevékenységet. Az átfogó koncepció lehetőséget teremt arra, hogy az egyetemen megvalósítsunk egy olyan biológiai gyógyszereket előállító központi egységet, amely a gyógyszereket előállító sejtvonalak tanulmányozásától, ezek növekedési és fehérjetermelési kapacitásának optimalizációjától kezdve, a termelt fehérjék kinyerésének, tisztításán keresztül, a termék formulázásáig a teljes gyártási folyamatot lefedje. A folyamat nyomon követését, szimulációját, a mérési adatok elemzését és szabályozását támogatja a BME hat különböző karán tevékenykedő, kutatócsoportok összehangolt, egymás kiegészítő munkája. A fejlesztésekben partnerünk az Eötvös Loránd kutatóhálózat több intézete, illetve számos iparvállalat.

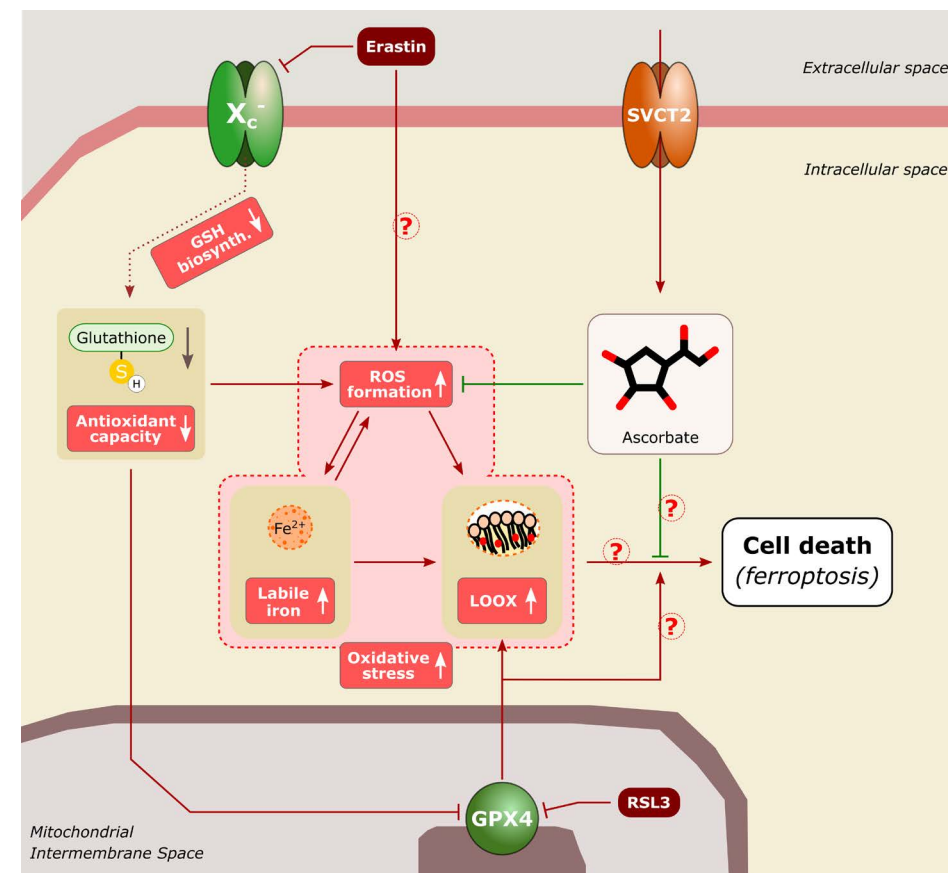
2.3. A tématerület kiemelt eredményei

2.3.1. OXIDATÍV STRESSZ ÉS STRESSZ ÉS SEJTHALÁL

A kétezres évek elején egy kémiai könyvtár, tumorsejteken történt tesztelése során Ras mutáns tumorsejtekre szelektív, kaspáz független sejthalált írtak le [1]. A folyamat tumorsejt specifikussága nagy érdeklődést váltott ki. 2012-ben a folyamatot önálló sejthalálformaként, ferroptózis néven azonosították, induktorait

2.3.1.1. ÁBRA

A farmakológiai aszkorbát ROS generáló funkciója, illetve azok szerepe a sejthalál folyamatában [5].



követően specifikus gátlószereit is leírták [2]. Munkacsoportunk 2015-ben kezdett ferroptózissal foglalkozni, miután feltűnt, hogy rendkívül hasonló sajátságokkal jellemezhető sejthalált vált ki, mint az acetaminofen túladagolás. Az acetaminofen (APAP) egy széleskörben alkalmazott, láz- és fájdalomcsillapító hatású molekula (Rubophen, Neo-Citrán, Paracetamol stb. hatóanyaga). A molekula egy csekély hányada citokróm P450 enzimeken oxidálódva N-acetil-para-benzokinonimin (NAPQI) keletkezését eredményezi. A NAPQI gyorsan reagál a májsejt glutation tartalmával és túladagolás esetén kimerítheti GSH tartalékát, amely nagyfokú oxidatív stresszt, végső esetben sejthalált okoz. Az említett közös sajátságok: az extenzív GSH depléción, csökkent/gátolt GPX aktivitás, a kaspáz független sejthalál folyamat valamint, hogy mindkét folyamat megelőzhető N-acetil ciszteinnel kezeléssel [3].

Ezt követően kimutattuk, hogy primer egér hepatociták esetében a ferrosztatín-1 ferroptózis inhibitor képes az APAP túladagolás kiváltotta citotoxicitás mérséklésére. Eredményeink alapján a ferroptózis gátlószere védőhatása, nem a csökkent APAP-NAPQI metabolizmusból és nem a megváltozott GSH-val történő NAPQI konjugációból fakad. Az APAP kiváltotta sejthalál folyamatát gátolta a C- és E-vitamin. A C-vitamin, valamint a C- és E-vitamin kombinációjának védőhatása

1. Dolma, S. et al. (2003) 'Identification of genotype-selective antitumor agents using synthetic lethal chemical screening in engineered human tumor cells', Cancer Cell, 3(3), pp. 285-296.

2. Dixon, S. J. et al. (2012) 'Ferroptosis: An iron-dependent form of nonapoptotic cell death', Cell. Elsevier Inc., 149(5), pp. 1060-1072. doi: 10.1016/j.cell.2012.03.042.

3. Szarka A Vízoldható antioxidánsok döntéshelyzetben Magyar Kémikai Folyóirat 124. évfolyam, 1-2. szám, 2018. DOI: 10.24100/MKF.2018.01.20

meghaladta a kizárólag önmagában adagolt E-vitaminét [4]. Eredményeink alapján a C- és E-vitamin adott arányú kombinációja javasolható bizonyos májat károsító anyagok hatásának tompítására. A témáról megjelentetett közleményünk bekerült a terület legjobban idézett közleményeinek első 5%-ba.

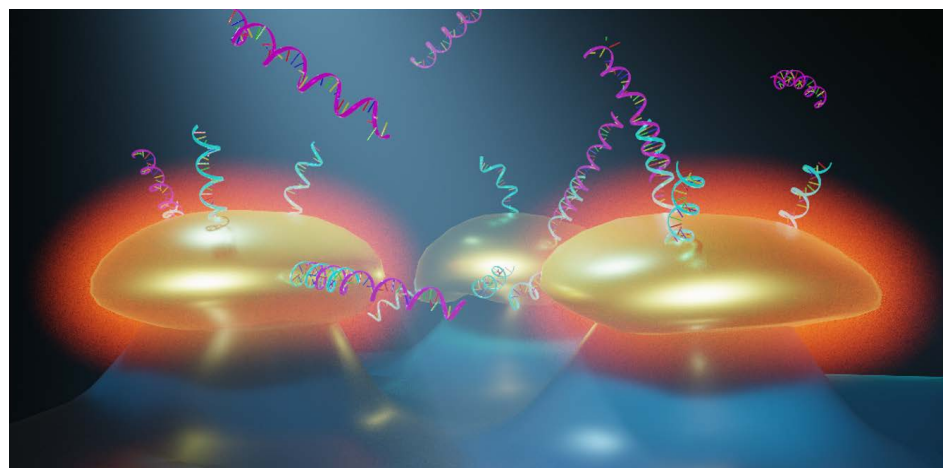
Az APAP citotoxikus hatásához hasonlóan a nagy dózisu C-vitamin tumor sejtekre gyakorolt toxikus hatása is rokon vonásokat mutat a ferroptózissal. A farmakológiai (mM nagyságrendű koncentrációban alkalmazott) aszkorbát által kiváltott tumorspecifikus citotoxikus hatás és a ferroptózis olyan közös jellemzőkkel bírnak, mint a ROS és lipid peroxidok képződése, vasfüggőség, kaszpáz függetlenség, vagy az autofágia folyamatának potenciális szerepe (1. ábra) [5].

A hasonlóság ellenére vizsgálataink során kizártuk, hogy a nagydózisu aszkorbát a HT-1080 fibroszarkóma sejtvonalban ferroptózist vált ki, mivel a ferrostatin-1, illetve liproxstatin-1 specifikus

ferroptózis gátlószerek nem rendelkeztek gátlóhatással (1. ábra). Sőt megállapítottuk, hogy az aszkorbát képes az RSL3 és erastin által kiváltott ferroptózis gátlására, amelynek fontos szerepe lehet a ferroptózis induktorok, mint potenciális tumor ellenes kemoterápiás szerek gyakorlati alkalmazása során [6].

2.3.2. ARANY-EPOXY NANOKOMPOZIT ALAPÚ, PLAZMONIKUS DNS BIOÉRZÉKELŐ FEJLESZTÉSE

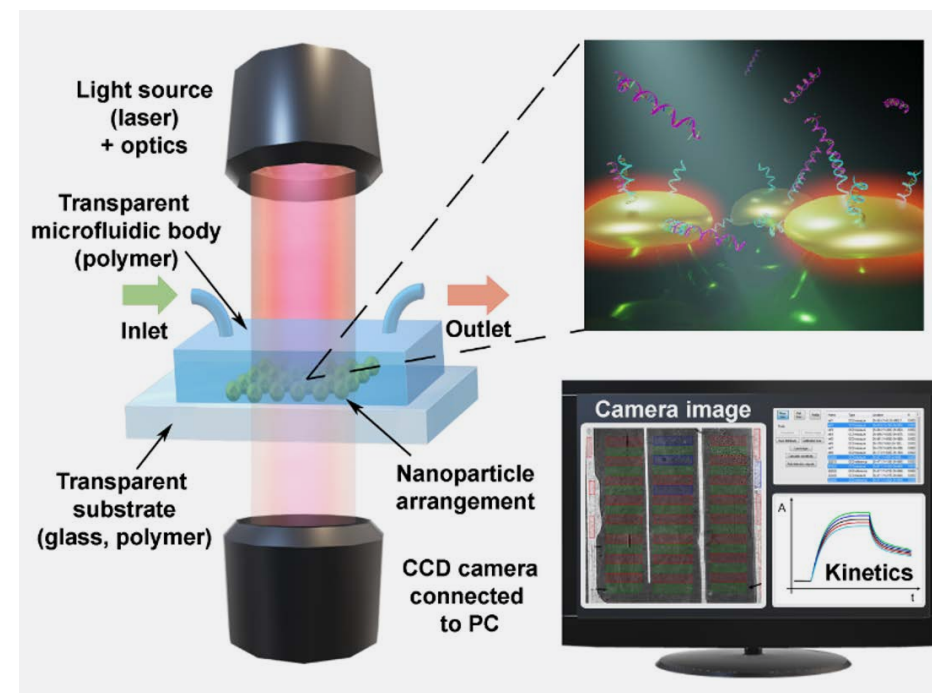
A felületi plazmon rezonanciás (SPR - surface plasmon resonance) berendezések korunk egyik legmodernebb jelölésmentes optikai elvű bioérzékelőjének számítanak. Az felületi plazmon rezonancia képalkotással (SPRi - imaging) valós időben tudunk párhuzamosan nyomon követni akár több 10.000 felületen végbemenő molekuláris bekötődési reakciót, egy mindössze pár cm² alapterületű, vékonyrétegből álló szenzorelemen. Kutató-fejlesztő munkánk célja az SPR képalkotó elv integrálása hordozható, kézi diagnosztikai berendezésekbe. Ez nanorészecskék alkalmazásával valósulhat meg, mivel a vékonyrétegeknél használt reflexiós elvű



2.3.2.1. ÁBRA
Az arany-epoxy felületi nanokompozit (nanogomba) alapú DNS bioérzékelő 3D illusztrációja. [9]

- Lőrincz T, Jemnitz K, Kardon T, Mandl J, Szarka A (2015) Ferroptosis is Involved in Acetaminophen Induced Cell Death. *Pathology Oncology Research* 21:(4) pp. 1115-21.
- Szarka A, Kapuy O, Lőrincz T, Banhegyi G. Vitamin C and cell death. *Antioxid Redox Signal.* 2020 Jun 26. doi: 10.1089/ars.2019.7897
- Lőrincz T, Holczer M, Kapuy O, and Szarka A. The Interrelationship of Pharmacologic Ascorbate Induced Cell Death and Ferroptosis. *Pathol Oncol Res* 25: 669-679, 2019.

2.3.2.2. ÁBRA
Az LSPR imaging mérési elv illusztrációja egy transzmissziós optikai elrendezésen. [1]

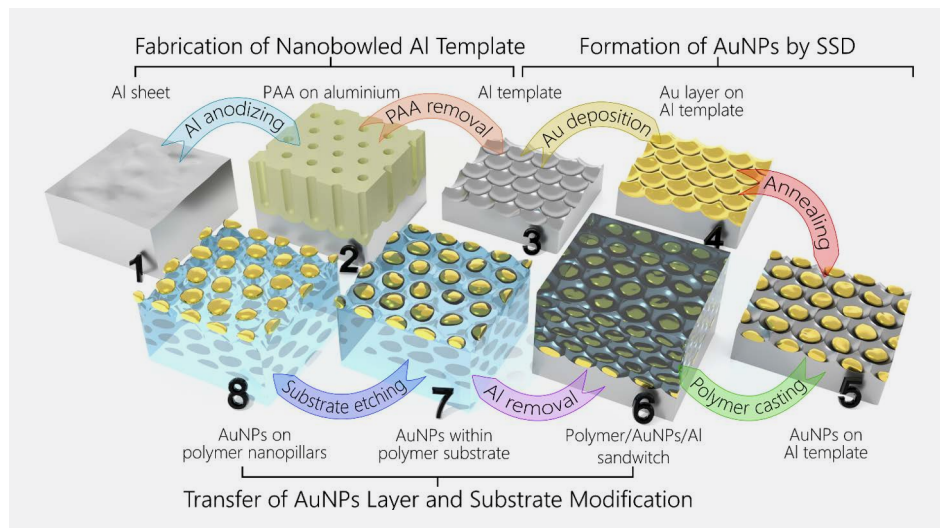


precíziós optika helyett a nanorészecskéket egyszerűbb gerjeszthetőségük miatt könnyebben integrálható transzmissziós elvű optikával is lehet használni (1. ábra) [7,8].

A nemesfémekből álló nanorészecskék speciális optikai tulajdonságokkal rendelkeznek. A rajtuk látható fény megvilágítás hatására kialakuló lokalizált felületi plazmon rezonancia (LSPR) - amely a vezetési elektronok kollektív oszcillációja a részecskéken - következtében a nanorészecskék fényelnyelése és szórása nagyságrenddel nagyobb lehet a klasszikus anyagokénál. A kialakuló plazmon rezonancia domináns hullámhossza emellett nagyon érzékenyen függ a nanorészecskéket körülvevő közeg optikai tulajdonságaitól (törésmutatójától), amit hatékonyan használhatunk kémiai érzékelők és bioérzékelők fejlesztéséhez. Az LSPR szenzor érzékenysége nagyban függ az alkalmazott nanorészecskék típusától, alakjától, méretétől és elrendezésüktől is. Az LSPR képalkotó (imaging) elv realizálásának fő kihívása ezen paraméterek egyszerre kontrollálása több cm² felületen, illetve a nanorészecskék elrendezésének optimalizálása az érzékenyég maximalizálására [9].

A brnoi CEITEC intézettel együttműködésben kidolgoztunk és optimalizáltunk egy technológiát, arany-epoxy nanokompozit (úgynevezett nanogomba, lásd 1. ábra) struktúrák kialakítására, amellyel a felsorolt nanorészecske paraméterek egyszerre tarthatók kézben. A technológiai lépéssor meglehetősen komplex: polírozott alumínium felület anódos oxidálásával majd az oxidréteg visszamarásával előállítható egy olyan template, amelyen nano mérettartományba eső gödrökben lehet vékonyréteg leválasztással és utólagos hőkezeléssel létrehozni

- Attila Bonyár „Label-Free Nucleic Acid Biosensing Using Nanomaterials-Based Localized Surface Plasmon Resonance Imaging: A Review” *ACS Applied Nano Materials* (under review)
- Tomáš Lednický, Attila Bonyár „Large Scale Fabrication of Ordered Gold Nanoparticle-Epoxy Surface Nanocomposites and Their Application as Label-Free Plasmonic DNA Biosensors” *ACS Applied Materials & Interfaces* 12, 4, 4804-4814
- Tomáš Lednický „Porous Alumina Assisted Fabrication of Nanostructured Layers for Optical Applications” PhD doktori értekezés, Brno, 2020.



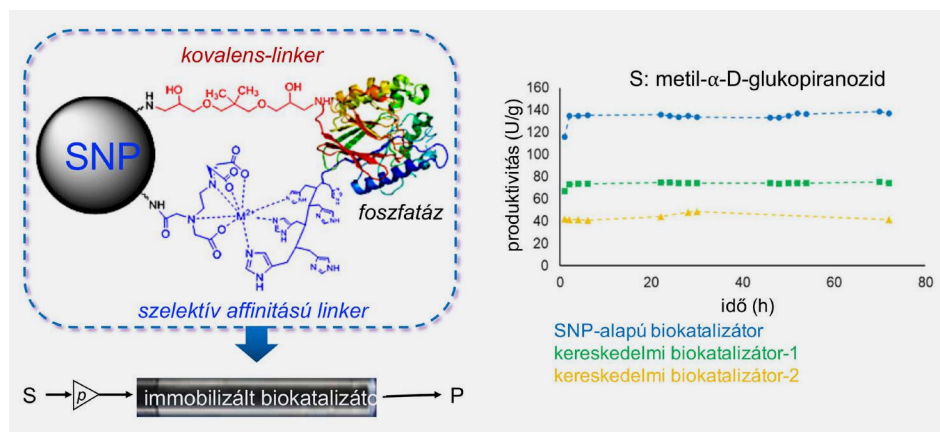
2.3.2.3. ÁBRA
A felületi nanokompozit előállításának főbb technológiai lépései (illusztráció). [9]

a nanorészecskéket, amelyek hexagonális elrendezése (a részecskék távolsága) és mérete is kontrollálható. A nanorészecske elrendezést transzfer technológiával ültetjük át egy átlátszó epoxi hordozóra, majd plazmamarással alakítjuk ki a gombára emlékeztető szerkezetet (2. ábra, Tomáš Lednický doktorandusz munkája [9]).

A kifejlesztett plazmonikus nanokompozitot sikeresen teszteltük DNS alapú bioérzékelőként. A tesztekhez a Giardia lamblia nevű parazita 20 bázis hosszúságú specifikus DNS szekvenciáját használtuk. A nanorészecskék felületére ültetett receptor szálakkal a mintában található cél-DNS molekulákat 5 nM-os detektálási küszöbrel tudtuk kimutatni [8]. Jelenleg a szenzorelem gyártástechnológiájának továbbfejlesztése mellett a mérőrendszer hordozható változatának prototípus szintű kialakításán is dolgozunk.

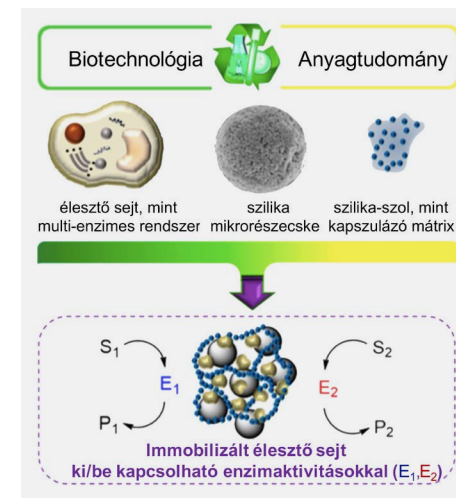
2.3.3. IMMOBILIZÁLT BOKATALIZÁTOROK LÉTREHOZÁSA

A kutatási téma főként rekombináns egyedi enzimek, illetve egész sejtekben működő enzim-kaszádok vizsgálatára irányult, megcélözva olyan stabil, immobilizált biokatalizátorok létrehozását, melyek hatékonyan és a további fejlesztések után széleskörben alkalmazhatóak gyógyszeriparban releváns intermedierek szintézisére. Kidolgoztunk egy új enzim immobilizációs módszert egy rekombináns foszfatáz rögzítésén keresztül, melyhez olyan szilika nanorészecskéket állítottunk elő, melyek fém-kelát affinitással és kovalens kötőhelyekkel egyaránt



2.3.3.1. ÁBRA
Kovalens és szelektív affinitás linkerekkel ellátott szilika nanorészecske alapú (SNP) immobilizált foszfatáz alkalmazása folyamatos átfolyású reaktorban vezetett transzfoszforilációs reakcióban.

2.3.3.2. ÁBRA
Élesztő sejt immobilizálása szilika mikrorészecskékkel segített szol-gél térhálóba, mely ki/be kapcsolható enzimaktivitást eredményez.



rendelkeznek (SNP), így szelektíven felismerik a hisztidin jelölt célnyomot, majd biszopoxi keresztkötő ágensekkel az enzim a részecskékhez kapcsolódik kovalens kötések révén. Az SNP alapú katalizátorok hatékonyabbnak bizonyultak a kereskedelmi készítményeknél (1. ábra), transzfoszforilációs reakciókban, így megoldhatóvá vált foszforilált alkoholok preparatív méretű termelése. [10] Egy rekombináns ammónia-liáz immobilizációját hasonlóképp oldottuk meg kovalens kötőhelyet és fém-kelációs kapcsolódási pontokat biztosító mágneses nanorészecskékkel. Sikerült

megmutatni, hogy a rekombináns enzim egy lépésben izolálható és immobilizálható közvetlenül a fermentációs közegből, mely jelentős technológiai előnyöket jelenthet. [11] Emellett karakterizáltuk a Pseudozyma antarctica élesztő törzsből megtalálható ammónia-liáz, amely új biokatalizátorként kiterjesztett lehetőséget nyújtott különféle nem-természetes aromás aminosavak sztereoselektív biotranszformációinak hatékony megvalósítására. [12]

Vad típusú élesztő sejtekkel és rekombináns E. coli kompetens sejtekkel demonstráltuk, hogy szol-gél eljárással és szilika mikrorészecske alkalmazásával olyan hordozórendszer állítható elő, mely képes az egész sejt immobilizációjára. A ketoreduktáz aktivitással rendelkező élesztő, valamint transzamináz aktivitást kifejező E.coli sejtek együttes, összehangolt működtetésével megvalósítottuk megkiralis aminosavak és alkoholok előállítását. [13] Elsőként állítottunk elő különböző biotranszformációkra igény szerint „kapcsolható” sejt biokatalizátorokat. [14] Megállapítottuk, hogy a biotranszformációs működést a hozzáadott szubsztrát és a reakcióköörülmények határozzák meg az egymást követő reakciókban is, ahol az adott reakció független az előző ciklusban végrehajtottól, termékeik külön kinyerhetők (2. ábra).

- Nagy, F.; Tasnádi, G.; Balogh-Weiser, D.; Bell, E.; Hall, M.; Faber, K.; Poppe, L. Smart nanoparticles for selective immobilization of acid phosphatases, *ChemCatChem* 10(16), 3490-3499 (2018)
- Sánta-Bell, E.; Molnár, Z.; Varga, A.; Nagy, F.; Hornyánszky, G.; Paizs, C.; Balogh-Weiser, D.; Poppe, L. "Fishing and hunting"- Selective immobilization of a recombinant phenylalanine ammonia-lyase from fermentation media, *Molecules* 24(22), 4146 (2019)
- Varga, A.; Csuka, P.; Sonesouphap, O.; Bánóczy, G.; Ioana Toşa, M.; Katona, G.; Molnár, Z.; Bencze, L.C.; Poppe, L.; Paizs, C. A novel phenylalanine ammonia-lyase from *Pseudozyma antarctica* for the stereoselective biotransformations of unnatural amino acids, *Catalysis Today*, in press (2020)
- Nagy-Győr, L.; Abaházi, E.; Bódai, V.; Sátorhelyi, P.; Erdélyi, B.; Balogh-Weiser, D.; Paizs, C.; Hornyánszky, G.; Poppe, L. Continuous-flow cascade reaction by co-immobilized whole-cells with ω -transaminase and ketoreductase activity, *ChemBioChem* 19(17), 1845-1848 (2018)
- Nagy-Győr, L.; Lăcătuş, M.; Balogh-Weiser, D.; Csuka, P.; Bódai, V.; Erdélyi, B.; Molnár, Z.; Hornyánszky, G.; Paizs, C.; Poppe, L. How to turn yeast cells into sustainable and switchable biocatalyst for reduction of ketones or for acyloin condensation, *ACS Sustainable Chemistry and Engineering* 7(24), 19375-19383 (2019)



3. MESTERSÉGES

INTELLIGENCIA AZ

IPAR ÉS TÁRSADALOM

SZOLGÁLATÁBAN

– OKOS TECHNIKÁK

3.1. Adatok

TÉMATERÜLETI VEZETŐ NEVE

Dr. Levendovszky János, MTA doktora, egyetemi tanár

FTE ADATOK

- 33 oktató / kutató
- 26 PhD

PUBLIKÁCIÓK SZÁMA

- 110 (impakt faktoros xpublikáció)
- 58 (Q1 folyóiratcikk)
- 25 (D1 folyóiratcikk)

EGYÜTTMŰKÖDÉSEK ÉRTÉKE

| | |
|----------------------------|---------|
| Ipari kapcsolatok volumene | 678 MFt |
|----------------------------|---------|

FOKOZATSZERZÉSEK SZÁMA A TÉMATERÜLETEN

10 PhD + 1 DSc

A TÉMATERÜLET KUTATÓCSOPORTJAI

- Adaptív és tanuló rendszerek, kognitív információ feldolgozás
kutatócsoport vezető: Gyires Tóth Bálint (adjunktus)
- Tudás- és ágens alapú rendszerek, lágy számítási módszerek
kutatócsoport vezető: Dabóczy Tamás (docens)
- Idősorok analízise és adatbányászata
kutatócsoport vezető: Ceffer Attila (tudományos munkatárs)
- Az MI adatbiztonsági kérdései
kutatócsoport vezető: Ács Gergely (egyetemi docens)
- Okos adatgyűjtés és feldolgozás, rendszerintegráció
kutatócsoport vezető: Ekler Péter (egyetemi docens)
- Robotika, intelligens gyártás és gépi látás
kutatócsoport vezető: Harmati István (egyetemi docens)
- Járműintelligencia és kommunikáció
kutatócsoport vezető: Kiss Domokos (egyetemi docens)
- Okos város
kutatócsoport vezető: Kovács Kálmán (egyetemi docens)
- Innovatív városi mobilitási szolgáltatások
kutatócsoport vezető: Esztergár-Kiss Domokos
- 5G hálózatba kapcsolt és autonóm járművek tesztelése
Smart City környezetben kutatócsoport
kutatócsoport vezető: Varga Pál (egyetemi docens)
- Okos épületek
kutatócsoport vezető: Alföldi György (docens)
- Jövő Internet
kutatócsoport vezető: Tapolcai János (egyetemi tanár)

3.2. A tématerületi kutatások célja

A BME-n folyó mesterséges intelligencia kutatások célja az ipari, szabályozási folyamatok, valamint az informatikai szolgáltatások automatizálásának gyorsítása, az ipari digitalizáció teljes körűvé válásának segítése. A kapcsolódó kutatások az MI algoritmikus eszköztárának a bővítésétől (az MI teljesítőképességének javítása, új algoritmusokkal és architektúrákkal), a konkrét alkalmazásokig terjednek. A kitűzött célok és fejlesztések az ipari hasznosulás számára új termékekben és technológiákban jelennek meg.

A főbb célkitűzések között szerepel az MI adatbiztonsági kérdéseinek, a számítási kapacitás és a robusztusság, valamint a különböző kommunikációs technológiák a (V2X és az 5G MI-beli) technológiák vizsgálata.

A felsorolt területeken MI alapú kutatási és fejlesztési feladatok a következő eredményekben materializálódhatnak:

- Anomália detekciós algoritmus a kommunikációs rendszerekben,
- Érzékeny/bizalmas adatok identifikálása adatvédelmi célokra
- Modellinverzió és tagsági támadások elleni védekezés
- Autonóm robotok intelligens és gépi látás alapú irányítása
- Okos településirányítás
- MI-vel támogatott IoT és WSN alapú adatgyűjtés ipari alkalmazásokra.

3.3. A tématerület kiemelt eredményei

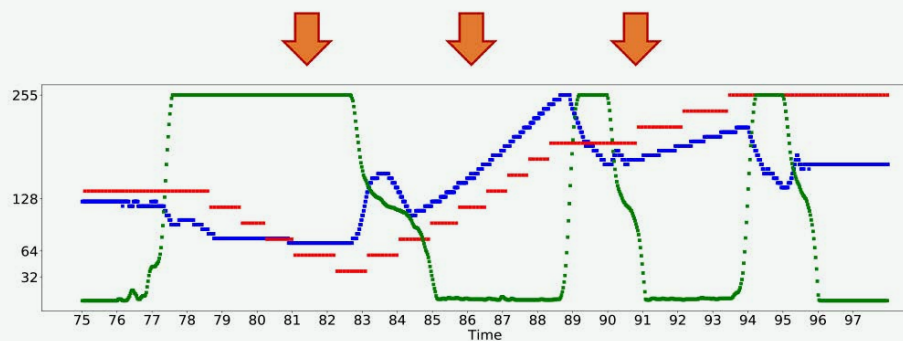
3.3.1. VEZETŐK AZONOSÍTÁSA AUTÓK BELSŐ HÁLÓZATI LOGJÁBÓL

A személyautók által generált adatok példátlanul növekednek, illetve a gépkocsik fokozatosan részévé válnak a tárgyak internete (IoT) ökoszisztémájának. Ezért egyre inkább fókuszba kerül a jármű hálózati adatainak adatbányászata, amelyek tartalmazzák az alkalmazott érzékelők sokaságának méréseit. Ezeket az adatokat várhatóan harmadik felek is felhasználhatják a járművezetők profilozására személyre szabott, hozzáadott értéket képviselő szolgáltatások nyújtása céljából (pl. célzott hirdetések nyújtása). Ennek nyomán kidolgoztunk egy olyan

| Timestamp | CAN-ID | Req | Len | Data |
|-------------------|--------|-----|-----|-----------------------------------------|
| 1481492683.285052 | 0x0208 | 000 | 0x8 | 0x00 0x00 0x32 0x00 0x0e 0x32 0xfe 0x3c |
| 1481492674.736055 | 0x02c4 | 000 | 0x8 | 0x82 0xc8 0x00 0x0f 0x03 0x00 0x92 0x3c |
| 1481492674.736055 | 0x02c4 | 000 | 0x8 | 0x82 0xc9 0x00 0x0f 0x00 0x00 0x92 0x4c |
| 1481492674.736055 | 0x02c4 | 000 | 0x8 | 0x82 0xcc 0x00 0x0f 0x08 0x00 0x92 0x5a |
| 1497323915.123844 | 0x018e | 000 | 0x8 | 0x03 0x03 0x00 0x00 0x00 0x00 0x07 0x3f |
| 1497323915.112910 | 0x00f1 | 000 | 0x6 | 0x28 0x00 0x00 0x40 0x00 0x00 |
| 1481492674.736055 | 0x02c4 | 000 | 0x8 | 0x82 0xd2 0x00 0x0f 0x0c 0x00 0x92 0x5d |
| 1481492674.736055 | 0x02c4 | 000 | 0x8 | 0x82 0xa1 0x00 0x0f 0xa1 0x00 0x92 0x4d |

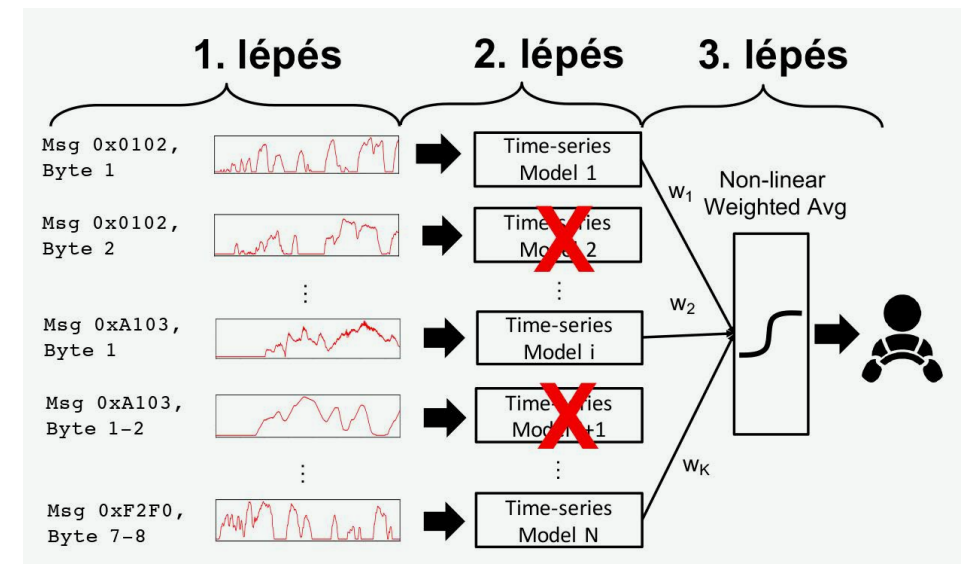
3.3.1.1. ÁBRA

Fizikai jelek kibontása CAN üzenetekből. Minden jel egy idősorok felel meg, ahol az idősor értékei az azonos típusú egymás utáni CAN üzenetek azonos részeiből (byte pozíció) kerülnek kiolvasásra.



3.3.1.2. ÁBRA

A javasolt módszer főbb lépései: (1) jelek kibontása a hálózati logból; (2) minden jelre külön klasszifikációs modell építése; (3) a legjobb modell kiválasztása és nem-lineáris kombinációja a végső predikció céljából



mesterséges intelligenciát [1], amely nagyfokú pontossággal képes megjósolni a járművezető identitását a személyautó CAN buszáról leolvasott adatokból.

Ehhez felügyelt módon egy neurális hálót építünk, amely egyszerre figyelembe veszi az összes lehetséges jelet, pontosabban az azokból épített idősorokat a CAN buszon. Ezek közül sok jel nem értelmezhető adatot tartalmaz, vagy prediktív erejük gyenge. A háló első lépésben kiszűri azokat a jeleket, amelyek prediktív ereje várhatóan magas, majd csak ezeknek a jeleknek egy függvényét keresi amely kimenete a vezető identitása. A módszer általánosítható nagy számú idősorok együttes klasszifikációjára.

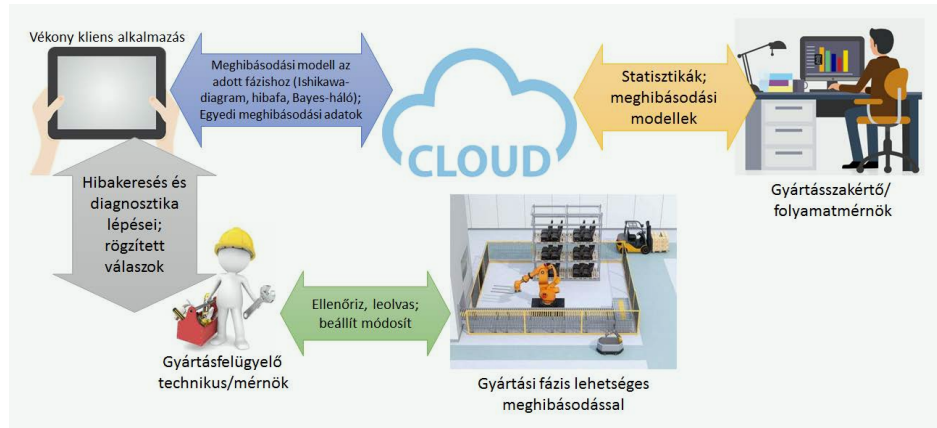
A megoldásunkat egy 33 sofőrrel álló adathalmazon értékeltük ki, és megmutattuk, hogy 2 percnél rövidebb vezetésből már lehetséges egy vezető megkülönböztetése az összes többitől átlagosan 75-85%-os pontossággal, egyes vezetők pedig akár 95-100%-os pontossággal felismerhetők.

Az általunk javasolt módszer potenciális felhasználhatósága sokféle. Egyrészt a vezető azonosítása lehetséges olyan esetekben, amikor az autót több különböző személy vezetheti (flotta, családi autó, tehergépkocsik, buszok, stb.) például kriminalisztikai célokra (valóban az vezette a járművet akinek kellett volna, baleset okozójának felderítése, stb.). Másrészt személyre szabhatók különböző szolgáltatások a segítségével (pl. vezetési élmény javítása az autó beállításainak personalizációjával, vagy személyre szabott hirdetések megjelenítése). Előrejelzések szerint az autók által generált adatok piaca éveken belül többszöröse lehet az autók értékesítésének piacánál.

Végül de nem utolsósorban a munkák rámutat ezen adatok személyes jellegére és mint ilyen a GDPR hatálya alá tartozik. Más szavakkal az adatkezelő (aki nem feltétlenül azonos a jármű gyártójával) köteles a vezetők aktív hozzájárulását kérni az adatok feldolgozásához illetve egy harmadik féllel történő megosztásához.

3.3.2. FAULTASSIST - GYÁRTÓSORI HIBAKERESÉS ÉS ESZKALÁLÁS DIGITALIZÁLÁSA

A gyártóberendezések hibás működése a termelésben selejtes termékekhez, vagy a gyártás leállításához vezethetnek. A hibák gyors elhárítása és későbbi megelőzése a minőség és a hatékonyság szempontjából egyaránt fontos. Ugyanakkor a gyártást egyre összetettebb berendezések szolgálják ki, így a hibák elhárításához megfelelő tapasztalat és összetett technológiai ismeretek szükségesek. Szintén elvárás a hibák azonosítása és elhárítása során végzett diagnosztikai adatok visszakereshetősége és a műveletek nyomon követhetősége, továbbá a helyben közvetlenül nem azonosítható vagy nem elhárítható hibák továbbítása (eszkalálása) a szervezet kompetens szakemberei számára. A hibaazonosítás és elhárítás során keletkező adatok a hibaterjedés modellezését támogató, mesterséges intelligencia alapú rendszerek tanítása és a gyártási folyamatok analízise és felülvizsgálata során is felhasználhatók.



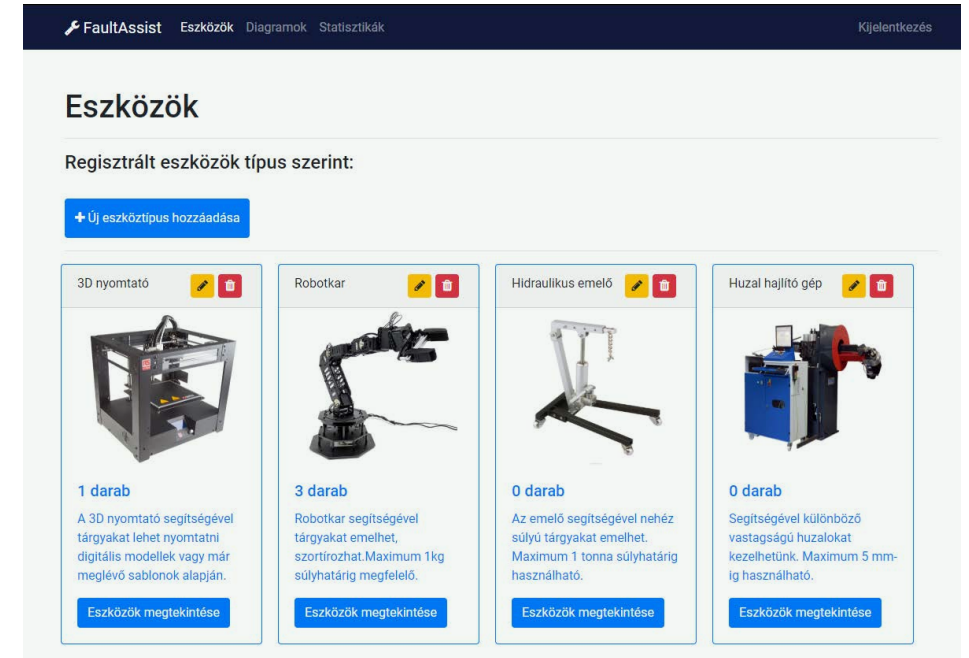
3.3.2.1. ÁBRA
A FaultAssist rendszer működésének szemléltetése

Kidolgoztunk egy FaultAssist elnevezésű keretrendszert, amelyben használhatók mesterséges intelligencia módszerekkel tanítható hibamodellező eszközök (tipikusan hibafák, Ishikawa-diagramok, Bayes-hálók) továbbá rendelkezésre áll egy technológia közeli, mobil eszközökön futtatható kliens alkalmazás is, amely közvetlen segítséget nyújt a technológiát működtető szakemberek számára. Külön felületen férhetők hozzá a hibakeresés és elhárítás során kapott diagnosztikai adatok és műveletek, valamint ezek különböző statisztikái.

Amennyiben a gyártást felügyelő szakember vagy a minőségellenőrző eljárás selejtet vagy más hibát észlel egy gyártási fázisban kiválaszthatja az annak megfelelő berendezést és hibajelenséget egy mobil eszközön futó alkalmazásban. Ishikawa (vagy halszájka) diagram alapú hibamodellt feltételezve a szakember a hibajelenség okát felderítő és a válaszoktól függő diagnosztikai utat bejáró digitalizált kérdés- és utasítássort követ, amelynek segítségével azonosítható és hiba oka és elhárításának módja. Az utasítások végrehajtását multimédia tartalom (animáció, videó, stb.) segítheti.

A hibakeresés során adott válaszok, leolvasott paraméterek és műveletek egy felhőalapú adatbázisban rögzítésre kerülnek. Az adatok feldolgozását és a hibamodellek karbantartását, illetve új hibamodellek létrehozását külön szakértői alkalmazás segíti. Az adott berendezés vagy gyártósor felügyeletét ellátó mérnökség akár azonnal értesítést kap a hibakezelés eredményéről, így az gyorsan eszkalálható, különösen, ha a hiba elhárítása sikertelen volt.

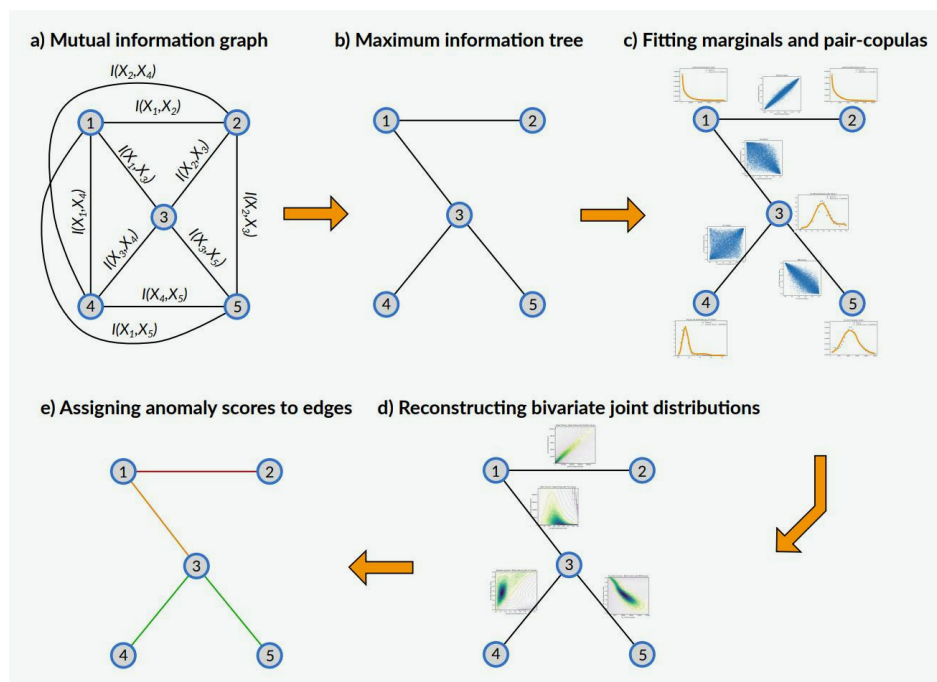
3.3.2.2. ÁBRA
A prototípus alkalmazás felületének néhány állapota: eszköz kiválasztása.



3.3.2.3. ÁBRA
A prototípus alkalmazás felületének néhány állapota: egy adott berendezéshez tartozó meghibásodási statisztika.



A jelenleg Ishikawa-diagramokkal kódolt hibamodellekkel működő FaultAssist eszköz prototípusának létrehozását ipari partnerekkel történő konzultáció ihlette, így fejlesztése során is fontos szempont maradt az ipari hasznosíthatóság.



3.3.3. KOPULA ALAPÚ ANOMÁLIADETEKTÁLÓ ELJÁRÁSOK KIDOLGOZÁSA

Új, valószínűségi módszereken alapú anomáliadetektáló algoritmust vezettünk be ipari partnerünkkel, a NOKIA-Bell Labssal való együttműködésben. A kopula alapú eljárásunk nagy mennyiségű és nagy dimenziós adatok kezelésére is alkalmas, illetve jól tudja kezelni a hiányos adatokat is. Több szenorból származó mérés alapján képes meghatározni, hogy mely hálózati állapotok az anomáliás esetek, továbbá az anomália súlyosságának mértékét is számszerűsíti, és egy vizuális eszközt ad a rendszert figyelő szakemberek kezébe, hogy még időben korrekciót tudjanak végrehajtani, megelőzve azt, hogy a hálózat súlyos anomáliás állapotba kerüljön.

Az általunk bevezetett eljárás a magas dimenziós valószínűségi eloszlást, amit a szenzorok méréseihez rendelhetünk, kétdimenziós peremeloszlásokra bontja úgy, hogy az együttes eloszlásban lévő információk megtartására optimalizál.

A kétdimenziós eloszlások modellezésére kopulafüggvényeket alkalmaztunk, ezzel lehetővé tettük az összefüggésrendszer és a peremeloszlások külön modellezését. Ezáltal nagyon rugalmasan tudtunk alkalmazkodni a szenzorok méréseinek a sokféleségéhez, illetve a különféle típusú és irányú kapcsolatokat is egyidejűleg bele tudtuk építeni az együttes sokdimenziós eloszlásba. A többdimenziós mérések eloszlásához rendelt együttes valószínűségi eloszlás modellezése után, definiálnunk kellett egy anomáliát számszerűsítő mutatót, amit minden kiválasztott párhoz hozzárendeltük.

Az eredmények reprezentációját egy színekkel kódolt gráffal oldottuk meg, amely könnyen értelmezhető módon jelzi azt, hogy hol működik megszokottan a rendszer, és hol vannak azok a helyek, ahol elkezdhetnek anomáliás állapotok kialakulni, illetve azokat is, ahol már anomáliás állapotok jelentkeztek.

A fejlesztett anomáliadetektáló eljárásunk mind tudományos szempontból, mint az ipari alkalmazhatósága révén nagy érdeklődést és megbecsülést váltott ki.

A Nokia mérnökei szinte rögtön megkezdték az eljárás termékbe való beépítését miután az eljárásunk által azonosított anomáliák jó használhatóságát egy nagy nyugat-európai mobilszolgáltató is hamar visszaigazolta. A módszer legfontosabb elemeit tudományos közlemény formájában is publikáltuk a téma egyik legjelentősebb folyóiratában [2]. Az innováció megkapta a BME legjelentősebb 2019-es innovációjáért járó díjat a Pro Progressio Alapítványtól.



4. MESTERSÉGES

INTELLIGENCIA

– FUTURE MOBILITY

4.1. Adatok

TÉMATERÜLETI VEZETŐ NEVE

Dr. Gáspár Péter, MTA levelező tagja, egyetemi tanár

FTE ADATOK

- 29 oktató / kutató
- 24 PhD

PUBLIKÁCIÓK SZÁMA

- 24

EGYÜTTMŰKÖDÉSEK ÉRTÉKE

| | |
|----------------------------|---------|
| Ipari kapcsolatok száma | 13 |
| Ipari kapcsolatok volumene | 498 MFt |

FOKOZATSZERZÉSEK SZÁMA A TÉMATERÜLETEN

4

A TÉMATERÜLET KUTATÓCSOPORTJAI

- Autóipari megbízhatóság és biztonság
kutatócsoport vezető: Török Árpád
- Autonomous driving
kutatócsoport vezető: Rövid András
- Intelligens (AI alapú) döntések
kutatócsoport vezető: Aradi Szilárd
- Kooperatív szituáció értékelés AI módszerekkel
kutatócsoport vezető: Bécsi Tamás
- E-mobility
kutatócsoport vezető: Csiszár Csaba
- Forgalommodellezés AI módszerekkel
kutatócsoport vezető: Tettamanti Tamás
- Járműirányítás AI alapokon
kutatócsoport vezető: Németh Balázs
- Autonóm és ember vezette járművek együttes irányítása
kutatócsoport vezető: Gincsiné Dr. Szádeczky-Kardoss Emese
- Járműkommunikációs technológiák
kutatócsoport vezető: Gódor Győző
- Nagyfelbontású térképészet
kutatócsoport vezető: Barsi Árpád
- Mechatronika, érzékelők és ember-gép interakciók
kutatócsoport vezető: Korondi Péter
- Társadalmi kihívások
kutatócsoport vezető: Janky Béla
- Matematikai optimalizálás
kutatócsoport vezető: Illés Tibor

4.2. A tématerületi kutatások célja

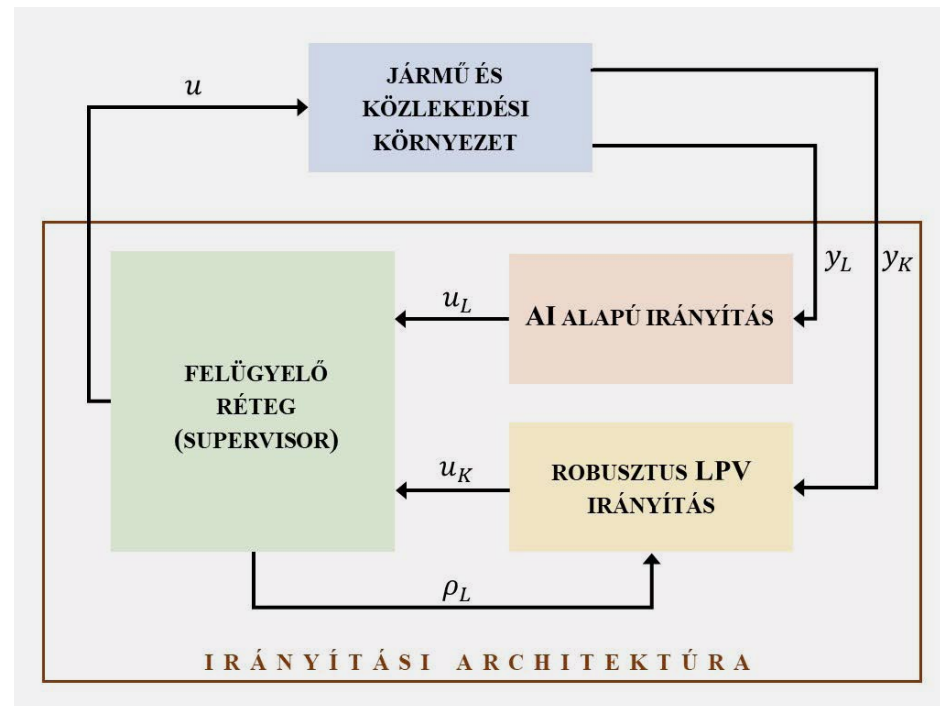
A projekt feladata a mesterséges intelligenciával és autonóm járművekkel foglalkozó egyetemi kutató közösség összefogása azzal a céllal, hogy a tudástranszferen keresztül megvalósuljon a releváns kutatási eredmények integrálása. Tevékenysége a mobilitással összefüggésben megfogalmazott elméleti és alkalmazásorientált kutatásokra, utánpótlásképzésre és oktatásra, valamint projektek előkészítésére irányult.

A járműplatformokhoz és irányítási rendszerekhez kapcsolódó kutatások alapvetően a szituáció és cél alapú döntések támogatására irányultak, melyekben a klasszikus irányításelméletre és a mesterséges intelligenciára épülő módszereket kombinálták. A környezetérzékelés és szituáció értékelés több redundáns információt biztosító érzékelő szimultán alkalmazásával és szenzorfüziós módszerekkel volt eredményes. Az alap és alkalmazásorientált kutatásokat egy magasan automatizált prototípus jármű működtetésén alapuló kísérletek és tesztelések egészítették ki. Fenti kutatások mellett az autonóm járművek közösségi gazdaság környezeti és társadalmi hatásainak vizsgálatára is sor került. A kutatócsoportok eredményei folyóiratcikkekben, konferencia előadásokban és riportokban, továbbá egy valós jármű megvalósított autonóm funkcióiban tárgyiasultak.

4.3. A tématerület kiemelt eredményei

4.3.1. IRÁNYÍTÁSI MÓDSZEREK KIDOLGOZÁSA KLASSZIKUS ÉS AI ALAPÚ MEGOLDÁSOK ÖTVÖZÉSÉVEL

Az önvezetésre való törekvés során az automatizált járműirányítási rendszerek koncepciójában egyre nagyobb hangsúlyt kapnak a mesterséges intelligenciára (AI) különösen is a gépi tanulásra épülő megoldások (pl. gépi látás, automatizált döntéshozás). Az AI alapú megoldások előnye, hogy az irányítási rendszerbe



4.3.1.1. ÁBRA
Kidolgozott irányítás-tervezési struktúra

4.3.1.2. ÁBRA
Automatizált előzési folyamat illusztráció



bonyolult struktúrával rendelkező, több járműirányítási funkciót megvalósító ágensek építhetők be. Az AI alapú irányításokhoz kapcsolódóan azonban új, nyitott kérdések is felvetődnek, ezek közül az FIKP-hoz kapcsolódó kutatás keretében a stabilitásra és a minőségi jellemzőkre (performanciákra) vonatkozó garanciát nyújtó tervezés kérdése került vizsgálat alá.

A kutatás eredménye egy robusztus és garanciákat nyújtó irányítási módszertan kidolgozása és alkalmazása autonóm járműirányítási feladatok megoldására. Az AI alapú ágensek (pl. neurális hálók) és a klasszikus irányítási alapú szabályozások együttese az irányítórendszer két szintjén jelent, úgymint az irányítási kör belsejében, illetve a referencijelek képzésében lett figyelembe véve. Az irányítási kör stabilitását és performanciáit mindkét esetben robusztus és nemlineáris (Lineáris Változó-Paraméterű LPV) irányítási technikákkal biztosítottuk, miközben a neurális hálón alapuló irányítás előnyös tulajdonságai a rendszer egészére nézve érvényesültek. Megállapítottuk, hogy a rendszer performanciáira nézve előírt követelmények robusztus irányítási struktúrában, optimalizáláson alapuló felügyelő réteggel (supervisor) biztosíthatók (1. ábra).

A járműirányítás komplex struktúrájának robusztus és nemlineáris módszerekkel tervezett rétegei kapcsán AI alapú megoldások kerültek alkalmazásra az irányítás-tervezés alapját képező modell paraméter hangolási feladataiban. Egyrészt kidolgozásra került egy nagyméretű adathalmazokra épülő LPV modellezési eljárás, aminek segítségével a tervezett irányítással elérhető performanciák szintje növelhető. Másrészt kidolgozásra került egy szenzorfüzióra épülő kerék-talaj kapcsolati paramétereket becsülő algoritmus, aminek segítségével a jármű lokalizációs feladata hatékonyan oldható meg GPS információk nélkül.

A kidolgozott módszerek automatizált járműirányítási feladatokban kerültek bemutatásra, szimulációs környezetben. Ezek közül kiemelkedik a komplex robusztus LPV és AI alapú, garanciákat nyújtó előzési és hosszirányú irányítási (cruise control) stratégia, ami több járműves környezetben került elemzésre, figyelembe véve a nem automatizált járművek mozgásának becslését (2. ábra). Továbbá, tesztjárműves méréseken keresztül demonstrálásra került a jármű kerékparamétereit becsülő algoritmus hatékonysága. Az eredményként kidolgozott garanciális irányítás-tervezési módszertan egy jövőbeli kihívása az implementációs körülmények figyelembe vétele a tervezési eljárásban, úgymint a változó időkések, a számítási teljesítmények korlátozottsága, illetve az AI ágensek és a klasszikus irányítások szinkronizációs kérdései.

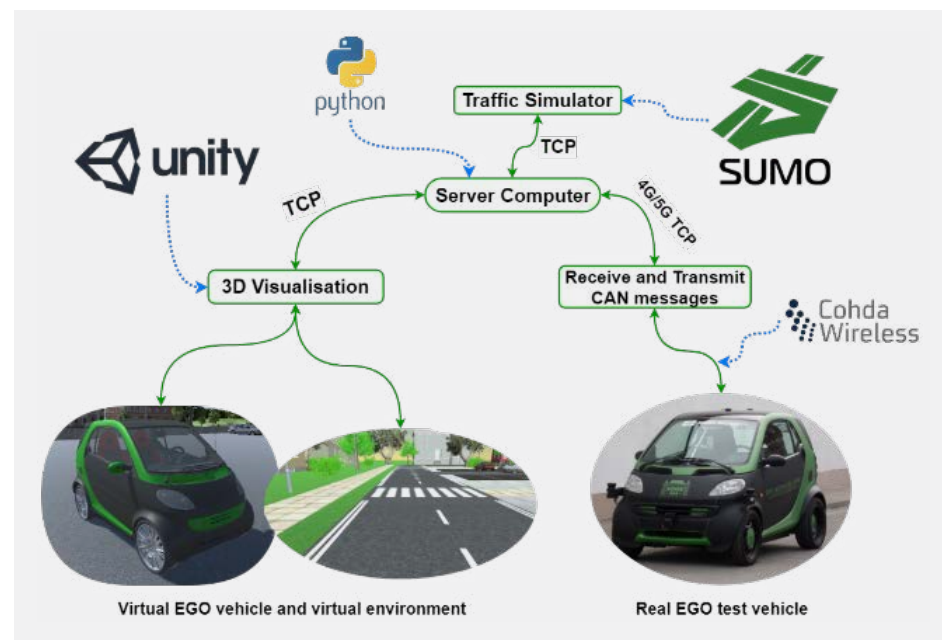
4.3.2. KEVERT VALÓSÁGOT ÉS „KOSZIMULÁCIÓT” ALKALMAZÓ KERETRENDSZER FEJLESZTÉSE AUTONÓM JÁRMŪIPARI TESZTEKHEZ

Az autonóm járművek fejlesztése során a tesztelési lehetőségek meglehetősen limitáltak, nehezen és költségesen kivitelezhetők. Erre a problémára adhat megoldást az úgynevezett kevert valóságot („mixed reality”) és több szimulációs szoftver együttesét („koszimuláció”) megvalósító rendszerek alkalmazása. Ezek a technológiák lehetőséget biztosítanak arra, hogy olyan környezetet alkossunk, melyben valós autonóm autók tesztelhetők virtuális forgalomban. A K+F tevékenységünk fókuszát ennek megfelelően a kevert valóságot és „koszimulációt” alkalmazó keretrendszer kialakítására helyeztük, melyben egy valós tesztjármű és több valós objektum is egyszerre kezelhető, miközben mindezek köré a virtuális valóságban realizált forgalom kerül generálásra 3D megjelenítésben több szoftver párhuzamos alkalmazásán keresztül. Az általunk fejlesztett megoldás a SUMO mikroszkopikus forgalomszimulátorra, valamint a Unity 3D játékmotorra épül. A kommunikációs interfész a tesztjármű és a tesztkörnyezet között Pythonban lett implementálva.

A SUMO segítségével tetszőlegesen előállítható realizáltisan paraméterezett virtuális járműforgalom, ami segíti a tesztjármű forgalomban való tesztelését. A Unity segítségével pedig szabadon alkothatjuk meg a virtuális tesztelési környezet vizualizációját.

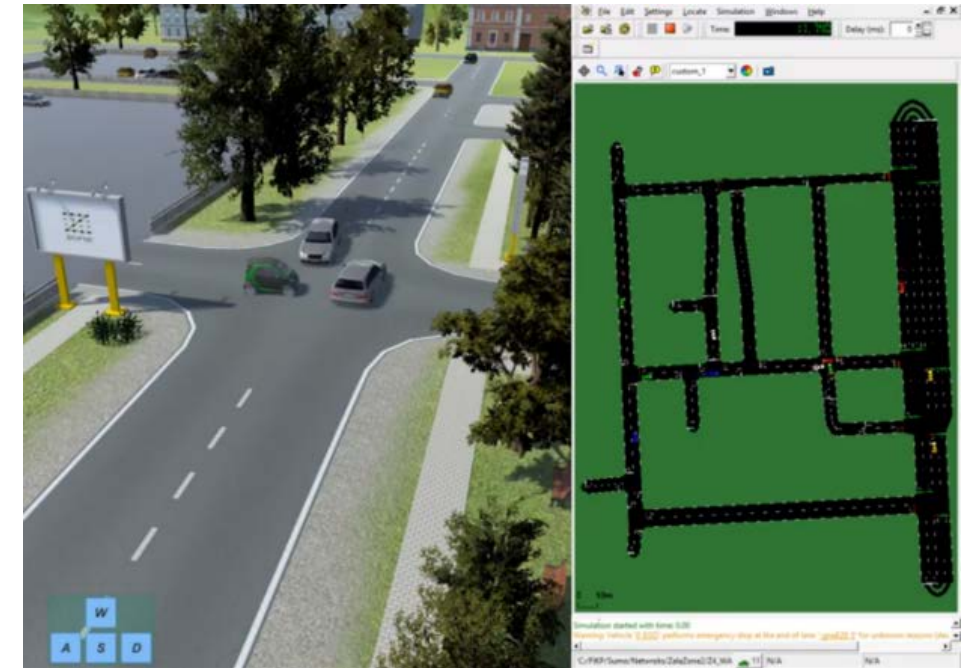
Mindezek mellett a rendszer lehetőséget biztosít egy valós tesztjármű valós időben és valós tesztkörnyezetben történő szimulációba csatlakoztatására, melyet így Vehicle-in-the-Loop (ViL) szimulációnak hívunk. A virtuális környezetben ezen valós tesztjármű klónja, azaz digitális ikerpárja kerül definiálásra. A megalkotott rendszer lehetőséget biztosít Scenario-in-the-Loop (SciL) tesztek elvégzésére is, amely annyiban több a ViL megoldáshoz képest, hogy maga a tesztelési szcenárió is tetszőlegesen paraméterezhető benne, pl. forgalomfüggő jelzőlámpás irányítás valósítható meg a tesztben.

A kutatás-fejlesztési feladataink fő motivációja kettős. Egyrészt elsődleges cél a BME know-how-jának növelése az autonóm járműtechnológiák fejlesztése



4.3.2.1. ÁBRA
A megalkotott rendszer strukturális felépítése

4.3.2.2. ÁBRA
A szimulációs rendszer tesztelése billentyűzettel irányított tesztjárművel
-
youtu.be/dsQRD4rSqf4



területén. Másrészt a kutatási eredményeink közvetlen gyakorlati alkalmazását is látjuk a ZalaZONE tesztpályán a - jövőben várhatóan felfutó - járműipari teszteléseken.

A jövőbeni tervek között szerepel az ipari szabványok alkalmazásának irányába való elmozdulás. Ebbe az irányba már tettünk lépéseket: SAE J2735, ill. Sensoris szabványokat is tudunk alkalmazni a kialakított szimulációs keretrendszerben. További jövőbeli cél, hogy a BME Közlekedés- és Járműirányítási Tanszékén található közúti jelzőlámpát szinkronizáltan tudjuk bekapcsolni a kialakított „koszimulációs” keretrendszerbe.

4.3.3. KÖRNYEZETÉRZÉKELÉS, NYERS SENZORFÚZIÓ

Ebben a kutatási időszakban fontos feladatunknak tartjuk az első kutatási évben kidolgozott - „nyers” szenzorfüzió alapuló 3D objektumfelismerő - neurális hálózatarchitektúrák megbízhatóságának további tesztelését, különös tekintettel a valós közlekedési helyzetekre. A tesztek során identifikált - a hálózatok megbízható

4.3.3.1. ÁBRA
A megalkotott rendszer strukturális felépítése





4.3.3.2. ÁBRA
Az algoritmusok futtatására felépített NVidia DRIVE PX2 platform

működése szempontjából kritikus - környezeti tényezők hatásainak elemzéséből kiindulva az érintett hálózatok strukturális átalakítását valamint további - a különféle környezeti tényezőkre nézve specifikus - neurális hálózatarchitektúrák kidolgozását tervezzük. Az objektumok detektálását kamera és LiDAR adatokon túlmenően RADAR adatok alapján is el kívánjuk végezni. A tesztek elvégzéséhez szükséges adatokat elsősorban az erre a célra tervezett mérőjármű segítségével kívánjuk begyűjteni.

A jármű több különböző típusú szenzorral van felszerelve, így kiemelt lehetőséget kínál a szenzorfüziós algoritmusok tesztelésére és validációjára. A környezet-érzékelő rendszer egy Honda CRZ típusú járműbe lett integrálva. A szenzorokat kamerák, lidarok és radar valamint egy nagy pontosságú dGPS rendszer alkotja. Az algoritmusok futtatása céljából egy NVidia DRIVE PX2 platform is beépítésre került, amelyet elsősorban mély tanulási hálózatok futtatására valamint szinkronizált adatgyűjtésre használunk. A platformon fut egy ún. „RTMaps runtime” környezet, amely lehetőséget ad szinkronizált adatok gyűjtésére és azok feldolgozására. A szenzorokon és az említett DrivePX2 platformon túlmenően beépítésre került egy Cohda MK5 egység is, amely V2V és V2I kommunikációt tesz lehetővé. Fontosnak tartjuk kiemelni a mérőjárműre szerelt szenzorrendszer kalibrációjának jelentőségét, amely a szenzorfüziós algoritmusok fejlesztésén túlmenően a kutatócsoport egyik ugyancsak jelentős kutatási irányát reprezentálja.



5. VÍZTUDOMÁNY ÉS KATASZTRÓFA- MEGELŐZÉS

5.1. Adatok

TÉMATERÜLETI VEZETŐ NEVE

Dr. Józsa János, MTA rendes tagja, egyetemi tanár

FTE ADATOK

- 32 (fokozattal rendelkező)
- 11 (fiatal kutatók, a fokozattal rendelkezők közül)
- 28 (PhD hallgatók és doktorjelöltek)
- 5 (külföldi kutatók)

PUBLIKÁCIÓK SZÁMA

- 46 (impakt faktoros publikáció)
- 20 (Q1 folyóiratcikk)
- 14 (D1 folyóiratcikk)

EGYÜTTMŰKÖDÉSEK ÉRTÉKE

| | |
|-----------------------------------------------------|---------|
| Hazai üzleti-jellegű együttműködések értéke | 249 MFt |
| Hazai támogatás-jellegű együttműködések értéke | 208 MFt |
| Nemzetközi üzleti-jellegű együttműködések értéke | 6 MFt |
| Nemzetközi támogatás-jellegű együttműködések értéke | 634 MFt |

FOKOZATSZERZÉSEK SZÁMA A TÉMATERÜLETEN

6

A TÉMATERÜLET KUTATÓCSOPORTJAI

- A vízszintszabályozás és az éghajlatváltozás hatása tavainkra kutatócsoport vezető: Szilágyi József
- Vízfolyásaink szélsőséges árvízi és ökológiai állapotértékelése kutatócsoport vezető: Krámer Tamás
- Hazai karsztos vízadók készletgazdálkodási állapotértékelése kutatócsoport vezető: Hajnal Géza
- Területi vízgazdálkodás szélsőséges helyzetei: belvív és aszály kutatócsoport vezető: Koncsos László
- Biztonságos ivóvízellátás és hatékony szennyvízkezelés kutatócsoport vezető: Patziger Miklós
- Éghajlati sérülékenység, alkalmazkodás és fenntarthatóság kutatócsoport vezető: Pálvölgyi Tamás
- Vizek, árvízvédelmi földművek és egyéb kritikus létesítmények megfigyelése és veszélyértékelés kutatócsoport vezető: Török Ákos

- Veszélyes légköri szennyeződés terjedésének előrejelzése és korai detektálása, szélhatások kutatócsoport vezető: Vad János
- Földrengés hatása mérnöki létesítményekre, vízzel telített talajra kutatócsoport vezető: Kollár László
- Mérnöki szerkezetek és műemlékek földrengésvédelme kutatócsoport vezető: Vigh László Gergely
- Nukleáris létesítmények tervezése extrém hatásokra kutatócsoport vezető: Károlyi György
- Tűz és robbanás hatása mérnöki létesítményekre, égésgátlás kutatócsoport vezető: Majorosné Lublós Éva Eszter

5.2. A tématerületi kutatások célja

Az emberiség és a természetes környezet fenntarthatóságának egyik alapvető kérdése, hogy hogyan fokozhatjuk a biztonságunkat a katasztrófákkal szemben és hogyan birkózunk meg a jövő vízgazdálkodási kihívásaival. E két alapvető társadalmi igény kielégítését korszerű műszaki megoldásokkal és gazdaságtudományi módszerek támogatják. A BME hat karán nemzetközileg is elismert kutatások folynak az alábbi területeken:

- Szélsőséges események modellezésével tárjuk fel az árvíz, az aszály, földmozgások, szennyeződések vagy különféle ipari katasztrófák veszélyét.
- Folyamatos állapotkövető, távérzékelő eljárásokat és valós idejű előrejelző rendszereket fejlesztünk a vízügy, a katasztrófavédelem, vagy kritikus építmények kezelői részére.
- Felülvizsgáljuk a földrengésre vagy a tűzállóságra vonatkozó műszaki előírásokat és nemzetközi szabványalkotó munkacsoportokban pontosabb tervezési módszereket dolgozunk ki.
- Stratégiai javaslatokat dolgozunk ki a vízgazdálkodási és környezetvédelmi problémák kezelésére, mégpedig úgy, hogy az alkalmazkodjon az elkerülhetetlen változásokhoz és a társadalom számára elfogadható legyen.

Célunk, hogy a Víztudomány és katasztrófa megelőzés FIKP program támogatásával a fenti területeken fokozzuk nemzetközi versenyképességünket a kutatásban, erősítsük az intézmények és vállalatok számára végzett fejlesztési, innovációs tevékenységünket. Kiemelt céljaink közé tartozik a kutatói kapacitásunk és a kutatási infrastruktúránk fejlesztése.

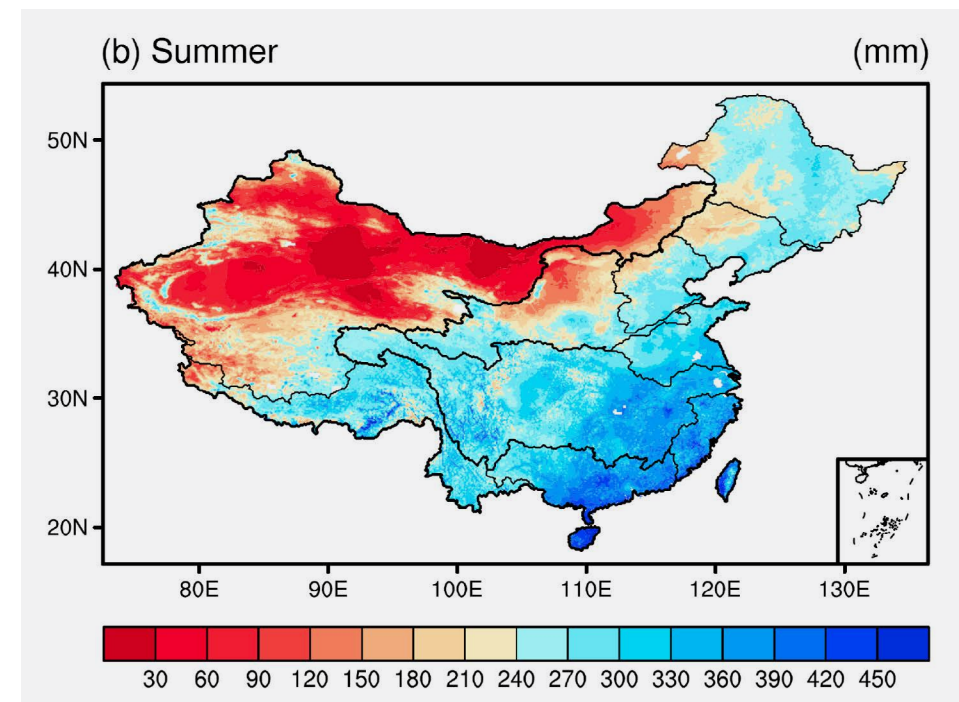
5.3. A tématerület kiemelt eredményei

5.3.1. TERÜLETI PÁROLGÁS

A jövőbeni éghajlat minél pontosabb előrejelzése és így az arra való megfelelő gazdasági, ökológiai felkészülés társadalmunk jövőbeni túlélésének zálogát jelenti, társadalmi-gazdasági hatásai felbecsülhetetlenek. A Priestley-Taylor egyenleten alapuló párolgásbecslő módszerünk fő előnye, hogy elkerülhető a paraméterek helyi körülményekre való költséges és adatigényes optimalizálása. E fontos és alapjaiban új eredményeink utolérhetetlen pontosságát globális léptékben igazoljuk, pl. Kína teljes területére. Már egy dél-koreai éghajlatkutató csoport jelentősen

5.3.1.1. ÁBRA

A módszerünkkel becsült nyári evapotranspiráció területi megoszlása Kína területére, az 1982-2012 közötti évekre.



javított a klímamodellek által előrejelzett szárazságok azonosításán és súlyosságának számszerű jellemzésén. Amennyiben más klímamodelleket kidolgozó és működtető kutatócsoportokhoz is eljut a módszerünk, egyedülálló pontosságának és alkalmazásának egyszerűségének köszönhetően azt a klímamodellekbe beépítve, jelentősen javítható a klímaszenáriók pontossága és valóságtartalma. [1,2]

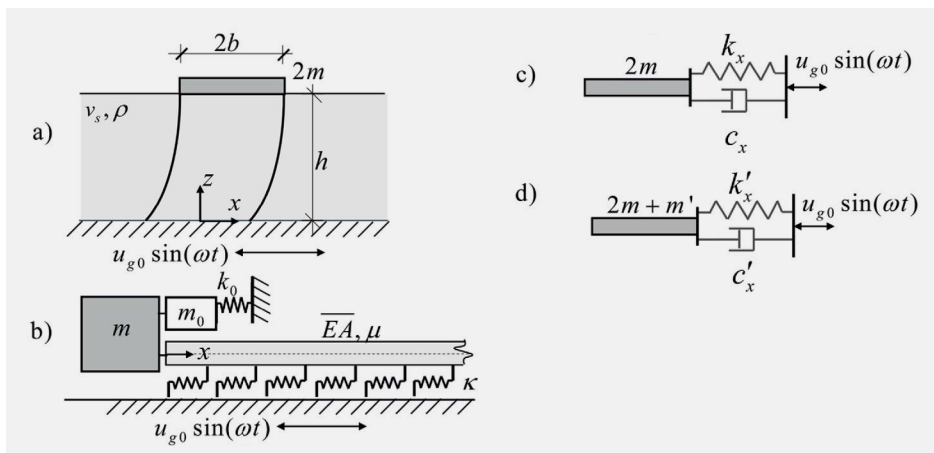
5.3.2. FÖLDRENGÉS

Napjainkban egyre több nagy fesztávú, könnyűszerkezetes fődém épül, amelynek legfontosabb tervezési szempontja a rezgési viselkedése, amelyek nagyon kis (1-3%) csillapítással rendelkeznek. Komplex, kísérletileg igazolt ciklikus anyagmodellt fejlesztettünk ki acélra és hazai talajokra.

A földrengésre való méretezés a közepes szeizmicitású területeken is mértékadó lehet, és különösen fontos szempont a tervezésben, hogy a talaj-szerkezet kölcsönhatást a fizikai viselkedésnek megfelelő módon vegyük figyelembe. Mindkét területen a szóródó csillapítás fizikai jelensége, valamint annak matematikai háttere alapozza meg a különbözőnek tűnő területek kapcsolódását.

Újszerű földrengésvédelmi eszközökre tettünk javaslatot. A hatályos európai szabványokban előírt szeizmikus hatásokat leíró spektrumokat valószínűségi számítás-alapú veszélyeztetettségi analízis segítségével, helyspecifikus spektrumok módszertanának kidolgozásával korszerűsítjük. A módszertant történelmi földrengések vizsgálatával, korabeli szerkezetek károsodáselemzésével és a földrengés-magnitúdó becslésével pontosítottuk.

1. Ma, Ning; Szilágyi, Jozsef; Zhang, Yinsheng; Liu, Wenbin (2019): Complementary-Relationship-Based Modeling of Terrestrial Evapotranspiration Across China During 1982-2012: Validations and Spatiotemporal Analyses. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 124(8):4326-4351, Apr 2019, doi=10.1029/2018jd029850
2. Ma, Ning; Szilágyi, Jozsef (2019): The CR of Evaporation: A Calibration-Free Diagnostic and Benchmarking Tool for Large-Scale Terrestrial Evapotranspiration Modeling. *Water Resources Research*, 55(8):7246-7274, Aug 2019, doi=10.1029/2019wr024867



5.3.2.1. ÁBRA
Síkalapozású épületek talajmozgásból átadódó vízszintes gerjesztésének különböző analitikus modelljei.

A kutatási témához tartozik a billegő szerkezetek földrengési viselkedése. Az erre hajlamos mérnöki szerkezetek és műemlék-épületek sérülékenységi és reziliencia-vizsgálatára adaptáltunk módszertant. [3,4,5,6,7]

5.3.3. TŰZÁLLÓ ÉPÍTŐANYAGOK

A nagyszilárdságú betonok felületének leválását rendszerint a hőmérséklet emelkedésének hatására bekövetkező belső feszültségek okozzák: szokványos betonok esetén általában a betonból távozó vízgőz feszíti le a felületi rétegeket. Olyan betonreceptúrát dolgoztunk ki, amellyel megakadályoztuk a betonfelület leválását, ezzel javítva a szerkezeti elemek tűzállóságát.

A mérnöki létesítményeknek egyre inkább meghatározó részét képezik a poli-mer alapanyagú szerkezeti elemek. Az alapvetően gyúlékony polimerek fokozódó biztonságtechnikai kockázattal járnak, így nagy prioritású az égésgátló polimer mátrix alapanyagok fejlesztése és alkalmazása. Kutatásunk során visszagyűjtött PET regranulátumból kiindulva foszfortartalmú égésgátló és természetes agyag-ásványok kombinálásával gyártott nanokompozit termékekkel demonstráltuk, hogy újrahasznosított alapanyagokból is előállíthatók tartós és biztonságos műszaki termékek. Iparilag releváns, környezetbarát technológiával kis sűrűségű újrahasznosított és biopolimer habokat állítottunk elő, amelyek alkalmasak lehetnek az építőipar területén szigetelőanyagként, illetve szendvics struktúrák elemeként történő felhasználásra. Széleskörűen vizsgáltuk a habosított polimerek égésgátlási lehetőségeit is.

Adalékanyagok tűz hatására való vizsgálati módszerét dolgozzuk ki, valamint vizsgáljuk a tartó tűzvizsgálat alatti megtámasztási lehetőségeit, a tartó

- Pap, Zsuzsa B.; Kollár, László P. (2019): Dynamic Response of Long Rectangular Floors Subjected to Periodic Force Excitation. *Materials*, 12(9):1417, Apr 2019, doi=10.3390/ma12091417.
- Pap, Zsuzsa B.; Kollár, László P. (2019): Model of Soil-structure Interaction of Objects Resting on Finite Depth Soil Layers for Seismic Design. *Periodica Polytechnica Civil Engineering*, Dec 2019, doi=10.3311/ppci.14459
- Morais, E. Charters; Vigh, L. G.; Krähling, J. (2019): Cyclic Behaviour, Dynamic Analysis and Seismic Vulnerability of Historical Building Archetypes in Hungary. *International Journal of Architectural Heritage*, 1-21, Nov 2019, doi=10.1080/15583058.2019.1690074
- Bán, Zoltán; Györi, Erzsébet; Tóth, László; Gráczer, Zoltán; Mahler, András (2020): Characterization and Liquefaction Hazard Assessment of Two Hungarian Liquefied Sites from the 1956 Dunaharaszti Earthquake. *Periodica Polytechnica Civil Engineering*, May 2020, doi=10.3311/ppci.15607
- Kollár, László P.; Ther, Tamás (2019): Numerical model and dynamic analysis of multi degree of freedom masonry arches. *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, 48(7):709-730, Mar 2019, doi=10.1002/eqe.3158

5.3.3.1. ÁBRA
Vasbeton falelem tipikus tűzkárosodása.



geometriájának hatását. A berepedés pillanatát a laboratóriumunkban végzett nagyszámú kísérletek miatt pontosan tudjuk megadni, ezáltal a szakirodalomból ismerteknél pontosabb modellel tudunk optimális keresztmetszeti kialakításra javaslatot adni. [8,9,10,11,12]

- Lublóy, Éva (2020): How does concrete strength affect the fire resistance? *Journal of Structural Fire Engineering*, ahead-of-print, Mar 2020, doi=10.1108/jsfe-10-2019-0035
- Ronkay, Ferenc; Molnár, Béla; Szalay, Ferenc; Nagy, Dóra; Bodzay, Brigitta; Sajó, István E.; Bocz, Katalin (2019): Development of Flame-Retarded Nanocomposites from Recycled PET Bottles for the Electronics. *Industry Polymers*, 11(2):233, Feb 2019, doi=10.3390/polym11020233
- Szolnoki, Beáta; Toldy, Andrea; Marosi, György (2019): Effect of phosphorus flame retardants on the flammability of sugar-based bioepoxy resin. *Phosphorus, Sulfur, and Silicon and the Related Elements*, 194(4-6):309-312, Jan 2019, doi=10.1080/10426507.2018.1539855
- Biró, András; Hlavička, Viktor; Lublóy, Éva (2019): Effect of fire-related temperatures on natural stones. *Construction and Building Materials*, 212:92-101, Jul 2019, doi=10.1016/j.conbuildmat.2019.03.333
- Abed, Mohammed; Nemes, Rita; Lublóy, Éva (2020): Performance of Self-Compacting High-Performance Concrete Produced with Waste Materials after Exposure to Elevated Temperature. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 32(1):05019004, Jan 2020, doi=10.1061/(asce)mt.1943-5533.0002989



6. HATÉKONYSÁG- NÖVELT-ÉS INTELLIGENS GYÁRTÁS- TECHNOLÓGIÁK

6.1. Adatok

TÉMATERÜLETI VEZETŐ NEVE

Dr. Stépán Gábor, az MTA rendes tagja, egyetemi tanár

FTE ADATOK

- 41,9 (fokozattal rendelkező)
- 23,05 (fiatal kutatók)
- 20,34 (PhD hallgatók és doktorjelöltek)
- 4,13 (külföldi kutatók)

PUBLIKÁCIÓK SZÁMA

- 49 (Q1 folyóiratcikk)
- 21 (D1 folyóiratcikk)
- 48 (egyéb figyelembe vehető tudományos közlemények)

EGYÜTTMŰKÖDÉSEK ÉRTÉKE

| | |
|--------------------------------------------------------|-----------|
| Hazai üzleti-jellegű együttműködések értéke | 176,0 MFt |
| Hazai támogatás-jellegű együttműködések értéke | 557,0 MFt |
| Nemzetközi üzleti-jellegű együttműködések értéke | 0,0 MFt |
| Nemzetközi támogatás-jellegű együttműködések értéke | 262,1 MFt |

FOKOZATSZERZÉSEK SZÁMA A TÉMATERÜLETEN

0

A TÉMATERÜLET KUTATÓCSOPORTJAI

- Hatékonyágnövelt- és intelligens gyártástechnológiák kutatócsoport vezető: Stépán Gábor
- Intelligens informatikai technológiák és rendszerek kutatócsoport vezető: Imre Sándor
- Additív gyártás és termelési logisztika kutatócsoport vezető: Markovits Tamás
- Vegyipari technológiák intenzifikálása kutatócsoport vezető: Székely Edit
- Építőipari gyártási és építési folyamatok kutatócsoport vezető: Dunai László
- Építés-automatizálás kutatócsoport vezető: Hajdu Miklós
- Multi-fizikai folyamatok modellezése és optimalizálása kutatócsoport vezető: Faragó István
- Intelligens gyártórendszerek gazdaságossága és munkaszervezése kutatócsoport vezető: Koltai Tamás

6.2. A tématerületi kutatások célja

Magyarország versenyképességének fokozása érdekében alapvető a termelékenység fejlesztése. Ebben meghatározó szerepet játszik a magas hozzáadott értéket teremtő intelligens gyártástechnológia kutatása és fejlesztése, amely célja a gyártás modernizálása, „okos gyárak” létesítése. A kutatás olyan KFI tevékenységek végzésére irányul, amelyek a hazai ipart segítik a magas hozzáadott értéket előállító, intelligens gyártás bevezetésében és alkalmazásában. E cél elérésében a BME az alábbi kutatási eredményeire támaszkodik:

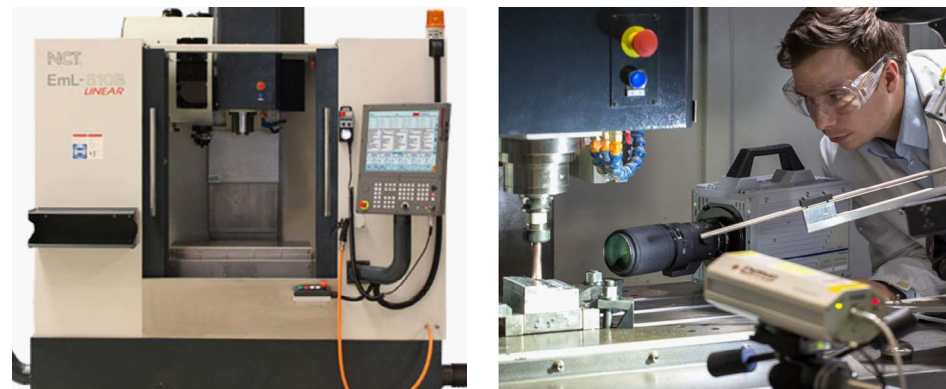
- digitalizáció és hálózati kommunikáció kiaknázása;
- gyártósorok állapotának folyamatos felügyelete;
- szakértői rendszerek fejlesztése, gazdasági hatások elemzése;
- virtuális valóság, szimulációs technikák fejlesztése;
- additív- és hibrid gyártás alkalmazása a gépiparban;
- új technológiák alkalmazása a termelékenység növelésére.

Kiemelt célunk a fiatal kutatók itthon tartása, a magasan kvalifikált szakembergárda kutatóhelyi képzése, és a kutatási infrastruktúra fejlesztése.

6.3. A tématerület kiemelt eredményei

6.3.1. SZERSZÁMGÉPEK REZGÉSTANI VIZSGÁLATA

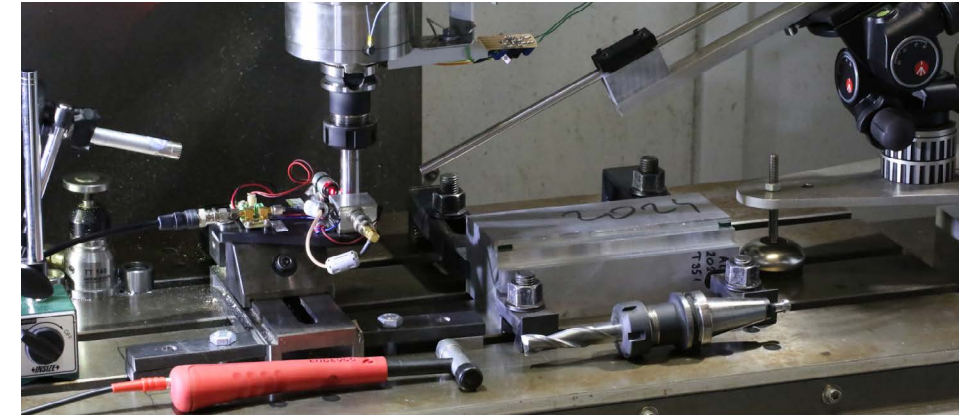
A Hatékonyágnövelő- és intelligens gyártástechnológiák kutatócsoport központi tématerülete a szerszámgéprezgések. Az eddigi elméleti eredményeket a valóságoshoz közeli ipari környezetben vizsgáljuk. A szerszámgéprezgéseknél fontos szerepet játszó jelenségeket az eddigieknél nagyobb pontossággal tudtuk megmérni és eddig nem modellezett hatásokat tudtunk azonosítani. Eredményül több új kutatási irány körvonalazódott: a forgácsolóerő sztochasztikus tulajdonságainak feltérképezése, az erő-modellben használt feszültségi nyírósík meghatározása és a marási folyamatok során fellépő nemkívánatos rezgések pontos előrejelzése, ezek alapján a rezgések elkerülése. A mérésekhez saját fejlesztésű kísérleti eszközöket alkalmaztunk, mint a nagy pontosságú optikai elmozdulás szenzort, vagy a nagy sebességgel forgó szerszám gerjesztéséhez kalibrált golyólövőt. A méréseket segítette egy gyorskamerarendszer, amelyet a gép munkaterébe építettünk, valamint erőmérő cellák, amikkel a munkadarab megmunkálása során ébredő forgácsoló erők mérhetők nagy pontossággal. A kapott eredmények alapján gyorsan és pontosan tudjuk előre jelezni a nemkívánatos rezgéseket, ezzel csökkentve a selejt arányát és növelve a gyártás hatékonyságát.



6.3.1.1. ÉS 6.3.1.2. ÁBRA
A CNC megmunkálóközpont kialakítása, kellékei és műszerezettsége (nagysebességű kamera, erőmérő cella, szögjeladó, precíziós lézeres pozíció szenzor, gyorsulásérzékelő, gerjesztő kalapács).

56

6.3.1.3. ÁBRA
A CNC megmunkálóközpont kialakítása, kellékei és műszerezettsége (nagysebességű kamera, erőmérő cella, szögjeladó, precíziós lézeres pozíció szenzor, gyorsulásérzékelő, gerjesztő kalapács).



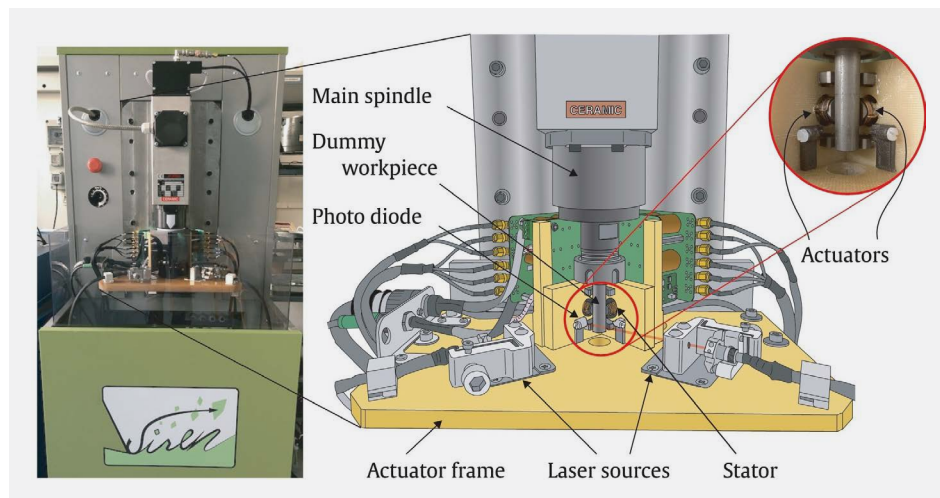
A számítástechnika és digitális adatgyűjtés jelenlegi fejlettségi és integrációs szintje lehetővé tette, hogy a mérést és a modellezést ötvözzük az ún. „Hardware-in-the-Loop” (HIL, magyarul „környezetszimuláció”) koncepciója szerint, vagyis egy hibrid rendszert hozunk létre, amelyben a vizsgált jelenséget részben modellezzük, részben pedig a valóságban mérjük. A módszer előnye, hogy a nehezen modellezhető részek valós viselkedését figyelembe tudjuk venni mérésekkel, miközben a modellezett részek szabadon vizsgálhatók és könnyen módosíthatók.

A szerszámgéprezgések vizsgálatára egy olyan környezetszimulációs (HIL) rendszert fejlesztettünk ki, amely a forgó munkadarab, a főorsó és a szerszám gép valós dinamikáját megtartva, a forgácsoló erőt pedig egy szabályozott elektromágnessel helyettesítve lehetővé teszi a megmunkálási folyamat stabilitásának pontos, gyors és biztonságos vizsgálatát.

A rendszer alkalmas arra, hogy a főorsóba befogott, munkadarabot helyettesítő ferrit henger elmozdulását 100 kHz mintavételi frekvenciával és 10 nm pontossággal mérje, majd az aktuálisan és az előző fordulatban mért elmozdulás alapján meghatározza a virtuális forgácsvastagságot, ebből pedig például a Taylor-formula alapján a virtuális forgácsoló erőt. Az erő visszacsatolása ugyanebben a mintavételi ablakban történik, amit az erre a célra kifejlesztett kis induktivitású, ferritmagos elektromágnes és az 1 MHz-es alacsony szintű áramszabályozó áramkör tesz lehetővé. Az így kialakuló rezgések alapján meghatározható a folyamat stabilitása. Ezzel a módszerrel lehetővé válik a megtervezett új, nagy hatékonyságú marószerszámok élgeometriájának optimalizálása és az iparihoz közeli környezetben való tesztelése még azelőtt, hogy annak költséges prototípusát legyártották volna. [1,2,3,4,5,6]

1. Molnar T. G., Berezvai S., Kiss A. K., Bachrathy D., Stepan G.: Experimental investigation of dynamic chip formation in orthogonal cutting, *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 145:103429 (2019) 13 pages, DOI: 10.1016/j.ijmachtools.2019.103429
2. Beri B., Stepan G., Essential chaotic dynamics of chatter in turning processes. *Chaos*, 30(5), 053108, (2020) 8 pages, DOI: 10.1063/1.5143216
3. Kiss A. K., Bachrathy D., Stepan G.: Effects of Varying Dynamics of Flexible Workpieces in Milling Operations, *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, 142(1): 011005 (2020) 11 pages, DOI: 10.1115/1.4045418
4. Hajdu, D; Borgioli, F; Michiels, W; Insperger, T; Stepan, G; Robust stability of milling operations based on pseudospectral approach; *International Journal of Machine Tools and Manufacture*; 149: 103516 (2020) 10 pages, DOI: 10.1016/j.ijmachtools.2019.103516
5. Sykora H. T., Bachrathy D., Stepan G.: Stochastic semi-discretization for linear stochastic delay differential equations. *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, 119(9) 879-898 (2019) 20 pages, DOI: 10.1002/nme.6076
6. Stepan G., Beri B., Miklos A., Wohlfart R., Bachrathy D., Porempovics G., Toth A., Takacs D.: On stability of emulated turning processes in HIL environment. *CIRP Annals - Manufacturing Technology* 68(1): 405-408. (2019) 4 pages, 10.1016/j.cirp.2019.04.035

57



6.3.1.4. ÁBRA
Környezetszimulációs kísérleti berendezés esztergálási és marási megmunkálási folyamatok emulálására, ahol a főorsó valós dinamikája mellett a szerszám/munkadarab kölcsönhatás elektromágneses aktuátorok és lézér szenzorok segítségével van helyettesítve.

6.3.2. GALLIUM-NITRID (GaN) ALAPÚ FESZÜLTÉGINVERTER VILLAMOS HAJTÁSOKHOZ (DEMO)

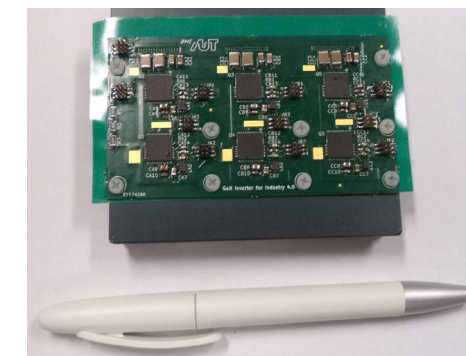
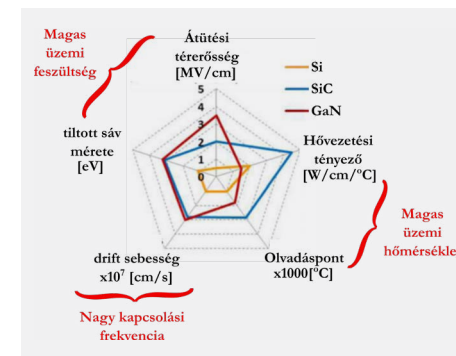
A teljesítményelektronikai eszközök szerepe az ipar egyre nagyobb területén válik nélkülözhetetlenné, mivel, többek közt, a gyártórendszerek energiaellátásában, a szerszámgépek üzemeltetésében, a termékek mozgatásában, szállításában vesznek részt. Teljesítményelektronikai átalakítóról táplált villamos hajtásokban napjainkban leggyakrabban szilícium alapú MOSFET és IGBT kapcsolókat használnak. Ugyanakkor kezd teret nyerni a széles tiltott sávú, többnyire MOSFET típusú, tranzisztorok alkalmazása az átalakítóknál. A leggyakrabban használt anyagok a szilícium-karbid (SiC) illetve a Gallium-nitrid (GaN). A széles tiltott sávú félvezetők felhasználásával készült átalakítók jelentős előnye, hogy magasabb hatásfok és jelentősen nagyobb teljesítménysűrűség érhető el velük. Emellett nagyobb kapcsolási frekvencia alkalmazható és magasabb lehet az üzemi hőmérséklet (lásd ábra).

A nagyobb energiasűrűség lehetőséget ad arra, hogy az inverterek kisebb méretben és integráltan helyezkedjenek el a motorok közvetlen közelében, megvalósítva az integrált hajtás koncepcióját. Az integrált hajtás-koncepció bevezetésének egyik jelentős hatása a vezérlőszekrények méretének nagymértékű csökkenése és az ezáltal felszabaduló értékes alapterület. Becslések szerint egy villamos hajtás életciklusában több mint 95%-ban a felhasznált energia a felelős a kiadásokért. Emiatt fontos, hogy a teljes hajtáslánc – a motor és hozzá kapcsolódó átalakító – hatásfoka magas legyen ezzel csökkentve az energiafogyasztást, az ehhez kapcsolódó költségeket és így a károsanyag-kibocsátást is. A széles tiltott sávú tranzisztorok alkalmazásával a teljesítményelektronikai átalakítók veszteségei csökkenthetők és így a rendszer összhatósfoka növelhető. Továbbá nem szükséges a kényszerített hűtés, ami szintén tovább csökkenti az energiafelhasználást. Emellett a villamos hajtások minősége is javítható, hiszen a nagyobb kapcsolási frekvenciák miatt a nyomtatóhullámzás csökken és kisebb harmonikus torzítás érhető el, ami a motorokon fellépő harmonikus veszteségeket is csökkenti. A rövidebb kapcsolási idők következtében kisebb a kapcsolások során szükséges holtidő, aminek a torzító hatása is jelentősen csökken.

Az Intelligens informatikai technológiák és rendszerek kutatócsoport Automatizálási és Alkalmazott Informatikai Tanszéke bemutatható demonstrációk

6.3.2.1. ÁBRA
SiC és GaN anyagtulajdonságai összehasonlítva szilíciummal

6.3.2.2. ÁBRA
A megvalósított, GaN tranzisztorokat tartalmazó inverterkártya



eszközként egy integrált motorhajtás koncepciójához használható háromfázisú, 1 kW névleges teljesítményű, 5x9x4 cm befoglaló méretű DC/AC teljesítményelektronikai átalakító prototípusát készítette el, melyben széles tiltott sávú Gallium-nitrid (GaN) tranzisztorok találhatók. Az inverter egy hűtőbordára van rögzítve, nincsen kényszerített légáramlat. Az inverter egy indukciós gépet hajt meg. A hajtás tulajdonságok kapcsolókkal állíthatók, illetve hőmérsékletszenzorok és egy hőkamera áll rendelkezésre az átalakítóban kialakuló hőviszonyok pontos bemutatásához. [7,8]

6.3.3. FÉMES ADDITÍV GYÁRTÁS, DRÓNOK ÉS KINECT SENZOROK ALKALMAZÁSA A KORSZERŰ GYÁRTÁSBAN ÉS A TERMELÉSI LOGISZTIKÁBAN

Az additív gyártás és termelési logisztika kutatócsoport a fém alkatrész gyártás és a termelési logisztika területén kiválasztott új lehetőségek, mint a lézeres, fémporos additív gyártás (SLM), valamint a termelésben zajló logisztikai munkafolyamatok megfigyelésen alapuló elemzésében alkalmazható új generációs adatfelvételi technológiák belső összefüggéseinek mélyebb feltárásával a kapcsolódó kompetenciákat bővítette az elmúlt kutatási fázisban.

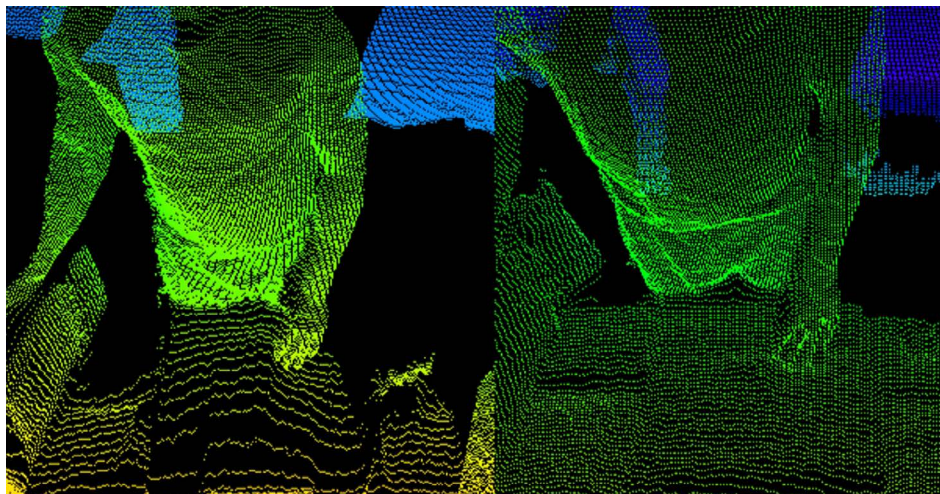
A lézersugaras, fémporágyas additív gyártással kapcsolatban a nyomtatás előkészítési műveleteinek (orientáció, szupportálás, folyamat szimuláció) és a különböző fémpor alapanyagok (acél, titán) hatását határoztuk meg a nyomtathatóságra és az elkészült modell tulajdonságaira.



A termelési logisztikai rendszerekben zajló logisztikai munkafolyamatok megfigyelésen alapuló elemzésében alkalmazható új generációs adatfelvételi technológiák esetében a gyártás-kiszolgálás, és a szerelési műveletek támogatása során jelentkező intra-logisztikai műveletekre fókuszáltunk. Meghatároztuk a drónokkal mozgatott kamerák, és a Kinect szenzoros alkalmazások integrációjának lehetőségeit,

6.3.3.1. ÁBRA
Lézeres, fémporágyas additív gyártás (know-how).

7. A. Lidow: Gallium Nitride Integration: Going Where Silicon Power Can't Go in IEEE Power Electronics Magazine, vol. 5, no. 3, pp. 70-72, Sept. 2018, doi: 10.1109/MPPEL.2018.2850738.
8. J. Millán, P. Godignon, X. Perpiñá, A. Pérez-Tomás and J. Rebollo: A Survey of Wide Bandgap Power Semiconductor Devices in IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 29, no. 5, pp. 2155-2163, May 2014, doi: 10.1109/TPEL.2013.2268900.



6.3.3.2. ÁBRA
Termelési logisztikai
folyamatok megfigyelése
és elemzése (know-how).

továbbá annak kérdéskörét, hogy ezek hogyan változtatják meg a hagyományos megfigyelésen alapuló módszereket, illetve beazonosítottuk a fenti rendszerek alkalmazásához kapcsolódó problémákat is.

A drónos alkalmazások területén a mintavételes munkanapfelvétel autonóm drónokra történő átültetésére helyeztük. Definiáltuk a rendszer üzemeltetéséhez szükséges architektúrát és elvárásokat. Fontos eredményünk egy olyan irányítási logika kialakítása, mely alapján a drónok autonóm módon meg tudják találni a mérés során felkeresendő objektumokat akkor is, ha a pozíciójuk minden egyes pillanatban változik. A logika működését egy általunk fejlesztett szimulációs modellben validáltuk. Teszteltük továbbá egy AR Drone 2.0 eszköz autonóm irányítását a drón saját SDK-ját felhasználva. A tesztek alapján arra a következtetésre jutottunk, hogy egy fejlettebb, akár kereskedelmi forgalomban kapható, akár egy specifikusan erre a célra épített drón beszerzése szükséges a rendszer fizikai realizációjához.

A mélységi szenzorok területén a KINECT szenzorok alkalmazását teszteltük az összeszerelési mozdulatsorok időszükségleteinek elemzésben. A szenzor képes érzékelni a teljes emberi test mozgását, kezdve a hétköznapi megszokott mozdulatoktól egészen az apróbb kézmozdulatokig. Ezt kihasználva a szenzorból származó ízületi pontokra vonatkozó idősoros adatok felhasználásával algoritmust fejlesztettünk szerelési ciklusok valós idejű automatikus detektációjára és az időszükségletek analízisére. Az általunk kifejlesztett algoritmus kísérleteink alapján >98% pontossággal képes a vizsgált ciklus időszükségleteit automatikusan megbecsülni.

Impresszum

KIADJA

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

FELELŐS KIADÓ

Dr. Józsa János, rektor

FELELŐS SZERKESZTŐ

Dr. Levendovszky János, tudományos és innovációs rektorhelyettes

GRAFIKA ÉS TÖRDELÉS

Máthé Dóra

A KÉZIRAT LEZÁRVA

2020. augusztus 31.

TÁMOGATÓ

Innovációs és Technológiai Minisztérium

Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alap



AZ NKFI ALAPBÓL
MEGVALÓSULÓ
PROGRAM

