

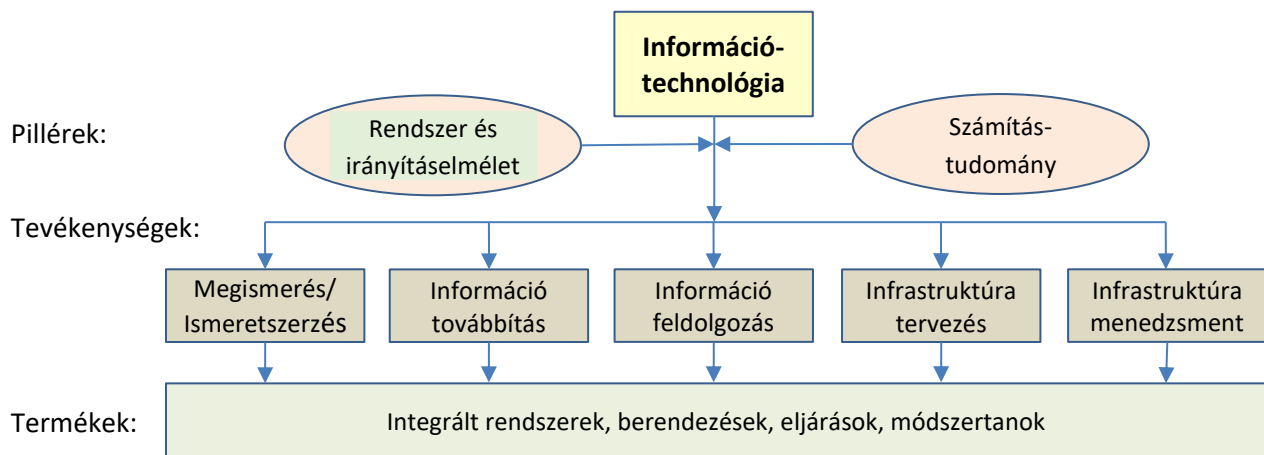
„A magyar tudományos kutatás kiemelkedő eredményei a rendszerváltástól napjainkig (1989-2019)” az információtechnológia, az elektronikai eszközök és technológiák, valamint a villamos energetika területén

Az érintett tématerületek sajátosságaiból adódóan a tudományos kutatás magyar vonatkozásai elsősorban hazai kutatóintézetekben és egyetemi tanszékeken működő kutatócsoportokhoz és tudományos iskolákhoz, valamint mindezek nemzetközi együttműködéseire köthetők.

1. Kiemelkedő eredmények az információtechnológia területén

Az **információtechnológia** szerteágazó szakterületének tudományos megalapozást adó pillérei az elmúlt harminc évben a *rendszer- és irányításelmélet*, valamint a *számítástudomány* voltak. Az első, a környezetünk és saját magunk tudományos igényű megismerését és befolyásolását lehetővé tevő tudás folyamatosan bővülő gyűjteménye, míg a második ennek a tudásnak eszközökben, berendezésekben és az azokból alkotott rendszerekben történő hatékony felhasználását megalapozó ismeretek tárháza.

Az információtechnológia címszó keretében végzett szakmai tevékenységek – valamilyen formában – egytől-egyig megszerzendő és/vagy már meglévő ismerethez kötődnek. Az ismeretek/információ/tudás (1) *megszerzése*, (2) *továbbítása*, (3) *feldolgozása*, valamint mindezek hátterét képező *informatikai infrastruktúra* (4) *tervezés* és (5) *menedzsment* tudományos kérdések sokaságát vetik fel. A kérdésekre adott válaszok birtokában, azok hasznosulásaként, tudományos szempontból is új képességekkel rendelkező *integrált rendszerek*, *berendezések*, valamint *eljárások* és *módszertanok* hozhatók létre. Ezt a viszonyrendszert az 1. ábra illusztrálja.



1. ábra. Az információtechnológia címszó vonatkozásainak viszonyrendszere

Az alábbiakban az érintett szakterületeken született tudományos eredményeket a fentiekben vázolt viszonyrendszernek megfelelően mutatjuk be.

1.1. Az információtechnológia pillérei (1989-2019)

A **rendszer- és irányításelmélet** [1]¹ a valóság jelenségeinek megértése és esetleges előidézése érdekében objektumok és kölcsönhatásaik azonosítását, viselkedésük leírását lehetővé tevő módszerek gyűjteménye mind spontán/autonóm, mind kényszerített/irányított körülmények között. Mivel apparátusát a szakterület művelőinek mindegyike alkalmazza valamilyen formában, jogos rá pilléreként tekinteni. Ez az apparátus magyar kutatók révén is gazdagodott. Jelentős

¹ A hivatkozások az őket megelőző címszavakhoz rendelt hivatkozáslistára mutatnak.

visszhangot kiváltó eredmények születtek a folyamatidentifikáció és modellezés, az adaptív és optimális irányítások klasszikus területein, továbbá a speciális nemlineáris rendszer leírásokkal és reprezentációkkal, valamint az intelligens irányítórendszerek, a Youla paraméterezéssel és nemlineáris rendszerek irányításával kapcsolatban.

Ehhez pillérhez fontos hozzájárulás a **bioinspirált rendszerelmélet** [2] elnevezésű megközelítés, amely ismert és mérnöki szempontból preferált tulajdonságokkal (pl. robusztus stabilitás) rendelkező biológiai/biokémiai rendszerek működésének megfigyelésén és megértésén alapszik. Ezt követte a problémák folyamatmérnöki és fizikai alapokon történő mérnöki megközelítése a 2000-es évek elején. A világon elsőként dolgoztak ki optimalizáláson alapuló realizációs eljárásokat adott dinamikához tartozó, előnyös dinamikai tulajdonságokat garantáló irányított gráf struktúrák meghatározására. Ezeket az eredményeket később az ún. feedback ekvivalencia problémaosztályának keretében bioinspirált szabályozótervezésre is alkalmazták, amelynek célja, hogy egy általános (nem biológiai eredetű) nemlineáris rendszermodell a megfelelő szabályozóval ellátva a biológiából már ismert kedvező tulajdonságokkal rendelkezzen. A stabilitási és szabályozótervezési eredményeket az utóbbi években sikerült kiterjeszteni időkéleltetéseket is tartalmazó modellekre.

A **számítástudomány** – az információtechnológia másik pilléréként – számítások és számítási modellek kiértékelését, valamint az információ reprezentálását segítő, matematikai megalapozottságú eszközök és módszerek, valamint struktúrák és algoritmusok gyűjteménye. Számítástechnikai eszközöket alkalmazva háttér és megvalósítási keretet ad az információtechnológia minden tevékenységéhez. Ezt az apparátust a Műszaki Tudományok Osztálya által lefedett szakterületek művelői közül is sokan gazdagították. Jelentősebb eredményeikről a konkrét tevékenységek kapcsán teszünk említést.

1.2. Az információtechnológiához köthető főbb tevékenységek (1989-2019)

A jelentős kutatási igényű és új kutatási eredményekkel kecsegtető tevékenységek többségükben szoros kölcsönhatással és kölcsönös összefüggéssel jellemezhetők. Mégis célszerű ezeket fókuszpontjaik szerint némileg rendszerezni. Mindegyik esetében vezérelv, hogy problémák tudományos igényrel megfogalmazott legjobb megoldását keressük. Az ilyen megoldást eredményező eljárások sok közös vonással rendelkeznek, azonban ezek bevetése során rendszeresen szembesülünk az adott alkalmazási környezet probléma-felvetéseinek sajátosságaival, és ennek következményeivel. Az alábbiak számos példát mutatnak erre.

1.2.1. Megismerés és ismeretszerzés

A megismerés alapja a megfigyelés, aminek számszerű eredményeket adó változatát többnyire mérésnek nevezzük. A mérés lebonyolításához szükséges tudományos háttér a **méréselemélet** [3], amely a megfigyelendő jelenségek modellezéséhez, az ismeret megszerzéséhez elengedhetetlen kölcsönhatás létrehozásához, az ehhez szükséges eszközök megalkotásához, valamint a kölcsönhatást megvalósító érzékelők (szenzorok) primer adatainak feldolgozásához ad elméleti megalapozást. A nagy pontosságú mérések iránti igény szükségessé teszi az elméleti háttér folyamatos bővítését. Magyar kutatók figyelemreméltó mértékben hozzájárultak az ismeretszerzés során elkerülhetetlen kvantálás statisztikai elméletéhez. Szenzorok, mérőrendszerek lineáris és nemlineáris torzításának digitális kompenzálására inverz algoritmusokat alkottak rosszul kondicionált feladatok esetére. Multidomén szenzorfüzións módszereket dolgoztak ki, melyek közül az orvosi képalkotó diagnosztikai fejlesztési eredményeiket Innovációs Nagydíjjal ismerték el.

1.2.2. Információ továbbítás

Az elmúlt harminc évben a már rendelkezésre álló, ill. az újonnan megszerzett információ hatékony továbbításának eszköztára, a távközlés elképesztő mértékű tudományos és technológiai fejlődésen esett át. Az 1989-ben elkészült **"A távközlés tudományos helyzetképe '88"** [4] megfogalmazott nyolc fejlődési irány között az első helyen már az alábbi állt: "A hálózatok intenzív digitalizálása,

ami lehetővé teszi a különböző információfajták közös jelfolyamban való megbízható, gazdaságos átvitelét, valamint intelligens forgalomirányítási és vezérlési eljárások alkalmazását, ezzel egy flexibilis, a forgalmi és technológiai előrejelzések bizonytalanságaira nézve robusztus hálózat kialakíthatóságát."

Az azóta eltelt harminc év a távközlés intenzív fejlődését, teljes digitális átalakulását, az informatikával, majd a médiatechnológiával való integrációját eredményezte, a távközlés infokommunikációvá szélesedett és a jelenleg legmarkánsabb húzóerőt képező információs és kommunikációs technológia (ICT) szerves része. Számos interdiszciplináris tudományterület is létrejött, pl. kognitív infokommunikáció, az ICT mind több más terület integráns részévé válik, pl. intelligens közlekedés. A tárgyak, eszközök internetbe való bekapcsolásával a hálózatosodás teljessé válik, az adatalapúság, a mesterséges intelligencia válik a legerősebb hajtóerővé.

Már a kilencvenes évekre, a hazai műszaki informatikai kutatások kezdetén kiemelkedő kutatási eredmények születtek a **számítógép hálózatok** területén. 1989-ben megkezdte működését a nemzetközi szabványokra épülő (CCITT X25/X75) csomagkapcsolt adathálózat, amely hazai fejlesztésre épült és ezért a szigorúan embargós környezet ellenére bekapcsolásra került a nyilvános nemzetközi távközlő hálózatba. A kezdetben 80 végpontos hálózatba kapcsolt intézmények (kutató intézetek, egyetemek, könyvtárak) számára kinyílt a világ. Ezt segítette az első magyar nyelvű e-mail rendszer, az ELLA is. Talán még ennél is nagyobb jelentőségű eredmény volt az Internet világhálózathoz való csatlakozás kialakítása és az Internet kultúra alapjainak létrehozása. Megszületett az IP alapú gerinchálózat a HBONE, amely csatlakozott az Egyesült Államokban működő NSF gerinchálózatra és így részei lettünk az Internet világhálózatnak. 1990 és 1995 között ez volt az egyetlen Internet hálózat Magyarországon. 1995-től a know-how-t átvette a MATÁV, ezzel elindult az internet szolgáltatás a profit szféra számára. A régióban elsőként, a hazai HBONE non profit internet hálózat csatlakozott az európai kutató hálózathoz a TEN 34-hez. A World Wide Web projekt pedig elindította ennek a meghatározó technológiának a hazai megismertetését.

A **celluláris mobil hálózatok** [5] robbanásszerű elterjedésével egy időben több nagy multinacionális távközlési vállalat is Budapestre telepítette kutatóközpontját, melyek a felsőoktatási intézményekkel szoros együttműködésben végezték tevékenységüket. Sikerült létrehozni vezető iparági szereplők konszenzusán alapuló energia felhasználási modellt, amellyel a mobil hozzáférési hálózatok fogyasztását, illetve annak forgalomfüggését valósághűen tudta modellezni. Ugyancsak a világon elsőként hazánkban született meg az a nyilvánosan is elérhető adatbázis, amely követheti a városi élet dinamikáját, valamint leírja a városrészek funkcióját az infokommunikációs aktivitások alapján. A mobil kommunikációs rendszerek területén a szinkronizáció kérdéseivel, a többszörös hozzáférésű szórt spektrumú rendszerek elméleti és gyakorlati analízisével és a frekvenciaugratásos csomagkommunikációs rendszerek teljesítményanalízisével kapcsolatban is eredményes kutatási tevékenység zajlott. Új eredmények születtek a rádiós interferenciák hatásainak a vizsgálatában, a neurális hálózatok mobil kommunikációs rendszerekben való alkalmazása területén és több más kapcsolódó területen is. Az eredmények jelentősen hozzájárultak a mobil infokommunikációs technológiák és szolgáltatások mind a négy generációja bevezetésének előkészítéséhez.

A kilencvenes évek elején - közepén a szakmai közvélemény figyelme az **optikai távközlésnek** [6] a mobil hálózatokban való felhasználása felé fordult. Jelentős nemzetközi sikereket hoztak a műholdas hírközlő rendszerekben alkalmazott mikrohullámú antennák optikai vezérlésére, a kiszajú milliméteres hullámú jelek optikai előállítására, valamint a kombinált optikai-mikrohullámú összeköttetések számára kidolgozott megoldások. A hazai kutatócsoport elősegítette, hogy ma már az optikai vonalakat széleskörűen használják a mobil hálózatokban. A legújabb eredmény, a kettős ortogonális optikai polarizáció alkalmazása pedig új átviteli csatorna létesítését teszi lehetővé a meglévő optikai összeköttetés üzemének zavarása nélkül.

A kommunikációs rendszerek világában a **biztonság és a privacy** [7] kérdése ma már megkerülhetetlen. Az e területen hazánkban működő világszínvonalú kutatócsoport fedezte fel és

elemezte először a Duqu kártevőt, amelyet a támadók egy kifinomult célzott kibertámadás során használtak, többek között magyar célpont ellen is. Az elemzés bebizonyította, hogy a Duqu ugyanaz a támadócsoporthoz tartozik, amely a hírhedt Stuxnetért is felelős. A Duqu felfedezése után számos biztonsági cég tárt fel hasonló támadási kampányokat, melyeket több nemzet állami szervei és más nemzetközi intézmények ellen indítottak. A kutatócsoportnak a gépjárművek közötti kommunikáció biztonságát és privacy kérdéseit érintő kutatási eredményei felhasználásra kerültek az IEEE 1609.2 szabványban és ezáltal jelentős hatással vannak a mai kooperatív intelligens közlekedési rendszerek biztonságára.

Az utóbbi két évtizedben rohamos fejlődésnek indult **kvantumszámítástechnika és kvantumkommunikáció** [8] egész biztosan meghatározó irány lesz az előttünk álló időszakban. Hazánkban számos helyen folynak eredményes kutatások, többek között a kvantumösszefonódás alkalmazására hálózatok építésében, vagy a kvantum csatornák átviteli kapacitásának meghatározásában. Az elméleti eredményeket már gyakorlati, kísérleti megvalósítások is követték; kifejlesztésre és megépítésre került az első hazai optikai szál kvantum titkosító rendszer.

Értékes hazai kutatói hozzájárulás a **nem-koherens kaotikus vivőkön alapuló hullámforma kommunikáció** [9] bevezetése is.

1.2.3. Információ feldolgozás

Az információtechnológia témaköréhez kapcsolódó legszélesebb tevékenységi terület a már meglévő és az újonnan megszerzett információk feldolgozása és hasznosítása. A feldolgozás közvetlen célja is sokrétű: sok esetben a feldolgozás eredményének ismeretében befolyásoljuk a környezetünket, ill. az abban fellelhető objektumokat, azaz célunk irányítás vagy szabályozás. De lehet, hogy a feldolgozás alapvetően a jobb megismerést célozza, és ezáltal a valóság leírására, a későbbiekben az adott jelenség reprezentálására alkalmas modellek megalkotásához járul hozzá. A feldolgozás szolgálhat mérési, ill. diagnosztikai célokat, így az eredménye döntések meghozatalát segíti. Az alábbiak a hazai kutatás jelentősebb területeit mutatják be.

Az utóbbi években a tudományos érdeklődés előterébe kerültek a **közúti járművek** [10] különböző szintű vezető támogató és autonóm komponenseinek és funkcióinak megoldását biztosító irányítási módszerekkel kapcsolatos kutatások.

Ehhez a témához kötődnek az **autonóm működésű légi járművekre és drónokra, a földi mobil robotokra** [11], továbbá azok komplex feladatainak együttműködésen alapuló megoldására irányuló kutatások is. A felhasznált irányítási módszerek közül hangsúlyozandók a robusztus és rekonfiguráló lineáris változó paraméterű (LPV) irányítási módszerek, és a modell prediktív (MPC) irányítások, melyek esetében a gépi tanulás módszereit is gyakran kombinálják a hagyományos modell alapú irányítási módszerekkel. Rendszer és irányításelméleti alapokon a **gépi tanulásra** és hatékony számítási és optimalizálási módszerekre épülő korszerű irányítások is kidolgozásra kerültek, továbbá a klasszikus irányításelméletre és a mesterséges intelligenciára épülő módszerek összehangolására irányuló megoldások is születtek. A járműirányítás hatékony megoldásaiban a környezetérzékelés és szituáció értékelés több redundáns információt biztosító érzékelő szimultán alkalmazásával és szenzorfüziós módszerekkel volt eredményes.

A **kapcsolt és automatizált járművek** [12] tématerületén a hatékony, biztonságos, üzemanyag-takarékos **optimális irányítási módszerek tervezése és elemzése** lényeges feladat. Példaként említhetők a kikerülés, előzés, kereszteződésben való hatékony áthaladás, közlekedési jelzőlámpa ciklusok kihasználása, közlekedési hálózatok tervezése. A kooperatív forgalomirányítás módszereinek vizsgálatát a hatékony és biztonságos személy és áruszállítás követelménye indokolja. Légi járművek esetében a nagy komplexitású aero-szervo-elasztikus feladatok jelentik a legnagyobb kihívást, ahol nagyon nagy komplexitású rendszerek szisztematikus modellezése és irányítása a cél, eljutva az elméleti eredményektől egészen a repülési tesztekig, valamint ezen új technológiák

beépítése a repülőgépek tervezési folyamatába, amivel akár 5-7% üzemanyag megtakarítás is elérhető.

Az információ feldolgozás apparátusának speciális osztályát alkotják az ún. **mesterséges intelligencia módszerek**, amelyek tanulási képességük folytán – jelentős számításgépi igény mellett – komplex problémák megoldására alkalmasak. A mesterséges intelligencia területén áttörést hozott a mély neuronhálók alkalmazása, mely számos határterületen hozott gyökeres módszertani változásokat. Fontos **képfeldolgozási alkalmazásokban** [13] (pl. biológiai képelemzésben) vált lehetségessé bonyolult leképezések tanulása és magyarázatok készítése. Azonban hiányoznak a bizonyítható teljesítményű hálók, azok speciális inputokkal könnyen megtéveszthetők, illetve minden feladathoz külön hálózat kell. Hazai kutatók strukturált ritka reprezentációs hálókkal kínálnak megoldást erre a problémára. Állításokat fogalmaztak meg a globális optimum elérésének és a megtévesztéssel szembeni robusztus viselkedésnek a feltételeire, egyszerre oldanak meg szuperrezolúciós, zajszűrési és kép-kiegészítési feladatokat, és a módszerek kiterjeszthetők az időtengelyre is (pl. video elemzés).

A mély tanulás a **beszéd és szöveg számítógépes feldolgozása és felismerése** [14] területén is áttörést hozott, a gépi beszédfelismerő rendszerek képesek a valós életben is elfogadható pontossággal működni, a beszédszintetizátorok pedig a valódival szinte egyező beszédet előállítanak. Hazai kutatók főleg a konvolúciós neuronhálók beszédfelismerésben való alkalmazásának kutatásában, valamint a mély tanuláson alapuló beszéd-szintézis és beszédkonverzió kutatása terén értek el fontos eredményeket.

Új, interdiszciplináris kutatási terület az **etorobotika** [15], amely viselkedéskutatók (etológusok), mérnökök és informatikusok szoros együttműködését igényli. A kutatás alapkoncepciója: a szociális robotokat egy új mesterséges fajnak tekintjük, amelyek a kutyákhoz hasonlóan képesek szociálisan beilleszkedni a család életébe. Az etológusok a kutya és ember interakcióját vizsgálva etológiai modellt állítanak fel. Ezt a verbális modellt informatikusok átfogalmazzák a matematika nyelvére (fuzzy interpolációs technikákat alkalmazva), és így a viselkedés minták beépülnek a robotokba. A kifejlesztett robotok képesek érzelmeket kifejezni absztrakt képek segítségével, „robot-testbeszéddel”, továbbá mesterségesen generált, de biológiai hangtani paramétereken alapuló hangokkal.

Hazai bioinformatikai kutatások keretében, a precíziós **genomikai mérés-technika** [16] területén olyan eljárások születtek, amelyek értelmezése mesterséges intelligencia módszerekkel történik.

Élettani folyamatok mérésének, szervei és molekuláris szintű modellezésének, szimulációjának és szabályozásának [17] területén is jelentős eredmények születtek. Ezek közül kiemelendő bizonyos betegségek korai előrejelzése, a pulzus- és vérnyomásmérés precíziós továbbfejlesztése, a vércukor-dinamika valamint az érrendszer működésének modellezése. A nemlineáris rendszerelméleten alapuló, egészségügyi szempontból nagy fontosságú alkalmazások közül kiemelkednek a tumor-növekedés modellezésével és a terápia visszacsatolásos szabályozással történő tervezésével kapcsolatos, laborkísérletekkel is alátámasztott eredmények.

A méréselméleti háttérű **modellalapú jelfeldolgozás** [18] koncepcióján alapuló kiszámítási struktúrák – stabilitási tulajdonságaik és rekurzív jellegükből adódóan – hatékony eszközök valós idejű információfeldolgozás megvalósítására. A módszereket többek között repülőgépek propeller zajának ellenzajjal való csökkentésére, vasúti járművek diagnosztikájára, valamint zenei jelfeldolgozásra alkalmazták.

Ugyancsak méréselméleti háttérű a **nemlineáris rendszerek lineáris approximációjának átfogó elmélete** [19], amely több évtizedes nemzetközi kooperáció eredményeként jött létre, és amely hatékony eszközöket ad rendszeridentifikációs problémák megoldására.

Nagy jelentőségű az **numerikus inverz Laplace transzformációs eljárás** [20], amely két alapvető problémát old meg egyszerre, a Gibbs oszcillációt és a numerikus stabilitást, és amely a

villamosmérnöki és informatikai tudományok egyéb területein is alapvető fontosságú Laplace transzformációval kapcsolatban átütő eredmény.

Említésre méltók azok a többszörös hozzáférésű, vezeték nélküli csatornákra kidolgozott **új kódolási algoritmusok** is, amelyek lényegesen javítják a csatorna kihasználtságát, és a NATO ASI számára is relevánsnak bizonyultak.

1.2.4. Informatikai infrastruktúra tervezés

Magyar kutatók számos új módszert, architektúrát, optimalizáló módszert és algoritmust dolgoztak ki **hozzáférési-hálózatok és gerinchálózatok tervezéséhez**. A kutatók és a legnagyobb hazai távközlési szolgáltató közötti szoros együttműködésének eredménye egy olyan egyedi hálózattervező algoritmus család, melynek segítségével lehetővé vált a többrétegű hálózatok forgalom elvezetésének optimalizálása, a forgalom-kötegelés, a hálózat forgalmának védelme meghibásodások esetén és a fizikai hatások figyelembevétele útvonal-választásnál. Munkájuknak köszönhető az optikai hozzáférési hálózatok optimális kialakítása és az országos szélessáv megvalósításának költségbecslése; a “szelessav.net” hozzáférési hálózatok sebességtesztelő rendszerének megvalósítása; a hozzáférési hálózatok kialakítása a mobilhálózatok új generációinak kiszolgálására; az országos optikai gerinchálózat fejlesztése a növekvő internet forgalom és 5G hálózatok kiszolgálására.

A kétezres évek elején a **sztochasztikus modellezésen alapuló hálózattervezés és teljesítményvizsgálat** rendkívül népszerű megközelítéssé vált. Hazánkban több kutatóhely is számottevő kompetenciát épített ki sorbanálláselmélet és forgalmi modellezés területén. A magyar kutatócsoportok nemzetközi szinten is jegyzett eredményeket értek el a mátrix-analitikus és fraktális forgalmi modellezés, strukturált Markov láncok vizsgálata, sorbanállási hálózatok analízise és véges forrásos sorbanállási rendszerek területén. Ezek a matematikai eszközök a távközlési cégekkel kötött együttműködési megállapodások keretében a gyakorlatban is bevetésre kerültek; több kereskedelmi hálózatméretező és -analízis eszközben is magyar algoritmusok dolgoznak.

A **biztonságkritikus rendszerek integrált tervezése és ellenőrzése** [21] területén is jelentős eredmények születtek. Biztonságkritikusnak nevezzük azokat a rendszereket, amik esetén egy-egy hibának súlyos baleset vagy anyagi kár lehet a következménye (pl. autó- és repülőgépipar). Épp ezért a vonatkozó szabványok részletes tervezési és ellenőrzési folyamatokat írnak elő, amik rendkívül idő- és erőforrás igényesek. A témán dolgozó kutatók olyan újszerű módszereket javasoltak és olyan innovatív tervezőeszközöket fejlesztettek ki az elmúlt 20 évben, amik automatikus modelltranszformációk és modellellenőrzések segítségével támogatják a tervezési folyamatban résztvevő mérnökök munkáját, és ezzel biztonságosabb, gyorsabb rendszerfejlesztést tesznek lehetővé. A kidolgozott nyílt forráskódú modell-transzformációs keretrendszert és egy további keretrendszert az autópálya és a repülőgépipar számos tervezőeszközebe integrálták.

1.2.5. Informatikai infrastruktúra menedzsment

Az internet világméretű elterjedésével egyre fontosabb kérdéssé vált az **Internet megbízható működtetése**, és a megjelenő új technológiákban rejlő lehetőségek feltérképezése. A témában tevékenykedő kutatócsoport intenzíven kutatja a teljesen automatikus hiba-felderítő és javító mechanizmusokat. Olyan gerinchálózati megoldások kidolgozása a cél, amelyek a jelenleginél rugalmasabb és magasabb szintű szolgáltatásokat tudnak nyújtani. Sikeres megközelítésnek bizonyult a hálózati topológia kiegészítése virtuális elemekkel annak érdekében, hogy a hálózat az eszközhibákra ellenállóbb legyen. A katasztrófák által okozott hálózati hibák okozta szolgáltatás-kiesések valószínűségének kiszámítását kombinatorikus problémává sikerült transzformálni, amely így már kezelhető a hálózatmenedzsment hagyományos eszközeivel is.

A **felhő rendszerek** [22] lehetővé teszik komplex szoftver rendszerek igény szerinti kiépítését és használatát. Ugyanakkor ez mély felhőismeretet kíván, ami a felhasználók többségének leküzdhetetlen akadály. Magyar kutatók kidolgoztak egy olyan orkesztrációs eszközt, ami

túlmutatva a szokásos egy-felhős megoldásokon lehetővé teszi sok, ráadásul különböző típusú felhő egyidejű használatát. Erre alapozva és annak tulajdonságait kiterjesztve született meg egy EU-s projekt keretében egy olyan magas szintű felhő keretrendszer, ami segíti meglévő alkalmazások gyors adaptálását felhő környezetbe ráadásul igény szerint skálázható módon. A felhő rendszerek magas szintű programozására kidolgoztak két workflow alapú programozási környezetet is. Az egyik keretrendszer párhuzamos programok fejlesztését, míg a másik az adatfeldolgozási alkalmazások fejlesztését támogatja.

1.3. Termékek: integrált rendszerek, berendezések, eljárások, módszertanok

Ebben az alfejezetben olyan kutatási eredményeket mutatunk be, amelyek tartalmi vonatkozásait leginkább valamilyen alkalmazási terület vagy környezet sajátosságai határozzák meg, ill. amelyek olyan mértékben kiforrottak, hogy – részben vagy egészben – érett műszaki alkotásoknak tekinthetők.

Elsőként a **neuromorf számítási paradigmán** [23] alapuló CNN Univerzális Számítógépet (CNN-UM) említjük, amely magyar-amerikai együttműködés eredménye. A megszületésekor világujdonságnak számító, a korabeli digitális számítógépek számítási kapacitását két-három nagyságrenddel meghaladó analogikai számítógépek bevezetése olyan nagy nemzetközi visszhangot keltett, hogy több mint harminc egyetemi és akadémiai kutatócsoport kezdett a témán dolgozni világszerte, valamint a nagy amerikai kutatás finanszírozó szervezetek kezdték a téma kutatását támogatni. Architektúráis és működési hasonlóságai miatt a CNN-UM egyik előhírnöké volt a ma oly népszerű konvolúciós hálózatoknak (CNN). A kutatás során kidolgoztak egy több csatornás sokrétegű retina modellt, a máig világcsúcs tartó, másodpercenként sok tízezer képet felvevő és valós időben kiértékelő Bi-i vizuális számítógépet, illetve a CNN-UM programozásához szükséges szoftver és hardver eszközöket.

Az informatika módszereinek és eszközeinek energetikai rendszerekben történő alkalmazása, az ún. **okos energetikai rendszerek** [24] kifejlesztése lehetővé teszi, hogy az energiaforrásokat a készletekkel rugalmasan és takarékosan gazdálkodva használhassuk fel. A kutatók időben először a Paksi Atomerőmű üzemeltetése során felmerülő, tudományosan is kihívást jelentő problémák informatikai megoldásait, a reaktor védelmi logikai rendszerének on-line tesztelését és a primer-szekunderkörüi átfolyás védelmi eljárásának verifikációját végezték el. Az erőmű irányítástechnikai rekonstrukciós projektje keretében a primerkörüi dinamika egyszerűsített fizikai alapú modelljének segítségével a primerkörüi nyomás szabályozásának új módszerét dolgozták ki, amellyel a működő blokkokon 2% hasznos teljesítmény növelést sikerült elérni. A megújuló energiaforrások növekvő felhasználása és a villamos energetikai hálózatokba történő integrálása, a termelés és fogyasztás ütemezés, beleértve az intelligens utcai világítást, valamint a megújuló energiaforrások viselkedése intelligens előrejelzésének és karbantartásának kérdései egyaránt eredményes kutatások tárgyai lettek. Egy másik kutatócsoport intelligens módszerek alkalmazásával eredményesen kompenzálta a villamos hálózat minőségét negatívan befolyásoló hatásokat.

A **gépipari automatizálás** és **termelésinformatika** [25] terén a hazai kutatásokban hagyományosan kiemelkedő szerepet betöltő kutatók az adott időszak vezető iparvállalataival együttműködve értek el jelentős eredményeket. Nemzetközi visszhangot váltottak ki olyan eredményeik, mint a GD grafikus display család, a Dialog CNC, vagy a hazai első számítógéppel integrált, robotizált gyártócella és –rendszer. Az ipari bevezetések magas szintű alapkutatási eredményekre támaszkodnak. Csak a legfontosabbakat kiemelve: számítógépes grafika, geometriai tervezés, mérnöki visszafejtés, készüléktervezés, mesterséges intelligencia és gépi tanulás gépipari alkalmazása, az intelligens gyártórendszerek, termelés-tervezés és -ütemezés, digitális vállalatok, kiber-fizikai gyártó- és logisztikai rendszerek, ellátási láncok és termelési hálózatok, ember-robot kooperáció.

Az utóbbi évtizedek az **űrkutatás, űrtávközlés** [26] területén is tevékenyen teltek. Az űrkutatáshoz és az űrtechnológia magas szintű mérnöki alkalmazásaihoz kapcsolódóan nagy számban készültek

olyan berendezések, műszerek, és tudományos kísérleteket lehetővé tevő készülékek, amelyek tudományos missziókban sikeresen teljesítettek. Ennek a munkának néhány kiemelkedő eredménye volt a Vega űrszonda fedélzeti adatgyűjtője és tápellátása, a Rosetta üstökös-kutató misszió Philae leszállóegységének energiaellátó rendszere, majd az első magyar CubeSat, a MaSat-1 megalkotása, amit a világ legelső üzemszerűen működő PocketQube műholdja, a SMOG-P követett 2019-ben.

A 90-es évektől kezdődően folyamatosan készültek, és készülnek még ma is olyan, főként magyar nyelvű beszédadatbázisok, amelyek a hazai **beszédakusztikai kutatások** [27] és fejlesztések alapjául szolgálnak. Ilyenek például a BÁBEL olvasott beszédadatbázis, Magyar telefonbeszéd adatbázis, Magyar referencia beszéd adatbázis, Magyar érzelem adatbázis, Magyar depressziós beszéd adatbázis. Az európai kutatási projektek keretében született meg a több nyelvre is átültetett beszédoktató és gyakorló rendszer. A beszéd felismerés terén folytatott kutatások eredményeként megszületett nagyszótárú beszéd felismerési technológiát ma már az iparban is széleskörűen használják. Nemzetközi kitekintésben a hazai kutatók elsők között valósították meg többnyelvű gépi szövegfelolvasást, hálózati és okostelefonos szolgáltatásokat és multimodális információs rendszereket. Az utóbbi években előtérbe kerültek a hangdiagnosztikai kutatások. Ezen a téren az Európai Űrkutatási Ügynökség megbízásából egy sok nyelvre érvényes automatikus pszichológiai állapotkövető, depresszió-detektáló rendszer született, mely a gyakorlatban is bizonyított.

Hazai kutatók **távolsági (műholdas, légi, távkamerás) képek kiértékelésével** [28] feltérképezték a legnagyobb magyarországi tavak környékén lévő vizes élőhelyeket, és kifejlesztették a kisebb, eldugott vizes élőhelyek automatikus monitorozását lehetővé tevő algoritmusokat is. Elkészítettek egy több mint 200 vizes élőhelyet tartalmazó adatbázist a három nagy magyarországi tó (Balaton, Tisza-tó és Fertő-tó) környékéről.

3D (tér) és 4D (térbeli mozgás) új generációs térinformatikai rendszereket [29] dolgoztak ki (GIS - Geographic Information System) amelyek nagyon részletes, 3D térképet tárolnak a városról, sűrű 3D pontfelhők, tájolt fényképek, valamint szemantikai metaadatok formájában. Kihívást jelentett a térfelmérések magas költsége, a nagy adatmennyiség gazdaságos kiértékelése, gyors lekérdezhetőség és az adatbázisok frissítése. Megoldották az azonnali autós érzékelés és a térinformatikai rendszerekben található információk együttes kiaknázásának támogatását olyan új algoritmikus eszköztárral létrehozásával, amellyel az önjáró autók döntésük előkészítéséhez valós időben juthatnak 4D információhoz.

Földközeli kamerák (például drónok) és földi telepítésű kamerarendszerek képeinek egyesített kiértékelésére kidolgozták **multispektrális észlelési módszerek matematikai eljárásait** [30]; a tárgykövető és pozicionáló modulokat, valamint a drónok földközeli, nagy felbontású felvételein változást felismerő és fúziós-szegmentálási eljárásokat, valamint a kapcsolódó geometriai kalibrációs eljárásokat.

Hazai kutatóhelyen in-line színes **Digitális Holografikus Mikroszkópot** (DHM) [31] dolgoztak ki, amely képes a hagyományos mikroszkóp keskeny – néhány mikron vastag – fókuszmélységet milliméteresre vagy akár centiméteresre emelni. Ezzel – átlátszó minta esetén – több száz vagy akár több ezerszeresre is nőhet a mintaméret, amely ritka minták (például ivóvíz) automatizált vizsgálatánál kap szerepet. Az eszközt több hazai vízmű is alkalmazta az ivóvízbiztonság növelése érdekében. Az eszköznek elkészítették a fluoreszcens változatát is, amely képes volt a vizsgált objektumokat fluoreszcens tulajdonságaik alapján is megkülönböztetni.

Magyar kutatók a népegészségi szempontból legjelentősebb daganatos és kardiovaszkuláris morbiditás és mortalitás növekvő rizikóját automatikusan jelezni képes **egészségügyi rizikóelemző módszereket** [32] dolgoztak ki a prevenció támogatására. A kardiovaszkuláris alaptudományi vizsgálatok nagyfelbontású sok elektródás non-invazív bioelektromos méréseken, numerikus test- és szívmodellezésen, a helytelen táplálkozással összefüggő esetekben a fő táplálék komponenseket, ezek felszívódási tulajdonságait és az eredményként kialakuló vércukorszint válaszokat vizsgáló modellezéseken és klinikai méréseken alapult. A kutatási eredményeket

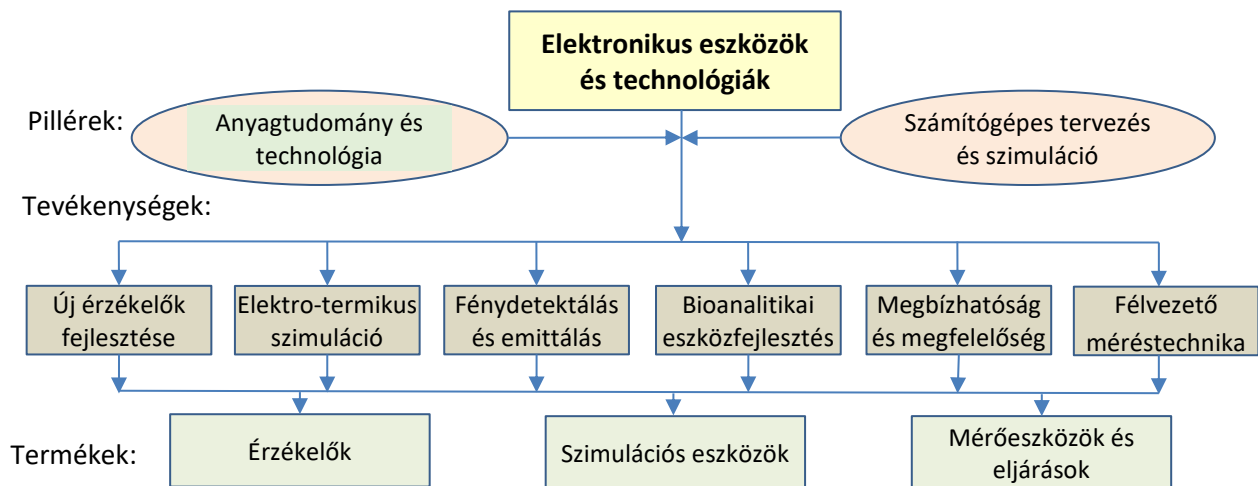
okostelefon alapú rendszerekbe ültették át. Piacra került egy orvos független stroke prevenció és hirtelen szívmegállás rizikóelemző eszköz is.

Az elmúlt 20 év egy jelentős kutatás/fejlesztési eredménye a teljesen non-invazív, besugárzásmentes, korlátozások nélküli, akár otthon is alkalmazható **fonógrafikus magzatvizsgálati módszer** [33]. Ez nemcsak a magzati szívritmus, magzati szívzöreje és egyéb rendellenességek felderítését foglalja magában, hanem a legújabb kutatások szerint a magzati légző-mozgások igen pontos vizsgálatát is lehetővé teszi, mégpedig egyetlen akusztikus érzékelővel.

2. Kiemelkedő eredmények az elektronikus eszközök és technológiák területén

Az **elektronikus eszközök és technológiák** szerteágazó szakterületének tudományos megalapozást adó pillérei az elmúlt harminc évben az anyagtudomány és technológia félvezetőkkel, valamint érzékelésre és beavatkozásra alkalmassá tehető fizikai/kémiai és biológiai objektumaival kapcsolatos ismeretei és kutatási eredményei, továbbá az ilyen eszközök vizsgálatát, tervezését és gyártását lehetővé tevő számítástechnikai eszközök és módszerek voltak.

Az elektronikus eszközök és technológiák címszó keretében végzett szakmai tevékenységek hangsúlyai (1) *új érzékelők fejlesztése*, (2) *elektro-termikus szimuláció*, (3) *fénydetektálás és emittálás*, (4) *bioanalitikai eszközfejlesztés*, (5) *megbízhatóság és megfelelés*, valamint (6) *félvezető mérés technika* tudományos kérdések sokaságát vetik fel. A kérdésekre adott válaszok birtokában, azok hasznosulásaként, tudományos szempontból is új képességekkel rendelkező *érezékelők*, *szimulációs eszközök*, valamint *mérőeszközök* és *eljárások* hozhatók létre. Ezt a viszonyrendszert az 2. ábra illusztrálja.



2. ábra. Az elektronikus eszközök és technológiák címszó vonatkozásainak viszonyrendszere

Az alábbiakban az érintett szakterületeken született tudományos eredményeket a fentiekben vázolt viszonyrendszernek megfelelően mutatjuk be.

2.1. Az elektronikus eszközök és technológiák pillérei (1989-2019)

A **anyagtudomány** elsődleges célja már ismert anyagok jellemzése, új anyagok létrehozása, valamint a kapcsolódó vizsgálati és mérési módszerek, elméletek kidolgozása. Szorosan kapcsolódik olyan tudományágakhoz, mint az atom- és molekulafizika, a nanotechnológia, a kristálytan, a termodinamika, illetve az anyagok építőköveinek kölcsönhatásait leíró kémia és biológia. Az **anyagtechnológia** a **mérnöki tudományok** anyagok létrehozását és megmunkálását tömegszerű termelés keretei között megvalósító ága, beleértve a hozzájuk tartozó mérési és ellenőrzési technológiákat is. A **számítógépes tervezés és szimuláció** az elektronikus eszközök és

technológiák területén a számítástudomány eszköztárát felhasználó, ezek modellezését, a belőlük létrehozott eszközök és berendezések működésének előzetes vizsgálatát, működésük szimulálását, tervezését, valamint a gyártott termékek ellenőrzését segítő eszközök és módszerek gyűjteménye.

2.2. Az elektronikus eszközökhöz és technológiákhoz köthető főbb tevékenységek (1989-2019)

2.2.1. Új érzékelők fejlesztése

Az utóbbi három évtized hazai **mikro- és nanotechnológiai** [34] kutatásai Si érzékelők fejlesztésére irányultak, és ezen belül a kutatók elsősorban a tömbi mikrogépészettel kialakítható mikroméretű szerkezetek speciális termikus, mechanikus, optikai tulajdonságainak kiaknázásával fejlesztettek és demonstráltak új érzékelő elveket. Kiemelt téma lett a Si kémiai strukturálása elsősorban a piezorezisztív és kapacitív nyomásmérők membrán-technológiájában. A technológiát sikerült úgy optimalizálni, hogy analitikai feladatok, oldószer összetétel azonosítás elvégzésére alkalmas nanoszerkezeteket is létre tudnak hozni.

A továbbfejlesztések elvezettek az integrált termokatalitikus érzékelés megvalósításához. Az ilyen, a minimális energiafogyasztásánál fogva inherensen robbanásbiztos szerkezetek alkalmazására az olajiparban és környezetvédelemben nagy az igény. Az utóbbi időben előtérbe került a mikro- és nanoérezékelők rendszerszintű integrálása az ipar és gyógyászat területén.

Az erőmérő szerkezetek két fő alkalmazási iránya az orvosi katéteres, laparoszko-pos fejlesztésekben és a gumiabroncsba építhető oldalirányú erőhatást mérő eszköz, ami az útfelület és az abroncs közötti tapadás aktuális monitorozásával a gépjármű-vezérlést támogató eddig nem mért információt szolgáltat.

A vegyületfélvezető kutatások elsősorban a folyadékfázisú epitaxiás fénydetektáló és fényemittáló szerkezetek növesztésében és alkalmazásában csúcsosodtak ki. A közeli infravörös tartományban számos innovatív eljárást szabadalmaztattak, aminek eredményeképp külföldi partnerekkel és hazai fejlesztésekben elsősorban élelmiszerbiztonsági, környezetvédelmi és vízminőség monitorozási területen fejlesztettek kiemelkedően innovatív módszereket, műszereket.

Hazai kutatók a **gáz- és nedvességérzékelés** [35] területén is értek el figyelemreméltó eredményeket.

2.2.2. Elektrotermikus szimuláció [36]

A mikroelektronikai számítógépes tervezés és egyes (mikro)elektronikai minősítő mérések során szerzett tapasztalatok, valamint az eszközök termikus viselkedésének vizsgálatai alapján született meg az elosztott paraméteres, végtelen RC hálózatok leírásának és modellezésének átfogó elmélete. Erre alapozva ún. (termikus) struktúra függvények hozhatók létre, amelyek ma a félvezető tokok minősítésének, modellezésének és hibaelemzésének világszerte ismert, széles körben használt eszközei, és ipari szabványokban is alkalmazzák őket.

A széleskörben ismert TRANZ-TRAN program továbbfejlesztéseként született meg a világon az első elektro-termikus szimulációs rendszer, amelyre alapozva kidolgozták az IC tokok dinamikus mérési, modellezési és szimulációs eljárásait is. Jelenleg a tranziens méréseken alapuló die attach réteg minősítési módszer a teljesítmény elektronikai alkatrészek teljesítmény-ciklálásos élettartamvizsgálati eljárásainak meghatározó része.

Az analóg IC-k elektro-termikus szimulációs módszertanának digitális IC-kre való kiterjesztése 1996-97-re datálódik. Ezt a szimulációs (logi-termikus szimuláció) elvet standard cellás IC-kre, valamint tetszőleges logikai absztrakciós szintű leírással adott IC-kre is alkalmazták.

Az elektro-termikus karakterizációt kiterjesztették teljesítmény LED-ek multi-domain mérésére és modellezésére. Folyamatban van LED-es lámpatestek modellezése, LED-es rendszerek megbízhatósági kérdéseinek vizsgálata, valamint okos LED-es lámpatestek kiberfizikai rendszer

alapú kialakítása. Mindezek mellett a napelem cellák és modulok mérése és multi-domain modellezése is kutatási program.

A elektro-termikus kutatási irányához szorosan csatlakozik egy új termikus elektromos félvezető eszköz/integrált áramkör (fonon tranzisztor, fonzisztor) vizsgálata, amely az elektromos és termikus információtovábbítás egyesített alkalmazásával működik, memrisztor tulajdonságokat mutat, valamint neuromorf jellegű vonásai vannak.

2.2.3. Fénydetektálás és emittálás [37]

Az elmúlt harminc évben hazánkban is sikeresen fejlődött az optoelektronika (fotonika) fényérzékeny anyagok technológiáját, kutatását és alkalmazását magába foglaló irányzata.

Magyar kutatók félvezetők, kalkogénid üvegek, amorf rétegek és nanostrukturák, szerves-szerveetlen nanokompozitok optikai memória, makro- és integrált mikrolemekben való alkalmazását alátámasztó kutatásokban értek el világszínvonalú eredményeket.

Magyar kutatók jelentősen hozzájárultak azon mérés-technikai és szintani problémák kezeléséhez, amelyek a LED-ek széleskörű világítástechnikai alkalmazása kapcsán merültek fel, és meghatározó szerepet kaptak a vatikáni Sixtus Kápolna LED alapú világítás korszerűsítésében. A kutatók feladata az egyedi tervezésű világítótestekben alkalmazott LED-ek kiválasztása, valamint helyszíni spektrofotometriai vizsgálatok alapján a freskók színhelyes megjelenítését biztosító, valamint károsodásukat elkerülő színekpi teljesítmény eloszlás meghatározása volt.

2.2.4. Bioanalitikai eszközfejlesztés [38]

A nagyfokú integráltsággal rendelkező, egy chiplemez vagy folyadékkazetta felületén kialakított, érzékelési funkcióval integrált komplex mikrofluidikai rendszerek lehetővé teszik pontosan szabályozott mikrokörnyezetek kialakítását, kémiai vagy biológiai reakciók megvalósítását, a folyamatok nyomonkövetését, sejt és szövetkultúrák in-vitro tenyésztését, gyógyszerhatóanyagok hatékony tesztelését.

A területen elért legfontosabb eredmények:

- Nanokompozitokon alapuló nagyérzékenységű optikai szenzorok integrálása kisméretű terepi diagnosztikai mérőrendszerekbe (ún. Point-of-Care eszközökbe).
- Töltött ágyas mikroreaktor chip technológiájának fejlesztése mágneses részecske, illetve nanoszál alapú hordozókkal folyamatos üzemű biotranszformációhoz.
- Mágneses részecske alapú mikroreaktor chip fejlesztése a pcPAL enzim kinetikai viselkedésének jobb megértéséhez, amely lehetővé tette a májban található P450 enzim metabolikus működésének vizsgálatát mágneses nanorészecske alapú Organ-on-a-Chip eszközben.
- Autonóm mikrofluidikai rendszerek fejlesztése, amelyek alkalmazhatóak mintaszállító, mintapreparációs de akár érzékelő funkció ellátására speciális markermolekula vagy sejtanalitikai PoC diagnosztikai eszközökben.
- Mikroméreteken lejátszódó folyadékdinamikai jelenségek modellezése és vizsgálata, valamint ezek alkalmazása mintapreparációs (keverés, szeparáció, filtrálás) célokra Lab-on-a-Chip eszközökben.
- Hullámvezető és Kretschmann elrendezésű fázisérzékeny polarizációs optikai eljárások fejlesztése és alkalmazása biológiai szenzor-elvek és szilárd-folyadék határfelületi jelenségek tanulmányozására.
- Testszövetbe implantálható mikrorendszerek kialakítása és vizsgálata.

2.2.5. Megbízhatóság és megfelelés

Környezetvédelmi megfelelés az elektronikai technológiákban [39]

Az ezredfordulót követően a környezetvédelmi megfelelés érdekében az alkalmazott anyagokra (pl. ólommentes forrasztóanyagok) és eljárásokra vonatkozó tapasztalati szokásokat gyors ütemben

kellett felváltani korszerű tudományos módszerekkel megalapozott, szimuláción és anyagvizsgálatokon alapuló, átfogó ismeretanyaggal. Magyar kutatók kiemelkedő eredménye az ólommentes tömegforrasztásnál iparilag használt kényszerkonvekciós típusú kemence numerikus szimulációs modellje, amely elengedhetetlen a berendezés szisztematikus áramlástanai analíziséhez. Az eredmények alapján a tervezéshez alkatrész elrendezési szabályrendszert javasoltak az ipar számára.

Újabb irányvonal az egy speciális technológiai segédanyag kicsapódásakor keletkező kondenzációs hőátadáson alapuló ún. gőzfázisú forrasztási technológia alkalmazása, amelynek összetett modellje dinamikusan képes számítani a gőztér hőmérséklet- és koncentráció-eloszlását, a forrasztandó hordozó felszínén a kondenzációs filmréteg kiépülését és a réteg hőátadási képességét. A modell segítségével olyan, eddig ismeretlen technológiai sajátosságokat fedeztünk fel, amelyek ismeretében a forrasztott kötések minősége és megbízhatósága jelentős mértékben növelhető.

A környezetvédelmi célzatú kutatások jelenlegi másik fókuszában a biológiailag lebontható elektronikai anyagok állnak, amit az elektronikai hulladék mennyiségének rohamos növekedése sürget. Új eredmények születtek a környezetbarát cellulóz-acetát (CA), politejsav (PLA) és speciális bioepoxi műanyag szigetelő hordozókkal, amiken a klasszikus nyomtatott áramkörti gyártástechnológiával készültek felületi szerelésre alkalmas modulok.

Minőség és megbízhatóság elektronikai modulokban [40]

Mivel az új forrasztanyagok alkalmazása megnövelte mind a gyártás során előálló, mind pedig a működés közbeni meghibásodások valószínűségét, elengedhetlenné vált az ezeket előidéző jelenségek (pl. az elektrokémiai korrózió-migráció és az ón tűkristályok, ún. „whiskerek” képződése, megértése és leírása. Az ón tűkristályok olyan szálszerű felületi elváltozások, amelyek a magas ón tartalmú forrasztott kötésekben spontán növekednek, hosszuk elérheti akár a mm-es tartományt is. Az elektrokémiai migráció során pedig ún. dendrit-növekedés következik be vezetők között nedvesség jelenléte – pl. párakicsapódás – esetén. Mind a két hibajelenség komoly rövidzár veszélyt jelent a mai áramkörökben; a mechanizmusok megismerésének, így megelőzésük lehetőségének jelentőségét az ipari igények is alátámasztják.

2.2.6. Félvezető mérés technika

Ionsugaras analitikai és ellipszometriai mérés technikák [41]

Az ionimplantált félvezetők szerkezetvizsgálati módszereinek fejlesztéséből kinövő ionsugaras analitikai és ellipszometriai mérés technikák több mint harminc éve a tudományterület élvonalába tartoznak. A magyar kutatók által szabadalmaztatott, feltalálói nivåódíjjal jutalmazott, világviszonylatban máig is egyedinek számító térképező ellipszométer alkalmas akár négyzetméternyi felületen is nanométer alatti pontossággal, néhány másodperc alatt, ezernyi pontban megmérni a rétegvastagságot.

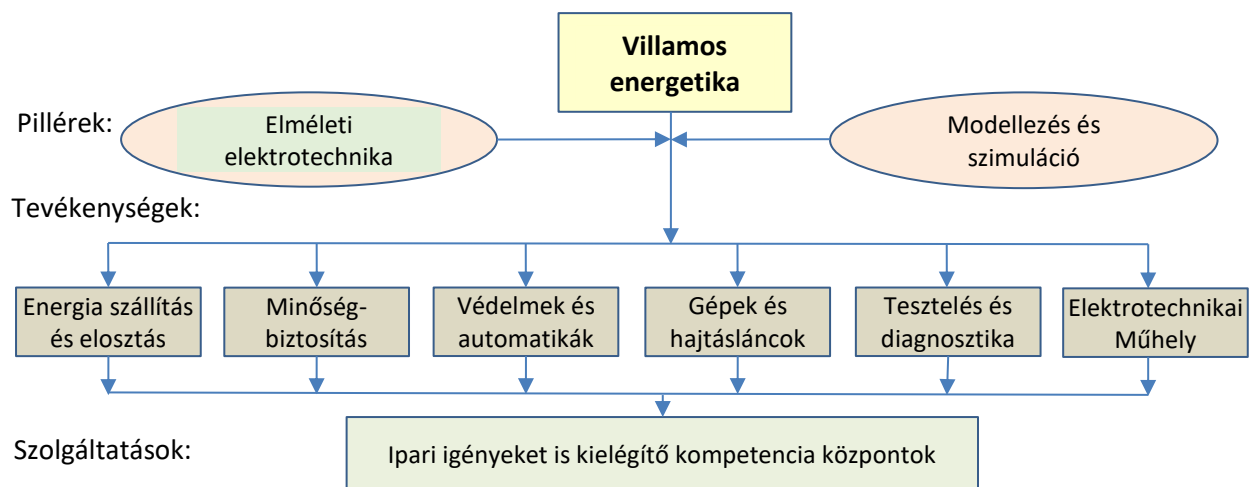
Termikus tesztelés és kapcsolódó mérések [42]

A korábbi kutatási eredmények felhasználásán alapuló termikus teszter készülékkel tokozott félvezető lapkák felületén 1 μ s időbeli és kb. 0,01 °C hőmérsékleti felbontással mért, egységugrás jellegű disszipációra adott hőmérséklet válaszok mérhetőek. A tranziens mérés révén egy ilyen hővezetési út rész-hőkapacitásai és rész-hőellenállásai megállapíthatóak. Ezek alapján számos speciális alkalmazás válik lehetővé: szimulációs modellek kalibrálása/validálása, termikus anyagparaméterek megállapítása (pl. termikus határfelületi anyagok hővezetőképessége), a félvezető lapkát a tokban rögzítő réteg minőségellenőrzése, félvezető tokok szabványos termikus metrikáinak megállapítása. Alkalmas termikus és egyéb kiegészítő berendezésekkel további alkalmazások válnak lehetővé: teljesítmény LED-ek kombinált termikus és radiometriai/fotometriai mérése, automatizált hővezetőképesség mérés, élettartam vizsgálat.

3. Kiemelkedő eredmények a villamos energetika területén

A **villamos energetika** szerteágazó szakterületének tudományos megalapozást adó pillérei az elmúlt harminc évben az elméleti elektrotechnika hagyományos és új irányzatai, valamint a villamos energetika eszközeinek és rendszereinek modellezését és szimulációját lehetővé tevő számítástechnikai eszközök és módszerek voltak.

A villamos energetika címszó keretében végzett szakmai tevékenységek hangsúlyai (1) *energia szállítás és elosztás*, (2) *minőségbiztosítás*, (3) *védelmek és automatikák*, (4) *gépek és hajtásláncok*, (5) *tesztelés és diagnosztika*, valamint (6) *kooperáció az Elektrotechnikai Műhely keretében* tudományos kérdések sokaságát vetik fel. A kérdésekre adott válaszok birtokában, azok hasznosulásaként, tudományos szempontból is új képességekkel rendelkező *ipari igényeket is kielégítő kompetencia központok* jöttek létre. Ezt a viszonyrendszert a 3. ábra illusztrálja.



3. ábra. A villamos energetika címszó vonatkozásainak viszonyrendszere

Az alábbiakban az érintett szakterületeken született tudományos eredményeket a fentiekben vázolt viszonyrendszernek megfelelően mutatjuk be.

3.1. A villamos energetika pillérei (1989-2019)

Az **elméleti elektrotechnika** a villamos energia előállítását, továbbítását és felhasználását megalapozó tudomány. A kapcsolódó infrastrukturális elemek az erőművek, az energia szállító és elosztó hálózatok, energia átalakítók, transzformátorok, erősáramú kábelek és fogyasztók. A **számítógépes modellezés és szimuláció** a villamos energetika területén a számítástudomány eszköztárát felhasználó, a villamos energetikai rendszerek és berendezések modellezését, működésének előzetes vizsgálatát, működésük szimulálását, tervezését, valamint üzemeltetését segítő eszközök és módszerek gyűjteménye.

3.2. A villamos energetikához köthető főbb tevékenységek (1989-2019)

3.2.1. Energia szállítás és elosztás

Számos kiemelkedő műszaki alkotás kötődik ehhez a tevékenységi körhöz, melyek jelentős része valamilyen formában az informatikai rendszerek széleskörű alkalmazása következtében jött létre. Az információtechnológia eszköztárára alapozva ez a tevékenységi kör alapvetően megújult.

Hazai kutatók – többek között -- a **vezeték nélküli energiaátvitel** [43] terén értek el kiemelkedő eredményeket. A villamos energia nagy távolságokra is jó hatásfokú vezeték nélküli továbbítását a közlekedés (elektromos járművek töltése álló helyzetben vagy akár menet közben), elektronikus

berendezések sokasága (mobiltelefonok, „okos” eszközök, szenzorok), továbbá az emberi testbe ültetett orvosi eszközök energiaellátása igénylik.

A vezeték nélküli energiaátvitel egy elterjedt megvalósítása rezonáns tekercsek induktív csatolásán alapul – ez lényegében a transzformátor működési elvének kiegészítése azzal, hogy a működési frekvencián a primer és szekunder tekercs egyaránt rezonáns, így az induktív csatolás nagyobb távolságból (akár 1-2 m) is számottevő, természetesen zárt mágneses kör nélkül. Az induktívan csatolt, rezonáns energiaátvitel tervezése és analízise új kihívásokat állított elektromágneses modellezési szempontból. Az induktív, rezonáns energiaátvitel működésében kulcsfontosságú mind az időben változó elektromos és mágneses mező is, ugyanakkor mégsem hullámtani feladatról van szó, mert a sugárzás szerepe elhanyagolható. A probléma tehát nem sorolható be egyszerűen az elektrodinamika klasszikus részterületének egyikére sem, hanem egy ún. elektro-magneto kvázistacionárius modellt kellett alkotni. Komoly kihívást jelent továbbá a rezonáns tekercsek ohmos veszteségének – és így a jósági tényezőnek – a pontos modellezése. Erre a célra kidolgozták a tekercshuzal nagy pontosságú térszámítási modelljeit.

3.2.2. Minőségbiztosítás [44]

A Villamosenergia-rendszerek területén jelentős eredmények születtek az elektromágneses tranziensek, valamint a felharmonikus torzítás okozta zavarok azonosítása és kiküszöbölése kapcsán. Mindezek mellett az ellátásbiztonság növelése, a fenntartható energiaellátás, valamint az energiahatékonyság a meghatározó kutatási témák.

3.2.3. Védelmek és automatikák

Magyar kutató villámvédelmi tervezéshez használt gördülő gömb eljárása [45] a magyar MSZ 274 szabványt követően az EN 62305-3 nemzetközi szabvány része lett, és a valószínűséggel súlyozott vonzási tér elmélet széles körűen alkalmazottá vált. A módszer továbbfejlesztése most is kiemelt kutatási téma, ami, az ún. preventív villámvédelmet alapozza meg. A szigeteléstechika/diagnosztika területén a magyar kutató által kidolgozott teljes feszültségválasz módszer továbbfejlesztett változatát egy sor hazai ipari és nemzetközi együttműködés keretében hasznosították.

3.2.4. Gépek és hajtásláncok

A **villamos gépek, hajtások** és hajtásszabályozás magyar kutató által kidolgozott és továbbfejlesztett elméleti eredményeket [46] széleskörűen alkalmazzák a villamos hajtású járművek hajtásláncának minden elemére (motor, generátor, konverterek, akkumulátor) kiterjedő hajtáslaboratóriumi vizsgálatokban, 300 kilowatt motor teljesítményig és 5000 percnkénti fordulattig.

3.2.5. Tesztelés és diagnosztika

Különleges igénybevételnek kitett, nagy megbízhatósági feltételeknek eleget tevő nagy komplexitású berendezések biztonságos üzemeltetése megköveteli azok szerkezeti integritásának rendszeres ellenőrzését **roncsolásmentes anyagvizsgálati módszerekkel** [47]. Tipikusan nagy jelentőségűek ezek a vizsgálatok az atomenergia, a repülés és az űrtechnológia területein.

A modern – elektromágneses elven működő – módszereknek nemcsak az anyaghiba jelenlétét, hanem annak kiterjedését és egyéb anyagtudományi jellemzőit is meg kell határozniuk. Matematikai értelemben ez egy inverz probléma (a mért jelből kell megállapítani az anyaghiba jellemzőit). A kidolgozott módszerek közös jellemzője, hogy a fizikai objektumból kinyerhető információt a legteljesebb mértékben figyelembe veszik. Az elmúlt 25 évben számos gyakorlati területen, több nemzetközi együttműködés keretében születtek elismert eredmények, ezek közül kiemelendő: vezető lemez anyagvizsgálata, alkalmas szenzor fejlesztése, és különböző típusú optimális adaptív adatbázisok létrehozása gépi tanulási módszeren alapuló inverziós eljárásokhoz.

3.2.6. Elektrotechnikai Műhely

A szakterületi akadémiai tudományos bizottság égisze alatt működő „Elektrotechnikai Műhely” fogja össze azt a közös munkát, amit a villamosenergia-átalakítók, -tárolók és szabályozástechnika szakterületen aktív hallgatók, oktatók, kutatók, egyetemi egységek, illetve fejlesztő ipari cégek önkéntes tevékenységben végeznek. Tevékenységéhez kapcsolódik egy elektromobilitás kompetencia központ, amely az ipari igények kiszolgálásán túl oktatási és kutatás-fejlesztési feladatokat lát el a következő témákban: hajtásrendszerek elemzése; villamos gép és hajtás integrált tervezése, megvalósítása; technológiai megvalósítások; állapotfigyelés és diagnosztika; villamos gép dinamikája, rezgésanalízise és akusztikája; villamosenergia-tároló menedzsment és diagnosztika; különleges konstrukciók; numerikus térszámító módszerek [48].

Az információtechnológia, az elektronikai eszközök és technológiák, valamint a villamos energetika területén elért kiemelkedő kutatási eredmények hivatkozásjegyzéke

1. Lényeges hozzájárulások a **rendszer- és irányításelmélet** alapapparátusához:

Haber, R; Keviczky, L: *Nonlinear system identification - input-output modeling approach. Vol. 1.: Nonlinear system parameter identification. Vol. 2.: Nonlinear system structure identification.* Dordrecht, Hollandia: Kluwer Academic Publishers (1999), 800 p.

Keviczky, L; Bars, R; Hetthéssy, J; Bányász, Cs: *Control Engineering*, Springer Singapore, (2018), 532 p.

Hangos, KM; Bokor, J; Szederkényi, G: *Analysis and Control of Nonlinear Process Systems*, London, Egyesült Királyság / Anglia: Springer-Verlag London Ltd (2004) , 308 p.

Michaletzky, Gy; Bokor, J; Várlaki, P: *Representability of stochastic systems*, Budapest, Magyarország: Akadémiai Kiadó (1998), 228 p.

Hangos, KM; Lakner, R; Gerzson, M: *Intelligent control systems: an introduction with examples.* Boston (MA), Amerikai Egyesült Államok: Kluwer Academic Publishers (2001), 301 p.

Keviczky, L.; Bányász, Cs: *Two-Degree-of-Freedom Control Systems (The Youla Parameterization Approach)*, Elsevier, Academic Press (2015), 514 p.

Szederkényi, G; Magyar, A; Hangos, KM: *Analysis and Control of Polynomial Dynamic Models with Biological Applications*, London, Egyesült Királyság / Anglia: Academic Press (2018), 184 p.

2. Lényeges hozzájárulások a **bioinspirált rendszerelmélet** megalapozásához:

Érdi, Péter; Tóth, János. *Mathematical Models of Chemical Reactions: Theory and applications of deterministic and stochastic models* Manchester, Egyesült Királyság / Anglia: Manchester University Press (1989) 283 p.

Szederkényi, G; Magyar, A; Hangos, KM. *Analysis and Control of Polynomial Dynamic Models with Biological Applications.* London, Egyesült Királyság / Anglia: Academic Press (2018), 184 p.

Szederkényi, G; Banga, J R; Alonso, A A. *Inference of complex biological networks: distinguishability issues and optimization-based solutions.* BMC SYSTEMS BIOLOGY 5 Paper: 177 (2011)

Lipták, Gy; Szederkényi, G; Hangos, KM. *Kinetic feedback design for polynomial systems.* JOURNAL OF PROCESS CONTROL 41 pp. 56-66, 11 p. (2016)

Lipták, Gy; Hangos, KM; Pituk, M; Szederkényi, G. *Semistability of complex balanced kinetic systems with arbitrary time delays.* SYSTEMS & CONTROL LETTERS 114 pp. 38-43, 6 p. (2018)

3. Lényeges hozzájárulások a **méréselmélet** apparátusához:

L. Devroye, L. Györfi, G. Lugosi (1996) *Probabilistic Theory of Pattern Recognition*, Springer.

L. Györfi, M. Kohler, A. Krzyzak, H. Walk (2002) *A Distribution-Free Theory of Nonparametric Regression*, Springer.

L. Györfi, G. Ottucsák, H. Walk, (Eds.), (2012) *Machine Learning for Financial Engineering*, Imperial College Press.

Widrow, B; Kollar, I ; Liu, MC, „Statistical theory of quantization,” *IEEE TRANSACTIONS ON INSTRUMENTATION AND MEASUREMENT* 45 : 2 pp. 353-361., 9 p. (1996).

Widrow, B; Kollár, I, „Quantization Noise: Roundoff Error in Digital Computation, Signal Processing, Control, and Communications,” Cambridge University Press (2008) , 778 p.

Dabóczi, T; Kollár, I, „Multiparameter optimization of inverse filtering algorithms,” *IEEE TRANSACTIONS ON INSTRUMENTATION AND MEASUREMENT* 45: 2 pp. 417-421, 5 p. (1996).

Dabóczi, Tamás, „Inverse algorithms—powerful tools to improve measurement systems,” *IEEE INSTRUMENTATION AND MEASUREMENT MAGAZINE* 23: 2 pp. 61-70, 10 p. (2020).

Ákos, Horváth; Peter, Wolf; János, Nagy; Attila, Kelemen; Gábor, Horváth; Daniel, Hadházi; Aron, Horvath; Benjamin, Czetenyi; Zoltan, Sutto; Klara, Szondy, „Overview of a Digital Tomosynthesis development: New approaches for low-dose chest imaging,” *RADIATION PROTECTION DOSIMETRY* 169: 1-4 pp. 171-176, 6 p. (2016).

4. A távközlés új trendjei:

Sallai Gyula (szerk.): *A távközlés tudományos helyzetképe '88.* p. 94. Magyar Posta Könyvkiadó, 1989.

Baranyi P., Csapó Á., Sallai Gy.: *Cognitive Infocommunications (CogInfoCom)*, p. 219. Springer, 2015.

5. Lényeges hozzájárulások a **celluláris mobil hálózatok** témaköréhez:

E. Biglieri, L. Györfi, (Eds.), (2007) *Multiple Access Channels: Theory and Practice*, IOS Press.

G. Auer, V. Giannini, I. Gódor, P. Skillermark, M. Olsson, M. A. Imran, D. Sabella, M. J. Gonzalez, C. Desset, O. Blume, A. Fehske - How Much Energy is Needed to Run a Wireless Network?, *IEEE Wireless Communications*, 18(5), pp 40-49, 2011

G. Auer, V. Giannini, I. Gódor, P. Skillermark, M. Olsson, M. A. Imran, D. Sabella, M. J. Gonzales, C. Desset, O. Blume - Cellular Energy Efficiency Evaluation Framework, *Vehicular Technology Conference (VTC)*, IEEE, 2011

S. Grauwin, S. Sobolevsky, S. Moritz, I. Gódor, C. Ratti - Towards a comparative science of cities: using mobile traffic records in New York, London and Hong Kong, *Computational Approaches for Urban Environments*, Springer, pp 363-387, 2015

I. Gódor, P. Jonsson, Zs. Kallus, D. Kondor - The Digital Signatures of Sport, *Ericsson Mobility Report*, 2015

Á. Knapp, L. Pap: “General Performance Analysis of Binary Fading Channels with Measurement Based Channel Equalization”, *Infocommunications Journal*, Vol. VI. No. 1. pp. 1-9, March 2014.

Ádám Knapp, László Pap: „Statistical analysis of a new correlation peak detection method for unimodal autocorrelation functions”, *Computer Communication & Collaboration: (1)* (2015.2) pp. 63-81.

Albert Mráz, László Pap: M-QAM BER Analysis of ZF MIMO Transmissions with Stochastic Interference Model for LTE, *International Journal of Computer and Communication Engineering*, 4:(5) pp. 309-317. (2015), ICNIT 2014. Szingapúr: 2014.11.21 -2014.11.23.

Ádám Knapp, László Pap: A Novel Mobile Communication System Using Pulse Position based Chirp Spread Spectrum Modulation, *Journal of Communications Software and Systems*, Vol. 14, No. 3, August 2018, pp. 228-238.

Gábor Fodor, László Pap and Miklós Telek, "Recent Advances in Acquiring Channel State Information in Cellular MIMO Systems", *Infocommunications Journal*, Vol. XI, No 3, September 2019, pp. 2-12.

6. Lényeges hozzájárulások az **optikai távközlés** témaköréhez:

I. Frigyes and A. J. Seeds, "Optically generated true-time delay in phased-array antennas," in *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, vol. 43, no. 9, pp. 2378-2386, Sept. 1995

P. Maak, I. Frigyes, L. Jakab, I. Habermayer, M. Gyukics and P. Richter, "Realization of true-time delay lines based on acoustooptics," in *Journal of Lightwave Technology*, vol. 20, no. 4, pp. 730-739, April 2002

Várallyay, Z., Frigyes, I., Schwelb, O. L. Udvary, L. Jakab, P. Richter. Soliton propagation of microwave modulated signal through single-mode optical fiber. *Acta Phys. Hung. B* 23, 175–186 (2005). <https://doi.org/10.1556/APH.23.2005.3-4.7>

I. Frigyes, Z. Varallyay, O. Schwelb, L. Jakab and P. Richter, "Investigations in the joint effect of fiber dispersion and nonlinear refraction in microwave optical links," *MWP 2003 Proceedings. International Topical Meeting on Microwave Photonics, 2003.*, Budapest, Hungary, 2003, pp. 299-302

P. Maak, J. Remenyi, L. Jakab, P. Richter, I. Frigyes and I. Habermayer, "True time delay line for short pulses based on optical path-length dispersion: experimental proof of functioning," *Proceedings 2000 IEEE International Conference on Phased Array Systems and Technology (Cat. No.00TH8510)*, Dana Point, CA, 2000, pp. 449-452.

Pal Maak, Zoltan Gorocs, Istvan Frigyes, Laszlo Jakab, and Péter I. Richter "Continuously variable pulse true-time delay system incorporating an acousto-optic Bragg cell and an electro-optic modulator," *Optical Engineering* 43(5), (1 May 2004).

I. Frigyes, O. Schwelb and J. Berces, "Investigations and improvements in microwave optoelectronic variable delay lines," 1996 *IEEE MTT-S International Microwave Symposium Digest*, San Francisco, CA, USA, 1996, pp. 887-890 vol.2.

J Reményi, P Maák, I Frigyes, L Jakab, P Richter - *Optics communications, 2003 – Elsevier*
Demonstration of continuously variable true-time delay in frequency dependent phase compensating system with acousto-optics and liquid crystal modulator

Mátay Gábor; Zombory László: *A rádiófrekvenciás sugárzás élettani hatásai és orvosi biológiai alkalmazásai* Budapest: Műegyetemi Kiadó (2000)

Mátay Gábor; Zombory László: *Calculations and Measurements for RF Radiation of GSM Base Stations in: Proc EBEA 2001 5th Int. Cong. European BioElectromagnetics (2001)* pp.312-314

N. Badraoui, T. Berceci: „Crosstalk reduction in fiber links using double polarization”, *Optical and Quantum Electronics*, Springer, vol. 52, number: 200, year 2020.

N. Badraoui, T. Berceci: „Enhancing capacity of optical links using polarization multiplexing”, *Optical and Quantum Electronics*, Springer, vol. 51, number: 310, year 2019.

G. Fekete, T. Berceci: „Distortions and Their Effect on Signal Transmission in Coherent-OFDM Systems”, *Photoptics 2014*, pp. 3-17, Springer Proceedings in Physics book series, vol. 177. year 2016.

T. Berceci, P.R. Herczfeld: „Microwave photonics—A historical perspective”, *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, vol. 58, no. 11, pp. 2992-3000, year 2010.

E. Udvary, T. Berceci: „Improvements in the linearity of semiconductor optical amplifiers as external modulators”, *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, vol. 58, no. 11, pp. 3161-3166, year 2010.

T. Bánky, B. Horváth, T. Berceci: „Optimum configuration of multiloop optoelectronic oscillators”, *Journal of Optical Society of America, Part B*, vol. 23, no. 7, pp. 1371-1380, year 2006.

- S. Kudszus, T. Bercei, A. Tessmann, M. Neumann, W.H. Haydl: „W-band HEMT-oscillator MMICs using subharmonic injection locking”, IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, vol. 48, no. 12, pp. 2526-2532, year 2000.
- G. Maury, A. Hilt, T. Bercei, B. Cabon, A. Vilcot: „Microwave-frequency conversion methods by optical interferometer and photodiode”, IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, vol. 45, no. 8, pp. 1481-1485, year 1997.
7. Lényeges hozzájárulások a **biztonság és privacy** témaköréhez:
- B. Bencsáth, G. Pék, L. Buttyán, M. Félegyházi, The Cousins of Stuxnet: Duqu, Flame, and Gauss, FUTURE INTERNET: 4(4) pp. 971-1003 (2012)
- P. Papadimitratos, L. Buttyán, T. Holczer, E. Schoch, J. Freudiger, M. Raya, Z. Ma, F. Kargl, A. Kung, J-P. Hubaux, Secure vehicular communication systems: design and architecture, IEEE COMMUNICATIONS MAGAZINE: 46(11) pp. 100-109 (2008)
- L. Buttyán, J-P. Hubaux, Stimulating Cooperation in Self-Organizing Mobile Ad Hoc Networks, MOBILE NETWORKS & APPLICATIONS: 8(5) pp. 579-592 (2003)
8. Lényeges hozzájárulások a **kvantumkommunikáció** témaköréhez:
- S. Imre, F. Balázs: /Quantum Computing and Communications – An Engineering Approach/, Published by John Wiley and Sons Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex PO19 8SQ, England, 2005, ISBN 978-0-470-86902, 283 pages.
- L. Hanzo, H. Haas, S. Imre, D. O'Brien, M. Rupp and L. Gyongyosi, "Wireless Myths, Realities, and Futures: From 3G/4G to Optical and Quantum Wireless," in Proceedings of the IEEE, vol. 100, no. Special Centennial Issue, pp. 1853-1888, 13 May 2012.
- Laszlo Gyongyosi, Sandor Imre, Hung Viet Nguyen: A Survey on Quantum Channel Capacities 2018, Subjects: Quantum Physics (quant-ph); Information Theory (cs.IT)
- L. Gyongyosi and S. Imre "Long-distance continuous-variable quantum key distribution with advanced reconciliation of a Gaussian modulation", Proc. SPIE 8997, Advances in Photonics of Quantum Computing, Memory, and Communication VII, 89970C (19 February 2014);
9. Lényeges hozzájárulások a **kaotikus jeleket alkalmazó kommunikáció** témaköréhez:
- G Kolumbán, MP Kennedy and LO Chua: "The role of synchronization in digital communications using chaos, Part-II: Chaotic modulation and chaotic synchronization" IEEE Trans. on Circuits and Systems I, 1998.
- G Kolumbán, MP Kennedy, LO Chua "The role of synchronization in digital communications using chaos Part-I: Fundamentals of digital communications" IEEE Trans. on Circuits and Systems I, 1997.
- G. Kolumbán, B. Vizvári, W. Schwarz, and A. Abel "Differential chaos shift keying: A robust coding for chaos communication" in Proc. NDES'96, Seville, 1996.
10. Lényeges hozzájárulások a **közúti járművek** támogató és autonóm irányítási rendszereinek elméleti megalapozásához:
- Gáspár, P; Németh, B, Integrated control design for driver assistance systems based on LPV methods, International Journal of Control 89: 12, 2420-2433. (2016)
- Gáspár, P; Szabó, Z; Bokor, J; Németh, B: Robust Control Design for Active Driver Assistance Systems, Cham (Svájc), Svájc : Springer (2017) , 293 p.
- Németh, B; Fényes, D; Gáspár, P; Bokor, J: Coordination of Independent Steering and Torque Vectoring in a Variable-Geometry Suspension System, IEEE Transactions on Control Systems Technology 27: 5, 2209-2220, (2019)
11. Lényeges hozzájárulások az **autonóm légi járművek, és földi mobil robotok** irányítási rendszereinek elméleti megalapozásához:

Rödönyi, G; Gáspár, P; Bokor, J; Palkovics, L: Experimental verification of robustness in a semi-autonomous heavy vehicle platoon, *Control Engineering Practice* 28: 1, 13-25. , (2014)

Venkataraman, R; Bauer, P; Seiler, P; Vanek, B: Comparison of fault detection and isolation methods for a small unmanned aircraft. *Control Engineering Practice* 84 pp. 365-376. (2019)

Luspay,; Péni, T ; Gőzse, I ; Szabó, Z ; Vanek, B: Model reduction for LPV systems based on approximate modal decomposition, *International Journal for Numerical Methods in Engineering* 113 : 6 pp. 891-909. (2018)

Bokor, J ; Szabó, Z: The Hinf Control Performance Group *Acta Polytechnica Hungarica*, 16 : 9 pp. 11-25. , (2019)

Bokor, J.; Gáspár, P.; Szabó, Z.: *Robust control theory with automotive applications*, Typotex Kiadó (2013).

Szabó, Z ; Bokor, J ; Hara, S: Detection filter design for homogeneous multi-agent networks. In: 10th IFAC Symposium on Fault Detection, Supervision and Safety for Technical Processes, SAFEPROCESS, Warsaw, (2018)

Szabó, Z ; Bokor, J ; Hara, S: Realization of homogeneous multi-agent networks In: European Control Conference (ECC), Limassol, Cyprus (2018).

Peni, T ; Vanek, B ; Liptak, G ; Szabo, Z ; Bokor, J: Nullspace-Based Input Reconfiguration Architecture for Overactuated Aerial Vehicles, *IEEE Transactions on Control Systems Technology* 26 : 5 pp. 1826-1833. (2018)

Sename, O.; Gáspár, P.; Bokor, J.: *Robust control and linear parameter varying approaches: Application to vehicle dynamics*, Springer-Verlag Wien (2013)

Fényes, D ; Németh, B ; Gáspár, P: Impact of big data on the design of MPC control for autonomous vehicles In: 18th European Control Conference (ECC) Napoli, 4154-4159., (2019)

Gángó, D ; Péni, T ; Tóth, R Learning Based Approximate Model Predictive Control for Nonlinear Systems *IFAC PAPERSONLINE* 52 : 28 pp. 152-157. , (2019)

Törő, O ; Bécsi, T ; Aradi, Sz ; Gáspár, P.: Sensitivity and Performance Evaluation of Multiple-Model State Estimation Algorithms for Autonomous Vehicle Functions, *JOURNAL OF ADVANCED TRANSPORTATION* Paper: 7496017. (2019)

Lantos, B ; Márton, L: *Nonlinear control of vehicles and robots*, London, Egyesült Királyság / Anglia: Springer, EDP Sciences (2011) , 458 p.

12. Lényeges hozzájárulások a **kapcsolt és automatizált járművek** irányítási rendszerei tervezésének megalapozásához:

Tettamanti, T. ; Luspay, T. ; Varga, I.: *Road Traffic Modeling and Simulation*, Budapest, Magyarország : Akadémiai Kiadó (2019)

Németh, B ; Gáspár, P: LPV Design for the Control of Heterogeneous Traffic Flow with Autonomous Vehicles *Acta Polytechnica Hungarica* 16 : 7 pp. 233-246. , (2019)

Németh, B ; Gáspár, P: The relationship between the traffic flow and the look-ahead cruise control, *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems* 18 : 5, 1154-1164. (2017)

Hegedűs, F ; Bécsi, T ; Aradi, Sz ; Gáspár, P.: Motion Planning for Highly Automated Road Vehicles with a Hybrid Approach Using Nonlinear Optimization and Artificial Neural Networks, *JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING* 65 : 3 pp. 148-160. (2019)

Németh, B ; Gáspár, P ; Hegedűs, T: Optimal Control of Overtaking Maneuver for Intelligent Vehicles, *Journal of Advanced Transportation*, 2195760 , (2018)

Gáspár, P ; Németh, B.: *Predictive Cruise Control for Road Vehicles Using Road and Traffic Information*, Springer International Publishing (2018).

Meddaikar, Y; Dillinger, J; Klimmek, T; Krueger, W; Wuestenhagen, M; Kier, T; Hermanutz, A; Hornung, M; Rozov, V; Breitsamter, C; Alderman, J; Takarics B; and Vanek, B: Aircraft aeroservoelastic modelling of the FLEXOP unmanned flying demonstrator, *AIAA Scitech 2019 Forum*, AIAA 2019-1815, 2019

Roessler, C; Bartasevicius, J; Koeberle, S; Teubl, D; Hornung, M; Meddaikar, Y; Dillinger, J; Wustenhagen, M; Kier, T; Looye, G; Sodja, J; De Breuker, R; Luspay, T; Vanek, B; Georgopoulos P; and Koimtzoglou, C: Results of an Aeroelastically Tailored Wing on the FLEXOP Demonstrator Aircraft, AIAA Scitech 2020 Forum, AIAA 2020-1969, 2020
Mocsányi, R; Takarics, B; Kotikalpudi, A; Vanek, B: Grid-Based and Polytopic Linear Parameter-Varying Modeling of Aeroelastic Aircraft with Parametric Control Surface Design. Fluids 2020, 5(2), 47

13. Lényeges hozzájárulások **képfeldolgozási alkalmazások** minőségének javításához **mély neuronháló** alkalmazása esetén:

Suleymanova, I., Balassa, T., Tripathi, S., Molnar, Cs., Saarma, M., Sidorova, Y., Horvath, P. (2018). A deep convolutional neural network approach for astrocyte detection. Scientific Reports.

Milacski, Z. Á., Póczos, B., & Lőrincz, A. (2019, July). Group k-Sparse Temporal Convolutional Neural Networks: Unsupervised Pretraining for Video Classification. In 2019 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN). IEEE Press.

Milacski, Z. Á., Póczos, B., & Lőrincz, A. (2019, Sept). Differentiable Unrolled Alternating Direction Method of Multipliers for OneNet, 30th British Machine Vision Conference. BMVA Press.

Lőrincz, A., Milacski, Z. A., Pintér, B., & Verő, A. L. (2016). Columnar Machine: Fast estimation of structured sparse codes. Biologically Inspired Cognitive Architectures, 15, 19-33.

14. Lényeges hozzájárulások **beszéd és szöveg számítógépes feldolgozása és felismerése** területén **mély tanulás** alkalmazásával:

L. Tóth: Phone recognition with hierarchical convolutional deep maxout networks EURASIP Journal on Audio, Speech, and Music Processing 2015 (1), 25

L. Tóth: Combining time-and frequency-domain convolution in convolutional neural network-based phone recognition IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing, 2014, pp. 190-194.

MS. Al-Radhi, TG. Csapó, G. Németh: Continuous vocoder applied in deep neural network based voice conversion Multimedia Tools and Applications 78 (23), 33549-33572

Berend, G.: Sparse coding of neural word embeddings for multilingual sequence labeling. Transactions of the Association for Computational Linguistics 5, 247–261

Balogh, V., Berend, G., Diochnos, D.I., Turán, Gy.: Understanding the semantic content of sparse word embeddings using a commonsense knowledge base. In: The Thirty-Fourth AAAI Conference on Artificial Intelligence, AAAI 2020, New York, USA, February 7 - 12, 2020

Berend, G.: Massively multilingual sparse word representations. In: International Conference on Learning Representations (2020), <https://openreview.net/forum?id=HyeYTgrFPB>

15. Lényeges hozzájárulások az **etorobotika** témaköréhez:

Miklosi, A ; Korondi, P ; Matellan, V ; Gacsi, M, Ethorobotics: A New Approach to Human-Robot Relationship, FRONTIERS IN PSYCHOLOGY 8 Paper: 958 , 8 p. (2017)

Abdai, Judit ; Korcsok, Beáta ; Korondi, Péter ; Miklósi, Ádám, Methodological challenges of the use of robots in ethological research, Animal Behavior And Cognition 5 : 4 pp. 326-340. , 15 p. (2018)

Kovács, Bence ; Szayer, Géza ; Tajti, Ferenc ; Burdelis, Mauricio ; Korondi, Péter, A novel potential field method for path planning of mobile robots by adapting animal motion attributes, ROBOTICS AND AUTONOMOUS SYSTEMS 82 pp. 24-34. , 11 p. (2016)

Korondi, Péter ; Korcsok, Beáta ; Kovács, Szilveszter ; Niitsuma, Mihoko, Etho-robotics: What kind of behaviour can we learn from the animals?, Keynote előadás az IFAC SYROCO 2015 konferencián, IFAC PAPERSONLINE 48 : 19 pp. 244-255. , 12 p. (2015)

Korcsok, Beáta ; Konok, Veronika ; Persa, György ; Faragó, Tamás ; Niitsuma, Mihoko ; Miklósi, Ádám ; Korondi, Péter ; Baranyi, Péter ; Gácsi, Márta, Biologically Inspired Emotional Expressions for Artificial Agents, FRONTIERS IN PSYCHOLOGY 9 Paper: 1191 , 17 p. (2018)

Lakatos, Gabriella ; Gácsi, Márta ; Konok, Veronika ; Brúder, Ildikó ; Bereczky, Boróka ; Korondi, Péter ; Miklósi, Ádám, Emotion Attribution to a Non-Humanoid Robot in Different Social Situations, PLOS ONE 9 : 12 Paper: e114207 , 32 p. (2014)

Korcsok, Beáta ; Faragó, Tamás ; Ferdinandy, Bence ; Miklósi, Ádám ; Korondi, Péter ; Gácsi, Márta, Artificial sounds following biological rules: A novel approach for non-verbal communication in HRI, SCIENTIFIC REPORTS 10 : 1 pp. 1-13. Paper: 7080 , 13 p. (2020)

16. Lényeges hozzájárulások az **genomikai mérés technika** témaköréhez:

Gezsi, A ; Bolgar, B ; Marx, P ; Sarkozy, P ; Szalai, C ; Antal, P, „VariantMetaCaller: automated fusion of variant calling pipelines for quantitative, precision-based filtering,” BMC GENOMICS 16 : 1 Paper: 875 , 15 p. (2015)

Juhász, G ; Hullam, G ; Eszlari, N ; Gonda, X ; Antal, P ; Anderson, IM ; Hokfelt, TG ; Deakin, JF ; Bagdy, G, „Brain galanin system genes interact with life stresses in depression-related phenotypes,” PROCEEDINGS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE UNITED STATES OF AMERICA 111 : 16 pp.

17. Lényeges hozzájárulások az **élettani folyamatok mérése, modellezése és szimulációja** témakörhöz:

Benyó, Balázs ; Benyó, Zoltán ; Paláncz, Béla ; Szilágyi, László ; Ferenci, Tamás. Műszaki és biológiai rendszerek elmélete, Budapest, Magyarország: Typotex Kiadó (2014), 189 p.

Jobbágy, Ákos. Early Diagnosis and Objective Assessment of Patients with Neural and Cardiovascular Diseases. Saarbrücken, Németország: Lambert Academic Publishing (LAP) (2010) , 144 p.

Jobbágy, A ; Furnee, EH ; Harcos, P ; Tarczy, M. Early detection of Parkinson's disease through automatic movement evaluation. IEEE ENGINEERING IN MEDICINE AND BIOLOGY MAGAZINE 17: 2 pp. 81-88. , 8 p. (1998)

J L, Dickson ; K W, Stewart ; C G, Pretty ; M, Flechet ; T, Desai ; S, Penning ; B C, Lambermont ; B, Benyo ; G M, Shaw ; G, Chase. Generalisability of a Virtual Trials Method for Glycaemic Control in Intensive Care. IEEE TRANSACTIONS ON BIOMEDICAL ENGINEERING 65 : 7 pp. 1543-1553. , 11 p. (2018)

Kovács, L ; Benyó, B ; Bokor, J ; Benyó, Z. Induced L2-norm minimization of glucose-insulin system for Type I diabetic patients COMPUTER METHODS AND PROGRAMS IN BIOMEDICINE 102 : 2 pp. 105-118. , 14 p. (2011)

Yazdjerdi, Parisa ; Meskin, Nader ; Al-Naemi, Mohammad ; Al Moustafa, Ala-Eddin ; Kovács, Levente. Reinforcement Learning-based Control of Tumor Growth under Anti-angiogenic Therapy, COMPUTER METHODS AND PROGRAMS IN BIOMEDICINE 173 pp. 15-26. , 12 p. (2019)

Johanna, Sági ; Dániel, A Drexler ; István, Harmati ; Zoltán, Sági ; Levente, Kovács. Qualitative analysis of tumor growth model under antiangiogenic therapy: choosing the effective operating point and design parameters for controller design. OPTIMAL CONTROL APPLICATIONS & METHODS 37: 5 pp. 848-866, 19 p. (2016)

18. Lényeges hozzájárulások az **modellalapú jelfeldolgozás** témaköréhez:

Péceli, G, „A Common Structure for Recursive Discrete Transforms,” IEEE TRANSACTIONS ON CIRCUITS AND SYSTEMS 33: 10 pp. 1035-1036. , 2 p. (1986).

Péceli, G, „Resonator-Based Digital Filters,” IEEE TRANSACTIONS ON CIRCUITS AND SYSTEMS CAS-36: 1 pp. 156-159. , 4 p. (1989).

L, Sujbert ; G, Péceli, „Signal model based periodic noise controller design,” MEASUREMENT 20 : 2 pp. 135-141. , 7 p. (1997)

Sujbert, L; Szarvas, A, „Noise-Canceling Office Chair with Multiple Reference Microphones,” APPLIED SCIENCES-BASEL 8: 9 Paper: 1702, 19 p. (2018)

19. Lényeges hozzájárulás a **nemlineáris rendszerek lineáris approximációja** témakörhöz:

Dobrowiecki, T; Schoukens, J, „Linear approximation of weakly nonlinear MIMO systems,” IEEE TRANSACTIONS ON INSTRUMENTATION AND MEASUREMENT 56: 3 pp. 887-894, 8 p. (2007)

20. Lényeges hozzájárulás a **numerikus inverz Laplace transzformáció** témakörhöz:

Horváth, Gábor ; Horváth, Illés ; Almousa, Salah Al-Deen ; Telek, Miklós “Numerical inverse Laplace transformation using concentrated matrix exponential distributions” PERFORMANCE EVALUATION 137 p. 102067 Paper: 102067 (2020)

21. Lényeges hozzájárulások a **biztonságkritikus rendszerek integrált tervezése és ellenőrzése** témakörhöz:

D. Varró and A. Pataricza. “Generic and Meta-Transformations for Model Transformation Engineering”. In: Proc. UML 2004: 7th International Conference on the Unified Modeling Language. Vol. 3273. LNCS. Lisbon, Portugal: Springer, Oct. 2004, pp. 290–304.

A Bondavalli, M Dal Cin, D Latella, I Majzik, A Pataricza, G Savoia: Dependability analysis in the early phases of UML-based system design, Comput. Syst. Sci. Eng. 16 (5), 265-275, (2001)

G. Csertán, G. Huszerl, I. Majzik, Z. Pap, A. Pataricza, and D. Varró. “VIATRA: Visual Automated Transformations for Formal Verification and Validation of UML Models”. In: Proc. ASE 2002: 17th IEEE International Conference on Automated Software Engineering. Edinburgh, UK: IEEE Press, Sept. 2002, pp. 267–270.

D. Varró, G. Bergmann, Á. Hegedüs, Á. Horváth, I. Ráth, and Z. Ujhelyi. “Road to a reactive and incremental model transformation platform: three generations of the VIATRA framework”. In: Software and System Modeling 15.3 (2016). pp. 609–629.

O. Semeráth, A. S. Nagy, and D. Varró. “A graph solver for the automated generation of consistent domain-specific models”. In: Proceedings of the 40th International Conference on Software Engineering, ICSE 2018, Gothenburg, Sweden, May 27 - June 03, 2018. ACM, 2018, pp. 969–980.

Lásd még: https://mta.hu/tudomany_hirei/magyar-kutatok-eredmenye-forradalmasithatja-az-autoipari-tervezoeszkozok-teszteleset-108355

G. Varró, A. Schürr, and D. Varró. “Benchmarking for Graph Transformation”. In: Proc. IEEE Symposium on Visual Languages and Human-Centric Computing (VL/HCC 05). Dallas, Texas, USA: IEEE Press, Sept. 2005, pp. 79–88.

Á. Hegedüs, Á. Horváth, I. Ráth, and D. Varró. “A model-driven framework for guided design space exploration”. In: 26th IEEE/ACM International Conference on Automated Software Engineering (ASE 2011), November 6-10. Lawrence, KS, USA: IEEE, 2011, pp. 173–182.

Z Micskei, Z Szatmári, J Oláh, I Majzik. A concept for testing robustness and safety of the context-aware behaviour of autonomous systems Agent and Multi-Agent Systems. Technologies and Applications, 504-513

C. Debreceni, G. Bergmann, I. Ráth, and D. Varró. “Secure Views for Collaborative Modeling”. In: IEEE Software 35.6 (2018). IF: 2.945, pp. 32–38.

Á. Hegedüs, G. Bergmann, C. Debreceni, Á. Horváth, P. Lunk, Á. Menyhért, I. Papp, D. Varró, T. Vileiniskis, and I. Ráth. “IncQuery Server for Teamwork Cloud: scalable query evaluation over collaborative model repositories”. In: Proceedings of the 21st ACM/IEEE International Conference on Model Driven Engineering Languages and Systems: MODELS 2018, Copenhagen, Denmark, October 14-19, 2018. ACM, 2018, pp. 27-31.

T Tóth, A Hajdu, A Vörös, Z Micskei, I Majzik: Theta: a framework for abstraction refinement-based model checking, 2017 Formal Methods in Computer Aided Design (FMCAD), 176-179

Vince Molnár, Bence Graics, András Vörös, István Majzik, Dániel Varró: The Gamma statechart composition framework: Design, verification and code generation for component-based reactive systems. ICSE (Companion Volume) 2018: 113-116

O. Semeráth, S. Pilarski, A. Babikian, and D. Varró. "VIATRA Solver: A Framework for the Automated Generation of Consistent Domain-Specific Models". In: 41st ACM/IEEE International Conference on Software Engineering: Companion Proceedings, ICSE 2019, Montreal, Canada. IEEE, 2019, pp. 43–46.

22. Lényeges hozzájárulások a **felhő rendszerek** témakörhöz:

Kovács, J ; Kacsuk, P; Occopus: a Multi-Cloud Orchestrator to Deploy and Manage Complex Scientific Infrastructures

JOURNAL OF GRID COMPUTING 16 : 1 pp. 19-37. , 19 p. (2018)

Kiss, T; Kacsuk, P; Kovacs, J; Rakoczi, B ; Hajnal, A ; Farkas, A ; Gesmier, G ; Terstyanszky, G; *MiCADO-Microservice-based Cloud Application-level Dynamic Orchestrator*

FUTURE GENERATION COMPUTER SYSTEMS 94 pp. 937-946. , 10 p. (2019)

[I13] Kovács, J; *Supporting Programmable Autoscaling Rules for Containers and Virtual Machines on Clouds*, JOURNAL OF GRID COMPUTING 17 pp. 813-829. , 17 p. (2019)

Péter Kacsuk (ed.), Science Gateways for Distributed Computing Infrastructures: Development Framework and Exploitation by Scientific User Communities, Springer, 2014. pp. 301

Kacsuk, P ; Kovács, J ; Farkas, Z; The Flowbster Cloud-Oriented Workflow System to Process Large Scientific Data Sets, JOURNAL OF GRID COMPUTING 16 : 1 pp. 55-83. , 29 p. (2018)

23. Lényeges hozzájárulások a **neuromorf számítási paradigma** témakörhöz:

L. O. Chua and T. Roska, "The CNN paradigm," IEEE Trans. Circuits Syst. I, vol. 40, no. 3, pp. 147–156, 1993.

T. Roska and L. O. Chua, "The CNN universal machine: An analogic array computer," IEEE Trans. Circuits Syst. II, vol. 40, no. 3, pp. 163–173, 1993.

A. Zarandy, R. Dominguez-Castro, and S. Espejo, "Ultra-high frame rate focal plane image sensor and processor," IEEE Sensors J., vol. 2, no. 6, pp. 559–565, 2002.

Á. Zarándy, A. Horváth and P. Szolgay, "CNN Technology-Tools and Applications," in IEEE Circuits and Systems Magazine, vol. 18, no. 2, pp. 77-89, Secondquarter 2018, doi: 10.1109/MCAS.2018.2821771.

Bálya, Dávid, et al. "A CNN framework for modeling parallel processing in a mammalian retina." International Journal of Circuit Theory and Applications 30.2-3 (2002): 363-393.

Z. Vörösházi, Z. Nagy, and P. Szolgay, "Fpga-based real time, multichannel emulated-digital retina model implementation," EURASIP J. Adv. Signal Process., vol. 2009, p. 6, 2009.

Á. Zarándy and C. Rekeczky, "Bi-i: A standalone ultra high speed cellular vision system," IEEE Circuits Syst. Mag., vol. 5, no. 2, pp. 36–45, 2005.

Roska, T., Zarandy, A., Zold, S., Foldesy, P., & Szolgay, P. (1999). The computational infrastructure of analogic CNN computing. I. The CNN-UM chip prototyping system. IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Fundamental Theory and Applications, 46(2), 261-268.

Zarándy, Á. (1999). The art of CNN template design. International Journal of Circuit Theory and Applications, 27(1), 5-23.

Soós, B. G., Rák, Á., Veres, J., & Cserey, G. (2009). GPU boosted cnn simulator library for graphical flow-based programmability. EURASIP Journal on Advances in Signal Processing, 2009(1), 930619.

Roska, T., Bártfai, G., Szolgay, P., Szirányi, T., Radványi, A., Kozek, T., ... & Zarándy, Á. (1992). A digital multiprocessor hardware accelerator board for cellular neural networks: CNN-HAC. *International journal of circuit theory and applications*, 20(5), 589-599.

Nagy, Zoltán, and Péter Szolgay. "Configurable multilayer CNN-UM emulator on FPGA." *IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Fundamental Theory and Applications* 50.6 (2003): 774-778.

24. Lényeges hozzájárulások az **okos energetikai rendszerek** témakörhöz:

Varga I, Bartha T, Soumelidis A. (2004) On-line testing of the reactor protection system in the Paks nuclear power plant, *ERCIM NEWS* : 56 pp. 33-34. , 2 p.

Németh E, Bartha T, Fazekas C and Hangos K (2009), "Verification of a primary-to-secondary leaking safety procedure in a nuclear power plant using coloured Petri nets", *RELIABILITY ENGINEERING AND SYSTEM SAFETY* : 94 (5), pp. 942-953.

Fazekas C, Szederkényi G and Hangos K (2007), "A simple dynamic model of the primary circuit in VVER plants for controller design purposes", *NUCLEAR ENGINEERING AND DESIGN*: 237, pp. 1071-1087.

Szabó Z, Szederkényi G, Gáspár P, Varga I, Hangos KM and Bokor J (2010), "Identification and dynamic inversion-based control of a pressurizer at the Paks NPP", *Control Engineering Practice*. Vol. 18, pp. 554-565.

Kovács, A ; Bátai, R ; Csáji, B Cs ; Dudás, P ; Háy, B ; Pedone, G ; Révész, T ; Váncza, J (2016) Intelligent control for energy-positive street lighting, *ENERGY* 114 pp. 40-51. , 12 p.

Kovács, A., Erdős, G., Viharos, Zs. J., Monostori, L.: A system for the detailed scheduling of wind farm maintenance, *CIRP Annals*, 60(1), 497-501, (2011).

Görbe, P ; Magyar, A ; Hangos, K.M. (2012) Reduction of power losses with smart grids fueled with renewable sources and applying EV batteries, *JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION* 34 : 1 pp. 125-137. , 13 p.

Görbe, P. ; Magyar, A ; Hangos, K.M. (2012) Megújuló energiaforrások komplex integrációja kifestésű nemlineáris torzított hálózatokban, *MAGYAR TUDOMÁNY 2012* : 7(külön) pp. 146-153, 8 p.

[I43] Neukirchner, László ; Görbe, Péter ; Magyar, Attila (2017) Voltage unbalance reduction in the domestic distribution area using asymmetric inverters, *JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION* 142, Part 4 pp. 1710-1720. , 11 p.

25. Lényeges hozzájárulások az **gépipari automatizálás és termelésinformatika** témakörhöz:

Horváth, M.: *Manufacturing engineering: The birth and growth of a new science. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 4(1-2), 285-292, (1988). Volume 4, Issues 1–2, 1988.

Várady, T., Martin, R., Cox, J.: Reverse engineering of geometric models—an introduction. *Computer-Aided Design*, 29(4), 255-268, (1997).

Márkus, A., Márkus, Z., Farkas, J., Filemon, J.: Fixture design by Prolog: An expert system. *Robotics and Computer- Integrated Manufacturing*, 1, 167–172, (1984).

Hatvany, J., Nemes, L.: *Intelligent Manufacturing Systems - A tentative forecast*, IFAC Proceedings. 11(1), 895-899, (1978).

Vámos, T.: Cooperative systems - an evolutionary perspective. *IEEE Control Systems* 3(3), 9-14, (1983).

Hatvany, J.: Intelligence and cooperation in heterarchic manufacturing systems. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 2(2), 101-104, (1985).

Monostori, J.: A step towards intelligent manufacturing: Modeling and monitoring of manufacturing processes through artificial neural networks. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 42(1), 485-488, (1993).

Márkus, A., Kis, T., Váncza, J., Monostori, L.: A market approach to holonic manufacturing. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 45(1), 433-436, (1996).

- Monostori, L., Váncza, J., Kumara, S.R.T.: Agent-based systems for manufacturing. CIRP Annals - Manufacturing Technology, 55(2), 697-720, (2006).
- Kis, T. A branch-and-cut algorithm for scheduling of projects with variable-intensity activities. Math. Program. 103, 515–539, (2005).
- Váncza, J.; Monostori, L.; Lutters, E.; Kumara, S.R.; Tseng, M.; Valckenaers, P.; Van Brussel, H.: Cooperative, responsive manufacturing enterprises, CIRP Annals – Manufacturing Technology, 60(2), 797-820. (2011)
- Monostori, L., Kádár, B., Bauernhansl, T., Kondoh, S., Kumara, S., Reinhart, G., Sauer, O., Schuh, G., Sihn, W., Ueda, K.: Cyber-physical systems in manufacturing, CIRP Annals – Manufacturing Technology, 65(2), 621-641. (2016)
- Monostori, L., Kis, T., Váncza, J., Kádár, B. and Erdős, G.: Real-time, cooperative enterprises for customized mass production. International Journal of Computer Integrated Manufacturing, 22(1), 55-68, (2009).
- Wang, X. V., Kemény, Zs., Váncza, J., Wang, L.: Human–robot collaborative assembly in cyber-physical production: Classification framework and implementation. CIRP Annals - Manufacturing Technology, 66(1), 5-8, (2017).

26. Lényeges hozzájárulások az **űr** kutatás, **űrtávközlés** témakörhöz:

- L. Dudás, L. Varga, R. Seller, "The Communication Subsystem of Masat-1, the First Hungarian Satellite," In: Kulpa, KS; Romaniuk, RS (ed.) PHOTONICS APPLICATIONS IN ASTRONOMY, COMMUNICATIONS, INDUSTRY, AND HIGH-ENERGY PHYSICS EXPERIMENTS 2009., Bellingham (WA), USA: SPIE-INT SOC OPTICAL ENGINEERING, (2009) pp. 1-4. Paper: 75020L , 4 p.
- L. Dudas, A. Gschwindt, "The communication and spectrum monitoring system of Smog-1 PocketQube class satellite," 2016 21st International Conference on Microwave, Radar and Wireless Communications (MIKON), Krakow, 2016, pp. 1-4.

27. Lényeges hozzájárulások a **beszédakusztikai kutatások** témakörhöz:

- Mihajlik P, Tuske Z, Tarjan B, Nemeth B, Fegyo T: Improved Recognition of Spontaneous Hungarian Speech-Morphological and Acoustic Modeling Techniques for a Less Resourced Task, IEEE TRANSACTIONS ON AUDIO SPEECH AND LANGUAGE PROCESSING 18: (6) pp. 1588-1600.
- Olaszy, G ; Németh, G ; Gordos, G ,The MULTIVOX multilingual text-to-speech converter, In: Bailly, G; Benoit, C; Swallis, T (szerk.) Talking machines: Theories, Models and Applications, Amsterdam, Hollandia : North-Holland Publishing Company, (1992) pp. 385-411. , 27 p.
- Németh, G ; Zainkó, C ; Fekete, L ; Olaszy, G ; Endrédi, G ; Olaszi, P ; Kiss, G ; Kis, P, The design, implementation and operation of a Hungarian e-mail reader, INTERNATIONAL JOURNAL OF SPEECH TECHNOLOGY 3 : 3-4 pp. 217-236. , 20 p. (2000)
- Németh, G ; Kiss, G ; Tóth, B, Cross Platform Solution of Communication and Voice / Graphical User Interface for Mobile Devices in Vehicles In: Abut, H; Hansen, J H L; Takeda, K (szerk.) Advances for In-Vehicle and Mobile Systems: Challenges for International Standards New York (NY), Amerikai Egyesült Államok : Springer, (2007) pp. 237-250. , 14 p.
- António, Teixeira ; Annika, Hämäläinen ; Jairo, Avelar ; Nuno, Almeida ; Géza, Németh ; Tibor, Fegyo ; Csaba, Zainkó ; Tamás, Csapó ; Bálint, Tóth ; André, Oliveira et al. Speech-centric Multimodal Interaction for Easy-to-access Online Services A Personal Life Assistant for the Elderly,PROCEDIA COMPUTER SCIENCE 27 pp. 389-397. , 9 p. (2014)
- Al-Radhi, Mohammed Salah ; Csapó, Tamás Gábor ; Németh, Géza, Continuous vocoder applied in deep neural network based voice conversion MULTIMEDIA TOOLS AND

APPLICATIONS: AN INTERNATIONAL JOURNAL 78 : 23 pp. 33549-33572. , 24 p. (2019)

Beszédakusztikai Adatbázisok. <http://lsa.tmit.bme.hu/databases.html>

Vicsi, K ; P, Roach ; A, Öster ; Z, Kacic ; P, Barczikay ; A, Tantos ; F, Csatári ; Zs, Bakcsi ; A, Sfakianaki: A multimedia, multilingual teaching and training system for children with speech disorders INTERNATIONAL JOURNAL OF SPEECH TECHNOLOGY 3 pp. 289-300. , 12 p. (2000)

Kiss, Gábor ; Vicsi, Klára: Mono- and multi-lingual depression prediction based on speech processing INTERNATIONAL JOURNAL OF SPEECH TECHNOLOGY 20 : 4 pp. 919-935. , 17 p. (2017)

28. Lényeges hozzájárulások a **távolsági (műholdas, légi, távkamerás) képek kiértékelése** témakörhöz:

Shadaydeh, M ; Zlinszky, A ; Manno-Kovács, A ; Sziranyi, T: Wetland mapping by fusion of airborne laser scanning and multi-temporal multispectral satellite imagery, INTERNATIONAL JOURNAL OF REMOTE SENSING 38 : 23 pp. 7422-7440. , 19 p. (2017)

Benedek, Csaba ; Shadaydeh, Maha ; Kato, Zoltán ; Szirányi, Tamás ; Zerubia, Josiane: Multilayer Markov Random Field Models for Change Detection in Optical Remote Sensing Images, ISPRS JOURNAL OF PHOTOGRAMMETRY AND REMOTE SENSING 107 pp. 22-37. , 16 p. (2015)

Manno-Kovacs, A ; Sziranyi, T: Orientation-selective building detection in aerial images, ISPRS JOURNAL OF PHOTOGRAMMETRY AND REMOTE SENSING 108 pp. 94-112. , 19 p. (2015)

Szirányi, T ; Shadaydeh, M: Segmentation of remote sensing images using similarity-measure-based fusion-MRF model, IEEE GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING LETTERS 11 : 9 pp. 1544-1548. Paper: 6730687 , 5 p. (2014)

29. Lényeges hozzájárulások a **3D (tér) és 4D (térbeli mozgás) új generációs térinformatikai rendszerek** témakörhöz:

Rózsa, Z ; Szirányi, T: Obstacle Prediction for Automated Guided Vehicles Based on Point Clouds Measured by a Tilted LIDAR Sensor, IEEE TRANSACTIONS ON INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS 19 : 8 pp. 2708-2720. , 13 p. (2018)

Nagy, B ; Benedek, Cs: 3D CNN Based Semantic Labeling Approach for Mobile Laser Scanning Data, IEEE SENSORS JOURNAL 19 : 21 pp. 10034-10045. , 12 p. (2019)

Benedek, Cs ; Gálai, B ; Nagy, B ; Jankó, Zs: Lidar-based Gait Analysis and Activity Recognition in a 4D Surveillance System, IEEE TRANSACTIONS ON CIRCUITS AND SYSTEMS FOR VIDEO TECHNOLOGY 28 : 1 pp. 101-113. , 13 p. (2018)

Benedek, Cs: An Embedded Marked Point Process Framework for Three-Level Object Population Analysis, IEEE TRANSACTIONS ON IMAGE PROCESSING 26 : 9 pp. 4430-4445. , 16 p. (2017)

Börcs, A ; Benedek, Cs: Extraction of Vehicle Groups in Airborne Lidar Point Clouds with Two-Level Point Processes, IEEE TRANSACTIONS ON GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING 53 : 3 pp. 1475-1489. , 15 p. (2015)

30. Lényeges hozzájárulások a **multispektrális észlelési módszerek matematikai eljárásai** témakörhöz:

Manno-Kovacs, A: Direction Selective Contour Detection for Salient Objects, IEEE TRANSACTIONS ON CIRCUITS AND SYSTEMS FOR VIDEO TECHNOLOGY 29 : 2 pp. 375-389. , 15 p. (2019)

Baráth, D ; Eichhardt, I ; Hajder, L: Optimal Multi-View Surface Normal Estimation using Affine Correspondences, IEEE TRANSACTIONS ON IMAGE PROCESSING 28 : 7 pp. 3301-3310. , 10 p. (2019)

Majdik, AL ; Till, C ; Scaramuzza, D: The Zurich urban micro aerial vehicle dataset, INTERNATIONAL JOURNAL OF ROBOTICS RESEARCH 36 : 3 pp. 269-273. , 5 p. (2017)

31. Lényeges hozzájárulások a **Digitális Holografikus Mikroszkóp** témakörhöz:

Göröcs, Z., Orzó, L., Kiss, M., Tóth, V., & Tőkés, S. (2010, November). „In-line color digital holographic microscope for water quality measurements”. In *Laser Applications in Life Sciences* (Vol. 7376, p. 737614). International Society for Optics and Photonics.

Orzó, L., Göröcs, Z., Fehér, A., & Tőkés, S. (2013). „In-line hologram segmentation for volumetric samples.” *Applied optics*, 52(1), A45-A55.

„Eljárás és berendezés minta fluoreszcencia-vizsgálatára”, P1600037, Magyar szabadalmi bejelentés

32. Lényeges hozzájárulások az **egészségügyi rizikóelemző módszerek** témakörhöz:

Gaál B, Vassányi I, Kozmann G: A Novel Artificial Intelligence Method for Weekly Dietary Menu Planning, 2005; METHODS OF INFORMATION IN MEDICINE 44: pp. 655-664.

Kozmann G, Tuboly G, Szathmáry V, Švehlíková J, Tyšler M: Computer modelling of beat-to-beat repolarization heterogeneity in human cardiac ventricles, BIOMEDICAL SIGNAL PROCESSING AND CONTROL 2014; 14: pp. 285-290

Szálka, B., Kósa, I., Vassányi, I., Mák, E. Support of diabetes dietary management and self-management using mobile applications. *Orv. Hetil.*, 2016, 157(29), 1147–1153

Kozmann Gy, Tuboly G, Kozmann Gy Z, Kiss O, Merkely B: Kardiovaszkuláris rizikótényezők okostelefonos vizsgálata, 2016; IME, 15: (4) pp. 42-46.

33. Lényeges hozzájárulások a **fonógrafikus magzatvizsgálati módszer** témakörhöz:

F. Kovács, G. Fodor, G. Hosszú: A Proposed Novel Method for CHD Screening by Fetal Heart Murmur Detection using Phonocardiography, *Int. Journal on Biomedicine and Healthcare*, Vol.1, No.1. (2013), pp. 160-164.

F. Kovács, Cs. Horváth, Á. T. Balogh, G. Hosszú: Fetal Phonocardiography – past and future possibilities, *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, vol. 104, no.1. (Oct. 2011) pp.19-25.

F. Kovács, Cs. Horváth, Á. T. Balogh, G. Hosszú: Extended Non-Invasive Fetal Monitoring by Detailed Analysis of Data Measured with Phonocardiography, *IEEE Trans. on Biomed. Eng.* vol. 58, no.1 (Jan. 2011) pp. 64-70.

F. Kovács, M. Török, I. Hábermajer: A Rule-Based Phonocardiographic Method for Long-Term Fetal Heart Rate Monitoring, *IEEE Trans. on Biomed. Eng.*, Vol-47, No.1 (2000), pp. 225-230.

M. Török, Zs. Turi, F. Kovács: Clinical experiences with telemedical care system in prenatal care, *Journal of Telemedicine and Telecare*, Nov. 1998, pp. 28-33.

F. Kovács, G. Hosszú, Á. T. Balogh, T. Zsedrovits, N. Kersner, A. Nagy, Gy: Screening of Congenital heart Diseases with Fetal Phonocardiograph, *Int. Conf. on Math. Biol. and Ecology*, ICMBE 4.-5. June 2015, New York

F. Kovács, M. A. Goda, T. Telek: A Proposed Phonography-Based Measurement of Fetal Breathing Movement Using Segmented Structures with Frequency Splitting, *Proc. Ann. Intern. Conf. IEEE Eng. Med. Biol. Soc., EMBC'20*, Montreal 13. July. 2020 (accepted)

34. Lényeges hozzájárulások a **mikro és nanotechnológia** témakörhöz:

Cs. Dücső, É. Vázsonyi, M. Ádám, I. Szabó, JGE. Gardeniers, A. van den Berg, Porous silicon bulk micromachining for thermally isolated membrane formation, *Sensors and Actuators A: Physical*, Volume 60, (1997) Pages 235-239

K. Molnar, T. Mohacsy, P. Varga, É. Vazsonyi, I. Barsony, Characterization of ITO/porous silicon LED structures, *Journal of Luminescence*, 80 (1-4) pp 91-97 (1998)

G. Vásárhelyi, M. Ádám, É. Vázsonyi, Z. Vizvary, A. Kis. I. Barsony, Cs. Dücső, Characterization of an integrable single-crystalline 3-D tactile sensor, *IEEE Sensors Journal* 6 (4) pp 928-934 (2006)

Khanh N Q Hamori A Fried M Ducso C Gyulai, Nondestructive detection of microvoids at the interface of direct-bonded silicon-wafers by scanning infrared microscopy, *Journal of The Electrochemical Society* 142 (7) pp 2425-2429 (1995)

Zolnai Z Ster A , Khanh NQ, Battistig G, Lohner T, Gyulai J, Kotai E, Posselt M, Damage Accumulation in Nitrogen Implanted 6H-SiC: Dependence on the Direction of Ion Incidence and on the Ion Fluence, *Journal of Applied Physics* 101 (2) 11 p. (2007)

Vazsonyi E, Szilagy E, Petrik P, Horvath ZE, Lohner T, Fried M, Jalsovszky G, Porous silicon formation by stain etching, *Thin Solid Films* 388 (1-2) pp 295-302 (2001)

Adam M, Mohacsy T, Jonas P, Dücső Cs, Vazsonyi E, Barsony I, CMOS integrated tactile sensor array by porous Si bulk micromachining, *Sensors and Actuators A-Physical* 142 (1) pp 192-195 (2008)

Kadar G, Vazsonyi E, Borbely S, Kali G, Small angle neutron scattering in p(+)-doped porous silicon, *Journal of Porous Materials* 7 (1-3) pp 331-334 (2000)

Grand L, Pongrácz A, Vázsonyi E, Márton G, Gubán D, Fiáth R, Kerekes BP, Karmos G, Ulbert I, Battistig G, A novel multisite silicon probe for high quality laminar neural recordings, *Sensors and Actuators A-Physical* 166 (1) pp 14-21 (2011)

Volk, J ; Balazs, J ; Toth, AL ; Barsony, I, Porous silicon multilayers for sensing by tuneable IR-transmission filtering, *SENSORS AND ACTUATORS B-CHEMICAL* 100 : 1-2 pp. 163-16, 5 p. (2004)

Volk, J ; Nagata, T ; Erdélyi, R ; Bársony, I ; Tóth, AL ; Lukács, IE ; Czigány, Zs ; Tomimoto, H ; Shingaya, Y ; Chikyow, T, Highly Uniform Epitaxial ZnO Nanorod Arrays for Nanopiezotronics, *NANOSCALE RESEARCH LETTERS* 4 : 7 pp. 699-704, 6 p. (2009)

Zsófia, Baji; Zoltán, Lábadi; Zsolt, E Horváth; György, Molnár; János, Volk; István, Bársony; Péter, Barna, Nucleation and Growth Modes of ALD ZnO, *CRYSTAL GROWTH & DESIGN* 12: 11 pp. 5615-5620, 6 p. (2012)

Szabó, Z; Volk, J; Fülöp, E; Deák, A; Bársony, I, Regular ZnO nanopillar arrays by nanosphere photolithography, *PHOTONICS AND NANOSTRUCTURES* 11: 1 pp. 1-7, 7 p. (2013)

Ferenc, Bíró; Zoltán, Hajnal; István, Bársony; Csaba, Dücső, MEMS Microhotplate Constraints, In: Sergey, Y. Yurish (szerk.) *Advances in Microelectronics: Reviews*, Barcelona, Spanyolország: IFSA Europe Group, (2019) pp. 49-67, 19 p.

Furjes, P; Vizvary, Zs; Adam, M; Morrissey, A; Ducso, Cs; Barsony, I, Thermal investigation of micro-filament heaters, *SENSORS AND ACTUATORS A-PHYSICAL* 99: 1-2 pp. 98-103, 6 p. (2002)

Szentpáli, B; Basa, P; Fürjes, P; Battistig, G; Bársony, I; Károlyi, G; Bercei, T; Rymanov, V; Stöhr, A, Thermopile antennas for detection of millimeter waves, *APPLIED PHYSICS LETTERS* 96: 13 Paper: 133507, 3 p. (2010)

Horváth, Zs; Basa, P; Molnár, KZ; Molnár, Gy; Jászi, T; Pap, AE, Effect of location of Si or Ge nanocrystals on the memory behavior of MNOS structures., *PHYSICA E-LOW-DIMENSIONAL SYSTEMS & NANOSTRUCTURES* 51 pp. 104-110, 7 p. (2013)

Rakovics, V; Nádas, J; Réti, I; Ducso, C; Battistig, G, Growth and characterization of broad spectrum infrared emitting GaInAsP/InP heterostructures, *JOURNAL OF CRYSTAL GROWTH* 468 pp. 572-575, 4 p. (2017)

Rakovics, V; Serényi, M; Püspöki, S, Single-step growth of InGaAsP/InP laser array on patterned InP substrate, PHYSICA E-LOW-DIMENSIONAL SYSTEMS & NANOSTRUCTURES 23: 3-4 pp. 334-338, 5 p. (2004)

35. Lényeges hozzájárulások a **gáz- és nedvességérzékelés** témaköréhez:

Mizsei, J.; How Can Sensitive and Selective Semiconductor Gas Sensors Be Made? SENSORS AND ACTUATORS B-CHEMICAL 23: 2-3 pp. 173-176, 4 p. (1995)

L, Juhász; J, Mizsei; Humidity sensor structures with thin film porous alumina for on-chip integration, THIN SOLID FILMS 517: 22 pp. 6198-6201 4 p. (2009)

J, Mizsei; Forty Years of Adventure with Semiconductor Gas Sensors, PROCEDIA ENGINEERING 168 pp. 221-226, 6 p. (2016)

36. Lényeges hozzájárulások az **elektrotermikus szimuláció** témaköréhez:

Székely, V.; Bien, T. V., Fine structure of heat flow path in semiconductor devices: a measurement and identification method, SOLID-STATE ELECTRONICS 31:9 pp. 1363-1368 (1988), DOI: 10.1016/0038-1101(88)90099-8

Székely, V., On the representation of infinite-length distributed RC one-ports, IEEE TRANSACTIONS ON CIRCUITS AND SYSTEMS II - ANALOG AND DIGITAL SIGNAL PROCESSING 38:7 pp. 711-719., (1991), DOI: 10.1109/31.135743

Székely, V., Identification of RC Networks by Deconvolution: Chances and Limits, IEEE TRANSACTIONS ON CIRCUITS AND SYSTEMS I - FUNDAMENTAL THEORY AND APPLICATIONS 45:3 pp. 244-258., (1998), DOI: 10.1109/81.662698

Szekely, V.; Rencz, M., Thermal Dynamics and the Time Constant Domain, IEEE TRANSACTIONS ON COMPONENTS AND PACKAGING TECHNOLOGIES 23:3 pp. 587-594., (2000), DOI: 10.1109/6144.868862

Rencz, M.; Szekely, V., Dynamic Thermal Multiport Modeling of IC Packages, IEEE TRANSACTIONS ON COMPONENTS AND PACKAGING TECHNOLOGIES 24:4 pp. 596-604., (2001), DOI: 10.1109/6144.974946

Poppe, A.; Zhang, Y.; Wilson, J.; Farkas, G.; Szabo, P.; Parry, J.; Rencz, M.; Szekely, V., Thermal measurement and modeling of multi-die packages, IEEE TRANSACTIONS ON COMPONENTS AND PACKAGING TECHNOLOGIES 32:2 pp. 484-492., (2009), DOI: 10.1109/TCAPT.2008.2004578

Székely, V.; Poppe, A.; Páhi, A.; Csendes, A.; Hajas, G.; Rencz, M., Electro-thermal and logi-thermal simulation of VLSI designs, IEEE TRANSACTIONS ON VERY LARGE SCALE INTEGRATION (VLSI) SYSTEMS 5:3 pp. 258-269., (1997), DOI: 10.1109/92.609868

Rencz, M.; Székely, V., Studies on the nonlinearity effects in dynamic compact model generation of packages, IEEE TRANSACTIONS ON COMPONENTS AND PACKAGING TECHNOLOGIES 27:1 pp. 124-130., (2004), DOI: 10.1109/TCAPT.2004.825750

Csendes, A., Szekely, V.; Rencz, M., An efficient thermal simulation tool for ICs, microsystem elements and MCMs: the μ S-THERMANAL, MICROELECTRONICS JOURNAL 29:4-5 pp. 241-255., (1998), DOI: 10.1016/S0026-2692(97)00064-5

Szekely, V.; Poppe, A.; Rencz, M.; Rosental, M.; Teszéri, T., THERMAN: a Thermal Simulation Tool for IC Chips, Microstructures and PW Boards, MICROELECTRONICS RELIABILITY 40:3 pp. 517-524., (2000), DOI: 10.1016/S0026-2714(99)00249-8

Pohl, L.; Kollár, E.; Poppe, A.; Kohári, Zs.; Nonlinear electro-thermal modeling and field-simulation of OLEDs for lighting applications I: Algorithmic fundamentals, MICROELECTRONICS JOURNAL 43:9 pp. 624-632., (2012), DOI: 10.1016/j.mejo.2011.06.011

Poppe, A., Multi-domain compact modeling of LEDs: an overview of models and experimental data, MICROELECTRONICS JOURNAL 46:12A pp. 1138-1151., (2015), DOI: 10.1016/j.mejo.2015.09.013

Poppe, A., Simulation of LED Based Luminaires by Using Multi-Domain Compact Models of LEDs and Compact Thermal Models of their Thermal Environment, *MICROELECTRONICS RELIABILITY* 72:5 pp. 65-74., (2017), DOI: 10.1016/j.microrel.2017.03.039

Poppe, A.; Farkas, G.; Gaál, L.; Hantos, G.; Hegedüs J.; Rencz, M., Multi-Domain Modelling of LEDs for Supporting Virtual Prototyping of Luminaires, *ENERGIES* 12:10 1909, (2019), DOI: 10.3390/en12101909

Abdulrazzaq, A. K.; Plesz, B.; Bognár, Gy. A Novel Method for Thermal Modelling of Photovoltaic Modules/Cells under Varying Environmental Conditions, *Energies* 13, 3318. (2020), DOI: 10.3390/en13133318

János, Mizsei; Jyrki, Lappalainen; Laszlo, Pohl, Active thermal-electronic devices based on heat-sensitive metal-insulator-transition resistor elements, *SENSORS AND ACTUATORS A-PHYSICAL* 267 pp. 14-20, 7 p. (2017)

Lappalainen, J; Mizsei, J. ; Huotari, M. Neuromorphic thermal-electric circuits based on phase-change VO₂ thin-film memristor elements, *JOURNAL OF APPLIED PHYSICS* 125 : 4 pp. 044501-1-044501-10. (2019)

37. Lényeges hozzájárulások a **fénydetektálás és emittálás** témaköréhez:

Schanda, J.; Csuti, P.; Szabó, F., Laboratory measurement of optical properties of LEDs, In: Lasance, C.J.M; Poppe, A. (szerk.), *Thermal Management for LED Applications*, New York (NY), Amerikai Egyesült Államok: Springer, [befoglaló mű DOI: 10.1007/978-1-4614-5091-7] (2014), pp. 167-196., DOI: 10.1007/978-1-4614-5091-7_5

Schanda, J.; Szabó, F.; Csuti, Colour fidelity for picture gallery illumination: Part 1: Determining the optimum LED spectrum, *LIGHTING RESEARCH AND TECHNOLOGY* 47:5 pp. 513-521., (2015), DOI: 10.1177/1477153514538643

Schanda, J.; Csuti, P.; Szabó, F., A new concept of colour fidelity for museum lighting: Based on an Experiment in the Sistine Chapel, *LEUKOS* 12:1-2 pp. 71-77., (2016), DOI: 10.1080/15502724.2014.978503

Szabó, F.; Bodrogi, P.; Schanda, J., Experimental modeling of colour harmony, *COLOR RESEARCH AND APPLICATION* 35:1 pp. 34-49., (2010), DOI: 10.1002/col.20558

Bodrogi, P.; Szabó, F.; Csuti, P.; Schanda, J., Why does the CIE Colour Rendering Index fail for white RGB LED light sources? In: T, Graham (szerk.) *CIE Expert Symposium on LED Light Sources: "LED Light Sources: Physical Measurement and Visual and Photobiological Assessment"*, Bécs, Ausztria: International Commission on Illumination (CIE), (2004) pp. 75-79.

38. Lényeges hozzájárulások a **bioanalitikai eszközfejlesztés** témaköréhez:

B. Szabó, A. Borbíró, P. Fürjes, Lab-on-a-chip rendszerek a betegágy melletti diagnosztikában, *Orvosi Hetilap* 156, 52, pp. 2096-2102, 2015.

G. Harsányi, *Sensors in Biomedical Applications: Fundamentals, Technology & Applications*, CRC Press, Taylor & Francis Group, 2000.

T. Lednický, A. Bonyár, Large Scale Fabrication of Ordered Gold Nanoparticle–Epoxy Surface Nanocomposites and Their Application as Label-Free Plasmonic DNA Biosensors, *ACS APPLIED MATERIALS AND INTERFACES* 12, 4, pp. 4804-4814, 2020.

A. Bonyár, I. Csarnovics, M. Veres, L. Himics, A. Csik, J. Kámán, L. Balázs, S. Kökényesi, Investigation of the performance of thermally generated gold nanoislands for LSPR and SERS applications, *SENSORS AND ACTUATORS B* 255, pp. 433-439, 2018.

D. Weiser, L.C. Bencze, G. Bánóczy F. Ender, R. Kiss, E. Kókai, A. Szilágyi, B.G. Vértessy, Ö. Farkas, C. Paizs, Phenylalanine ammonia-lyase catalyzed deamination of an acyclic amino acid - Enzyme mechanistic studies aided by a novel microreactor filled with magnetic nanoparticles, *CHEMBIOCHEM* 16: 16 pp. 2283-2288, 2015.

Ender, F.; Weiser, D.; Vitéz, A.; Sallai, G.; Németh, M.; Poppe, L., In-situ measurement of magnetic nanoparticle quantity in a microfluidic device, *MICROSYSTEM TECHNOLOGIES* 23:9 pp. 3979-3990., (2017), DOI: 10.1007/s00542-015-2749-3

B. Decsi, R. Krammer, K. Hegedűs, F. Ender, B. Gyarmati, A. Szilágyi, R. Tóth, G. Katona, Cs. Paizs, Gy. Balogh, Liver-on-a-Chip–Magnetic nanoparticle bound synthetic metalloporphyrin-catalyzed biomimetic oxidation of a drug in a magnechip reactor, *MICROMACHINES* 10: 10 Paper: 668, 2019.

E. Holczer, P. Fürjes, Effects of embedded surfactants on the surface properties of PDMS; applicability for autonomous microfluidic systems, *MICROFLUIDICS AND NANOFUIDICS* 21: 81, 2017.

K. Papp, E. Holczer, Cs. Kecse-Nagy, Z. Szittner, V. Lóránd, P. Rovero, J. Prechl, P. Fürjes, Multiplex determination of antigen specific antibodies with cell binding capability in a self-driven microfluidic system, *SENSORS AND ACTUATORS B* 238, pp. 1092-1097, 2017.

E. L. Tóth, E. G. Holczer, K. Iván, P. Fürjes, Optimized Simulation and Validation of Particle Advection in Asymmetric Staggered Herringbone Type Micromixers, *MICROMACHINES* 6, 136-150, 2015.

Z. Fekete, P. Nagy, G. Huszka, F. Tolner, A. Pongrácz, P. Fürjes: Performance characterization of micromachined particle separation system based on Zweifach-Fung effect, *SENSORS AND ACTUATORS B* 162, pp. 89-94, 2012.

P. Kozma, A. Hámori, S. Kurunczi, K. Cottier, R. Horvath, Grating coupled optical waveguide interferometer for label-free biosensing, *SENSORS AND ACTUATORS B* 155, pp. 446–450, 2011.

J. Nador, B. Kalas, A. Saftics, E. Agocs, P. Kozma, L. Korosi, I. Szekacs, M. Fried, R. Horvath, P. Petrik, Plasmon-enhanced two-channel in situ Kretschmann ellipsometry of protein adsorption, cellular adhesion and polyelectrolyte deposition on titania nanostructures, *OPT. EXPRESS* 24, 4812, 2016.

B. Kalas, J. Nador, E. Agocs, A. Saftics, S. Kurunczi, M. Fried, P. Petrik, Protein adsorption monitored by plasmon-enhanced semi-cylindrical Kretschmann ellipsometry, *APPLIED SURFACE SCIENCE* 421, pp. 585–592, 2017.

A. Zátonyi, G. Orbán, R. Modi, G. Márton, D. Meszéna, I. Ulbert, A. Pongrácz, M. Ecker, W.E. Voit, A. Joshi-Imre, Z. Fekete, A softening laminar electrode for recording single unit activity from the rat hippocampus, *SCIENTIFIC REPORTS* 9. 37237, 2019.

39. Lényeges hozzájárulások a **környezetvédelmi megfelelés** témaköréhez:

Balázs Illés, Olivér Krammer, Attila Géczy, Reflow Soldering: Apparatus and Heat Transfer Processes, Book, Elsevier, 2020 July

Oliver Krammer, Péter Martinek, Balázs Illés, László Jakab, Machine learning-based prediction of component self-alignment in vapour phase and infrared soldering, *SOLDERING & SURFACE MOUNT TECHNOLOGY* 31: 3 (2019) pp. 163-168.

Attila Géczy, Balázs Illés, Zsolt Illyefalvi-Vitéz, Modeling Method of Heat Transfer During Vapour Phase Soldering Based on Filmwise Condensation Theory, *INTERNATIONAL JOURNAL OF HEAT AND MASS TRANSFER* 67, (2013) pp. 1145-1150.

Balázs Illés, Attila Géczy, Multi-Physics Modelling of a Vapour Phase Soldering (VPS) System, *APPLIED THERMAL ENGINEERING* 48 (2012) pp. 54-62.

B. Illés, I. Bakó, Numerical study of the gas flow velocity space in convection reflow oven, *INTERNATIONAL JOURNAL OF HEAT AND MASS TRANSFER* 70 (2014) 195-191.

Bálint Kovács; Attila Géczy; Gergely Horváth; István Hajdu; László Gál, Advances in Producing Functional Circuits on Biodegradable PCBs, *PERIODICA POLYTECHNICA-ELECTRICAL ENGINEERING AND COMPUTER SCIENCE* 60: 4 (2016) pp. 223-231.

40. Lényeges hozzájárulások a **minőség és megbízhatóság** témaköréhez:

Gábor Harsányi, Electrochemical Processes Resulting in Migrated Short Failures in Microcircuits, IEEE TRANSACTIONS ON COMPONENTS PACKAGING AND MANUFACTURING TECHNOLOGY PART A 18: 3 (1995) pp. 602-610.

Bálint Medgyes, Balázs Illés, Gábor Harsányi, Electrochemical Migration Behaviour of Cu, Sn, Ag and Sn63/Pb37, JOURNAL of MATERIALS SCI: MATERIALS in ELECTRONICS 23 (2012) 551-556.

Bálint, Medgyes; Balázs, Illés; Richárd, Bereny; Gábor, Harsányi, In situ optical inspection of electrochemical migration during THB tests, JOURNAL OF MATERIALS SCIENCE: MATERIALS IN ELECTRONICS 22: 6 pp. 694-700, 7 p. (2011)

Tamás, Hurtony; Attila, Bonyár; Péter, Gordon; Gábor, Harsányi, Investigation of intermetallic compounds (IMCs) in electrochemically stripped solder joints with SEM, MICROELECTRONICS RELIABILITY 52 pp. 1138-1142, 5 p. (2012)

Balázs Illés, Barbara Horváth, Gábor Harsányi, Effect of Strongly Oxidizing Environment on Whisker Growth from Tin Coating, SURFACE AND COATING TECHNOLOGY, 205 (2010) 2262-2266.

Balázs Illés, Barbara Horváth, Tin Whisker Growth from Micro-alloyed SAC Solders in Corrosive Climate, JOURNAL OF ALLOYS AND COMPOUNDS 616 (2014) 116–121. (2014))

41. Lényeges hozzájárulások a **ellipszometriai mérés technikák** témaköréhez:

P. Petrik, O. Polgár, M. Fried, T. Lohner, N.Q. Khánh, J. Gyulai, Ellipsometric characterization of damage profiles using an advanced model, J. Appl. Phys. 93 (2003) 1987.

P. Petrik, E.R. Shaaban, T. Lohner, G. Battistig, M. Fried, J.G. Lopez, Y. Morilla, O. Polgár, J. Gyulai, Ion implantation-caused damage in SiC measured by spectroscopic ellipsometry, Thin Solid Films. 455–456 (2004).

P. Petrik, M. Fried, T. Lohner, O. Polgár, J. Gyulai, F. Cayrel, D. Alquier, Optical models for cavity profiles in high-dose helium-implanted and annealed silicon measured by ellipsometry, J. Appl. Phys. 97 (2005) 123514.

G. Battistig, N.Q. Khánh, P. Petrik, T. Lohner, L. Dobos, B. Pécz, J. García López, Y. Morilla, A view of the implanted SiC damage by Rutherford backscattering spectroscopy, spectroscopic ellipsometry, and transmission electron microscopy, Journal of Applied Physics. 100 (2006) 093507..

42. Lényeges hozzájárulások a **termikus tesztelés és kapcsolódó mérések** témakörhöz:

Rencz, M.; Székely, V., Measuring partial thermal resistances in a heat-flow path, IEEE TRANSACTIONS ON COMPONENTS AND PACKAGING TECHNOLOGIES 25:4 pp. 547-553., (2002)

Rencz, M.; Poppe, A.; Kollár, E.; Rész, S.; Székely, V., Increasing the accuracy of structure function based thermal material parameter measurements, IEEE TRANSACTIONS ON COMPONENTS AND PACKAGING TECHNOLOGIES 28:1 pp. 51-57., (2005)

Farkas, G., van Voorst Vader, Q.; Poppe, A.; Bognár, Gy., Thermal Investigation of High Power Optical Devices by Transient Testing, IEEE TRANSACTIONS ON COMPONENTS AND PACKAGING TECHNOLOGIES 28:1 pp. 45-50., (2005)

Farkas, G., Poppe, A.; Thermal testing of LEDs, In: Lasance, C.J.M; Poppe, A. (szerk.), Thermal Management for LED Applications, New York (NY), Amerikai Egyesült Államok: Springer, [befoglaló mű DOI: 10.1007/978-1-4614-5091-7] (2014) pp. 73-165.

Vass-Várnai, A.; Sárkány, Z.; Rencz, M., Characterization method for thermal interface materials imitating an in-situ environment, MICROELECTRONICS JOURNAL 43: 9 pp. 661-668., (2012)

Plesz, B.; András Vass-Várnai, A., Characterization of solar cells by thermal transient testing, *MICROELECTRONICS JOURNAL* 45:12 pp. 1710-1715., (2014)

Sárkány, Z.; Vass-Várnai, A.; Rencz, M., Analysis of concurrent failure mechanisms in IGBT structures during active power cycling tests, In: Proceedings of 16th Electronics Packaging Technology Conference (EPTC'14), (2014) pp. 650-654. Paper: 7028349

Sárkány, Z.; Rencz, M., Methods for the Separation of Failure Modes in Power-Cycling Tests of High-Power Transistor Modules Using Accurate Voltage Monitoring, *ENERGIES* 13:11 p. 2718, (2020)

Mizsei, J; Determination of SiO₂-Si Interface Trap Level Density (D_{it}) by Vibrating Capacitor Method, *SOLID-STATE ELECTRONICS* 44: 10 pp. 1825-1831, 7 p. (2000)

Mizsei, J; Surface Potential Mapping: Comparison of the Vibrating Capacitor and the SPV Method, *SOLID-STATE ELECTRONICS* 44: 3 pp. 509-513, 5 p. (2000)

Jean-Luc Everaert, E. Rosseel, A. Pap, A. Meszaros, J. Dekoster, T. Pavelka, Noncontact metrology for inversion charge carrier mobility by corona charge and photovoltage measurements on blank wafers with a gate dielectric, January 2011., *Journal of Vacuum Science & Technology B Microelectronics and Nanometer Structures* 29(1)

M. Tallian, A. Pap, D. Kosztka, and T. Pavelka; Leakage Current Measurements by Junction Photovoltage Technique, *AIP Conference Proceedings* 1321, 444 (2011);

J. L. Everaert), E. Rosseel, A. Pap, A. Meszaros, J. Dekoster, T. Pavelka; Noncontact metrology for inversion charge carrier mobility by corona charge and photovoltage measurements on blank wafers with a gate dielectric, *Journal of Vacuum Science & Technology B* 29, 01AB05 (2011);

T. Pavelka, A. Pap and Gy Szilagyi, "Carrier Lifetime Measurements in Silicon for Photovoltaic Applications", *ECS Transactions*, Vol. 11 (3), pp. 331-345 (2007).

F. Korsós, A. Jász, Lifetime Characterization of mc: Si Bricks by Upgraded μ -PCD Technique", *ECS Trans.*, Vol. 60 (1), pp. 1239-1244 (2014).

43. Lényeges hozzájárulások a **vezeték nélküli energiaátvitel** témaköréhez:

Zs. Badics, J. Pavo, S. Bilicz, Sz. Gyimothy, „Subdomain Perturbation Finite-Element Method for Quasi-static Darwin Approximation,” *IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS* 56:1 Paper: 7503304, 4p. (2020)

A. Bingler, S. Bilicz, Zs. Badics, Sz. Gyimothy, J. Pavo, „Integral Equation Formulations for Modeling Wireless Power Transfer Systems in Close Proximity to Foreign Objects,” *IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS* 55:6 Paper: 7202904, 4p. (2019)

Sz. Gyimothy, S. Kaya, D. Obara, M. Shimada, M. Masuda, S. Bilicz, J. Pavo, G. Varga, „Loss Computation Method for Litz Cables With Emphasis on Bundle-Level Skin Effect,” *IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS* 55:6 Paper: 6300304, 4p. (2019)

S. Bilicz, Zs. Badics, Sz. Gyimóthy, J. Pávó, „A full-wave integral equation method including accurate wide-frequency-band wire models for WPT coils,” *IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS* 54:3 Paper: 7203404, 4p. (2018)

J. Pávó, Zs. Badics, S. Bilicz, Sz. Gyimóthy, „Efficient Perturbation Method for Computing Two-Port Parameter Changes due to Foreign Objects for WPT Systems,” *IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS* 54:3 Paper: 7204604, 4p. (2018)

S. Bilicz, Zs. Badics, Sz. Gyimóthy, J. Pávó, „Modeling of Dense Windings for Resonant Wireless Power Transfer by an Integral Equation Formulation,” *IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS* 53:6 Paper: 7205904, 4p. (2017)

Zs. Badics, S. Bilicz, Sz. Gyimóthy, J. Pávó, „Finite Element-Integral Equation Full-Wave Multi-Solver for Efficient Modeling of Resonant Wireless Power Transfer,” *IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS* 52:3 Paper: 7207904, 4p. (2016)

S. Bilicz, Sz. Gyimóthy, J. Pávó, L. Tóth, Zs. Badics, B. Bálint, „Modeling of resonant wireless power transfer with integral formulations in heterogeneous media,” *IEEE T*

44. Lényeges hozzájárulások a **minőségbiztosítás** témaköréhez:

G. Bán, Villamosenergia-rendszerek elektromágneses tranziensei Budapest, Magyarország: Műszaki Könyvkiadó (1986), 350 p.

Dán, András ; Tersztyánszky, Tibor ; Varjú, György Villamosenergia-minőség Budapest, Magyarország Invest Marketing Bt. (2006) , 532 p. ISBN: 9632296192 BME OMIKK.

45. Lényeges hozzájárulás a **villámvédelem** témaköréhez:

Horváth Tibor: Fundamentals of Lightning and Lightning Protection Philadelphia (PA), Amerikai Egyesült Államok: Research Studies Press (2004) ISBN: 0863803016 Library of Congress.

46. Lényeges hozzájárulások a **villamos hajtások** témaköréhez:

Retter Gy Fuzzy, Neurális, genetikus, kaotikus rendszerek Budapest, Magyarország: Akadémiai Kiadó (2006) , 432 p

Halász S Villamos hajtások Budapest, Magyarország: Műegyetemi Kiadó (1993) , 399 p. ISBN: 9634505171

Hunyár M, Schmidt I, Veszprémi K, Vincze Gyné, Hunyár M (Szerkesztő) A megújuló és környezetbarát energetika villamos gépei és szabályozásuk Budapest, Magyarország: Műegyetemi Kiadó (2001) , 339 p. ISBN: 9634206700 OSZK

47. Lényeges hozzájárulások a **roncsolásmentes anyagvizsgálat** témakörhöz

J. Pávó, K. Miya, „Reconstruction of crack shape by optimization using eddy current field measurement,” IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS 30, pp. 3407-3410., (1994)

J. Pavo, A. Gasparics, I. Sebestyen, G. Vertesy, „Calibration of Fluxset sensors for the measurement of spatially strongly inhomogeneous magnetic fields,” SENSORS AND ACTUATORS A-PHYSICAL 110:1-3 pp. 105-111., (2004)

J. Pávó, Sz. Gyimóthy, „Adaptive inversion database for electromagnetic nondestructive evaluation,” NDT & E INTERNATIONAL 40:3 pp. 192-202., (2007)

S. Bilicz, L. Marc, Sz. Gyimóthy, J. Pávó, „Solution of Inverse Problems in Nondestructive Testing by a Kriging-Based Surrogate Model,” IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS 48:2 pp. 495-498., (2012)

S. Bilicz, „Sparse grid surrogate models for electromagnetic problems with many parameters,” IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS 52:3 Paper: 6200204 , 4p. (2016)

S. Bilicz, „Sensitivity analysis of inverse problems in electromagnetic non-destructive testing,” IET SCIENCE MEASUREMENT AND TECHNOLOGY (2020)

48. Lényeges hozzájárulások az **Elektrotechnikai Műhely** részéről

O. Bíró, K. R. Richter, CAD in electromagnetism, Advances in electronics and electron physics, vol. 82, pp. 1-96, Academic Press, 1991.

A. Iványi, Hysteresis Models in Electromagnetic Computation, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1997.

M. Kuczmann, A. Iványi, The Finite Element Method in Magnetism, Akadémiai Kiadó, Budapest, 2008.

G. Kovács, M. Kuczmann, Measuring and the hysteresis characteristics of permanent magnet, Physica B, vol. 549, pp. 62-68, 2017.

Krisztián Horváth, Márton Kuslits, Szilárd Lovas, "Model-based control algorithm development of induction machines by using a well-defined model architecture and rapid control prototyping" Electrical Engineering (2020). DOI: 10