

Magyar Tudományos Akadémia
Számítástechnikai és Automatizálási Kutatóintézet

H-1111 Budapest, Kende u. 13-17, 1518 Budapest, Pf. 63.

tel: 279-6159, e-mail: monostori.laszlo@sztaki.mta.hu

<http://www.sztaki.hu/>

Beszámoló az MTA SZTAKI
2016. évi tudományos tevékenységéről

Budapest, 2017. február 13.

TARTALOM

- I. A kutatóhely fő feladatai 2016-ban
- II. A 2016-ban elért kiemelkedő kutatási és más jellegű eredmények
 - a) Kiemelkedő kutatási és más jellegű eredmények
 - b) Tudomány és társadalom
- III. A kutatóhely hazai és nemzetközi K+F kapcsolatai 2016-ban
- IV. A 2016-ban elnyert fontosabb hazai és nemzetközi pályázatok rövid bemutatása
- V. A 2016-ban megjelent jelentősebb tudományos publikációk

I. A kutatóhely fő feladatai 2016-ban

Az intézet 2016-ban megfogalmazott küldetése szerint „erős – és jellemzően célzott – alapkutatási tevékenységre támaszkodva, széleskörű hazai és nemzetközi együttműködések keretében hoz létre új eredményeket, és támogatja azok alkalmazását a gazdaság és a társadalom fenntartható fejlődésének érdekében, ugyanakkor működési területén segít megőrizni és lehetőség szerint magasabb szintre emelni a hazai tudományos-műszaki kultúrát”.

Jelenlegi tevékenységük fő iránya a *kiber-fizikai rendszerek (Cyber-Physical Systems, CPS)* kutatása, mely összefogja és a nemzetközi kutatás egyik kiemelt áramlatába emeli munkájukat. E szellemben alakítják ki és üzemeltetik laboratóriumait (i4D intelligens tér, irányítástechnikai, SmartFactory, felhő-számítás, kooperatív kiber-fizika kutatási laboratóriumok), az elméleti kutatás és a mérnöki megközelítés új kölcsönhatásait létrehozva.

A kiber-fizikai rendszerek olyan számítási struktúrák, melyek intenzív kapcsolatban állnak a környező fizikai világgal, annak folyamataival, egyúttal támogatják és hasznosítják az internet adatelérési és adatfeldolgozási szolgáltatásait. A kiber-fizikai megközelítések „okos” városokhoz, gyártási, közlekedési, logisztikai, energetikai rendszerekhez vezethetnek és hozzájárulhatnak egy újabb életminőség megteremtéséhez. A kiber-fizikai gyártórendszerek (*Cyber-Physical Production Systems, CPPS*) egyre inkább elfogadott nézet szerint megalapozhatják a 4. Ipari Forradalmat, melyet gyakran Industry 4.0-ként is említene.

A kiber-fizikai rendszerekkel szembeni támasztott elvárások már most hatalmasak, és az újonnan megjelenő technológiákkal gyors ütemben bővülnek: robusztusság, önszerveződés, adaptív helyzetfelismerés, transzparencia, előreláthatóság, hatékonyság, interoperabilitás, globális nyomon követhetőség; csak a legfontosabbakat említve. A kooperatív irányítás, a multi-ágens rendszerek, a komplex adaptív rendszerek, az emergens (kibontakozó) rendszerek, a szenzorhálózatok, az adatbányászat stb. területén elért kiemelkedő eredmények további jelentős előrelépések iránti várakozást generálnak, folyamatossá téve így a kutatás iránti igényt.

II. A 2016-ben elért kiemelkedő kutatási és más jellegű eredmények

a) Kiemelkedő kutatási és más jellegű eredmények

A következőkben az intézet négy alapkutatási főirányának (számítástudomány, rendszer- és irányításelmélet, mérnöki és üzleti intelligencia, gépi érzékelés és interakció) bemutatása mellett öt alfejezet foglalja össze, hogy alapkutatási eredményeik miképpen támogatják az EU Horizon 2020-ban kiemelt jelentőségűnek tartott szakterületeket, amelyek egyben illeszkednek hazánk S3 szakosodási tervezetéhez, a Széchenyi 2020 célkitűzéseire és az Irinyi Tervhez. Így külön alfejezet taglalja a járműipar és közlekedés, a termelésinformatika és logisztika, az energia és fenntartható fejlődés, a biztonság és felügyelet, valamint a hálózatok, az elosztott számítások és a jövő internete témakörökben elért alkalmazásorientált eredményeiket.

ALAPKUTATÁSI FŐIRÁNYOK

Számítástudomány

Számítástudományi kutatásaik során több, egymással összefüggő terület szinergiáját aknázzák ki: ilyenek az algoritmusok elmélete, kiemelten a párhuzamosítás, az új hardver-architektúrák kihasználása céljából; az adatbányászat és információ-visszakeresés; a gépi tanulás, adatbázisok elmélete, illetve a nagyméretű (extremális) gráfok. Adattudománnyal kapcsolatos alap- és alkalmazott kutatásaik meghatározója a matematikusi és mérnöki munka együttélése:

a kutatás alapvetően kísérleti jellegű, ugyanakkor az adatok óriási mérete miatt az eljárások mély algoritmuselméleti és valószínűségszámítási ismereteken, matematikailag bizonyítható alapokon kell, hogy álljanak.

2016-ban elért főbb eredményeik:

- A *paraméteres algoritmusok* területén kutatásaik egyik fő iránya az úgynevezett négyzetgyök-jelenség síkgráfokon, vagyis az a jelenség, hogy síkgráfok esetén a legtöbb kombinatorikus problémára az optimális algoritmus a paraméter négyzetgyökében exponenciális. Korábbi eredményeket jelentős mértékben általánosítva és kiterjesztve megmutatták, hogy ez a jelenség fennáll számos olyan algoritmikus probléma esetén, amely minták keresését modellezi síkgráfokon. Hasonló eredményt sikerült elérni a síkbeli ponthalmazok háromszöghálóinak leszámllására is.
- Az irányított gráfokkal modellezett *hálózattervezési problémák* két klasszikus feladata az egy adott pontból a többi terminál elérhetőségét biztosító minimális súlyú hálózat, illetve az összes terminál között minden irányban elérhetőséget biztosító hálózat tervezése. A két hasonlóan tűnő feladat nagyon különbözőképpen viselkedik paraméteres bonyolultság szempontjából. Számos további hálózattervezési feladatot lehet definiálni az elérhetőségi igények előírásával. Teljesen feltérképezték azokat az igénymintákat, amelyek esetén a probléma megoldható uniform polinomiális futási időben, megmutatva, hogy az összes többi esetben egy nehéz algoritmikus problémát kapunk.
- *Algebrai algoritmusok*: randomizált polinom idejű algoritmust adtak háromnál több változós kvadratikus formák nemtriviális nullhelyeinek számítására páratlan karakterisztikájú véges test feletti függvénytest mint alaptest felett. Az új módszer az inputforma kétfelé választásán nyugszik, ami után olyan értéket kell hatékonyan találni, amelyet mindkét kapott forma felvesz. Az eredmény véges testek feletti irreducibilis és bizonyos kongruenciafeltételeknek eleget tevő polinomok számára vonatkozó erős becslésen is alapul.
- Determinisztikus polinom idejű módszert javasoltak nemkommutatív mátrix rangszámítására, abban az esetben, amikor a mátrix elemei többváltozós lineáris polinomok. A nem kommutatív rang értelmezésekor a mátrixot a változók által generált szabad ferdetest feletti mátrixként kell tekinteni.

A fenti kutatásokat jórészt *ERC Starting Grant* és *MTA Lendület* támogatással végezték. Alapvető eredményeikre támaszkodó kutatás-fejlesztési tevékenységük legjelentősebb ipari partnerei az Ericsson Magyarország, az AEGON Magyarország, az OTP Bank, és a Bosch.

Rendszer- és irányításelmélet

A kutatás fő tématerületei a rendszermodellezés és -identifikáció, az adaptív és robusztus irányítási, jelfeldolgozási és szűrési módszerek, az elosztott és hálózatba kapcsolt rendszerek irányítása, valamint a folyamatrendszerek. A lineáris és nemlineáris rendszerek, mind folytonos, mind diszkrét idejű megközelítésben, valamint a determinisztikus és sztochasztikus szemléletmód egyaránt figyelmet kapnak.

- A *nemlineáris rendszerek* irányításelméleti problémáihoz kapcsolódva LPV (Linear Parameter Varying) és qLPV (quasi Linear Parameter Varying) modelleket alkalmazó robusztus tervezés során felmerülő kérdésekben érték el új eredményeket. A konvencionális konvex LMI/LTI (Linear Matrix Inequality / Linear Time Invariant) tervezési eljárások LPV és qLPV feladatok megoldására általában igen konzervatív módon alkalmazhatók. Ez motiválja a lineáris rendszerek robusztus irányításának szeparációs elven és dinamikus IQC (Integral Quadratic Constraints) technikán alapuló

megközelítését. Új eredmények születtek a dinamikus IQC-k által felvetett és a zárt körben stabilitásörző faktorizációk jellemzésére, kimutatva az ún. Potapov-Ginsburg transzformáció szerepét. A Klein-féle megközelítés geometriai szemléletét előnyösen alkalmazták a robusztus kontroll világában: rávilágítottak a visszacsatolásos stabilitást garantáló halmaz és az azon értelmezhető stabilitást megőrző művelet tulajdonságainak csoportelméleti hátterére, valamint egyes, a robusztus stabilitási feladatok kezelése során alkalmazott megközelítések Jordan-algebrai kapcsolataira. Példát mutattak a kidolgozott geometriai eljárás Youla-parametrizációtól eltérő nemtriviális alkalmazására.

- *A hibadetektálás és a nulltér alapú strukturális rekonfiguráció* módszereit alkalmazó hibatűrő irányítórendszerek szintézisére és analízisére új megoldásokat vezettek be. Kidolgozták az annihilátor rendszerek tervezésének módszereit LPV és qLPV esetekre. A bevezetett nulltér alapú technikákkal módszert adtak stabilitás és performanciaörző hibatűrő rekonfiguráló algoritmusok tervezésére. Az itt elért eredményeket földi és légi járművek irányítási feladatainak megoldásában alkalmazták.
- *A flexibilis repülőgépszárnyak* és az ilyen jellegű mérnöki objektumokat leíró igen nagydimenziós matematikai modellek szisztematikus redukciós eljárásai terén további jelentős kutatási erőfeszítések történtek. A nagyon nagydimenziós LPV és qLPV rendszerek modális dekompozíció alapuló és az állapotok konzisztenciáját megőrző modellredukciós eljárásaiban sikerült új eredményeket elérni.
- *A jelfeldolgozás és rendszeridentifikáció* területén, a racionális ortogonális bázisokon alapuló identifikációs és a rendszerek pólusainak meghatározására kidolgozott módszerekre alapozva meghatároztak egy, a pólusok hiperbolikus távolságát figyelembe vevő H2 modellredukciós eljárást.

A rendszer- és irányításelméleti eredmények primer felhasználója az energia-, jármű- és közlekedéssipar (lásd a Járműipar és közlekedés, illetve az Energia és fenntartható fejlődés pontokat).

Mérnöki és üzleti intelligencia

A kiber-fizikai gyártó- és logisztikai rendszerek tervezésének, irányításának, illetve működésük változó viszonyokhoz való adaptálásának problémái több tudományterület – jellemzően a számítástudomány, az operációkutatás, a gyártástudomány és a tudásalapú módszerek – együttes művelését igénylik. A 2016-ban elért alapkutatói eredményeik közül elsősorban a következők emelendők ki:

- *Grid számítógépes környezetben* vizsgálták különböző *ütemezési stratégiák* javítási lehetőségét a munkák összevonása által.
- Approximációs sémákat adtak nemmegújuló erőforrásokkal kiegészített *párhuzamos gépes ütemezési problémákra*, és feltételt adtak approximációs sémák létezésére. Az új eredményekkel együtt a maximális befejezési idő célfüggvény approximálhatósága egy- és többgépes esetben is teljes mértékben tisztázódott.
- *Az erőforráskorlátos legrövidebb út problémára* dolgoztak ki új lineáris programozás alapú egzakt megoldási módszereket. A számítási eredmények egyik érdekes tapasztalata, hogy a széleskörűen használt benchmark feladatok nagy része egyszerű előfeldolgozással optimálisan oldható meg.
- Lineáris korlátozásokat és célfüggvényt, de egészértékű változókat is tartalmazó matematikai programok megoldásához használatos *vágásozttályokat* elemeztek. Egon Balassal közösen megmutatták, hogy a Balas és Margo által nemrég definiált általánosított metszenvágások egybeesnek a jól ismert felemelés-és-vetítés vágásokkal, valamint számos elégséges feltételt adtak arra nézve, hogy az új vágásozttály különböző legyen az egyszerű metszenvágásoktól. Ennek az a jelentősége, hogy az új vágásozttály

minőségileg különbözik számos, az egészértékű matematikai programok megoldására szolgáló programcsomagokban implementált vágásosztálytól.

- Meghatározó kutatóközpontokkal többéves nemzetközi együttműködésben készült átfogó dolgozatban foglalták össze a *kiber-fizikai gyártórendszerek* sajátosságait, kihívásait és jövőbeli alkalmazási lehetőségeit, rámutatva, hogy a gyártás- és informatikai tudományok egymásra kölcsönösen ható és összefonódó fejlődésében minőségileg új szakasz kezdődött.
- A korábbi SPS (*Sign-Perturbed Sums*) nemaszimptotikus, eloszlásfüggetlen identifikációs algoritmusuk továbbfejlesztéseként robusztus becslési módszert javasoltak, amely dinamikus rendszerek paraméteres becsléseihez nonszimmetrikus zajeloszlások esetén is garantált konfidenciatartományokat tud konstruálni. A javasolt módszert kiterjesztették LAD (*Least Absolute Deviation*) alapú megközelítésekre is.
- Kombinatorikus optimalizálási és geometriai következtetési módszerek felhasználásával hierarchikus megközelítést vezettek be *szereleési folyamattervezési* feladatok megoldására. A cél a szereleési feladatok lehető leghatékonyabb sorrendezése és erőforrásokhoz rendelése úgy, hogy a terv minden fontos technológiai, geometriai, stabilitási, stb. követelményt kielégítsen.
- Módszert dolgoztak ki redundáns, sok szabadságfokú ipari robotok trajektória tervezési feladatának megoldására. Az eljárás a munkadarab vagy a gyártócella koordinátarendszerében megadott műveleteket a robot csuklóterében végzett mozgásokká transzformálja, miközben hatékonyan használja ki a robot kinematikai láncának redundanciáját egy adott célfüggvény (pl. ciklusidő) optimalizálására.
- Új, Stackelberg-játékon és kétszintű programozáson alapuló módszert javasoltak intelligens energiahálózatokban végzett tarifaoptimalizálásra. A játékelméleti megközelítésben az energiahálózat üzemeltetője a fogyasztók különféle csoportjai modelljének felhasználásával úgy állíthatja be a tarifát, hogy a fogyasztók keresletválaszaként kiadódó hálózati szintű fogyasztás a lehető legjobban közelítse az üzemeltető által megcélzott értéket.

A kutatások részben az OTKA, részben az EU által támogatott projektek keretében folynak, amelyekben néhány esetben konzorciumvezetői szerepet is ellátnak. Elméleti eredményeik alkalmazott, iparban is hasznosuló kutatásokat alapoztak meg (lásd a Termelésinformatika és logisztika, illetve az Energia és fenntartható fejlődés pontokat).

Gépi érzékelés és interakció

Projektív geometria: Kutatásaik újdonsága, hogy a képeken nemcsak a vetített pontok helyét, hanem a térbeli testek mintázatának torzulásait is figyelembe veszik. A torzulást a képek között affin transzformációkkal írják le, amelyet a torzulások elsőrendű közelítésével lehet megkapni. A kidolgozott módszerek továbbfejlesztik a szakmában még szinte egyeduralkodónak számító pontalapú rekonstrukciós módszereket. Megmutatták, hogy az alkalmazott kamera paraméterei, a pontok kétdimenziós és háromdimenziós pozíciói, illetve a lefényképezett térbeli alakzatok felületi normálisai hogyan függenek össze.

- Levezették a képek között a síkok torzulását leíró ún. homográfia és az affin transzformáció közötti algebrai kapcsolatot. Bebizonyították, hogy egy mintapár közötti affin transzformációból és a minta két képen szereplő pozícióiból egyértelműen meghatározható a síkhomográfia, ha a képek között a fundamentális mátrix ismert. Ismeretlen fundamentális mátrix esetére pedig bebizonyították, hogy legkevesebb két mintapár szükséges a homográfia becsléséhez.
- Megmutatták, hogy két kép között az érvényes affin transzformációkra két algebrai megkötést lehet felírni az epipoláris geometria segítségével. Bebizonyították, hogy egy adott affin transzformációhoz az optimálisan becsülhető legközelebbi érvényes

transzformáció egy hatváltozós lineáris egyenletrendszer megoldásával rendelhető hozzá.

- Kimutatták, hogy az affin transzformációk segítségével a lefényképezett tárgyak felületéhez tartozó térbeli normálvektorokat optimálisan ki lehet számítani. Igazolták, hogy az affin transzformációkat is felhasználva pontosabb becslést lehet adni, mintha kizárólag a pozíciókból számítják a projekciós mátrixokat.
- A szakirodalomban leggyakrabban használt módszerekkel történő összehasonlításra kidolgoztak egy strukturált fényes szkennelésen alapuló rekonstrukciós módszert, amely képes nagy pontosságú, ún. *ground truth* adatok előállítására.

Multimodális távérzékelési adatok feldolgozása: Elméleti modellt dolgoztak ki, mely hatékonyan képes kezelni a multimodális adatokat (2D műholdképeket és 3D légi LIDAR pontfelhőket), illetve multitemporális adathalmaz esetén követni tudja az idő során bekövetkezett változásokat.

Mélytanulási eljárások képelemzésre és alakfelismerésre: Mély konvolúciós hálózatokkal új eredményeket értek el a szürke képek automatikus kiszínezésében, valamint a képi adatbázisok hatékony alkalmazásában.

A modern *mesterséges szemlencsék* több fókuszú leképezést valósítanak meg, ami lehetővé teszi a távoli és közeli objektumok éleslátását szemüveg alkalmazása nélkül. Multifokális videók készítésével, szimulációk segítségével megvizsgálták, hogyan reagál az emberi látórendszer arra, hogy ha egy látványnak egyszerre egy éles és életlen változata is a retinára vetül egy ilyen optika használatakor. A szimuláció alapján meghatározták a figyelmi (saliency) térképeket, és összehasonlították a kétfókuszú és az egyfókuszú esetben a figyelmi aktivitás gócpontjait. Az eredmények azt mutatták, hogy a különbség normál esetben nem jelentős, azaz az így megváltozott leképezés nem zavarja számottevően az automatikus figyelmi funkciókat.

A *holografikus képalkotás* fontos része a fókuszkeresés, a tárgy rekonstrukciós síkjának pontos megállapítása. Kidolgoztak a numerikus optika területén egy eljárást, amely az input objektumok képének frekvenciaterben történő manipulálásával – a numerikus apertúra utólagos változtatásával – képes az objektumok egyes képi tulajdonságait kiemelni, ezzel javítva a hagyományos kontraszt vagy intenzitás maximumon alapuló fókuszkereső módszerek teljesítményét, amelyek a holográfia területén e nélkül gyenge teljesítményt nyújtanak.

KUTATÁS-FEJLESZTÉSI TEVÉKENYSÉGEK

Járműipar és közlekedés

A járműipart és közlekedést érintő technológiai fejlesztéseket jellemzően a közúti és légi közlekedés eszközei és rendszerei strukturálják. Jelentős szerepet kap a kooperatív rendszerek elmélete, a járműirányító rendszerek tervezésének integrált módszerei, a korszerű hálózati kommunikációs eljárások, a járműfedélzeti szabályozó rendszerek hibatűrő kialakításai, valamint a vezetéstámogató rendszerek.

Földi gépjárművek és közlekedés

- A *SEPPAC* projektben az intelligens közúti közlekedéshez és infrastruktúra-fejlesztéshez kapcsolódó kutatás-fejlesztési tevékenység haszongépjárművek sebességprofiljának energiaoptimált tervezésére irányult. Itt az üzemanyag minimalizálásának igénye is megjelenik a menetidő minimalizálására vonatkozó szokásos elvárás mellett. A megoldás nagyszámú korlátozó tényezőt képes figyelembe venni, úgy, mint a domborzati viszonyokat, a forgalmi előírásokat, az időjárás és a

folyamatosan változó forgalmi körülményeket. A kidolgozott algoritmusok hatékonyságát mind számítógépes szimulációs, mind valós környezetben igazolták.

- *Hybrid vezérlés*: A hibrid és elektromos közúti járművek irányítórendszereinek összehangolt működtetésére elosztott és hierarchikus járműarchitektúrákat dolgoztak ki. Megoldások születtek a szenzorfüzióra és kommunikációs hálózatokra épülő integrált és kooperatív robusztus járműirányításokra, amelyekkel a biztonságos, hatékony és gazdaságos üzem biztosítható.
- Egy, a gépjárművezetőt támogató *kamera alapú, közlekedési jelzéseket és úttípust/környezetet érzékelő rendszer* kifejlesztése a Robert Bosch Tudásközpontban folyó munkákhoz kapcsolódott. Haszongépjárművek hatékony és gazdaságos működtetésére részlegesen automatizált járműplatform került kidolgozásra az üzemeltető és a gyártó igényeinek figyelembevételével a Knorr Bremse Fékrendszerek Kft.-vel folytatott kooperáció során.
- Mozgó tárgyak sebességének mérésére terveztek egymásbaágyazott, szimultán működésre képes, különböző érzékenységű *fotoszenzor mátrixokat tartalmazó érzékelő tömböt*. A szimulációk, illetve az előzetes mérések szerint a gyártás alatt levő szilícium chip képes lesz egyszerre éles képet is készíteni és a mozgó objektumok sebességét is mérni egyetlen expozíció segítségével. Az alacsony árfekvésű eszköz az intelligens város alkalmazásban kaphat jelentős szerepet.
- *Helyszínerzékelés térinformatikai adatbázis háttérrel*: Új algoritmikus eszköztárat fejlesztettek ki az autós környezetérzékelés és a térinformatikai (GIS) rendszerekben található pontos 3D pontfelhőtérképek együttes kiaknázásának támogatására, amivel a korszerű érzékelőkkel felszerelt autók valós időben juthatnak releváns információhoz a GIS rendszerek alapján történő gyors navigáláshoz, valamint lehetővé válik a járművek szenzoradatainak felhasználása a GIS rendszerek bővítéséhez és frissítéséhez.

Légi közlekedés

- A *VISION projekt* a légi közlekedés biztonságának javítását célozza új technológiákat használva a légi járművek navigációs és irányítási rendszerének támogatására. A célok között szerepel a repülőgépes navigáció kiegészítése gépi látás alapú rendszerekkel és fejlett előrejelzési módszerek alkalmazásával. A projekt keretében automatikus leszállást segítő rendszerek adatfeldolgozási, képfeldolgozási és szenzorfüziós módszereinek kutatása zajlott. Ennek során olyan új képfeldolgozási és szenzorfüziós módszereket dolgoztak ki, amelyek használatával lehetőség nyílik az adott geometriával rendelkező leszállóhely detektálására, valamint a gép és a pálya küszöbének távolságbecslésére és folyamatos felügyeletére. A kutatáshoz kapcsolódóan a pilóta nélküli légi járművek automatikus leszállító algoritmusait adaptálták a különböző (ILS, GPS) szenzorok kiesését figyelembe vevő újrakonfigurálható irányításokhoz. A megoldást a speciális feladatra létrehozott szimulációs környezetben tesztelték.
- *Fedélzeti látórendszer* segítségével vizuális alapú navigációs eszközt készítettek, amely képes a robotrepülőgép pontatlan inerciális szenzor adatait pontosítani (pl. a horizont vonalának valós idejű detektálásával), illetve a leszállópályához közelítve meg tudja állapítani a gép pozícióját és térbeli helyzetét a többi szenzor esetleges meghibásodása mellett is, ezáltal növelve a repülésbiztonságot.

Az ipari partnerek (Airbus, Bosch, Knorr-Bremse) bevonásával végzett európai és nemzeti kutatási projekteken az elméleti eredmények gyakorlati alkalmazhatóságát szem előtt tartva érték el ipari felhasználásra előkészített eredményeket a korszerű járműfedélzeti irányítórendszerek hibátűrő kialakításának tervezése, a járműflották koordinált irányítása, az intelligens vezető nélküli járműirányítási megoldások, szenzorfüziós módszerek alkalmazása és az elektronikus fék és kormány alkalmazásának integrált irányítási módszerei terén.

Termelésinformatika és logisztika

A termelésinformatikai és logisztikai K+F+I tevékenység termelő, szolgáltató és logisztikai rendszerek tervezésére és modellezésére, valamint azok működésének irányítására, optimalizálásra, monitorozására és valós viszonyokhoz való adaptálására irányul, üzemi, vállalati és hálózati szinten egyaránt. A legfontosabb, 2016-ban elért eredmények a következők:

- *Moduláris, újrakonfigurálható szerelőrendszerek* életciklus menedzsmentjéhez új módszertant fejlesztettek, amely segítségével minimalizálni lehet a rendszer teljes életciklus költségét, figyelembe véve a várható üzemeltetési költségeket már a rendszer tervezési fázisában.
- Olyan *robustus termelés- és kapacitástervezési módszertant* dolgoztak ki, amely a rugalmas, kézi szerelősorok esetén biztosítja a tervek végrehajthatóságát sztochasztikus műveleti idők, és változó termékhibaarányok esetén is, minimalizálva a gyártási költségeket.
- Az Audi Motor Hungaria Kft. részére fejlesztett egyedi *termeléstervező rendszer* validálását és finomhangolását végezték az összes gyártósoron, és támogatták a rendszer üzemi bevezetést megelőző pilot tesztet.
- A Hitachi Manufacturing Technology Research Center-rel, illetve a Fraunhofer Társaság stuttgarti intézetével közösen olyan *Manufacturing Service Bus (MSB)* alapú elosztott rendszert fejlesztettek ki, amelyben földrajzilag különálló, intelligens vezérlések egyszerűen és biztonságosan kapcsolhatók össze, logisztikai és gyártási adataik megosztása érdekében. Az elosztott rendszer valós idejű monitorozó, előrejelző és tervező modullal is rendelkezik.
- *Szerkezeti heterogeneitás* esetén – különösen dinamikusán változó hálózatokban – az adatszintű együttműködést és a valósidejű adatfeldolgozást biztosítja az a közös adattípusnyelv, az adatfolyam hálózat helyességét garantáló típusinferencia algoritmus valamint a reaktív-adatfolyam keretrendszer, melyeket egy logisztikai hálózatra is adaptáltak.
- Az egyre növekvő egyedi piaci igényekre reagálni képes termelési rendszerek folyamatainak és komplexitásának megfelelő, új információtechnológiai architektúrák fejlődési trendjét elemezték és meghatározták az *interoperabilitás* követelményeit.
- Az AQ Anton cég számára kifejlesztett betanított mesterséges neurális hálózatmodellek beépítésre kerültek a megmunkálógépek vezérléseibe, ahol üzemi körülmények közt valós időben működve azonosítják egyes megmunkálási műveletek kritikus állapotait.
- Az Opel Szentgotthárd Kft. számára kialakításra került egy üzemcsarnok szintű adatgyűjtő, -tároló, valamint konfigurálható beszámolókat és kimutatásokat kezelő *üzleti intelligencia szoftverrendszer*. A megoldás a cégcsoporton belül nemzetközi viszonylatban is mintaként szolgál.

A termelésinformatikai és logisztikai témakörökkel kapcsolatos alkalmazott kutatás-fejlesztés és ipari bevezetés jó része az Intézetben 2010-óta működő *Fraunhofer-SZTAKI Termelésmenedzsment és -informatika Projektközpont* keretében folyt.

Energia és fenntartható fejlődés

A fenntartható fejlődés egyik alapvető feltétele az energiatermelő, -szállító, és -átalakító rendszerek adaptálása a változó igényekhez és lehetőségekhez. E rendszerek irányítása és felügyelete területén a megújulás egyik kulcsa az informatikai eszköztár megnövelt adatfeldolgozási, -tárolási és -továbbítási kapacitása, ami az automatizálás és a hatékonyság növelése terén is új lehetőségeket nyit, de egyben új problémákat is felvet. Kiemelten foglalkoztak az alábbi témákkal:

- *Energiatermelő rendszerek irányítása és felügyelete* területén az intézet egyik legrégebbi múltra visszatekintő ipari tevékenysége az MVM Paksi Atomerőmű Zrt.-vel történő stratégiai együttműködésen alapul. Az erőmű üzemidő hosszabbítási projektjéhez kapcsolódóan ebben az évben is kiemelt feladat volt szakértői részvételük a meglévő irányítástechnikai rendszerek (pl. Atomerőmű Reaktorvédelmi Rendszerének, a Szabályozó és Biztonságvédelmi rendszernek) több évre nyúló felújításában és más ilyen jellegű projektek előkészítésében. Az intézet folytatta az erőmű kapacitásfenntartási munkáira vonatkozó együttműködést, valamint közreműködött a felépítendő új blokkok előkészítésével kapcsolatos irányítástechnikai szakértői feladataiban.
- A GE Hungary számára egy *okos város* projekt keretében kifejlesztettek egy felhőalapú analitikai modult, amely modern jelfeldolgozási és statisztikus tanulási módszereket alkalmazva elemezi Budapest XII. kerületében, a közvilágítási rendszerre telepített szenzorhálózat jeleit, és megbízhatósági információkkal ellátott előrejelzéseket és térképeket készít a mért mennyiségek alapján.
- Központi vezérlő architektúrát javasoltak *intelligens közvilágítási rendszerekhez*, amely lehetővé teszi a világítási rendszer irányítását, a rendszer és környezetének monitorozását és az összegyűjtött adatok szolgáltatását, valamint a rendszer optimális energiamedszmentjét. A megépült prototípusból származó mérési adatokon vizsgálták a hasonló rendszerek kulcsfontosságú műszaki és gazdaságossági kérdéseit.
- Befejezték az EC Joint Research Centre (JRC) megbízásából végzett speciális, hatékony *energiagazdálkodás* célját szolgáló matematikai megoldó rendszer fejlesztését. Az eredmény egy olyan optimalizálási motor, amely képes nagyméretű lineáris és másodrendű kúp programozási feladatok hatékony megoldására, továbbá elkészítettek egy interfészt az optimalizálási motor és az AIMMS modellező rendszer között.

Biztonság és felügyelet

- Az Európai Kiberbiztonsági Kampány során több országon átívelő összehangolt *kibertámadás kezelésével* kapcsolatosan komplex elemző és koordinációs feladatok megoldását végezték el.
- A ma alkalmazott *hiperspektrális kamerák* képkalkotó jellegüknel fogva csak néhány (4-25) hullámhosszon mérik a spektrumot. Ennek áthidalására olyan numerikus módszert dolgoztak ki, amely – kihasználva, hogy a spektrum lokálisan sima és csak pozitív értékekből áll – a teljes spektrumot visszaállítja. Megfelelő optikai szűrők alkalmazásával a spektrumrekonstrukció hibája egy tartományon belül annyira alacsony lesz, hogy a számított folytonos spektrum használhatóvá válik orvosi, élelmiszeripari, illetve mezőgazdasági alkalmazásokban.
- *Fluoreszcens és digitális holografikus mikroszkópia* kombinálásával kidolgoztak és szabadalmaztattak egy új mérési módszert, illetve eszközt ritka mikrobiológiai minták elemzésére. Az új eszköz kiterjeszti a hagyományosan 2D fluoreszcens mikroszkópiát a harmadik dimenzióba, ezáltal több százszorosára növelve a vizsgálati minta térfogatát. A mintában lévő algák fluoreszcens festékanyagot tartalmaznak, amit a fluoreszcens képérzékelő képes regisztráltan detektálni, és pozíciójukat átvinni a holografikus mikroszkóp képére.

Hálózatok, hálózati rendszerek és szolgáltatások, a jövő internete

- A *kommunikációs hálózatok* körében fontos fogalom az SRLG (Shared Risk Link Group). Ez összeköttetések olyan halmaza, amelyek esetleges együttes meghibásodására felkészítik a hálózatot. Az alaphálózat tervezésekor az SRLG-k listájának a megtervezése igen fontos; az itt elkövetett pontatlanság nagymértékben csökkentheti a hálózat megbízhatóságát. Regionális hibáról akkor beszélünk, amikor egyszerre több,

fizikai értelemben egymáshoz közeli hálózati elem hibásodik meg. Általános vélekedés szerint a lehetséges regionális hibák száma túlságosan magas ahhoz, hogy SRLG-ként felsoroljuk őket. Ezt a vélekedést cáfolták meg egy fontos esetben, amikor korlát adható a regionális hiba átmérőjére. Gyors algoritmust találtak a lehetséges SRLG-k felsorolására, amelyek számára kedvező felső korlátot adtak a hálózat alapvető paramétereinek a függvényében.

- *Occopus alapú munkafolyam szervezés*: Felhőalapú rendszerek használhatóságának kiterjesztése érdekében intenzív kutatásokat folytattak olyan eszközök kidolgozására, amik lehetővé teszik az alkalmazók számára, hogy komplex infrastruktúrákat tudjanak dinamikusan és skálázhatóan létrehozni. Ennek keretében továbbfejlesztették az Occopus cloud orchestrator rendszert és 4 új verziót hoztak nyilvánosságra.
- Az egyre népszerűbb *docker konténer alapú alkalmazások* támogatására kidolgozták a docker klaszter infrastruktúra létrehozásának módját az MTA Felhő-re és az általában elérhető legfontosabb kutatási és kereskedelmi felhőalapú rendszerek számára.
- *Precíziós mezőgazdaság*: továbbfejlesztettek egy, a régióban egyedülálló és kivételesen nagyszabású kutatási infrastruktúrát a precíziós mezőgazdaság elterjedésének támogatására. 2016-ban a kialakított Big Data és felhő alapú infrastruktúra közel 1000 kihelyezett komplex szenzoroszlop, több mint 50 gazdálkodó, összesen 110 mezőgazdasági területének mintegy 8000 hektárjáról gyűjt adatokat a döntéstámogatás hatékony előkészítéséhez.

b) Tudomány és a társadalom

Az *MTMT (Magyar Tudományos Művek Tára)* országos hatáskörű állami regiszter, amely speciális biztonsági és használati követelményeket támaszt. Készítik az országos tudományos publikáció-nyilvántartási rendszer új digitális archívumi szoftverrendszerét. A projekt keretében ebben az évben kifejlesztették a rendszer végső verzióját, és elkezdődött a rendszer következő évi bevezetésével végződő tesztelési és integrációs lépéssorozat.

Kidolgozták az *MTA Cloud koncepcióját*, és 2016. október 1-én átadták az akadémiai hálózat kutatóinak használatra. 2016 végéig az MTA Cloud szolgáltatást 8 akadémiai intézetből 18 projekt alkalmazta. Az európai Grid és Cloud infrastruktúrákért felelős EGI szervezettel együttműködési tárgyalások folynak, hogy hosszú távon az MTA Cloud legyen része az európai EGI Federated Cloud infrastruktúrának.

Az elmúlt 21 évhez hasonlóan folyamatosan üzemeltették az országban egyedülálló *KOPI plágiumkereső* internetes szolgáltatást és a *SZTAKISzótárt*, amely 2016-ban a kínai szótárral bővült és további nyelvbővítés is folyamatban van.

2016. májusában vezetésükkel megalakult a hazai kutatóintézetek, oktatási intézmények és magyarországi telephellyel rendelkező vállalkozások részvételével az *Ipar 4.0 Nemzeti Technológiai Platform (I4.0 NTP)*. Egyebek közt megszervezték az év során az I4.0 NTP két plenáris ülését, részt vettek az NTP mind a hét munkacsoportjában, az általuk vezetett Stratégia Munkacsoportban irányították a kormányzat számára készített „*Ipar 4.0 rövidtávú cselekvési terv*” kidolgozását, és részt vettek egy országos felmérés előkészítésében.

A HUNGEXPO-n évente megrendezett *Ipar Napjai* kiállításon „*Ipar 4.0: Új kihívások és lehetőségek*” címmel műhelytalálkozót szerveztek, ahol öt előadásban mutatták be kurrens kutatási-fejlesztési eredményeiket (2016. május 24).

2016. áprilisában az intézet által vezetett RobustPlaNet európai FP7 projekt sikeresen mutatkozott be a *Hannoveri Vásáron*. A kiállításon, külön szervezett szekcióban, a kutatók és fejlesztők demonstrálták a gyártórendszerek újrakonfigurációjában, a gyártókapacitások, valamint a termelésstervezés optimalizálásban elért eredményeiket.

A „Európai Robotikai Hét” (*European Robotics Week, ERW*) több mint 800 regisztrált eseménnyel 2016-ban Európa kiemelkedő ismeretterjesztői programjai közé tartozott. A jövő nemzedékének tájékoztatása érdekében óvodásokat is fogadtak a rendezvény keretében.

Az intézet kommunikációs tevékenységét korszerű csatornák, transzparencia, társadalmi felelősségvállalás, illetve a kutatói és marketing szemlélet dinamikus összeegyeztetése jellemzi. 2016-ban mintegy 60 kiadott sajtóközleménnyel és csaknem 250 médiamegjelenéssel a korábbi éveket is sikerült felülmúlniuk a külső kommunikációban. Az online média mellett tovább erősítették televíziós és rádiós, valamint nyomtatott médiás kapcsolataikat. 2016-ban cikksorozat jelent meg az intézet falai között zajló munkáról többek között a *Forbes*, *Computerworld*, *GyártásTrend*, *Techstory*, *Techmonitor*, *Piac és Profit*, *Magyar Idők*, valamint az *IT Business* hasábjain. A partnerek hírfolyamai mellett számos eredményük jelent meg a legnagyobb szakmai portálokon, szakújságok hasábjain, és szakértők több ízben nyilatkoztak a fontosabb kereskedelmi médiumokban – *Kossuth Rádió*, *RTL Klub*, *hirado.hu*, *index.hu*, *origo.hu*, *hvg.hu*, stb. – is. Az intézet naponta frissülő tartalommal volt jelen a közösségi médiában - *Facebook*, *LinkedIn*, *Wikipédia* -, de a videómegosztókon is - *YouTube*, *Videotorium* - magas a látogatottsága.

2016 végén elindult az intézet új honlapja, amely formájában, technológiájában, struktúrájában és tartalmában egyaránt illeszkedik az akadémiai nívóhoz, a 21. századi elvárásokhoz és célcsoportjaik tartalomfogyasztási igényeihez.

A *GUIDE@HAND* okostelefonos alkalmazáscsalád folyamatos fejlesztésének eredményeként már hatvan, az alkalmazásboltokból (App Store, Google Play) túlnyomórészt ingyen letölthető alkalmazás érhető el, többek között a kulturális örökség védelme, a turizmus, az oktatás, a sport, a kultúra és tudomány területén. Példaként a Széchenyi István Egyetemet, az Ipar 4.0 Nemzeti Technológiai Platformot, a Poptörténeti Tanösvényt, a Víz Világnapja és a Múzeumok Éjszakája eseményeit bemutató alkalmazások, az egészséget és az aktív életmódot támogató D+ Sport okostelefonos alkalmazás, valamint a „Ferencváros a forradalomban”, a „Pálos túra”, a Költészet Napjára készített „Ünnepi szonettkoszorú” vagy az első számítógépeket bemutató „Kalandos időutazás a múltban” című valós és virtuális séták említhetők meg.

III. A kutatóhely hazai és nemzetközi K+F kapcsolatai 2016-ban

Nemzetközi és kiemelkedő országos rendezvények szervezése

2016. május 26-28 közt rendezték meg Budapesten, az ELTE-vel együttműködve, az *European Chapter on Combinatorial Optimization* 29. konferenciáját (ECCO 2016).

Az intézet társszervezésében 2016-ban is megrendezésre került a *VIII. Magyar Számítógépes Grafika és Geometria Konferencia*. Közreműködtek a 2016. október 24–26. között az ELTE Informatikai Karán tartott *Informatics Europe Konferencia* megszervezésében.

Szeptember 4-6 között az *IMEKO (International Measurement Confederation)* nemzetközi tudományos szervezet az intézetben tartotta 59. *Közgyűlését*. Októberben az intézet adott otthon az *ERCIM (European Research Consortium on Informatics and Mathematics)* éves *Közgyűlésének* és az *Európai Manufature High Level Group* értekezletének.

A nagy ismertségnek örvendő *RecSys Challenge* 2016. évi versenyét az intézet valósította meg a XING professzionális közösségi portállal. A Németországban nagyon elterjedt XING segítségével többek között munkát lehet keresni, illetve álláshirdetéseket lehet feladni. Jelenleg a XING több mint 15 millió felhasználóval és 1 millió álláshirdetéssel rendelkezik. A XING célja a felhasználói számára legrelevánsabb állásajánlatok kiválasztása. A verseny során ezt a feladatot kellett a résztvevőknek a lehető legpontosabban megoldaniuk. A verseny

záró rendezvénye az *ACM RecSys 2016 Konferencián*, Bostonban történt.

Az OTP Bankkal együttműködve megszervezték a legfontosabb európai gépi tanulási konferencia, az *ECML/PKDD Discovery Challenge 2016 Bankkártya Használatalemző Versenyét*. Cél volt két feladatban megjósolni a banki felhasználók viselkedését. A nemzetközi mezőnyben több mint 30 csapat mérettetett meg. Az eredményeket az ECML/PKDD 2016 konferencián Olaszországban mutatták be.

Részt vettek a *MOL Bubi Adatelemlő Verseny* megszervezésében is.

Nemzetközi kapcsolatok

Az Intézet munkatársai aktívan közreműködnek témakörük legjelentősebb nemzetközi tudományos szervezeteinek (*IEEE, CIRP, IFAC, IMEKO, IAPR*) vezetésében, munkabizottságaiban és ezek egyes konferenciáinak, ill. műhelytalálkozóinak előkészítésében.

Folytatva sikeres szereplésüket az EU kutatási programjaiban – a VII. Keretprogramban 45 támogatást nyert projektben voltak résztvevők, 8 esetben konzorciumvezetői szerepet is elláttak – a Horizon 2020 program keretében eddig 12 elnyert projektről tudnak beszámolni, melyek közül háromban konzorciumvezetők.

Az intézet vezetésével készült „*Termelésinformatikai és Termelésirányítási Kiválósági Központ*” (*EPIC*) pályázat, amelyet az EU *Horizon 2020 Widening* program legnagyobb presztízsű, ún. *Teaming* kutatási kiválósági programjának keretében nyújtottak be, az európai rangsorban 2. helyezést ért el. Ezzel az Intézet, a német Fraunhofer Társaság, valamint a BME Közlekedés- és Járműmérnöki, valamint Gépészmérnöki Karai közti hosszú távú európai kooperáció intézményes alapjait teremtették meg. Egyrészt az EU által 2001-ben az intézetnek adományozott kiválósági központ cím, másrészt a 2010 óta sikeresen működő a Fraunhofer-SZTAKI Termelésmenedzsment és –informatika Projektközpont (FhG PMI) alapján így most az Intézetben létrejöhet a *kiber-fizikai rendszerek nemzetközileg elismert kiválósági központja*.

Az intézet jelentős gyakorlattal és projekttapasztalattal rendelkezik a kereskedelmi célú repülést és a gépjárműipart érintő kutatások és technológia fejlesztések területén. Az avionikai kutatások tekintetében a *Minnesotai Egyetem* repüléstechnikai tanszékével, az *USA Haditengerészetének Kutatási Hivatalával (ONR)*, a *Bordeaux-i Egyetem* rendszerelméleti laboratóriumával, valamint a német (DLR) és európai űrügynökséggel (ESA) ápoltt kapcsolatok említendők.

Folytatódott a *Hitachi Ltd., Manufacturing Technology Research Center*-rel a többéves együttműködés, ami ebben az évben is közös publikációhoz, két nemzetközi szabadalom benyújtásához és egy Hitachi-Fraunhofer-SZTAKI közös kutatási projekt indításához vezetett.

Otthont adnak a *World Wide Web Consortium Magyar Irodájának*, amely részt vesz a munkacsoportok tevékenységében, ezáltal közvetlenül hozzájárul a web fejlesztéséhez, valamint korai információkkal rendelkezik a web fejlődésének várható irányáról. Segíti a W3C nemzetközi szabványainak magyar elterjesztését, a W3C technológiákkal kapcsolatban felvilágosítást nyújt, és összekapcsolja az érdeklődőket a nemzetközi szakemberekkel.

Vállalati kutatás-fejlesztési kapcsolatok

A termelésinformatikai és logisztikai témakörökkel kapcsolatos alkalmazott kutatás-fejlesztés és ipari bevezetés jó része a *Fraunhofer-SZTAKI Termelésmenedzsment és –informatika Projektközpont* keretében folyt. Számos kis- és középméretű vállalat mellett a következő jelentős nagyvállalatokkal tartottak fenn kutatási-fejlesztési kapcsolatot: Audi Motor

Hungaria (termelés-tervező rendszer fejlesztése), GE Hungary (okos város), Opel (vizuális felismerés), Volvo (ember-robot szimbiózis a szerelésben), Knorr-Bremse Fékrendszerek Kft. (gyártórendszer konfiguráció), Festo, BPW, AQ Anton, Aventics Hungary, Hoya (digitális gyártás).

Folytatódott a Hitachi Ltd., *Manufacturing Technology Research Center*-rel az immár tízéves közös kutatás. Stratégiai együttműködés keretében biztosítják a Siemens PLM szoftver *Tecnomatix* termékvonalaának egyik kiemelkedő hazai kompetenciaközpontját.

Az intézet a felfedező kutatások eredményeivel járul hozzá a Győrben folyó, kiemelkedő színvonalú járműipari kutatásokhoz, jelenlétével egyidejűleg támogatva az alapvetően régiós műszaki és természettudományos K+F+I tevékenységeket. Az együttműködés bázisa az MTA által alapított és a győri Széchenyi István Egyetemen létrejött *Járműtechnológiai Kutatások Kiválósági Központja (J3K)*. Az új kutatóközpont működését az MTA, az Audi Hungaria, az egyetem és Győr városa együtt biztosítja.

Munkatársaik részt vettek a Zalaegerszegen megépítendő és az önvezető járművek prototípusainak kötelező ellenőrzését és azok műszaki teljesítménytesztjeinek lebonyolítását lehetővé tevő autóiipari tesztpálya specifikációs munkáiban. Szakértői közreműködtek az önvezető járművek közúton történő ellenőrző méréseinek lebonyolítását és az automatizált járművek forgalomba bocsátását szabályozó jogszabály megfogalmazásában.

Energetikai területen a meglévő blokkok hosszú távú biztonságos üzemeltetésének irányítástechnikai feladataiban az MVM Paksi Atomerőmű Zrt.-vel, míg a későbbi kapacitás-fenntartási feladatok irányítástechnikai vonatkozásaiban a MVM Paks II. Atomerőmű Fejlesztő Zrt.-vel és az MVM ERBE ENERGETIKA Mérnökiroda Zrt.-vel működnek együtt.

Az intézet győri telephelye után 2016-ban Kecskeméten is telephelyet hozott létre.

Hazai kapcsolatok, részvétel a felsőoktatásban

Az egyetemi graduális és posztgraduális oktatást az intézet továbbra is a kutatási tevékenység fontos velejárójaként és a jövőépítés elengedhetetlen feltételeként kezeli. Rendszeres oktatási tevékenységet folytatnak a következő hazai felsőoktatási intézményekben: BME, ELTE, Corvinus, Pannon Egyetem, PTE, ME, PPKE, CEU, Kecskeméti Egyetem. Átlagosan mintegy 20 PhD hallgató végzi kutatómunkáját az intézetben, vezető kutatók témavezetése mellett. A hazai doktori iskolákban munkatársaik 25 esetben szerepelnek külső és 5 ízben belső alapító tagként.

2016-ban együttműködési megállapodást írtak alá a BME-vel és az ELTE-vel közös, autonóm járműfejlesztési irányzatú MSc képzés(ek) kialakítására és végzésére.

IV. A 2016-ban elnyert fontosabb hazai és nemzetközi pályázatok rövid bemutatása

EPIC Center of Excellence in Production Informatics and Control
(*Monostori László, EU H2020 Teaming, 5 158 750 €, 2017-2024*)

A projekt célja az „Ipar 4.0 kutatási és innovációs kiválósági központ” létrehozása, az NKFIH koordinációja mellett, több Fraunhofer Intézettel és a BME két karával közösen.

SYSTEMATICGRAPH Systematic Mapping of the Complexity Landscape of Algorithmic Graph Problem
(*Marx Dániel, ERC, 1 532 000 €, 2017-2022*)

A pályázat gráfokon és hálózatokon felmerülő számítási problémák hatékony megoldhatóságát vizsgálja, hozzájárulva ezzel az alkalmazási területek sikeréhez.

COLA Cloud Orchestration at the Level of Application
(Kacsuk Péter, EU H2020, 455 000 €, 2017-2019)

A projekt fő célja, hogy olyan felhőalapú referencia keretrendszert hozzon létre, amely alkalmazás minták és sablonok segítségével lehetővé teszi a legkülönbözőbb vállalati alkalmazások gyors és hatékony adaptálását a legfontosabb felhő rendszerek számára.

Linking Transnational, multimodal traveller information and journey planning for
Danube environmentally-friendly mobility in the Danube Region
(Varga István, INTERREG EUROPE, 344 512 €, 2017-2019)

Nemzetek közötti, többcélú utazási információ és utazástervezés a környezetbarát mobilitásért a Duna-régióban.

INTRO4.0 Ipar 4.0 módszertan és technológia ipari bevezetésének előkészítése a KKV-k részére
(Haidegger Géza, EU EUREKA, 32 908 €, 2016-2018)

A projekt az IPAR4.0 technológiák bevezetésének elősegítésére keres megoldásokat, kiemelve a KKV-k célközönségét.

OWETIS Observation of Local Wetland Areas from Satellite Imaging
(Manno Kovács Andrea, European Space Agency, 119 999 €, 2017-2018)

Hiperspektrális műholdfelvételek alapján keresik a biodiverzitás ritka és elhagyott helyeit/foltjait, műholdképek elemzésével és helyszíni ellenőrző mérésekkel.

Ipar 4.0 Ipar 4.0 kutatási és innovációs kiválósági központ
(Váncza József, GINOP-2.3.2, 1 835 792 eFt, 2016-2020)

A projekt olyan csúcstechnológia területet céloz meg, ahol integrálódik a magas szintű alap kutatás szükségessége az égető gyakorlati igények kielégítésével.

Biomimicry Kizárólag magas iontartalmú folyadékban oldódni képes, 3D nyomtatásra
3D alkalmas, DNS kódrendszerrel ellátott polimer és az erre alapozott üzletileg
hasznosítható UAV-UUV drón hibrid prototípus fejlesztése
(Vanek Bálint, GINOP-2.2.1, 44 754 eFt, 2017-2019)

A projektben az intézet az elméleti robotpilóta architektúra és az ahhoz tartozó segédrendszerek, továbbá szenzorfüziós és navigációs rendszerek kidolgozását végzi.

OTKA Szó szerkezet felismerés mélytanulással
(Kornai András, OTKA, 44 000 eFt, 2016-2020)

A mélytanulós módszerek számos területén értek el áttöréseket az elmúlt években, ugyanakkor a szavak belső szerkezetének elemzése (morfológiai elemzés) egy olyan probléma marad, amit a kézzel írt szabályalapú rendszerek még mindig uralnak.

OTKA Tájékozódás dinamikus környezetben részleges látványokból
(Szirányi Tamás, OTKA, 35 516 eFt, 2016-2019)

A projekt egyik célja a szimultán lokalizálás és térképezés mint térképezési matematikai eljárás kiegészítése objektumokkal és eseményekkel. A kutatás további célja az extrém nézetváltással készült képek regisztrációja, vizsgálata mozgásstatisztikák alapján.

OTKA Instant környezet megfigyelés mobil járművekről újgenerációs
térinformatikai adatbázis háttérrel
(Benedek Csaba, OTKA, 47 952 eFt, 2016-2020)

A pályázat fő célja az instant autós érzékelés és a térinformatikai rendszerekben található információk együttes kiaknázásának támogatása.

MTA Rangsorolás páros összehasonlításokkal: elmélet és alkalmazások
Prémium (Csató László, MTA Prémium, 27 525 eFt, 2016-2019)

A projekt azt vizsgálja, hogy milyen kapcsolatban állnak egymással, a rangsorral szemben

támasztott követelmények és az irodalomban javasolt módszerek.

V. A 2016-ban megjelent jelentősebb tudományos publikációk

Könyvek

1. Kecskeméti G, Kertész A, Németh Zs (szerk.): Developing interoperable and federated cloud architecture. Hershey: IGI Global, 2016. 398 p. (ISBN:9781522501534)
2. Tettamanti T, Varga I, Csikós A: Közúti mérések: Eszközök és módszerek a közúti járműforgalom megfigyelésére. Budapest: Typotex, 2016. 292 p. (ISBN:978-963-279-916-2)
3. Vámos T, Bars R, Bokor J, Szabó Z, Gáspár P: Sysbook: Rendszerekről mindenkinek, egyetemi hallgatóknak és a rendszertudományok művelőinek. Sokfelületű e-könyv. Budapest: MTA SZTAKI, 2016. <http://sysbook.sztaki.hu/>
4. Zarándy Á: Cellular processor arrays for topographic calculations: Architecture, programming, efficiency, and implementability. Saarbrücken: Lambert Academic Publ. (LAP), 2016. 172 p. (ISBN:978-3-330-01502-9) <http://eprints.sztaki.hu/8999/>

Folyóirat-publikációk

5. Ács B, Szederkényi G, Tuza Zs, Tuza A A: Computing all possible graph structures describing linearly conjugate realizations of kinetic systems. COMPUTER PHYSICS COMMUNICATIONS, 204: 11-20. (2016) <http://eprints.sztaki.hu/8938/>
6. Balas E, Kis T: On the relationship between standard intersection cuts, lift-and-project cuts, and generalized intersection cuts. MATHEMATICAL PROGRAMMING, 160: 85-114. (2016) <http://eprints.sztaki.hu/8898/>
7. Bozóki S, Csató L, Temesi J: An application of incomplete pairwise comparison matrices for ranking top tennis players. EUROPEAN JOURNAL OF OPERATIONAL RESEARCH, 248: 211-218. (2016) <http://eprints.sztaki.hu/8996/>
8. Cao YX, Marx D: Chordal Editing is Fixed-Parameter Tractable. ALGORITHMICA, 75: 118-137. (2016) <http://eprints.sztaki.hu/9048/>
9. Egri P: Information elicitation for aggregate demand prediction with costly forecasting. AUTONOMOUS AGENTS AND MULTI-AGENT SYSTEMS, 30: 681-696. (2016) <http://eprints.sztaki.hu/8877/>
10. Erdős G, Kovács A, Váncza J: Optimized joint motion planning for redundant industrial robots. CIRP ANNALS-MANUFACTURING TECHNOLOGY, 65: 451-454. (2016) <http://eprints.sztaki.hu/8893/>
11. Farkas Z, Kacsuk P, Hajnal A: Enabling workflow-oriented science gateways to access multi-cloud systems. JOURNAL OF GRID COMPUTING, 14: 619-640. (2016) <http://eprints.sztaki.hu/8987/>
12. Gáspár P, Németh B: Integrated control design for driver assistance systems based on LPV methods. INTERNATIONAL JOURNAL OF CONTROL, 89: 2420-2433. (2016) <http://eprints.sztaki.hu/8940/>
13. Gőzse I: Optical Indoor Positioning System Based on TFT Technology. SENSORS, 16: Paper 19. (2016) <http://eprints.sztaki.hu/8821/>
14. Hegedűs I, Berta Á, Kocsis L, Benczúr A A, Jelasity M: Robust Decentralized Low-Rank Matrix Decomposition. ACM TRANSACTIONS ON INTELLIGENT SYSTEMS AND TECHNOLOGY, 7: 1-24. (2016) <http://eprints.sztaki.hu/9074/>
15. Horváth M, Kis T: Solving resource constrained shortest path problems with LP-based methods. COMPUTERS & OPERATIONS RESEARCH, 73: 150-164. (2016) <http://eprints.sztaki.hu/8915/>
16. Karnok D, Kemény Zs, Ilie-Zudor E, Monostori L: Data type definition and handling for supporting interoperability across organizational borders. JOURNAL OF INTELLIGENT MANUFACTURING, 27: 167-185. (2016) <http://eprints.sztaki.hu/8890/>
17. Karoczkai K, Kertész A, Kacsuk P: A meta-brokering framework for science gateways. JOURNAL OF GRID COMPUTING, 14:(4) 687-703.(2016) <http://eprints.sztaki.hu/8984/>
18. Kerepesi Cs, Szalkai B, Varga B, Grolmusz V: How to direct the edges of the connectomes: Dynamics of the consensus connectomes and the development of the connections in the human brain. PLOS ONE, 11 (6): 1-8. (2016) <http://eprints.sztaki.hu/8866/>
19. Kovács A, Bátai R, Csáji B Cs, Dudás P, Háy B, Pedone G, Révész T, Váncza J: Intelligent control for energy-positive street lighting. ENERGY, 114: 40-51. (2016) <http://eprints.sztaki.hu/8875/>
20. Lipták Gy, Szederkényi G, Hangos K M: Kinetic feedback design for polynomial systems. JOURNAL OF PROCESS CONTROL, 41: 56-66. (2016) <http://eprints.sztaki.hu/8732/>

21. Luspay T, Kulcsár B, Péni T: Set-theoretic analysis of the isolated ramp metering problem. INTERNATIONAL JOURNAL OF ROBUST AND NONLINEAR CONTROL, 26:(6) 1246-1266. (2016) <http://eprints.sztaki.hu/8823/>
22. 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: 621-641. (2016) <http://eprints.sztaki.hu/8869/>
23. Péni T, Seiler P: Computation of lower bounds for the induced L2 norm of LPV systems. INTERNATIONAL JOURNAL OF ROBUST AND NONLINEAR CONTROL, 26: 646-661. (2016) <http://eprints.sztaki.hu/8943/>
24. Tapolcai J, Rónyai L, Hosszu É, Gyimóthi L, Ho P-H, Subramaniam S: Signaling Free Localization of Node Failures in All-Optical Networks. IEEE TRANSACTIONS ON COMMUNICATIONS, 64: 2527-2538. (2016) <http://eprints.sztaki.hu/9006/>
25. Zarándy Á, Németh M, Nagy Z, Kiss A, Sántha L, Zsedrovits T: A real-time multi-camera vision system for UAV collision warning and navigation. JOURNAL OF REAL-TIME IMAGE PROCESSING, 12: 709-724. (2016) <http://eprints.sztaki.hu/8035/>
26. Zsedrovits T, Bauer P, Hiba A, Nemeth M, Jani Matyasne Pencz B, Zarandy A, Vanek B, Bokor J: Performance Analysis of Camera Rotation Estimation Algorithms in Multi-Sensor Fusion for Unmanned Aircraft Attitude Estimation. JOURNAL OF INTELLIGENT & ROBOTIC SYSTEMS, 84: 759-777. (2016) <http://eprints.sztaki.hu/8945/>