



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

ÓBUDAI EGYETEM
ALKALMAZOTT INFORMATIKAI ÉS
ALKALMAZOTT MATEMATIKAI
DOKTORI ISKOLA

KÉPZÉSI TERV

2023. OKTÓBER

Tartalomjegyzék

1. A DOKTORI ISKOLA TAGJAI.....	3
1.1. A DOKTORI ISKOLA TÖRZSTAGJAI.....	3
1.1.1. ALKALMAZOTT INFORMATIKA PROGRAM.....	3
1.1.2. ALKALMAZOTT MATEMATIKAI PROGRAM.....	3
1.2. TÖRZSTAG EMERITUSOK.....	3
1.3. A DOKTORI ISKOLA BELSŐ TÉMAVEZETŐI/OKTATÓI.....	3
1.4 KÜLSŐ TAGOK.....	6
2. A DOKTORI ISKOLA KÉPZÉSI TERVE.....	7
2.1. BEVEZETÉS.....	7
2.2. A DOKTORI ISKOLA KÉPZÉSI TERVÉNEK SZAKMAI HÁTTERE ÉS MEGALAPOZÁSA.....	8
2.2.1 IPARI MATEMATIKUS KÉPZÉS AZ USA-BAN.....	8
2.2.2 MÉRNÖKI SZÁMÍTÁSOK DISZCIPLÍNA ÉS KÉPZÉS.....	10
2.3. A DOKTORI ISKOLA KÉPZÉSI KONCEPCIÓJA ÉS ÁLTALÁNOS SZERKEZETE.....	12
2.4. A DOKTORI ISKOLA OKTATÁSI PROGRAMJÁNAK SZERKEZETE.....	13
2.5. A DOKTORI ISKOLA KUTATÁSI TÉMÁI.....	15
2.5.1 INFORMATIKAI ALAPOK ÉS ALKALMAZÁSOK.....	15
2.5.2 KIBER ORVOSI RENDSZEREK.....	26
2.5.3 KIBER FIZIKAI RENDSZEREK.....	37
2.5.4 MÉRNÖKI SZÁMÍTÁSOK ÉS MODELLEK I.....	53
2.5.4 MATEMATIKAI ALAPOK ÉS ALKALMAZÁSOK.....	68
2.5.6 MÉRNÖKI SZÁMÍTÁSOK ÉS MODELLEK II.....	91
2.6. A DOKTORI ISKOLA TANTÁRGYAI.....	106

1. A DOKTORI ISKOLA TAGJAI

1.1. A DOKTORI ISKOLA TÖRZSTAGJAI

1.1.1. ALKALMAZOTT INFORMATIKA PROGRAM

1. Haidegger Tamás, egyetemi tanár, Dr.habil.
2. Horváth László, professor emeritus, CSc
3. Kovács Levente Adalbert, egyetemi tanár, Dr.habil.
4. Kozlovsky Miklós, egyetemi tanár, Dr.habil.
5. Simon Gyula, egyetemi tanár, Dr.habil.
6. Szénási Sándor, egyetemi tanár, Dr.habil.
7. Tar József, egyetemi tanár, DSc
8. Várkonyiné Kóczy Annamária, egyetemi tanár, DSc

1.1.2. ALKALMAZOTT MATEMATIKAI PROGRAM

1. Baricz Árpád, egyetemi tanár, Dr.habil.
2. Kristály Sándor, egyetemi tanár, Dr.habil.
3. Nagy Péter Tibor, professor emeritus, DSc
4. Pogány Tibor, egyetemi tanár, PhD

1.2. TÖRZSTAG EMERITUSOK

1. Abaffy József, professor emeritus, DSc /emeritus törzstag
2. Krómer István, professor emeritus, DSc /emeritus törzstag
3. Sima Dezső, professor emeritus, DSc /emeritus törzstag
4. Szeidl László, professor emeritus, DSc /emeritus törzstag

1.3. A DOKTORI ISKOLA BELSŐ TÉMAVEZETŐI/OKTATÓI

(TT = Törzstag, ETT = Emeritusz törzstag, TV = Témavezető, TK = Témakiíró)

- Abaffy József (TV, TK)
- Baricz Árpád (TT, TV, TK)

- Barta Balázs (TV)
- Busics György
- Drexler Dániel András (TV)
- Eigner György (TV)
- Felde Imre (TV)
- Ferenci Tamás
- Fleiner Rita Dominika
- Fogarasi József (TV)
- Fülöp János
- Galambos Péter (TV)
- Galántai Aurél
- Galántai László (TV)
- Gambár Katalin Mária
- Gulácsi László (TV)
- Györök György
- Haidegger Tamás (TT, TK)
- Hegedűs Gábor
- Horváth Richárd (TV)
- Horváth László (TT)
- Imre Emőke (TV)
- Jancsó Tamás (TV)
- Kádár Péter
- Kertész Gábor (TV)
- Komoróczy-Steiner Henriette
- Kopják József (TV)
- Kovács Levente Adalbert (TT, TV)
- Kozlovsky Miklós (TT, TV)
- Kristály Sándor (TT, TV)
- Krómer István (ETT)

- Laufer Edit (TV, TK)
- Lovas Róbert (TV)
- Mező István
- Molnár Gábor Péter (TV)
- Molnár András (TV)
- Mosavi Amir (TV)
- Nagy Péter Tibor (TT, TK)
- Nagy Gyula
- Nemcsics Ákos
- Nyers József
- Péntek Márta (TV)
- Pődör Andrea
- Pogány Tibor (TT)
- Póser Valéria (TV)
- Rácz Ervin (TV)
- Rudas Imre
- Sájevicsné Sági Johanna
- Seebauer Márta
- Sergyán Szabolcs
- Sima Dezső (ETT)
- Simon Gyula (TT, TK)
- Szeidl László
- Széll Károly (TV)
- Szénási Sándor (TT, TV)
- Szenes Katalin (TV)
- Szilágyi László (TV)
- Takács Márta (TV)
- Tar József (TT, TV)
- Tick Andrea

- Tick József
- Vámosy Zoltán (TV)
- Veróné Wojtaszek Malgorzata (TV)
- Vörösne Bánáti-Baumann Anna
- Zoller Vilmos
- Zrubka Zsombor János (TV)

1.4 KÜLSŐ TAGOK

(TT = Törzstag, ETT = Emeritusz tőzstag, TV = Témavezető, TK = Témakiíró)

- Andréka Péter
- Barkai László
- Belfiore Nicola
- Csendes Tibor
- Csiszár Orsolya
- Dombi József
- Domokos József (TV)
- Faragó István
- Farkas Csaba (TV)
- Fazekas István
- Fegyverneki Sándor
- Földváry Lóránt
- Fullér Róbert
- Hegedűs Csaba (TV)
- Horváth Ildikó
- Izsák Ferenc
- Kacsuk Péter
- Katona József (TK)
- Komzsik Lajos
- Kovács József (TV)
- Kővári Attila (TV)

- Lovrics Anna
- Maros István
- Odry Péter (TV)
- Odry Ákos (TV)
- Orosz Gábor Tamás
- Papp Zoltán
- Renner Gábor
- Rontó Miklós
- Rövid András
- Ruppert Tamás (TV)
- Sarcevic Péter (TV)
- Szeidl György

2. A DOKTORI ISKOLA KÉPZÉSI TERVE

2.1. BEVEZETÉS

Az egyetem 2009-ben akkreditált Alkalmazott Informatika Doktori Iskolája olyan műszaki tudományos kutatók képzését tűzte ki célul, akik egyaránt járatosak a „lágy” és „kemény” számítástudományok elméletében, és az elsajátított interdiszciplináris ismeretek szinergikus, alkotó módon történő alkalmazása révén képesek önállóan megoldani valós ipari igényekre épülő kutatás-fejlesztési feladatokat.

A Doktori Iskola első négy éves tevékenységét az vezérelte, hogy túllépjünk a hagyományos, diszciplináris szemléletű megközelítésen. A valós ipari alkalmazások motiválta tudományos problémák számos esetben ugyanis csak az alkalmazott informatika teljes eszköztárának bevetésével oldhatók meg. Ily módon elmosódik a határvonal a korábban élesen elkülönült tudományágak között, a gyakorlati feladatok megoldásához szükséges projektorientált szemléletmód szinergiákat generál a diszciplinák között. Az intelligens mérnöki (mechatronikai) rendszerekben a mérnöki számítások területén kidolgozott matematikai, modellezési, számítási, és informatikai eszközök kerülnek alkalmazásra. Másrészt a mérnöki számítások témacsoport számára az intelligens mérnöki rendszerek témacsoport kutatási témái természetes alkalmazási területeket jelentenek.

A XXI. század iparának mérnöki technológiai kiterjedten, intenzíven és ma már nélkülözhetetlen módon használják fel korunk természettudományos és matematikai ismereteit. Különösen igaz ez a mérnök informatikus, a villamosmérnök és a mechatronikai mérnöki alapképzésben és sokkal fokozottabban az ezekre épülő mesterképzésekben és a doktori iskolákban. Mindez újabb kihívást

és új, matematika és természettudományos ismeretekkel erősen megtámasztott kutatási irányok megjelenését eredményezte. Az igények és a lehetőségek figyelembevételével az Óbudai Egyetem 2013-ban kérte és 2014. január 31-én meg is kapta a lehetőséget az Alkalmazott Informatikai Doktori Iskola interdiszciplináris - Alkalmazott Informatikai és Alkalmazott Matematikai Doktori Iskolává történő átalakítására.

2.2. A DOKTORI ISKOLA KÉPZÉSI TERVÉNEK SZAKMAI HÁTTERE ÉS MEGALAPOZÁSA

A kibővített interdiszciplináris Doktori Iskola képzési tervének kialakításához a következőket vizsgáltuk és vettük figyelembe:

- az alapul szolgáló hazai informatikai és matematikai alap- (BSc) és mesterképzések érvényes képzési és kimeneti követelményeit,
- az informatika területén működő hazai doktori iskolák képzési programjait,
- a matematika területén működő hazai doktori iskolák képzési programjait,
- az Óbudai Egyetem Intézményfejlesztési Tervét,
- az informatikai és az alkalmazott matematikai és ehhez kapcsolódó képzésekkel foglalkozó és meghatározó nemzetközi szakmai szervezetek (IEEE, SIAM, ACM) elemzéseit és ajánlásait,
- külföldi egyetemek alkalmazott matematikai doktori programjait, illetve ezek szerkezetét, különös tekintettel a következő anyagokra:
 - ◆ 1996 SIAM Report on Mathematics in Industry
 - ◆ 2012 SIAM Report on Mathematics in Industry
 - ◆ SIAM Working Group Report on Graduate Education for Computational Science and Engineering (1998)
 - ◆ <http://www.acm.org/education/curricula-recommendations>

2.2.1 IPARI MATEMATIKUS KÉPZÉS AZ USA-BAN

A SIAM 1996-os és 2012-es jelentései az alkalmazott matematika USA-beli helyzetével és lehetőségeivel foglalkoznak. Megállapításaik lényegi elemei a következők:

- a) Az alkalmazott (nem akadémiai) matematikusoktól elvárt fontosabb képességek:
- Modelllezési és probléma megoldási képességek eltérő és változó területeken.
 - Alkalmazások iránti érdeklődés, tudás és rugalmasság.
 - Számítógépes tudás és tapasztalat.

- Írásbeli és szóbeli kommunikációs képességek.
- Erős absztrakciós és elemző képesség, logikus gondolkodás.
- A problémák legjobb megfogalmazásának és megoldásának képessége.

b) Az alkalmazók által megjelölt és fontosnak tartott tudásterületek a következők:

- modellezés és szimuláció
- problémák matematikai megfogalmazása
- problémamegoldás
- algoritmus és szoftverfejlesztés
- statisztikai elemzés
- helyesség ellenőrzés
- a pontosság és megbízhatóság elemzése

c) Az alkalmazások szempontjából elsődlegesnek értékelt legfontosabb matematikai tudásterületek:

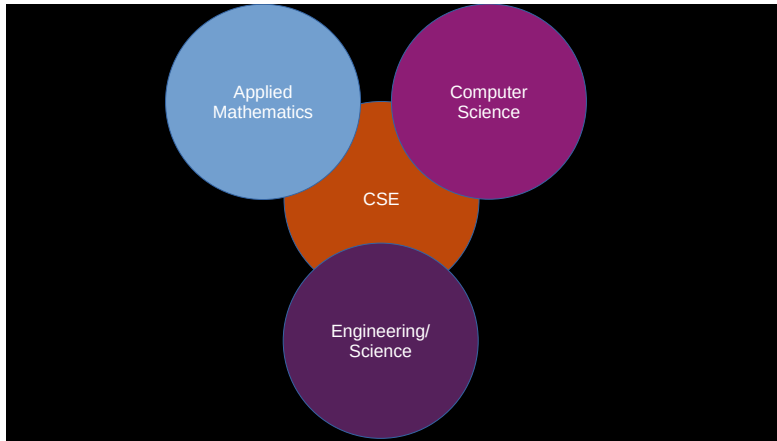
- Modellezés és szimuláció
- Numerikus módszerek/analízis
- Statisztika
- Valószínűségszámítás
- Mérnöki analízis/differenciálegyenletek
- Operációkutatás/optimalizálás
- Diszkrét matematika

d) Az alkalmazott matematika képzések számára kiemelten javasolt témák:

- Jelentős mennyiségű matematikai alkalmazás megismertetése a műszaki tudományok, a természettudományok, a szociológia stb. területein.
- Tapasztalatok szerzése valódi alkalmazási problémák megfogalmazásában és megoldásában.
- Számítógépes ismeretek.
- Szuperszámítógépes ismeretek (High-Performance Computing).
- Kommunikáció és csapatmunka.

2.2.2 MÉRNÖKI SZÁMÍTÁSOK DISZCIPLÍNA ÉS KÉPZÉS

Az alkalmazott matematikához és informatikához szorosan kapcsolódik a Computational Science and Engineering CSE, vagy Computational Engineering(CE, Mérnöki számítások) névvel elnevezett, rendkívül gyorsan fejlődő interdiszciplináris terület. A CSE a tudományos/mérnöki alkalmazások, az alkalmazott matematika, a numerikus analízis és az informatika eszköztudományát öleli fel.



A CSE művelése az alkalmazási terület ismeretét, a matematikai modellezést, a numerikus analízist, az algoritmusfejlesztést, a szoftverírást és implementálást, elemzést, az eredmények vizualizációját és validálását követeli meg. A CSE szempontjából relevánsnak tekintett szakmai háttér a következő:

1. Alkalmazott matematika

- Kalkulus
- Alapvető alkalmazott matematika
- Lineáris algebra
- Valós/komplex analízis
- Szoftvertervezés, programozás és tesztelés
- Adatstruktúrák és algoritmusok
- Numerikus analízis

2. Alapismeretek alkalmazási területeken.

A CSE képzés javasolt központi témakörei:

1. Matematika és informatika

Numerikus analízis

Alkalmazott matematika

Informatika

Adatelemzés

2. Alkalmazási területek (munkaképes ismeretek a képzés abszolút integráns részeként).

2.3. A DOKTORI ISKOLA KÉPZÉSI KONCEPCIÓJA ÉS ÁLTALÁNOS SZERKEZETE

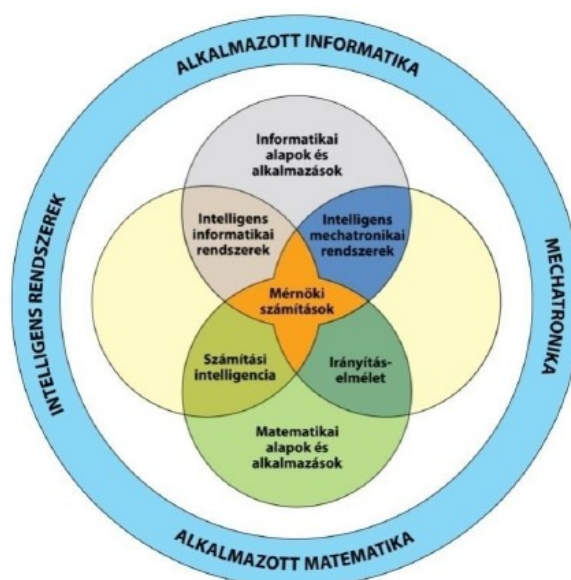
A fentiek figyelembevételével az új Alkalmazott Informatikai és Alkalmazott Matematikai Doktori Iskola képzési koncepciója olyan interdiszciplináris doktori iskola létrehozása,

- amelyben az alkalmazott informatikai és alkalmazott matematikai tudományágak elkülönítve, de egyúttal szerves összefüggésben jelennek meg,
- a meglévő akkreditált Alkalmazott Informatikai Doktori Iskola képzési szerkezetének és tartalmának megőrzése mellett olyan alkalmazott matematikai doktori képzés legyen, amelynek kimondott célja a műszaki matematikai kutatások erősítése.

A Doktori Iskola a két tudományterületnek megfelelően két tudományági programból áll:

- Alkalmazott Informatikai Program (programvezető: Rudas Imre)
- Alkalmazott Matematikai Program (programvezető: Galántai Aurél)

A megcélzott képzési terv alapkoncepcióját, az egyes művelni kívánt területek összefüggését mutatja a következő ábra:



A képzési terv az informatika és matematika alaptudományok mellett az egyetemen folyó alkalmazott informatikai és matematikai kutatások szempontjából igazán releváns *intelligens- és mechatronikai rendszerek* köré épül.

A képzési koncepció centrális része a mérnöki számítások, amely az intelligens mérnöki rendszerek, az intelligens mechatronikai rendszerek, az alkalmazott matematika és informatika szimbiózisa. E köré épülnek a négy meghatározó terület kölcsönhatásából adódó alprogramok. Az alprogramok kialakítását és működését a fentiekén túlmenően jelentősen befolyásolja az Óbudai Egyetem

Egyetemi Kutató, Innovációs és Szolgáltató Központjának három kutatócsoportja (Élettani Szabályozások Kutatóközpont, BioTech Kutatóközpont, Bejczy Antal iRobottechnikai Központ), valamint a Neumann János Informatikai Kar Virtuális Kutató Laboratóriuma, amely a Dassault Systemes 3DEXPERIENCE Platformját használja.

Alkalmazott informatika program (Rudas Imre)

Alprogramok	Alprogram vezető
I.1. Informatikai alapok és alkalmazások	Várkonyiné Kóczy Annamária, egyetemi tanár
I.2. Kiber orvosi rendszerek	Kovács Levente, egyetemi tanár
I.3. Kiber fizikai rendszerek	Tar József, egyetemi tanár
I.4. Mérnöki számítások és modellek	Rudas Imre, egyetemi tanár

Alkalmazott Matematika Program (Galántai Aurél)

Alprogramok	Alprogram vezető
M.1. Matematikai alapok és alkalmazások	Galántai Aurél, egyetemi tanár
M.2. Mérnöki számítások és modellek	Rudas Imre, egyetemi tanár

2.4. A DOKTORI ISKOLA OKTATÁSI PROGRAMJÁNAK SZERKEZETE

Az oktatási program általános elvárásaira vonatkozó egyes részletek az *“Alkalmazott Informatikai és Alkalmazott Matematikai Doktori Iskola Működési Szabályzata (2023. október 13.) 2. melléklet: Kreditszabályzat”* c. részben adottak. Mivel a Működési Szabályzat bizonyos részleteit a 2023. évben hozott parlamenti döntések is érintették, a korábbi változatban frissítéseket kellett bevezetni abból a célból, hogy ezeknek az elvárásoknak megfelelhessünk. A *“Kreditszabályzat”* szintén hivatkozik a doktori képzésben szerorzhető kreditekre vonatkozó általános szabályozásra, a publikációk értékelési módjára, amit az *EDHSz 2. melléklete [D2) Doktori kreditszabályzat]* tartalmaz. A redundanciák mértékének általános csökkentése és az anyagok áttekinthetősége érdekében a továbbiakban csak a legfontosabb elemeket ismétljük meg az oktatási program jelenlegi leírásában.

A doktori képzés 8 félévből áll. A 8 félév alatt az abszolutórium megszerzéséhez a hallgatónak 240 kreditpontot kell teljesítenie a következők szerint:

- Tantárgyak: legalább 32 kredit, tantárgyanként 8 kredit értékkel.
- Félévenkénti (írásos és szóbeli) kutatási beszámoló:
 - ◆ 1-4. félévben: 8-8 kredit,
 - ◆ 5-8. félévben: 15-15 kredit (összesen: 92 kredit).
- A kutatási témához kapcsolódó publikációk: legalább 75 kredit.
- Aktív részvétel kutatási projektben: 6-10 kredit/projekt.
- Részvétel az oktatásban: legfeljebb 60 kredit, heti 1 kontaktóra = 2 kredit.

A kreditszabályzat szerint a képzés keretében a hallgatónak minimum négy (4) tárgyat kell felvenni és eredményes vizsgával kell zárni.

A minimum 4 tárgyból 2 tárgy kötelezően előírt, a doktori témához (alkalmazott informatika, alkalmazott matematika) kapcsolódó tudományos alapozó tárgy. További 1 tárgy a doktori értekezés témájához kapcsolódó a másik tudományos programból, míg a maradék 1 tárgy alkalmazási jellegű, az I.1-I.3 vagy az M.1-M.2 alprogramokból választva.

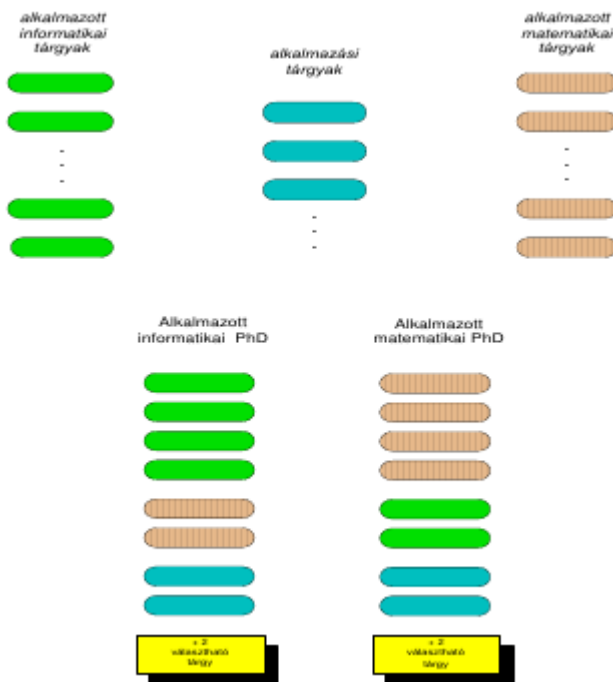
A képzési szerkezet szimmetriája és a közös képzési területek kredit kimérete indokolt esetben lehetővé teszi a hallgató számára a két tudományág közti átmenetet (témaváltást) a témavezető javaslatára és az iskola doktori tanácsának hozzájárulásával. Tudományág (téma) váltás esetén az új tudományos előírásokat kell teljesíteni az abszolutórium megszerzéséhez, illetve a fokozatszerzés indításához.

Az Alkalmazott Informatikai Programba tartozó témák esetén a tudományos teljesítmény megítélésének alapja az MTA VI. Műszaki Tudományok osztálya által megfogalmazott (és az Osztály honlapján közzétett) szempontrendszer.

Az Alkalmazott Matematikai Programba tartozó témák esetén a tudományos teljesítmény megítélésének alapja az MTA III. Matematikai Osztálya által megfogalmazott (és az Osztály honlapján közzétett) szempontrendszer.

A tárgyak felvételét a doktori iskola tanácsa hagyja jóvá a témavezető javaslatára. A témavezető(k) egyetértésével a hallgató további 2 tárgyat szabadon választhat a doktori iskola meghirdetett tárgyai közül, vagy vendég hallgatóként más doktori iskolában.

Ezt szematikusan a következő ábra mutatja:



2.5. A DOKTORI ISKOLA KUTATÁSI TÉMÁI

2.5.1 INFORMATIKAI ALAPOK ÉS ALKALMAZÁSOK

Durva hibák szűrésének optimalizálása a fotogrammetriai mérések feldolgozása során

Témavezető: Jancsó Tamás

A kutatási téma leírása:

A fotogrammetriai mérések feldolgozásánál a durva hibák kiszűrésére számos megközelítésre létezik, így például. Ugyanakkor a mérések számának növekedésével a felderítendő durva hibák száma is megnő, ami a mérések feltételezett normális eloszlását már lényegesen befolyásolhatja. Ezért igény mutatkozik arra, hogy olyan eljárásokat dolgozzunk ki, melyek során a durva hibával terhelt mérések még a kiegyenlítési eljárás előtt kiszűrhetők legyenek. A számítástechnika rohamos fejlődése lehetővé teszi olyan kombinatorikai megfontolásokra épülő eljárások beiktatását a hibával terhelt mérések felderítési folyamatába, melyek számítási igénye a hagyományos eljárásokkal szemben jóval nagyobb, de ezek a hibrid módszerek megengedik a hibák felderítését még a legkisebb négyzetek módszerével végzett kiegyenlítés előtt. A kidolgozandó módszer a hagyományos eljárásokhoz jól integrálható és ezzel nagymértékben javítható a durva hibával terhelt mérések felderítése.

Kutatási célok:

A legfontosabb durvahiba-szűrési eljárások áttekintése és összehasonlító elemzése, a vizsgált módszerek korlátainak és megbízhatóságának vizsgálata. Hibrid durvahiba-szűrési eljárás kidolgozása és alkalmazása fotogrammetriai alapfeladatoknál és kiegyenlítési eljárásoknál. A hibrid

szűrési eljárás kidolgozásához a nemlineáris fotogrammetriai feladok megoldásánál a Jacobi-féle középérték képzéssel és a Gauss-féle legkisebb négyzetek módszerével végzett kiegyenlítési eljárás ötvözése egy eljárásba a számítási/feldolgozási hatékonyság növelése érdekében.

Irodalom:

- [1] J. L. Awange, E. W. Grafarend, Solving Algebraic Problems in Geodesy and Geoinformatics, 2005, Springer Verlag, ISBN 3-540-23425-X
- [2] T. Jancsó, Durva hibák szűrése térbeli hasonlósági transzformációnál, GEOMATIKAI KÖZLEMÉNYEK 12: pp. 27-33. (2009)
- [3] T. Jancsó, Durvahiba-szűrés a fotogrammetriai hátrametszés kiegyenlítése előtt kezdő értékek megadása nélkül, GEOMATIKAI KÖZLEMÉNYEK 7: pp. 181-195. (2004)
- [4] T. Jancso, Gross Error Detection of Control Points with Direct Analytical Method, In: Geo-Imagery Bridging Continents. Proceedings of the XXth ISPRS Congress, Istanbul (IAPRS 35, B3). Istanbul, 2004.07.12-2004.07.23. ISPRS, pp. 678-682.
- [5] T. Jancsó, A külső tájékozási elemek meghatározása közvetlen analitikus módszerrel, GEODÉZIA ÉS KARTOGRÁFIA 46:(1) pp. 33-38. (1994)
- [6] J. Zavoti, T. Jancso, The solution of the 7-parameter datum transformation problem with- and without the Gröbner basis, ACTA GEODAETICA ET GEOPHYSICA HUNGARICA 41: pp. 87-100. (2006).

Hazai és/vagy nemzetközi kapcsolatok a fenti témában:

Závoti József (NyME-KTK, Magyarország), Zaletnyik Piroska (BME, Magyarország), Vassilios Tsioukas (Aristotle University of Thessaloniki, Görögország)

Számítógépes eljárások numerikus stabilitásának vizsgálati eljárásai (automatikus hibaanalízis) és megbízhatóságuk

Témavezető: Galántai Aurél

A kutatási téma leírása:

Számítógépes algoritmusok numerikus stabilitásának elméleti vizsgálata általában nagyon nehéz és a kapott eredmények nem is minden esetben tükrözik a gyakorlati tapasztalatokat. Programfejlesztési és felhasználói szempontból hasznosabbnak tűnnek az

olyan technikák, amelyek egy adott programról (algoritmus implementációról) automatikusan eldöntik, hogy az numerikusan stabil-e. Ezek a feladat típustól erősen függő eljárások részben véletlenszerű paraméterválasztásokon alapulnak, részben pedig optimalizálási módszereket használnak, amelyekkel a hibamaximalizáló paramétereket keresik.

Kutatási célok:

1. Az ismertebb eljárások áttekintése és összehasonlító elemzése, megbízhatóságuk vizsgálata.
2. Ismert eljárások módszertani és tartalmi továbbfejlesztése, megbízhatóságának növelése.

Információvédelem multi-szinuszos jelkódolással

Témavezető: Várkonyiné Kóczy Annamária

A kutatási téma leírása:

Napjaink kiemelt kutatási témája olyan algoritmusok és eljárások kifejlesztése, amelyek megfelelő védelmet nyújtanak a személyi, gazdasági, ipari, katonai, stb. információk tárolásánál, továbbításánál. Adott információt annak értékével nagyjából megegyező feltörési költségű algoritmussal érdemes titkosítani. Ugyanakkor a hatékony titkosítási módszerek általában igen drágák és bonyolult eljárás igényűek. Olcsóbb és könnyebben kezelhető technikák találása sokat segíthet a nem nyilvános információk jobb védelmében.

Az információ védelem egyik új kutatási iránya a kaotikus jeleken alapuló titkosítás [1]. A témavezető előzetes eredményei szerint hasonló jellegű, de olcsóbb, könnyebben kézben tartható és megvalósítható titkosítási eljárásokat lehet kifejleszteni multi-szinuszos jelek [2] segítségével. A kutatási téma ennek megtervezését, leírását, bizonyítását, vizsgálatát és megvalósítását célozza.

Kutatási célok:

1. Kaotikus jeleken alapuló titkosítás vizsgálata. A kaotikus és multi-szinuszos jelek analógiáinak feltárása.
2. Multi-szinuszos jelek szintézise és analízise.
3. Multi-szinuszos kódolás és aktív jelamplitúdó homogenizálás. Titkosítási eljárás tervezése multi-szinuszos jelkódolással.

Irodalom:

[1] Chee, Ch.Y. and D. Xu, "Chaotic encryption using discrete-time synchronous chaos," Physics Letters A, vol. 348, issue 3-6, pp. 284-292, Jan. 2006.

[2] A. R. Várkonyi-Kóczy, "Synchronized Multi-Sine Measurements via DSP Methods," IEEE Trans. on Instrumentation and Measurement, vol. 46, no. 4, pp. 929-932, Aug. 1997.

1.

Sokmagos processzorok teljesítmény viszonyainak vizsgálata

Témavezető: Sima Dezső

A kutatási téma leírása:

Az elmúlt években a processzorok területén egy rohamos és lényeges változás következett be; az egymagos processzorokat döntően 2005 után felváltották a többmagos processzorok azzal, hogy a gyártási technológiák fejlődésével a magszámok a következő időszakban várhatóan kétévente duplázódnak. Ugyanakkor a magszámok folyamatos növekedése egyre jelentősebb igényeket támaszt mind a lapkán implementált kapcsolóhálózattal, mind az operatív tár sávszélességével, ill. méretével szemben, olyannyira hogy a sokmagos processzorok (8- vagy többmagos processzorok) esetén az eddig használt megvalósítási alternatívák már nem bizonyulnak megfelelőnek és új megoldások szükségesek.

A kutatási téma további jellemzője az, hogy az interkommunikációs ill. memória sávszélesség és méretigények jelentős mértékben függenek az adott alkalmazási területtől. A kutatási téma a sokmagos processzorok lehetséges megvalósítási alternatíváira és azok teljesítmény viszonyaira fókuszál adott alkalmazási területek alapulvételével.

Kutatási célok:

1. Sokmagos processzorok tervezési terének kimunkálása
2. Az egyes architektúrális alternatívák teljesítmény viszonyainak vizsgálata perspektívikus alkalmazási területeken

Nemzetközi kapcsolatok:

Az adott területen kutatási együttműködés alakult ki egyrészt az IBM böblingeni kutatólaborjával (Dr. Peter Altevogt), másrészt az austini kutatólaborral (Dr. Peter Hofstee). A két nevezett kutatóhellyel kutatási együttműködési szerződés keretében közös kutatás folyik a Cell processzor továbbfejlesztésével kapcsolatban.

Pontfelhő szegmentálás

Témavezető: Vámosy Zoltán

A kutatási téma leírása:

Napjainkban a környezetről gyűjtött információk kiemelt prioritást kapnak az ipari, keresdelemi és szolgáltatási folyamatok kialakításában. A LiDAR (Light Detection and Ranging) lézershízenner technológia, vagy az RGB-D szenzorok segítségével háromdimenziós mérési adatokat, úgynevezett pontfelhőket készíthetünk a megfigyelt térről. A nagymennyiségű adat szegmensekbe sorolása alapvető lépés az értelmezésük során.

Kutatási célok:

A legfontosabb pontfelhő szegmentálási módszerek áttekintése és összehasonlító elemzése. A különböző gyakorlatialkalmazások szempontjából fontos kiválasztási kritériumok meghatározása. Nagyobb környezetben alkalmazható szegmentálások megvalósítása, a módszer tesztelése, az eredmények összehasonlítása.

Irodalom:

- [1] R. B. Rusu, "Semantic 3D Object Maps for Everyday Manipulation in Human Living Environments," PhD dissertation, Technische Universität München, 2009.
- [2] J. Porway, K. Wang, and S. Zhu, "A hierarchical and contextual model for aerial image understanding," International Journal of Computer Vision, vol. 88. pp.254-283, 2010.

Lágyszámítási módszerek alkalmazása a képi információ feldolgozásban és 3D modellezésben

Témavezető: Várkonyiné Kóczy Annamária

A kutatási téma leírása:

A képi információ feldolgozás és 3D modellezés a mérnöki alkalmazások egy jelentős részében: számítógépes grafika, biztonságtechnika, irányítástechnika, közlekedési rendszerek, térképészet, műholdas helymeghatározás, robottechnika, geológia, műemlékvédelem, stb. kulcsfontosságú. Az utóbbi években egyre nagyobb érdeklődés tapasztalható a képi információfeldolgozás nem hagyományos, elsősorban lágyszámítási módszereken - fuzzy, neurális és genetikus technikákon - alapuló módszerei iránt. A fuzzy és más lágyszámítási módszereken alapuló eljárások – szűrők, lényegkiemelők, alakfelismerők, stb. – komoly jelöltként vethetők fel a lényeges és lényegtelen információ szétválasztási illetve modellezési feladatok megoldásánál, nemcsak jó modellezési, zajszűrő és lényegkiemelő tulajdonságaik, hanem adaptivitásuk, tanulóképességük és kedvező számítási komplexitásuk miatt is. A nemlineáris technikák általában megbízhatóbb, pontosabb eredményeket szolgáltatnak a lineáris módszerekkel szemben. A képfeldolgozás területén az új intelligens módszerek nemcsak a – feldolgozás szempontjából - hasznos információ és a zaj megkülönböztetésében jelentenek előnyt, de segítségükkel lehetőség nyílik a lényeges információ kiemelésére és ezen keresztül alakfelismerési (object recognition) és információ kinyerés (information retrieval) típusú feladatok megoldására illetve képrekonstrukcióra, azaz a elrejtett képi információ előhívására. A lényeges információ kiemelése jelentheti pl. a lényegtelen részletek kiszűrését, amely hozzájárulhat a képi információ könnyebb és gyorsabb értelmezéséhez, míg képrekonstrukció esetén a túl erős vagy nagyon gyenge megvilágítás (high dynamic range) okozta információvesztés illetve látvány torzulás kompenzálását az intenzitásértékeknek a látható fényintenzitás tartományba való transzformálásán keresztül. A 3D rekonstrukció területén az intelligens módszerek lehetővé teszik a modellezés fényképek alapján történő automatikus megvalósítását, lézeres mérések esetén a lézeres 3D rekonstrukciót.

Kutatási célok:

1. A képfeldolgozás és gépi látás új, lágyszámítási módszereken alapuló modelljeinek és eljárásainak feltárása és kidolgozása.
2. A feldolgozás szempontjait figyelembevevő képminőség javulást eredményező technikák kidolgozása.
3. Orvosbiológiai, közlekedésbiztonsági, robottechnikai, intelligens otthon felügyeleti rendszerek alkalmazási lehetőségeinek feltárása és megvalósítása.

Irodalom:

[1] A.R Várkonyi-Kóczy, “Low Complexity Situational Models in Image Quality Improvement,” in *New Advances in Intelligent Signal Processing* (Ser. Studies in Computational Intelligence), A. E. Ruano, A.R. Várkonyi-Kóczy, Eds., Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 2011.

Hazai és/vagy nemzetközi kapcsolatok a fenti témában:

Dr Rövid András (BME)

Profs. Emil M. Petriu és Voicu Groza (Ottawa-i Egyetem)

Prof. Fabrizio Russo (Trieste-i Egyetem)

Prof. Jesus Urena Urena (Alcala de Henares-i Egyetem)

Közlekedés menedzsment optimalizálása, hatékonyságának növelése

Témavezető: Tick József

Kutatási célok:

Olyan eszközök, működési környezet tanulmányozása és létrehozása, amely:

- támogatja a kapacitás-tervezést és az erőforrás felhasználás optimalizálását, ezzel a szükséges strukturális fejlesztési lehetőségek feltárását, valamint a minőség fejlesztését
- feltérképezi, hitelesen azonosítja és elemzi az alpműködés során keletkező adatokat, különös tekintettel a folyamatosan változó feladat- és eszközállományra
- egységes módszertan biztosításával lehetővé teszi az egyes döntések hatásának előrejelzését és utólagos vizsgálatát
- döntés-támogatást nyújt a releváns szereplők, valamint döntésmegalapozó, tájékozódást segítő funkciót lát el a felső- és operatív vezetés számára
- igazolja, hogy a szakirodalmakban használt modellek alkalmazhatók a közösségi közlekedésre is.

Irodalom:

[1] Albert Nagy, József Tick: Review of Predictive Analytics Vendors for Transport Management Systems, In: Szakál Anikó (szerk.) IEEE 15th International Symposium on Intelligent Systems and Informatics : SISY 2017. Konferencia helye, ideje: Szabadka, Szerbia, 2017.09.14-2017.09.16. New York: IEEE, 2017. pp. 225-230. (ISBN:978-1-5386-3855-2)

[2] Albert Nagy, József Tick: Improving Transport Management with Big Data Analytics, In: Szakál A (szerk.) IEEE 14th International Symposium on Intelligent Systems and Informatics: SISY 2016. 278 p. Konferencia helye, ideje: Szabadka, Szerbia, 2016.08.29-2016.08.31. Budapest: IEEE Hungary Section, 2016. pp. 199-203. (ISBN:978-1-5090-2866-5)

Camera-based assistance for the visually impaired by adaptation of algorithms from driver assistance and usage of external information

Témavezető: Tick József

Kutatási célok:

The goal of the research project is the development of concepts for the transfer of image detection algorithms from the field of driver assistance to blind and visually impaired pedestrians. Furthermore, concepts for the usage of external information (e.g., GPS coordinates of crosswalks and construction sites) in order to increase the algorithms' stability and robustness will be developed.

The resulting algorithms will be integrated in a mobile assistive system that is developed at Hochschule Furtwangen University (HFU). The smartphone app consists of the text-to-speech output and the image analysis client. A camera as well as earphones or a hearing aid are connected to the smartphone. Elaborate image processing calculations are exported to the cloud service and relevant external information needed to support image detection is extracted and provided through the according cloud module. The AAL (Ambient Assisted Living) platform used in the system, has already been developed in a previous project at HFU.

Irodalom:

[1] Jakob Judit, Tick József: Concept for transfer of driver assistance algorithms for blind and visually impaired people, In: Szakál A (szerk.) SAMI 2017 : IEEE 15th International Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics. 510 p. Konferencia helye, ideje: Herlany, Szlovákia, 2017.01.26-2017.01.28. Budapest: IEEE, 2017. pp. 1-6. (ISBN:978-1-5090-5654-5).

[2] Judith Jakob, Kordula Kugele, József Tick: Defining Camera-Based Traffic Scenarios and Use Cases for the Visually Impaired by means of Expert Interviews, In: Valerie Novitzká, Štefan Korecko, Anikó Szakál (szerk.) INFORMATICS 2017: 2017 IEEE 14th International Scientific Conference on Informatics Proceedings. 437 p. Konferencia helye, ideje: Poprad, Szlovákia, 2017.11.14-2017.11.16. (IEEE) Košice: IEEE Hungary Section, 2017. pp. 128-133. (ISBN:978-1-5386-0888-3)

[3] Jakob Judith, Cochlovius Elmar: OpenCV-basierte Zebrastreifenerkennung für Blinde und Sehbehinderte, In: Stefan Betermieux, Bernhard Hollunder: Software-Technologien und -Prozesse: Open-Source Software in der Industrie, KMUs und im Hochschulumfeld: 5. Konferenz STeP, 3. Mai 2016 in Furtwangen. Konferencia helye, ideje: , Németország, 2016.05.03 Berlin: De Gruyter Oldenbourg, 2016. pp. 21-34. (ISBN:978-3-11048006-1)

Open e-Infrastructure architecture and methodology for grand challenge Big Data application scenarios

Supervisor: Robert Lovas

Research topic:

Information technology faces several challenges in the scope of scientific research, social networks, industry, agriculture, and further widely spreading Big Data application areas due to the extremely high volume, variety and velocity of generated data. In order to collect, store, and perform research analytics or simulation on such data sets, new IT solutions are required from e-Infrastructures. Recently several approaches have been emerging in the various e-Infrastructure trends; wide range of methods, tools and partial solutions are already available, e.g., leveraging on grid computing for scientific purposes, private and public cloud computing, or volunteer distributed (crowd) computing. Besides the FIWARE and LAMBDA architectures, some open source platforms (e.g. Apache Spark) have been already developed, and the major global IT companies provide services or products to support application areas addressing the above described challenges. Due to the complexity of this generic topic, the design and creation processes of the necessary e-Infrastructure might be complex IT tasks for a specific given research, analysis, or simulation use case by taking into consideration (as much as possible) the efficiency and other crucial factors.

Research goals:

The main aim of this research to elaborate an open e-Infrastructure architecture and methodology that, on one hand, takes into consideration (among others) the current features of the available IT and other resources, and on another hand, automatically orchestrates the necessary IT infrastructure (e.g., with workflows) according to the given functional and non-functional requirements. During the research and elaboration of this open architecture special attention must be paid on the interoperability, and the optimisation itself. Concerning the methodology for creation of e-nfrastructures, the research is to focus on verification, testing and scaling aspects as well.

Literature:

[1] Paul Buhler, Thomas Erl, Wajid Khattak: Big Data Fundamentals, Concepts, Drivers & Techniques, Prentice Hall, 2016

2.5.2 KIBER ORVOSI RENDSZEREK

Daganatos betegségek modell-alapú szabályozása

Témavezető: Kovács Levente

A kutatási téma leírása:

A daganatos megbetegedések a fejlődő és fejlett társadalmak egyik legmagasabb mortalitási adatait adják és többnyire gyógyíthatatlan betegségeket jelentenek. A betegek életminőségének javítása és a mortalitási adatok csökkentése érdekében manapság a hagyományos módszerek mellett egyre inkább jelennek meg matematikai modelleken alapuló ún. célzott molekuláris terápiák (CMT). Ez az interdiszciplináris tématerület a patológiát és a szabályozástechnikát, matematikát és informatikát ötvözi, és célja a megfelelő terápia kidolgozása mellett, a betegség optimális kezelése / gyógyszeradagolása. A CMT egyik lehetősége az antiangiogenikus alapú terápia, mely a tumor érhalozatát teszi tönkre, ezáltal minimális térfogatra csökkentve a tumor méretét.

Kutatási célok:

A jelen kutatás célja olyan módszerek kidolgozása, amelyek optimális CMT terápiát valósítanak meg, kifejezetten az antiangiogenikus gátlás alapú terápiát illetően. Feladat egy saját (a szakirodalom alapján módosított) modell megalkotása, ezt állatkísérletek alapján történő identifikációja és validációja. Céladekvát algoritmusok kidolgozása a daganatos betegségek (elsősorban az antiangiogenikus terápiára fókuszálva) kezelésére és szabályozására. Az algoritmusokat állatkísérleteken és virtuális (ún. in-silico) környezetben való tesztelése.

Irodalom:

[1] L. Kopper and Zs. Schaff, Patológia 1. Medicina, 2006.

[2] B. Lantos, Irányítási rendszerek elmélete és tervezése I-II. Akadémiai Kiadó, Budapest, 2001-2004.

Kóréletti folyamatok számítógépes vizsgálata és biostatistikai elemzése

Témavezető: Kovács Levente

A kutatási téma leírása:

Az elméleti és gyakorlati orvosi tevékenységek folytatásánál egyre nagyobb jelentőségű a kvalitatív vizsgálatok helyett az élettani folyamatok kvantitatív meghatározása. Az orvosbiológiai mérnöki kutatásoknál mind gyakrabban vetődik fel a matematikai-számítástechnikai módszerek alkalmazásának igénye, valamint a kapott eredmények biostatistikai vizsgálata. A különböző kóréletti folyamatok megismerésére végzett adatfelvételek statisztikai kiértékelésén túl növekvő igény mutatkozik a különböző biológiai rendszerek ok-okozati összefüggésének feltárására és azok matematikai megfogalmazására, hatásmechanizmusának rendszerelméletű tárgyalására és számítógépes elemzésére.

Kutatási célok:

A kutatás célja olyan módszerek kidolgozása, melyek az ok-okozati összefüggések feltárásában szereplő releváns adatok biostatistikai elemzését és ezek kóréletti ismeretekkel való összevetését támogatják. A közismert deskriptív és egyéb elemi statisztikai módszertanon túl egyre nagyobb igény mutatkozik haladó statisztikai eljárások (főkomponens analízis, fejlett regressziós technikák, klaszter analízis), illetve a fentebb említett metodika alkalmazására. A megoldást általában ezen módszerek kombinált felhasználása jelenti.

Irodalom:

- [1] J. Reiczigel J, A. Harnos A and N. Solymosi, Biostatistika – nem statisztikusoknak. Pars kft., 2010.
- [2] P. Armitage and G. Berry, Matthews JNS: Statistical Methods in Medical Research. Wiley-Blackwell, 2001.
- [3] B. Rosner, Fundamentals of Biostatistics. Duxbury, 2010.
- [4] V.Z. Marmarelis, Nonlinear Dynamic Modeling of Physiological Systems. IEEE Press, 2004.

Automatikus DNS ploeditás-analízis digitális patológiai mintákon

Témavezetők: Molnár Béla, Kozlovsky Miklós

A kutatási téma leírása:

A rákkutatás napjainkban erőteljesen támaszkodik a nagyfelbontású digitális mikroszkópiával vizsgálható paraméterekre. Az orvosi képfeldolgozás lehetővé teszi a nagyfelbontású szöveti képek egyes részleteinek elkülönítését és vizsgálatát. A vizsgált sejtek morfológiai, morfometriai paraméterei, valamint ezen sejtek által tartalmazott DNS mennyiségéből jó pontossággal lehet következtetni a betegség fontos tulajdonságaira.

Kutatási célok:

A kutatás célja egy olyan eljárás, ill. szoftver alkalmazás tervezése és készítése, amely képfeldolgozási módszerekkel képes a rákkutatás egyik alapvető diagnosztikai információját reprodukálható módon szolgáltatni. Ez az információ a vizsgált in-vitro szövet/szuszpenzió reprodukciós sebessége. Ezt általánosan a vizsgált sejtek által tartalmazott DNS mennyiségéből készített hisztogram segítségével vizsgálják.

Irodalom:

[1] K. Kayser, B. Molnar and G. Weinstein, Virtual microscopy, Veterinaerspiegel Verlag, Berlin 2006.

Digitalizált szövettani minták feldolgozására szolgáló algoritmusok elemzése, optimalizációja

Témavezetők: Kozlovszky Miklós, Molnár Béla

A kutatási téma leírása:

Orvosi képfeldolgozás témakörében megfelelően kezelt és festett szövettani minták nagyfelbontású mikroszkóppal készült digitális felvételeinek automatikus, vagy részben automatikus szegmentálása, mérése, elemzése, valamint ezen képek 3D rekonstrukciója.

Kutatási célok:

Kutatási terület orvosi szempontjainak megismerése (különböző elváltozások típusai, felismerhetőségük, jelenleg még nem vizsgált elváltozások azonosítása). Patológiában jelenleg használatos képfeldolgozó algoritmusok feltérképezése, összehasonlítása, értékelése az algoritmus célja, működési elve, hatékonysága és pontossága szempontjából. A feltárt algoritmusok paraméterterének elemzése, a paraméterek hangolásával elérhető javulás lehetőségének vizsgálata.

Irodalom:

- [1] K. Nguyen et al., “Automated Gland Segmentation and Classification for Gleason Grading of Prostate Tissue Images,” 2010 International Conference on Pattern Recognition
- [2] A.N. Esgiar et al., “Fractal analysis in the detection of colonic cancer images,” IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine, vol. 6, no. 1., pp. 54–58, March 2002
- [3] J. Diamond et al., “The use of morphological characteristics and texture analysis in the identification of tissue composition in prostatic neoplasia,” Human Pathol, vol. 35, pp. 1121-1131, 2004.
- [4] J Grace et al, “Malignant transformation of osteoblastoma: study using image analysis microdensitometry,” Journal on Clinical Pathology, vol. 46, pp. 1024-1029, 1993., DOI:10.1136/jcp.46.11.1024
- [5] L. Ficsór et al., “Validation of automated image analysis (Histoquant) in colon cancer using digital slides of EGFR, COX-2, BETA-CATENIN, and cyclin D1 immunostainings,” 21th European Congress of Pathology, Istanbul, Turkey, 2007.
- [6] L. Krecsák et al., “Technical note on the validation of a semi-automated image analysis software application for estrogen and progesterone receptor detection in breast cancer,” Diagnostic Pathology 2011

Az egészségügyi döntéshozatalt elősegítő gazdasági modellek felépítése és a működést leíró egyedi algoritmusok kifejlesztése

Témavezető: Kovács Levente (ÓE), Dr. Andréka Péter (GOKI)

A kutatási téma leírása:

A kritikus állapotú kardiológiai betegségek esetében a szervrendszerek kimérhető, jól reprodukálható, összehasonlítható és elfogadhatóan pontos, egzakt monitorozására jelenleg semmiféle lehetőség nem áll rendelkezésre a tudomány mai eszköztárában. A probléma fontosságát hangsúlyozza, hogy a felmérések szerint a fejlett társadalmak elöregedése miatt a súlyos kardiológiai betegségekben szenvedők száma a jövőben csak növekedni fog és kezelésük egyre nagyobb költségeket emészt majd fel. Ezzel párhuzamosan az egészségügyi személyzet létszáma sajnálatosan egyre csökken, így a jövőben az egészségügyi döntéshozatalt támogató szoftverek egyre nagyobb jelentőséggel bírnak majd. Ehhez jön még hozzá az a tény is, miszerint a súlyos állapotú betegek kezelése során olyan hatalmas mennyiségű, sokszor komoly jelentőséggel bíró adat keletkezik, amit az emberi agy – egy erre specializálódott szoftver rendszer nélkül – már nem képes kezelni.

Kutatási célok:

1. A súlyos kardiológiai megbetegedésben szenvedő betegek kezelését elősegítő döntéstámogató algoritmus gazdasági hasznának vizsgálata, az egészségügyi költségek csökkentésének meghatározása a betegek intenzív osztályos kezelése időtartamának lerövidítésével és az egészségügyi szakszemélyzet létszámának csökkenthetősége révén.
2. Az intenzív osztályos kezelés lerövidítése bizonyítottan együtt jár a szövődmények csökkenésével, valamint a betegek túlélésének és későbbi életminőségének javulásával, ezt is vizsgálni tervezzük.
3. A döntéstámogató algoritmus segítségével vezetett kezelés esetén a betegbiztonság jelentősen javítható különböző beépített önellenőrző funkciók révén, ennek hatásai szintén vizsgálandók.
4. A kardiológiai terápiás eljárások végső vizsgálatára ma már szinte kivétel nélkül a prospektív, randomizált, multicentrikus klinikai vizsgálatokat használjuk. Azonban a betegbevonás sokszor komoly nehézségekbe ütközik. Vizsgálni tervezzük ennek a problémának a megoldási lehetőségeit is különböző algoritmusok kidolgozásával. A kutatási téma elméleti vizsgálatai komoly interdiszciplináris ismeretek elsajátítását igénylik. Kapcsolódjon be az Óbudai Egyetem Élettani Szabályozások Kutatóközpont által folytatott kutatási és oktatási munkákba. A téma orvosi partnere a GOKI (Gottsegen György Országos Kardiológiai Intézet).

Követelmény: A jelöltnek angol nyelvtudással és statisztikai ismeretekkel kell rendelkezzen, valamint tudományos publikációval.

Egyes betegségek leírására és vizsgálatára alkalmas új modellrendszerek kidolgozása

Témavezető: Dr. Andréka Péter (GOKI), Dr. Ferenci Tamás (ÓE)

A kutatási téma leírása:

A jelenlegi orvosi gyakorlatban az egyes betegségek ill. kórállapotok vizsgálata szervrendszerek szerinti felosztásban történik, ami nagyban nehezíti az egyes szervrendszerek interakcióiból származó kórállapotok hatékony megismerését és kezelését. Az élő szervezetek egyik jellegzetessége a rendszer gyors (lényegében instant), dinamikus változása. A kvázi valósidejű-adatelemzés (adatgyűjtés és feldolgozás) szükségessége az ilyen típusú összetett rendszerek vizsgálatát nagyban nehezíti. A fejlődő orvostudomány az elmúlt évtizedekben számos új vizsgálati lehetőséggel bővült (EBM, biostatisztika, klinikai vizsgálatok, real-word adatfeldolgozás etc.). Ugyanakkor ezen lehetőségek nem nyújtanak teljeskörű információt „per se” a betegségekről ill. azok belső természetéről. A betegségek ill. élettani állapotok megismerése a mai módszerek mellett lelassult, ezért egyéb módszerek kidolgozására is szükség van. A bennünket körül ölelő anyagi világ folyamatainak megismerésének jól hasznosítható eszköze a modellezés. Ennek során egy komplex rendszer (pl. gazdasági folyamat, fizikai objektum, kölcsönhatás, élő szervezet stb.) egy vagy több tulajdonságát vagy jellemzőjét leegyszerűsítve nézzük meg, ill. a kapcsolódási felületek (pontok) meghatározása révén az adott részfolyamat szerepét vizsgáljuk a teljes rendszer részeként ill. meghatározzuk ez utóbbihoz való viszonyát.

A komplex rendszerek megismerésének többféle lehetséges módozata ismert. Ilyenek az egyes betegségek modellezésére használt biológiai rendszerek, pl. a tenyésztett vagy készített sejt kultúrák és gerinctelen vagy gerinces állatok. Az utóbbi években azonban általános tendencia az egyre kevesebb gerinces kísérleti állat használata az állatkísérletekben, amik kiváltására alkalmas eljárások pl. a statisztikai elemzés, a szerkezeti felépítés vizsgálata, a funkció szerinti vizsgálat (funkció „analízis”), a hálózat-szerkezet elemzés (ide tartozik például a mintázat- felismerés), a véletlenszerű vizsgálati eredmények elemzése, a külső behatásra adott válasz(ok) értékelése és a különböző in silico virtuális modellek alkotása. A megfelelően kialakított modell nemcsak a rendszer működésének megértését segíti, hanem döntéstámogató rendszerként a klinikai gyakorlat számára is nagy jelentőséggel bírhat.

Kutatási célok:

A téma célja a modell formáinak ismertetése, rendszerezése, esetleg azok összehasonlítása a klinikai gyakorlat szemszögéből és egy vagy több modellforma (állatkísérletes, matematikai, biostatisztikai, informatikai) kiválasztása az adott betegség és/vagy terápiás modalitás lehető legpontosabb leírására.

A kutatási téma komoly interdiszciplináris ismeretek elsajátítását igénylik. A jelölt az Óbudai Egyetem Élettani Szabályozások Kutatóközpont által folytatott kutatási és oktatási munkákba folyik bele. A téma orvosi partnere a GOKI (Gottsegen György Országos Kardiológiai Intézet).

Követelmény: A jelöltnek angol nyelvtudással és statisztikai ismeretekkel kell rendelkezzen, valamint tudományos publikációval.

Regressziós modellek alkalmazása orvosbiológiai feladatokban

Témavezető: Ferenci Tamás, Kovács Levente

A kutatási téma leírása:

Regressziós modellek alkalmazása meghatározó jelentőségű az empirikus orvosi vizsgálatok kiértékelésében. Ennek ellenére a gyakorlati alkalmazások számos esetben nem optimális megoldásokat alkalmaznak, nem használják ki a rendelkezésre álló lehetőségeket, illetve bizonyos problémák új megoldásokat is igényelnek. A Jelölt feladat orvosbiológiai feladatokban – különösen kardiológiai és diabetológiai alkalmazásokban – regressziós modellek fejlesztése, validálása, kalibrálása, az erre vonatkozó korszerű módszerek elsajátítása és azok gyakorlati alkalmazása. A feladat részét képezi a teljes elemzési workflow menedzsment-je, a reproducible research filozófiája mentén. A modellek implementálása R statisztikai környezet alatt kell, hogy történjen, a Jelölt feladatát képezi az ezzel való igen alapos megismerkedés, ideértve a szükséges könyvtárak és egyéb eszközök használata-tának elsajátítását is (rms, RMarkdown stb.)

Kutatási célok:

1. Regressziós modellek fejlesztése orvosbiológiai (kiemelten kardiológiai és diabetológiai alkalmazásokban), különös tekintettel az olyan korszerű megoldások inkorporálására mint:

- a. modelldiagnosztika, specifikációs hibák, autokorreláció kezelése,
- b. spline-regresszió a folytonos változók kezelésére (GAM),
- c. bootstrap és egyéb elveken történő modellvalidáció, és modellkalibráció használata,
- d. regularizálás (penalizálás) használata,
- e. hiányzó adatok kezelése többszörös inputálással,
- f. egyéb regressziós technikák (pl. látens osztály modellek) vizsgálata.

2. Regressziós modellek összevetés, különös tekintettel:

- a. propensity score módszerekre,
- b. és gépi tanulási (adatbányászati) eljárások használata.

3. Elemzési workflow menedzsment a reproducible research filozófiája szerint. A kutatási téma komoly interdiszciplináris ismeretek elsajátítását igénylik. A jelölt az Óbudai Egyetem Élettani Szabályozások Kutatóközpont által folytatott kutatási és oktatási munkákba folyik bele. A téma orvosi partnere a GOKI (Gottsegen György Országos Kardiológiai Intézet) és a Heim Pál Gyermekkorház.

Követelmény: A jelöltnek angol nyelvtudással és statisztikai ismeretekkel kell rendelkezzen, valamint tudományos publikációval.

Súlyos kórképek matematikai modellezése és a terápiát segítő egyedi döntéstámogató algoritmusok fejlesztése

Témavezető: Dr. Andréka Péter (GOKI, Kovács Levente (ÓE))

A kutatási téma leírása:

A mai napig komoly problémát jelent bizonyos kritikus állapotú betegek kezelése, különösen, ha még keringés és légzés támogatást is igényelnek. Ennek hátterében a szervrendszerek patológiás működésének szoros összefonódásai állnak. Az életet támogató eszközök beállításai, valamint a szükséges farmakológiai és nem farmakológiai kezelési modalitások nagyban függenek a betegek aktuális állapotától, ami viszont folyamatos és nagyon gyors változásokat is mutathat. Ennek megfelelően ezen betegek kezelésében nem állíthatók fel egységes szabályok, a kezelésnek egyénre szabottnak kell lennie a minél jobb túlélési mutatók elérése érdekében.

Kutatási célok:

A jelen kutatás során a cél súlyos kardiológiai alapbetegségben szenvedő betegek megfelelő adatgyűjtésre képes komplex monitorozása és ezáltal irányított, egyénre szabott terápiás algoritmusok fejlesztése, melynek főbb összetevői:

1. Légzőrendszeri ill. lélegeztetési monitorozás, a légzőrendszer adaptációjának vizsgálata a fentnevezett betegcsoportokban egy új matematikai- mechanikai modell meghatározásával.
2. Hemodinamikai változások vizsgálata: elsődleges cél a beteg állapotának korai, a klinikumban még meg nem jelenő változásainak objektívizálható felismerése, értékelése és idejében történő beavatkozás lehetősége. Tekintettel arra, hogy a késői vagy nem megfelelő monitorozási lehetőség hiányából adódó rossz „klinikai reakció” (pl. terápiás beavatkozás) végérvényesen meghatározhatja a beteg sorsát az idejében végzett megfelelő beavatkozás életmentő lehet.
3. Egy komplex egészségügyi (orvosi és ápolási) döntést támogató algoritmus és betegbiztonsági rendszer kidolgozása. Ez folyamatosan figyeli a beteg lélegeztetése és keringéstámogatása közben mért és származtatott lélegeztetési és hemodinamikai paramétereket és ezek alapján képes javaslatot adni az ideálist a lehető legjobban megközelítő gyógyszeres és eszközös terápiás lehetőségekre, beállításokra.

A vizsgálati módszerek az egymással kommunikáló, sokoldalú monitor munkáállomásokból (lélegeztetőgépek, keringéstámogató eszközök, hemodinamikai monitorok, szívultrahang készülék, stb.) nyert big data halmaz statisztikai elemzése és matematikai szimulációs eljárások (pl. Monte Carlo) valamint matematikai modellek létrehozása. A kutatási téma komoly interdiszciplináris ismeretek elsajátítását igénylik. A jelölt az Óbudai Egyetem Élettani Szabályozások Kutatóközpont által folytatott kutatási és oktatási munkákba folyik bele. A téma orvosi partnere a GOKI (Gottsegen György Országos Kardiológiai Intézet).

Követelmény: A jelöltnek angol nyelvtudással és statisztikai ismeretekkel kell rendelkezzen, valamint tudományos publikációval.

Kórélettani folyamatok modell-alapú terápiás lehetőségei valós hardver környezetben

Témavezető: Kovács Levente

A kutatási téma leírása:

Kórélettani rendszerek modell-alapú szabályozása kihívásokkal teli feladat. A rendszerés irányításelmélet számítástechnikai és matematikai eszközeinek fejlődésével lehetővé vált a jelentős, el nem hanyagolható nemlinearitást mutató komplex mérnöki rendszerek mellett, a fiziológiai folyamatok és szabályozások analitikus és számítógépes elemzése és azok gyakorlatban történő alkalmazása is. Megfelelő célhardver kifejlesztése igényli ugyanakkor a rendszer állapotainak ismeretét, vagyis megfelelő állapotmegfigyelőt, valamint a paraméterek on-line identifikációját.

A jelenlegi téma élettani és kórélettani szabályozások tématerületéhez kapcsolódik, ötvözvén az élettani tudományokat, a szabályozástechnikát, az informatikát és matematikát. A kutatómunka egy, már meglévő eszközrendszerhez és metodikához kapcsolódik, azok klinikai jellegű alkalmazására, valamint megfelelő hardver eszköz fejlesztésére irányul.

Kutatási célok:

A jelölt feladata, hogy dolgozzon ki:

- modern állapot- és paraméterbecslő, valamint identifikációs algoritmusokat;
- vizsgálja ezen algoritmusok alkalmazhatóságát virtuális (ún. in silico) környezetben valós klinikai és kórélettani adatokon, elsősorban az 1-es típusú diabétesz szabályozásának (mesterséges hasnyálmirigy) tekintetében;
- a kialakított algoritmusokat mérlegelve fejlesszen megfelelő célhardvert, amely alkalmas az adott élettani folyamat vizsgálatára és szabályozására;
- vizsgálja meg, hogy milyen hatással vannak a hardverkomponensek a kidolgozott szabályozó algoritmusok minőségi paramétereire, robusztusságára;
- vizsgálja az élettani szabályozásokat megvalósító rendszerek esetén, elsősorban a diabétesz mellitusz szabályozására szolgáló algoritmusok valós hardveren történő implementációjának korlátait;

A kutatási téma elméleti vizsgálatai komoly interdiszciplináris ismeretek elsajátítását igénylik. Kapcsolódjon be az Óbudai Egyetem Élettani Szabályozások Kutatóközpont által folytatott kutatási és oktatási munkákba.

Követelmény: A jelöltnek angol nyelvtudással, irányításelméleti alkalmazások igényeinek megfelelő, illetve hardver modellezésére és rendszerbe illesztésére alkalmas (processor-in-the-loop) matematikai programcsomag (pl. MATLAB) ismeretével, beágyazott rendszerek ismereteivel, valamint tudományos publikációval, szabályozáselméleti tudással és hardverfejlesztési tapasztalattal kell rendelkeznie.

Nemlineáris élettani folyamatok szabályozása

Témavezető: Kovács Levente, Drexler Dániel András

A kutatási téma leírása:

A rendszer- és irányításelmélet számítástechnikai és matematikai eszközeinek fejlődésével lehetővé vált a jelentős, el nem hanyagolható nemlinearitást mutató komplex mérnöki rendszerek mellett a fiziológiai folyamatok és szabályozások analitikus és számítógépes elemzése is. A fiziológiás folyamatok nemlineáris dinamikája megköveteli a nemlineáris rendszerek szabályozásának ismeretét. A téma élettani és kórélettani szabályozások tématerületéhez kapcsolódik, ötvözvén az élettani tudományokat, az irányítástechnikát, az informatikát és matematikát. A kutatómunka elsősorban a mesterséges hasnyálmirigy (diabétesz), valamint a tumor szabályozás meglévő eszközrendszeréhez és metodikájához kapcsolódik, azok klinikai jellegű alkalmazására, valamint az egyetemi oktatásba való bevezetésére irányul.

Kutatási célok:

Dolgozzon ki komplex élettani folyamatok elemzéséhez alkalmazható céladekvát algoritmusokat és vizsgálja meg a megfelelő folyamatokat leíró modellek irányításelméleti alkalmazhatóságát. Vizsgálja az állapotter modellek segítségével nemlineáris rendszerek vizsgálatán alapuló, valamint a soft-computing és modern robusztus technikákat használó irányítástervezés alkalmazási lehetőségeket (LPV, TP). A kutatási téma elméleti vizsgálatai komoly interdiszciplináris ismeretek elsajátítását igénylik. Kapcsolódjon be az Óbudai Egyetem Élettani Szabályozások Kutatóközpont által folytatott kutatási és oktatási munkákba.

Követelmény: A jelöltnek angol nyelvtudással és rendszer- és irányításelméleti alkalmazások igényeinek megfelelő matematikai programcsomag (pl. MATLAB) ismeretével, valamint tudományos publikációval és jelentős szabályozáselméleti tudással kell rendelkeznie.

Kórélettani folyamatok modern robusztus irányításelméleti lehetőségei

Témavezető: Kovács Levente

A kutatási téma leírása:

Számos betegség esetében, ahol az emberi szervezet nem képes előállítani vagy fenntartani a megfelelő állapotot, külső szabályozó jelenti a megoldást. Ez részben vagy teljesen automatizált egységgel valósítható meg, mely a megfelelő élettani jel bemenetét vagy egy adott dózis injekcióját jelenti. A szabályozásnak egy nagyon szigorú követelményrendszert kell megvalósítania, melynek betartása nemcsak a páciens életminőségének javításához, de – szükség esetén– például a gyógyszer optimális adagolásához is hozzájárul.

A jelen kutatás célja olyan módszerek kidolgozása, amelyek robusztus módon és/vagy optimális megoldást kínálva biztosíthatnak beavatkozási lehetőséget komplex élettani folyamatok szabályozására. A téma élettani és kórélettani szabályozások tématerületéhez kapcsolódik, ötvöztetve az élettani tudományokat, az irányításelméletet, az informatikát és matematikát. A kutatómunka elsősorban a mesterséges hasnyálmirigy (diabétesz), valamint a tumor szabályozás meglévő eszközrendszeréhez és metodikájához kapcsolódik, azok klinikai jellegű alkalmazására, valamint az egyetemi oktatásba való bevezetésére irányul.

Kutatási célok:

A jelölt feladata, hogy ismerkedjen meg modern robusztus irányításelméleti módszerekkel (Hinf, μ -szintézis, LPV, TP, RFPT). Dolgozzon ki céladekvát algoritmusokat élettani folyamatok szabályozására (elsősorban a mesterséges hasnyálmirigy és tumorszabályozás), illetve vizsgálja meg a megfelelő folyamatokat leíró modellek irányításelméleti alkalmazhatóságát. Végezzen modellkísérleteket a meghatározott struktúrákra.

A kutatási téma elméleti vizsgálatai komoly interdiszciplináris ismeretek elsajátítását igénylik. Kapcsolódjon be az Óbudai Egyetem Élettani Szabályozások Kutatóközpont által folytatott kutatási és oktatási munkákba.

Követelmény: A jelöltnek angol nyelvtudással és rendszer- és irányításelméleti alkalmazások igényeinek megfelelő matematikai programcsomag (pl. MATLAB) ismeretével, valamint tudományos publikációval és jelentős szabályozáselméleti tudással kell rendelkeznie.

2.5.3 KIBER FIZIKAI RENDSZEREK

Mobilrobot környezetének valósidejű térképezése

Témavezető: Vámosy Zoltán

A kutatási téma leírása:

Egy robot irányításánál a legfőbb feladat, hogy a rendszer a szenzoradatok segítségével térképet építsen és meghatározza a helyzetét az adott munkakörnyezetben. A legtöbb esetben olyan érzékelőrendszert használnak, ami képes a robot automata navigációjához információt szolgáltatni.

Valós idejű beltéri navigáció során a leginkább használt szenzorok az RGB-D kamera, LiDAR és az inerciális egység (IMU).

Kutatási célok:

A helyzetmeghatározási és térképezési módszerek áttekintése és összehasonlító elemzése. A Kinect szenzor által szolgáltatott kamerakép és mélységi információ alkalmazhatósága beltéri térképezés során. Jellemző pont alapú technikák alkalmazása a mérési adatok térképbeillesztéséhez. Az egyes részletek összeillesztéséhez szükséges algoritmusok. A kiválasztott módszer tesztelése, az eredmények összehasonlítása.

Irodalom:

- [1] L. Juan and O. Gwun, "A Comparison of SIFT, PCA-SIFT and SURF," International Journal of Image Processing (IJIP) 2010, vol. 3, no. 4, pp. 143-152.
- [2] S. Thrun, J. J. Leonard, S. Bruno and K. Oussama, Eds., Springer Handbook of Robotics. Springer, 2008.

Intelligens módszerek közlekedési rendszerek biztonságának növelésére

Témavezető: Várkonyiné Kóczy Annamária

A kutatási téma leírása:

A közlekedési rendszerek biztonságának és hatékonyságának növelése egyre hangsúlyosabb szerepet kap a nemzetközi kutatásokban és fejlesztésekben. A vizsgálatok többféle aspektusból közelítik a témát, kiterjedt munka folyik összetett közlekedési rendszerek modellezése, a közlekedésirányítás és optimalizálás, járműmodellezés, vezető nélküli járművek fejlesztése, autonóm navigáció, intelligens tér és a baleset/ütközés analízis területein. A téma fontosságát mutatja az is, hogy a legújabb EU-s tanulmányok szerint az európai fejlett országokban a forgalmi torlódások gazdasági kihatásai eléri a GDP 2%-át.

A közelmúlt kutatási eredményei azt bizonyítják, hogy a fenti területeken – a problémák összetettsége, a nehezen megfogalmazható elvárások és a bizonytalan információ miatt – az intelligens módszerek alkalmazása előnyös, sőt sok esetben kizárólag ezek a technikák használhatók illetve vezetnek eredményre. A témavezetőhöz kötődő kutatásokban elsősorban a fuzzy és genetikus technikák, neurális hálózatok, anytime rendszerek és ezek ötvözése illetve kombinálása más matematikai, modellezési, diagnosztikai és identifikációs módszerekkel áll a középpontban. Hangsúlyos figyelmet kap az autonóm navigáció [1], az intelligens tér [2] és az ütközés analízis [3], mely területeken elméleti kutatás és gyakorlati fejlesztés folyik nemzetközi és hazai pályázatok keretében.

Kutatási célok:

1. Autonóm navigáció: 2 és 3D-s mozgást végző robotok navigációs algoritmusainak fejlesztése, egységes leíró keretrendszerbe történő helyezése, adaptivitásának és tanulóképességének növelése.
2. Intelligens tér: A „tér” (közlekedési hálózat, közlekedési csomópont, aluljáró, kórház, bank, lakóház, szoba, stb.) sajátosságaként olyan intelligencia létrehozása, amely alkalmas járművek, robotok, emberek figyelésére, azonosítására, követésére, mozgás és útvonal optimalizálásra, szokatlan események kiszűrésére, szükség esetén riasztásra.
3. Ütközés analízis: Olyan intelligens rendszer kialakítása illetve továbbfejlesztése, amely az ütközött járműről és környezetéről készített digitális fotók alapján az epipoláris geometria, számítógépes grafika és intelligens módszerek ötvözésével automatikusan képes a képek feldolgozására, az ütközés körülményeinek közelítő meghatározására, az ütközés időbeni folyamatának rekonstruálására, és további analízisre, amely hozzájárulhat a biztonságos járműtervezéshez illetve a biztonságosabb közlekedési rendszerek kialakításához.

Irodalom:

[1] Á. Lászka, A.R. Várkonyi-Kóczy and G. Pék, “Universal Autonomous Robot Navigation Using Quasi Optimal Path Generation,” IEEE Int. Conf. on Autonomous Robots and Agents, ICARA'2009, Wellington, New Zealand, Feb. 9-12, 2009.

[2] A. R. Várkonyi-Kócz and A.A. Tóth, "ISpace – a Tool for Improving the Quality of Life," Journal of Automation, Mobile Robotics & Int. Systems, vol. 3, no. 4, pp. 41-45, 2009.

[3] A. R. Várkonyi-Kóczy, A. Rövid and M.G. Ruano, "Soft Computing Based Car Body Deformation and EES Determination for Car Crash Analysis Systems," IEEE Trans. on Instrumentation and Measurement, vol. 55, no. 6, pp. 2300-2308, Dec. 2006.

Hazai és/vagy nemzetközi kapcsolatok a fenti témában:

Prof. Korondi Péter (Debreceni Egyetem)

Dr Rövid András (BME)

Prof. Hideki Hashimoto (Tokyo-i Egyetem, Jp.)

Profs. Maria Graca & Antonio Ruano (Algarve-i Egyetem, Pt.)

Lágy számítási módszerek alkalmazása "anytime" rendszerekben

Témavezető: Várkonyiné Kóczy Annamária

A kutatási téma leírása:

Napjaink korszerű mérő-, szabályzó-, diagnosztikai, stb. rendszereinek jellemző sajátosságai közé tartozik egyrészt az egyre növekvő komplexitás, másrészt a előírt válaszidőben történő működés. A diagnosztikai rendszerek az adott technológia működésében fellépő hibák gyors azonosítására, ill. adott határok között hatásaik közömbösítésére/áthidalására is képesek. Nyilvánvalóan kulcskérdés a rendelkezésre álló számítási kapacitás, de a rendszer tényleges működését nagyban befolyásolja az is, hogy az információ feldolgozás precedencia viszonyai - beleértve az időzítési és adatelérési viszonyokat is - milyen feldolgozási sebességet tesznek lehetővé. Bármilyen előrelátó módon is tervezzük az ilyen alkalmazói rendszereket, szinte elkerülhetetlen, hogy éppen kritikus működési fázisokban fel ne lépjen súlyos adat- és/vagy időhiány, ami a diagnosztikai vagy szabályzórendszer működési zavarát eredményezheti.

A fenti problémák kezelésében előnyösen alkalmazhatók az ún. anytime rendszerek, amelyek képesek adaptívan alkalmazkodni a pillanatnyilag rendelkezésre álló számítási erőforrás/idő mennyiségéhez, valamint a hiányos, pontatlan, bizonytalan adatokhoz. E rendszerek olyan modellekre, algoritmusokra épülnek, amelyek adatvesztés illetve kritikussá váló időzítési körülmények esetén is valamilyen szinten elfogadható minőségű választ adnak, és ezáltal lehetővé teszik, hogy az információ feldolgozási folyamat folytatható/továbbvihető legyen.

A témavezető irányítása alatt évek óta intenzív kutatómunka folyik a tématerületen. A lefolytatott vizsgálatok alapján célszerűnek tűnik a lágy számítási módszerek – elsősorban fuzzy rendszerek és neurális hálók – anytime rendszerekben való alkalmazási lehetőségeinek kutatása és kidolgozása. A felmerülő intenzív kutatómunkát igénylő kérdések között szerepel a számítási komplexitás és pontosság - egymásnak ellentmondó követelményei - közötti kedvező egyensúly megtalálása és fenntartása. A vizsgálatok egy másik vonatkozása az alkalmazott eljárások „tranzien” viselkedése lehet. Az eljárások beállási tulajdonságai ugyanis jelentős mértékben befolyásolják az eredmények minőségi jellemzőit.

Egy további, igen érdekes kérdés az anytime rendszerek intelligens felügyelete illetve annak vizsgálata, hogy az adatvesztés, vagy a kritikussá vált időzítés következtében minőségében romló eredmény továbbvitelét az információ feldolgozó láncban hogyan célszerű tervezni, azaz a bizonytalanság növekedése milyen kihatással van a további feldolgozó elemek konkrét működésére, illetve az általuk számított eredményre.

A téma kidolgozásához mélyebb ismereteket kell szerezni

- az általánosított anytime rendszerek,
- a lágy számítási módszerek - ezen belül elsősorban a fuzzy technikák és neurális hálók,
- a tranzien analízis,
- a komplex technológia mérő- és irányító rendszerek tervezése, továbbá

- számítógépes felügyeleti rendszerek kialakítása

témakörökben. A kutatási téma több ponton is kapcsolódik hazai és nemzetközi együttműködésekhez, és eredményes kidolgozása jelentős mértékben hozzájárulhat a fentiekben vázolt követelményeket állító alkalmazói rendszerek tervezésének és kivitelezésének alapvetően új megközelítésre épülő megvalósításához, és olyan számítógépes felügyeleti rendszerek kialakítását segíti, amelyek rendelkezésre állása sérült információ áramlás, ill. időzítési problémák esetén is biztosított.

Deep Learning módszerek ipari robotalkalmazásokban

Témavezető: Galambos Péter

A kutatási téma leírása:

A gépi tanulás és különösen a mély neurális hálózatok, azaz a deep learning technológiagyökeresen átalakította az információtechnológia iparágát. Az analitikus módszerekkel nem, vagy csak szerény hatékonysággal kezelhető feladatok egész sora válik megoldhatóvá a szövegelemzéstől az önvezető járműveken át a robotkarok mozgástervezéséig, hogy csak néhány példát említsünk. A robottechnika kezdeti szakaszában - nagyjából 1960-1990-ig -, nagyrészt kialakultak azon analitikus és numerikus módszerek, amelyekkel jól kezelhetők az olyan alapfeladatok, mint az inverz kinematika és inverz dinamika, mozgás-szabályozás, vagy éppen az ütközésmentes pályatervezés. Ezek a technikák ma is alapvető fontossággal bírnak és a számítógépek fejlődésének köszönhetően valósidejű, vagy még gyorsabb számítást tesznek lehetővé.

A 4. ipari forradalom korában kifejlődő, egyre összetettebb robotalkalmazásokra mutató igény olyan feladatokat állít a kutatók és mérnökök elé, amelyek komplexitásuk miatt nem közelíthetők meg a hagyományos módszerekkel. Ilyen feladatok többek között a környezet detektálása és az objektumok felismerése, az különböző, akár ismeretlen tárgyak manipulációjának megvalósítása, vagy a flexibilis munkadarabok kezelése. Hasonlóan jelentős kihívása az új típusú, főként kollaboratív alkalmazások felügyelete és a minőségbiztosítás célú eseménynaplózás megvalósítása. Az automatizált adatgyűjtés révén elérhető korlátlan mennyiségű adatból kell kinyerni olyan információt, amely hasznos az ökoszisztéma valamely szereplője számára. Egy szakértőnek ez nem feltétlenül jelent problémát, de a számítógéppel végzett automatikus adatelemzésben ma még nem megoldott feladat. A robotika területén kibontakozó, több mérnöki és tudományos diszciplínát (pl. robottechnika, informatika, számítástudomány) is mélyen érintő kutatási feladat.

Kutatási célok:

Mivel a kutatási téma számos tudományágat érint, a lehetséges célok is sokrétűek. Olyan jelentkezőre számítunk, aki kihívást érez a tudományterületeken átívelő kutatási feladatok megoldásában. A lehetséges irányok sokféleségét az alábbi pontok szemléltetik:

- Mély neurális hálózatok jelenlegi robottechnikai alkalmazásainak megismerése és tudományos igényű áttekintés elkészítése.
- Általános megközelítés kidolgozása a jól bevált analitikus és algoritmikus módszerek gépi tanuláson alapuló módszerekkel történő hatékony kombinálásra.
- RGB-D modalitáson alapuló környezetdetektálás, szegmentáció és objektum felismerés megvalósítása konvolúciós neurális hálózat segítségével.
- Objektum megfogás megtervezése felismert geometriai sajátosságok és a megfogó geometria alapján.
- Robotkar szegmentálása és konfiguráció valósidejű felismerése RGB-D adatfolyamból.

- Kollaboratív robotalkalmazás különböző fázisainak felismerése és naplózása a robotvezérlőből kinyerhető státuszadatok, valamint külső szenzorok adatai alapján. Rendellenes működés előre-jelzése tanult jellegzetességek alapján.

Irodalom:

- [1] V. Nath és S. E. Levinson, Autonomous Robotics and Deep Learning, 2014 edition. New York: Springer, 2014.
- [2] I. Goodfellow, Y. Bengio, és A. Courville, Deep Learning. MIT Press, 2016.
- [3] Sergey Levine, Peter Pastor, Alex Krizhevsky, Julian Ibarz, és Deirdre Quillen, „Learning hand-eye coordination for robotic grasping with deep learning and large-scale data collection”, The International Journal of Robotics Research, o. 0278364917710318, jún. 2017.
- [4] P. Kim, MATLAB Deep Learning: With Machine Learning, Neural Networks and Artificial Intelligence, 1st ed. edition. New York, NY: Apress, 2017.
- [5] A. Zeng és mtsai., „Multi-view self-supervised deep learning for 6D pose estimation in the Amazon Picking Challenge”, in 2017 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), 2017, o. 1386–1383.
- [6] J. Sung, S. H. Jin, és A. Saxena, „Robobarista: Object Part Based Transfer of Manipulation Trajectories from Crowd-Sourcing in 3D Pointclouds”, in Robotics Research, Springer, Cham, 2018, o. 701–720.

Hazai és/vagy nemzetközi kapcsolatok a fenti témában:

Csapó Ádám (SZE, Győr); Dr. eng. Cosmin Copot (University of Antwerp, Faculty of Applied Engineering, Department of Electromechanics, Op3Mech); OptoForce Kft. (Budapest)

Robotrendszerek szemantikus programozása

Témavezető: Galambos Péter

A kutatási téma leírása:

Hagyományosan az ipari robotokkal és egyéb számítógép-vezérelt termelőeszközökkel megvalósuló gyártási folyamatok programját elemi szinten építjük fel. Ez a megközelítés feltételezi a körülmények minden részletre kiterjedő ismeretét, beleértve a gyártóeszközök típusát, a konkrét gyártási elrendezés geometriai viszonyait és az alkalmazott technológiát. Ebből következik, hogy a gyártási programok a technológia tudást olyan módon reprezentálják, ami nem teszi lehetővé az általánosítást, azaz a hordozhatóságot. A körülmények bármely változása a gyártási programok módosítását vonja maga után. A korszerű szemantikus technológiák felvetik annak lehetőségét, hogy a technológiai folyamatokat általánosabb formában írjuk le biztosítva ezáltal a programok, illetve szemantikus feladatleírások hordozhatóságát. Ennek különösen nagy jelentősége van a kollaboratív robotalkalmazások terén. A téma tudományos megközelítése során a cél olyan komplex rendszer kidolgozása, amely a rendszer aktuális állapotának ismeretében, különböző tudásreprezentációk és szemantikus következtetők alkalmazásával „röptében” állítja elő a konkrét berendezések alacsony szintű programját és vezényli az összetett folyamatokat.

Kutatási célok:

A kutatás céljai az alábbi pontokban foglalható össze:

- A legkorszerűbb szemantikus információábrázolási módszerek megismerése. Ésszerű vizsgálati határok kijelölése a szabványos Ipari Robot Ontológiák figyelembevételével.
- Generikus leírórendszer kidolgozása, amely lefedi az ipari robotalkalmazások (különösen a kollaboratív irány) tipikus feladat-primitívjeit.
- Tudásreprezentáció, érzékelés és döntéshozás (irányítás) különböző szintjeinek „proof-of-concept” céllal történő integrálása.
- Az irányítási rétegek absztrakcióinak kidolgozása úgy, hogy a szabály alapú, analitikus és egyéb soft computing formában leírt szabályozási törvények egyaránt kezelhetők legyenek.

Irodalom:

[1] P. Galambos és mtsai., „Design, programming and orchestration of heterogeneous manufacturing systems through VR-powered remote collaboration”, Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, köt. 33, o. 68–77, jún. 2015.

[2] K. M. Lynch és F. C. Park, Modern Robotics. Cambridge University Press, 2017.

[3] M. Stenmark és P. Nugues, „Natural language programming of industrial robots”, in IEEE ISR 2013, 2013, o. 1–5.

[4] E. Prestes és mtsai., „Towards a core ontology for robotics and automation”, Robotics and Autonomous Systems, köt. 61, sz. 11, o. 1193–1204, nov. 2013.

[5] L. Kunze, T. Roehm, és M. Beetz, „Towards semantic robot description languages”, in 2011 IEEE International Conference on Robotics and Automation, 2011, o. 5589-5595.

[6] F. van Harmelen, V. Lifschitz, és B. Porter, Handbook of Knowledge Representation. Elsevier, 2008.

Hazai és/vagy nemzetközi kapcsolatok a fenti témában:

Csapó Ádám (SZE, Győr); Dr. eng. Cosmin Copot (University of Antwerp, Faculty of Applied Engineering, Department of Electromechanics, Op3Mech)

Sebészeti robotok biztonságtechnikája

Témavezető: Haidegger Tamás

A kutatási téma leírása:

Az elmúlt 30 évben egyre nagyobb szerepet kapott a különböző robotok fejlesztése és alkalmazása, amelyek korábban leginkább az autópári gyártásban játszottak szerepet. Ezen robotok a létező biztonságtechnikai előírások miatt szinte soha nem kerülhetnek fizikai kapcsolatba kezelőjükkel vagy más emberrel. Manapság viszont a rohamosan fejlődő világban az ember-központú robotikai rendszerek váltak kiemelten fontossá, ezek az úgynevezett szerviz robotok. A robotok háztartásbeli, otthoni ellátásban, vagy akár az egészségügyben való használata során új szoftveres problémák merülnek fel a közvetlen ember-gép fizikai kapcsolatból kifolyólag. A robottechnika magában hordozza a jelenlegi egészségügyi rendszer radikális átalakításának lehetőségét, a költséghatékony otthon-ápolás, telediagnosztika, telemedicina és távsebészet bevezetését, éppen ezért kritikus a biztonsági kockázatok kezelése. Ugyanakkor az osztott munkatérben a robotok emberrel történő együttműködése során számos tényezőt figyelembe kell venni, és a különböző gyártók és fejlesztők elégtelen protokollokat alkalmaznak. Az ipari működésekre számos szabvány létezik, de a szerviz robotokra és az ember-gép közötti biztonságos kapcsolatra nem léteznek megfelelő világszintű irányelvek. Ezáltal a különböző eszközök felhasználása és alkalmazása során komoly biztonsági problémák jelentkezhettek. A kutatómunka részeként a jelenleg fejlesztés alatt álló robotokon és eszközökön alkalmazott biztonsági protokollokat egy közös irányvonal mentén kell megvizsgálni. A doktorandusz feladata szimulációkon keresztül felmérni egy rendelkezésre álló szerviz robot kritikus és nem szabványosított tényezőit, majd ezeket a kockázatokat a való életben is felmérni. A különböző nemzetközi szabályozási hátterek figyelembevételével ki kell dolgoznia egy módszertant a szerviz robotok és az ember közötti kapcsolat objektív biztonságtechnikai mérési eljárásaira.

Kutatási célok:

A biztonságtechnikai szempontból kritikus ember-gép kapcsolat analízise (otthonápolás, egészségügyi alkalmazás, osztott munkatér esetében). A jelenleg létező rendszerek objektív értékelése biztonságtechnikai szempontból. Mérési eljárás és kritériumrendszer kialakítása biztonságos ember-gép kapcsolat szempontjából. Az új módszer tipikus alkalmazásokra jellemző szimulációk és valóságos tesztek elvégzése, az osztályozási rendszer validálása.

Irodalom:

- [1] Sami Haddadin (2011). - Towards Safe Robots: Approaching Asimov's 1st Law. PhD thesis, DLR, 2011.
- [2] Haddadin, S., Haddadin, S., Houry, A., Rokahr, T., Parusel, S., Burgkart, R., ... & Albu-Schäffer, A. (2012, October). A truly safely moving robot has to know what injury it may cause. In Intelligent Robots and Systems (IROS), 2012 IEEE/RSJ International Conference on (pp. 5406-5413), 2012.

[3] Kazanzides, P., Kouskoulas, Y., Deguet, A., & Shao, Z. (2012, May). Proving the correctness of concurrent robot software. In Robotics and Automation (ICRA), 2012 IEEE International Conference on (pp. 4718-4723). IEEE.

[4] Bresolin, D., Di Guglielmo, L., Geretti, L., Muradore, R., Fiorini, P., & Villa, T. (2012, September). Open problems in verification and refinement of autonomous robotic systems. In Digital System Design (DSD), 2012 15th Euromicro Conference on (pp. 469-476). IEEE.

Hazai és/vagy nemzetközi kapcsolatok a fenti témában:

Dr. Gernot Kronreif, Austrian Center for Medical Innovation and Technology (ACMIT), Wiener Neustadt, Ausztria

Időkésleltetési rendszerek szabályozása távsebészeti alkalmazásokhoz

Témavezető: Haidegger Tamás

A kutatási téma leírása:

Az elmúlt évtizedekben a távsebészet önálló kutatási, majd alkalmazási területté nőtte ki magát. 1973-ban született meg az első távsebészeti robot koncepciója a NASA-nál, majd több sikeres fejlesztést követően 2001-ben hajtották végre az első transzkontinentális beavatkozást. 2005-ben Kanadában elindult az első rendszeres robotos távsebészeti és diagnosztikai szolgáltatás, ugyanakkor a nagyobb késleltetések kezelése mind a mai napig komoly kihívást jelent. Megfelelő algoritmusokkal, modell alapú prediktív szabályozókkal biztosítható a stabilitás és a transzparencia követelménye is nagy távolságban végrehajtott valós idejű beavatkozásoknál. A hallgató feladata szimulációkon keresztül megvizsgálni egy modellezett teleoperációs műtőrendszer kritikus tényezőit, valamint különböző predikciós eljárásokat, szabályozási algoritmusokat tervezni az adott szimulációs keretrendszeren.

Kutatási célok:

A nagy távolságokra történő teleoperáció koncepciójának megismerése, a megfelelő szakirodalom feldolgozása után a leghatékonyabb algoritmusok kiválasztása. A jelenleg alkalmazásban lévő szabályozó-tervezési módszerek feltárása, tesztelése, új lehetőségek kidolgozása. Model-prediktív szabályozók alkalmazása master-slave alapú sebészrobotikai rendszereken. Konkrét MPC algoritmus kidolgozása, tesztelési környezet kiválasztása, kialakítása, validációs módszertan alkalmazása, tesztek implementálása és az eredmények kritikus kiértékelése.

Irodalom:

[1] Kazanzides, P., Fichtinger, G., Hager, G. D., Okamura, A. M., Whitcomb, L. L., & Taylor, R. H. (2008). Surgical and interventional robotics-core concepts, technology, and design [Part I-II-III]. IEEE Robotics & Automation Magazine, 15(2-3-4).

[2] Varkonyi, T. A., Rudas, I. J., Pausits, P., & Haidegger, T. (2014, July). Survey on the control of time delay teleoperation systems. In Intelligent Engineering Systems (INES), 2014 18th International Conference on (pp. 89-94). IEEE.

Hazai és/vagy nemzetközi kapcsolatok a fenti témában:

Prof. Peter Kazanzides, CISST, Johns Hopkins University, Baltimore, MD, USA

A zárt 6R-es láncok kinematikai szintézise és a kötéselmélet

Témavezető: Hegedűs Gábor

A kutatási téma leírása:

A zárt 6R-es mechanizmusokat már régóta vizsgálják és egy régi, híres probléma új zárt 6R-es mechanizmusok konstruálása. A kutatásunkban a Josef Schicho és kutatótársai által felfedezett duális kvaterniók feletti polinomok faktorizációján alapuló módszerrel új láncokat szeretnénk konstruálni és vizsgálni. A zárt 6R-es láncok osztályozása felé vezet a Josef Schicho és kutatótársai által felfedezett kötéselmélet. A kötéselméletben definiált kötésekkel jól le tudjuk írni a zárt 6R-es láncok geometriai jellemzőit. Ezeket a geometriai jellemzőket is szeretnénk jobban megérteni, mint pl. a kötések és a DH. paraméterek kapcsolatát.

Kutatási célok:

A legfontosabb célunk a zárt 6R-es láncok osztályozása a kötéselmélet segítségével. Ezt a kötéselméletet a párhuzamos Stewart Gaugh platformok önmozgásainak osztályozására is szeretnénk használni. Fontos előrelépés lenne továbbá új láncok konstruálása is, amiben a Josef Schicho és munkatársai által felfedezett faktorizációs algoritmust használhatjuk.

Irodalom:

- [1] G. Hegedűs, J. Schicho and H. P. Schröcker, "Bond Theory and Closed 5R Linkages." in Latest Advances in Robot Kinematics. Springer Netherlands, 2012, pp. 221-228.
- [2] G. Hegedűs, J. Schicho and H. P. Schröcker, "Construction of overconstrained linkages by factorization of rational motions." in Latest Advances in Robot Kinematics. Springer Netherlands, 2012. pp. 213-220.

Szabad(ka) II. mechatronikai szerkezet hajtásszabályozás optimalizálása

Témavezető: Odry Péter

A kutatási téma leírása:

A Szabad(ka) II hatlábú, lábanként 3 DOF-os beágyazott mechatronikai rendszer, alkalmas összetett hajtás szabályozási feladatok kutatására. Összetett szerkezetek meghajtásánál felmerül a kérdés, hogy melyik az a minimális szenzor felület amelyik az eszközt ki tudja szolgálni és biztosítja a szerkezetnek a működése közben a megfelelő feltételeket. Kutatni, hogy a kiválasztott szenzorfelület elegendő vagy sem a szerkezetet védő gyors feladatok megoldására. Kutatni a minimálisan szükséges, úgy típusban mint számban, további szenzorok bevezetésének a szükségességét amelyek nem elsődlegesen az eszköz primáris szabályozási feladatait segítik, hanem a szerkezet mozgásának a pontosabb kísérésében vesznek részt, ilyen hatások pl. a csuklóokban lévő fogaskerekeken jelentkező kotyogások, a talpak járás közbeni megcsúszása, stb. A hatlábú járórobotok eddig publikált szabályozástechnikai megoldásainak áttekintése. Ütköztetni az eddigi megoldásokat. Keresni azokat a megoldásokat amelyek minimális szenzor mérési adat mennyiség mellett jó minőséggel hajtják a robot/manipulátort. Kutatni a fuzzy szabályozás alkalmazásának az

előnyeit a Szabad(ka) II beágyazott mechatronikai rendszer esetében, keresni a minimális számítási igény/maximális hajtási performaceok lehetőségeit. Verifikálni a kutatási eredményeket valós robot/manipulátoron. A verifikáció folyamán a berendezés működési paramétereit és számítógépes modell eredményét összevetve olyan eredményekhez jutunk, ahogy későbbiekben lineáris és nem lineáris alkalmazásokat modellezve magas konfidenciával megbecsülhető a berendezés „viselkedése” akár extrém esetekben is. Így lehetőség nyílik arra, hogy a hajtásszabályzási eljárást úgy módosítsuk, hogy extrém valós futtatás mellett is a robot/manipulátor minimális mértékben vagy egyáltalán ne sérüljön. A hajtásszabályozási feladat több részben független feladatot ölel fel, úgy futási paraméterek egymáshoz való illesztését mint olyan intelligens kereső algoritmusok fejlesztését amivel az eltérések értelmezhetők és a modellba beépíthetők.

Kutatási célok:

Megépíteni a robot/manipulátor teljes mechatronikai modelljét. A hajtás-szabályozás fejlesztés folyamán keresni a minimálisan szükséges szenzor felületet amivel a gyors szerkezetet optimalizált védő szabályzási hurkokat meg lehet oldani. Generálni futásminőségmérő ún. fitness függvényeket amelyek segítségével számszerűsíthetjük az eredményeket. Analizálni a fitness függvények minőségét a robot/manipulátor szabályzása tekintetében. Összevetni a robot/manipulátoron mért és a szimulált modell által generált eredményeket, majd értelmezni az eltéréseket. Keresni a definiált fitness függvények szerinti legjobb paraméterekkel rendelkező hajtásszabályzási eljárásokat. Elvégezni az összehasonlító analízist. A megépített szimulációsmodellel a robot/manipulátor „viselkedését” megbecsülni extrém és nemlineáris feltételek mellett is. Megbecsülni a várható hatásokat a szerkezetre. Futtatni a robot/manipulátort a modellezett extrém feltételek mellett és mérni a hatásokat. Elvégezni az eredmények együttes elemzését.

Irodalom:

- [1] I. Kecskés and P. Odry, Protective Fuzzy Control of Hexapod Walking Robot Driver in Case of Walking and Dropping. Springer, Vol 313, 2010, pp 205-217.
- [2] A. L. Nelson, G. J. Barlow and L. Doitsidis, “Fitness functions in evolutionary robotics: A survey and analysis,” Robotics and Autonomous Systems, vol 57, 2009, pp 345_370.

Hazai és/vagy nemzetközi kapcsolatok a fenti témában:

Bazsó Fülöp, MTA KFKI (RMKI) Budapest

Négyessy László, MTA, SzOTE, Pázmány Péter TE

Szabad(ka) II. mechatronikai szerkezet optimalizálása és verifikálása

Témavezető: Odry Péter

A kutatási téma leírása:

A Szabad(ka) II hatlábú, lábanként 3 DOF-os beágyazott mechatronikai rendszer alkalmas összetett mechatronikai kutatási eredmények tesztelésére és verifikálására. A verifikáció folyamán a berendezés működési paramétereit és számítógépes modell eredményét összevetve olyan eredményekhez jutunk, hogy a későbbiekben lineáris és nem lineáris alkalmazásokat modellezve magas konfidenciával megbecsülhető a berendezés „viselkedése” akár extrém esetekben is. Így lehetőség nyílik arra, hogy a szerkezetet vagy a program felületet úgy módosítsuk, hogy extrém valós futtatás mellett is a robot/manipulátor minimális mértékben vagy egyáltalán ne sérüljön. A verifikációs folyamat több részben független feladatot ölel fel úgy futási paraméterek egymáshoz való illesztését mint olyan intelligens kereső algoritmusok fejlesztését amivel az eltérések értelmezését meg tudjuk fogalmazni és modellba be tudjuk építeni.

Kutatási célok:

Megépíteni a robotmanipulátor teljes mechatronikai modelljét. Összevetni a robotmanipulátoron mért és a szimulált modell által generált eredményeket, majd értelmezni az eltéréseket és keresni azt a modell szerkezetet amelyik generálja a minimális eltéréseket a valós robot szerkezettel összevetve. Generálni futásminőség mérő (un. fitness) függvényeket amelyek segítségével számszerűsíthetjük az eredményeket. A megépített szimulációsmodellrel a robot/manipulátor „viselkedését” megbecsülni extrém/nemlineáris feltételek mellett. Megbecsülni a várható hatásokat a szerkezetre. Futtatni a robot/manipulátort a modellezett extrém feltételek mellett és mérni a hatásokat. Elvégezni az eredmények együttes elemzését.

Irodalom:

[1] E. Burkus and P. Odry, “Autonomous Hexapod Walker Robot “Szabad(ka)””, Acta Polytechnica Hungarica, vol 5, no 1, 2008, pp. 69-85.

[2] M. F. Silva and J. A. Tenreiro Machado, “Kinematic and dynamic performance analysis of artificial legged systems,” Robotica, vol. 26, 2008, pp. 19–39.

Hazai és/vagy nemzetközi kapcsolatok a fenti témában:

Bazsó Fülöp, MTA KFKI (RMKI) Budapest

Négyessy László, MTA, SzOTE, Pázmány Péter TE

2.5.4 MÉRNÖKI SZÁMÍTÁSOK ÉS MODELLEK I

Lineáris egyenletrendszerek numerikus módszereinek összehasonlítása és műszaki alkalmazásuk

Témavezető: Abaffy József

A kutatási téma leírása:

A lineáris egyenletrendszerek numerikus módszereinek elméleti és gyakorlati vizsgálata. Algoritmusok választása gyakorlati numerikus feladatok függvényében, ezek összevetése gyakorlati és ismert tesztfeladatokon.

Kutatási célok:

- Az ismertebb eljárások áttekintése és összehasonlító elemzése szoftver készítése és a módszerek összehasonlítása.
- Ismert eljárások módszertani és tartalmi továbbfejlesztése különös tekintettel az ABS módszerek pivotálási lehetőségeire.

Irodalom:

[1] J. Abaffy and E. Spedicato, *ABS Projection Algorithms: Mathematical Techniques for Linear and Nonlinear Equations*. Ellis Horwood Ltd., Chichester, England, 1989.

[2] G. H. Golub and C. F. Van Loan, *Matrix Computations*. 2nd ed., The Johns Hopkins University Press, Baltimore, 1993.

Hatékony és stabil algoritmusok fejlesztése speciális struktúrájú nemlineáris egyenletrendszerek és optimalizálási feladatok megoldására

Témavezető: Galántai Aurél

A kutatási téma leírása:

Speciális nagyméretű, de ritka szerkezetű nemlineáris egyenletrendszerek számos helyen (diszkrétizációkban, optimalizálásban) előfordulnak. Az egyik legfontosabb ilyen terület a feltételes optimalizálási problémák megoldása a Kuhn-Tucker egyenleteken keresztül (NCP módszerek).

Kutatási célok:

1. A speciális nagyméretű, ritka szerkezetű nemlineáris problémák irodalmának áttekintése és összehasonlító elemzése.
2. Új, az eddigieknél hatékonyabb és stabilabb (projekciós) módszerek kifejlesztése, implementálása és alkalmazása.

Numerikus eljárások utólagos hibabecsléseinek vizsgálata és továbbfejlesztése

Témavezető: Galántai Aurél

A kutatási téma leírása:

A numerikus eljárásokkal kapott közelítő megoldások hibáját (megbízhatóságát) sok esetben utólagos hibabecsléssel kell becsülni. Ezek szükségességét több tényező okoz

hatja:

- az elméletileg ismeretlen megoldás,
- a program kilépési feltételeinek megalapozatlansága,
- a feladat numerikus instabilitása,
- a számítógépes implementálás (lebegőpontos aritmetika) tulajdonságai.
- stb.

Egy jó utólagos hibabecslő eljárás elvileg kilépési feltételként is használható. Számos utólagos hibabecslő eljárás ismert egyenlet megoldó algoritmusok, numerikus integrálási technikák és diszkretizációs módszerek esetén.

Kutatási célok:

1. Az ismert utólagos hibabecslések áttekintése, összehasonlítása és rendszerezése.
2. Az utólagos hibabecslő eljárások megbízhatóságának tesztelésére eljárások kidolgozása.
3. Ismert eljárások továbbfejlesztése, új eljárások létrehozása.

HOSVD-vel összefüggő elméleti és gyakorlati kérdések vizsgálata

Témavezető: Szeidl László

A kutatási téma leírása:

Magasabb rendű tenzorok dekompozíciós eljárásainak alkalmazása számos különböző elméleti és alkalmazott kutatási területen (numerikus analízis, irányításelmélet, jelfeldolgozás, képfeldolgozás, pszichometria, adatbányászat, stb.). A kutatási terület elsősorban a HOSVD alapú megközelítésre fókuszál.

Kutatási célok:

Többváltozós függvények HOSVD alapú numerikus approximációja során felmerülő elméleti kérdések analízise és az eredmények alkalmazása gyakorlati szempontból jelentős feladatok modellezésében és numerikus vizsgálatában.

Irodalom:

[1] L. Szeidl, L. et al., “Numerical Reconstruction of the HOSVD Based Canonical Form of Polytopic Dynamic Models,” Proc. of International Symposium on Computational Intelligence and Intelligent Informatics (ISCIII 2007), Agadir, pp. 111-116, 2007.

[2] L. Szeidl, L. et al., “HOSVD Based Method for Surface Data Approximation and Compression,” Proc. of International Conference on Intelligent Engineering Systems (INES 2008), Miami, pp. 197-202, 2008.

[3] L. Szeidl. and P. Várlaki, “HOSVD based canonical form for polytopic models of dynamic systems,” J. Advanced Computational Intelligence, vol. 13, no.1, pp. 52-60., 2009.

[4] A. Rövid and L. Szeidl, “Image processing using polylinear functions on HOSVD basis,” in: Towards Intelligent Engineering and Information Technology. I. J. Rudas, J. Fodor, J. Kacprzyk, Eds, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, 2009, pp. 419-434.

[5] A. Rövid, L. Szeidl and T. Hashimoto, “Numerical Reconstruction and Compression of Thermal Image Sequences,” in 2012 Fifth International Conference on Emerging Trends in Engineering and Technology, Himeji, Japan, pp. 298-302.

Inverz hőátadási problémák megoldása bio-insprált algoritmusok alkalmazásával

Témavezető: Felde Imre

A kutatási téma leírása:

A tranziens hőátadási folyamatra jellemző hőáramsűrűség karakterisztikája – matematikai probléma erős nem-linearitása és „rosszul feltett” (ill-posedness) volta miatt – közvetlenül nem származtatható, becslése az Inverz Hőátadási Probléma (IHCP, Inverse Heat Conduction Problem) megoldásával lehetséges. Az IHCP kezelésére különböző heurisztikák állnak rendelkezésre, ezek egyik típusa a bio-insprált, vagy természetinspirált algoritmusok alkalmazására épül. A kutatási téma célkitűzése az IHCP probléma megoldása bio-inspirált algoritmusok segítségével.

Kutatási célok:

1. Néhány kiválasztott algoritmus (raj intelligencia alapján működő, GA, EA, stb) esetére az IHCP megoldásában rejlő lehetőségek felderítése.
2. Vizsgálatok az algoritmusok alapján

Irodalom:

[1] Jason Brownlee: *Clever Algorithms: Nature-inspired Programming Recipes*, ISBN-10: 1446785068

[2] Xin-She Yang (Editor) *Nature-Inspired Algorithms and Applied Optimization (Studies in Computational Intelligence)*, ISBN-10: 3319676687

Nemzetközi kapcsolatok a fenti témában:

Universidade de Sao Paulo, Brazília

Universidad Autonoma de Nuevo Leon, Mexikó

Representation of flexible bodies and function driven organic shapes

Supervisor: László Horváth

Research topic:

Topic contextually connects two recent research areas in the scope of contextual shape modeling. One is mathematical modeling and simulation of physical system that includes both rigid elements and flexible structures. Other is modeling of function-driven organic shapes. Geometrical and physical properties of a general flexible bodies model are generated using finite element analysis and are undergone dynamical analyses. Organic shapes require modeling which is different from modeling of geometric shapes. Research establishes contextual connection of mathematical, functional, and behavioral modeling and simulation.

Research goals:

This research serves investigation and definition inside and outside contexts of flexible body and function driven organic shape representations then elaboration new mathematical and behavior models. Results are awaited to provide better understand of contextual model for engineering structures which include flexible bodies and function driven organic shapes. Analyze behaviors and contexts of flexible bodies and function driven organic shapes. Reveal relevant existing research results and define plan of own research work. Study the modeling capabilities in the 3DExperience platform for the relevant roles (See: “Laboratory software” below). Propose new contextual connections and related models. As new own contribution, develop driving contextual connections, mathematical models, behavior representations, and related virtual processes in accordance with the own research plan. Develop experimental engineering model which is appropriate for verification the above results using capabilities available in the 3DExperience. Research in this topic is motivated by industrial problem solving related research capabilities available at the 3DExperience platform. In this way, results can be validated in industrially eligible model and they are potentially suitable for industrial problem solving. At the same time, this means joining to the recent trend for integration of theory and practice.

Laboratory software

Modeling capabilities are available for this student research at the Laboratory of Intelligent Engineering Systems in the 3DExperience platform from cloud for the relevant researcher roles below. Basic modeling capabilities are also available for the development of the experimental engineering model in integration with role related capabilities. Flexible Bodies Library (FBZ) is based on Modelica language to establish direct connection with model developed in 3DExperience. Function Driven Generative Designer (GDE) to explore and generate organic shapes using functional specification. Systems Simulink Export (XSK) serves export Modelica compliant systems behavior models from the 3DEXPERIENCE for simulation within Simulink environment.

Literature:

Recent actual and time-honored classical publications about relevant research results should be surveyed. The planned research should be placed in former published results of others to prove its novelty.

System behavior optimizing by tuning system parameters in engineering models

Supervisor: László Horváth

Research topic:

Recent main change in leading industries is introduction of strongly system operated industrial products. This new situation has fundamentally changed traditional engineering modeling and simulation and placed new emphasis on system level modeling of engineering structures. In this way, research is about improving system level behavior representations using principle of system parameters optimizing in engineering model environment.

Research goals:

This research topic serves investigation and definition system level parameter optimization including systems engineering background, system behaviors, algorithms, and mathematical methods. Results are awaited to provide better understand system level parameter optimization. Analyze system behaviors and related parameters. Reveal relevant existing research results and define plan of own research work. Study the modeling capabilities in 3DExperience platform for the relevant roles (See: “Laboratory software” below). Propose method for tuning systems parameters considering multiple criteria and multiple cases. As new own contribution, develop system parameters optimizing algorithms and related procedures to improve the overall system behavior. Define mathematical optimization criteria using simulation results in accordance with the own research plan. Develop experimental engineering model which is appropriate for verification the above results using capabilities available in the 3DExperience. Research in this topic is motivated by industrial problem solving related research capabilities available at the 3DExperience platform. In this way, results can be validated in industrially eligible model and they are potentially suitable for industrial problem solving. At the same time, this means joining to the recent trend for integration of theory and practice.

Laboratory software

Modeling capabilities are available for this student research at the Laboratory of Intelligent Engineering Systems in the 3DExperience platform from cloud for the relevant researcher roles below. Basic modeling capabilities are also available for the development of the experimental engineering model in integration with role related capabilities. Dynamic Systems Designer (SDY) for the modeling, simulation and validating engineering systems immersed in model-based systems engineering. Compliant with the open Modelica language and includes domain specific Modelica libraries for modeling and simulation of multi-body and multi-physic systems. Systems Behavior Optimization (DOY) to optimize and tune systems parameters of a device or its controller for multiple criteria and multiple cases. Systems Simulink Export (XSK) serves export Modelica compliant systems behavior models from the 3DEXPERIENCE® Platform for simulation within a Simulink environment.

Literature:

Recent actual and time-honored classical publications about relevant research results should be sur

veyed. The planned research should be placed in former published results of others to prove its novelty.

Integrated simulation processes to drive geometry and simulation parameters in engineering models

Supervisor: László Horváth

Research topic:

Conventional engineering model includes standalone or slightly integrated simulations. Need for simulations in multi-physics and multi-scale systems placed the emphasis on organized simulations which are defined in organized experiments. This new situation basically changed the innovation process for generic modeling of engineering structures. In the context of this topic, phrase engineering structure is applied for multidisciplinary system-based experimental engineering configuration.

Research goals:

This research topic is aimed to make research in integrated and coordinated simulations for multi-physics, multi-scale system. Purpose of research is to conceptualize and define models for complex simulation processes, physics connections methods, and parameter driving of simulations. Results are awaited to provide better understand of multi-physics, multi-scale system related contextual simulations. Analyze simulations in multi-physics and multi-scale systems. Reveal relevant existing research results and define plan of own research work. Study the modeling capabilities in 3DExperience platform for the relevant roles (See: "Laboratory software" below). Propose method for tuning systems parameters considering multiple criteria and multiple cases. As new own contribution, develop models for processes, physics connections methods, and parameter driving of simulations in accordance with the own research plan. Define mathematical optimization criteria using simulation results. Develop experimental engineering model which is appropriate for verification the above results using capabilities available in the 3DExperience. Research in this topic is motivated by industrial problem solving related research capabilities available at the 3DExperience platform. In this way, results can be validated in industrially eligible model and they are potentially suitable for industrial problem solving. At the same time, this means joining to the recent trend for integration of theory and practice.

Laboratory software

Modeling capabilities are available for this student research at the Laboratory of Intelligent Engineering Systems in the 3DExperience platform from cloud for the relevant researcher roles below. Basic modeling capabilities are also available for the development of the experimental engineering model in integration with role related capabilities. Simulation Process & Optimization (SPI) to integrate simulations into re-usable and deployable processes to power research. Multiscale Experiment Creator (SWR) creates, executes, explores, monitors, and evaluates collaborative simulation for multi-physics, multi-scale system experiments. Definition coupling schemes between physics is available. Multiscale Systems Analyst (MCO) ensures Dymola Behavioral Modeling where collaborative simulation experiments require Dymola. Compliant with the open Modelica language and includes domain specific Modelica libraries for modeling and simulation of multi-physic systems.

Literature:

Recent actual and time-honored classical publications about relevant research results should be surveyed. The planned research should be placed in former published results of others to prove its novelty.

Two-way driving connection between model and cyber units of CPS robot system

Supervisor: László Horváth

Research topic:

Recent new paradigm of cyber physical system (CPS) changed research and development of multidisciplinary engineering structures. In the context of this topic, phrase engineering structure is applied for multidisciplinary system-based experimental engineering configuration. CPS exists in virtual (complex model) and field operating forms. Its production is done in production system which is the third a CPS in the scenario and is based on the recent paradigm of Industry 4.0. This research topic was defined to establish and improve communication between virtual and field operating forms of CPS robot system.

Research goals:

Research topic includes definition active logical, mathematical, and algorithmic connections between representations in robot model system and cyber units in field operating robot system. Emphasis is on finding connectable active model objects in robot model and relevant cyber unit objects then establishing connection. Other aim is proposal application actual information about physical unit operation at improving robot model representation. Actual information about physical unit operation is collected by sensor network then communicated by cyber units of CPM. Study the scenario which includes generic robot model, controller in robot model, configuration of joints for generic robot kinematic classes, recognized cyber units in robot control systems, and information derived from intelligent sensor network. Reveal relevant existing research results and define plan of own research work. Restrict the scenario to selected relevant objects. Study the modeling capabilities in 3DExperience platform for the relevant roles (See: "Laboratory software" below). As new own contribution, define and verify active logical, mathematical and algorithmic connections between representations in robot model system and cyber units in field operating form of robot system in accordance with the own research plan. Develop experimental engineering model which is appropriate for verification the above results using capabilities available in the 3DExperience. Simulate the cyber units involved. Research in this topic is motivated by industrial problem solving related research capabilities available at the 3DExperience platform. In this way, results can be validated in industrially eligible model and they are potentially suitable for industrial problem solving. At the same time, this means joining to the recent trend for integration of theory and practice.

Laboratory software

Modeling capabilities are available for this student research at the Laboratory of Intelligent Engineering Systems in the 3DExperience platform from cloud for the relevant researcher roles below. Basic modeling capabilities are also available for the development of the experimental engineering model in integration with role related capabilities. Mechatronic Systems Designer (SMQ) provides Modelica and 3DEXPERIENCE related capabilities to develop, simulate and validate complex mechatronic systems. Robotics Engineer (RTS) provides capabilities for simulation and validation robot system behavior. Robotics in the V6 system provides capabilities

for model definition of robot system, robot control, direct and invers kinematics, velocity and acceleration, motion sets, kinematic relations, and realistic robot simulation. Basic modeling capabilities are available in integration.

Literature:

Recent actual and time-honored classical publications about relevant research results should be surveyed. The planned research should be placed in former published results of others to prove its novelty.

Nem konvencionális hálózatszámítási módszerek

Témavezető neve: Kádár Péter

A kutatási téma leírása:

A villamos energetikai hálózatok áramlásait hagyományosan iteratív Load-Flow módszerrel lehet számítani. A különböző célú felhasználás, illetve az új technikák (neurális hálózatok, heurisztikus megoldások, optimalizációs megoldások) újfajta megközelítésnek adnak teret.

Kutatási célok:

A munka során ezen eljárások számbavétele után a különböző eljárásokra mintaalkalmazások készülnek, illetve ezek hatékonysága kerül kiértékelésre.

Intelligens innovatív döntéstámogató rendszerek alkalmazási lehetőségei épületek energiatudatos tervezésénél

Témavezető: Krómer István

A kutatási téma leírása:

Az épületek tervezésének első fázisában a lehetséges változatok hatékony energetikai értékelése nem megoldott, informatikai eszközök használatával azonban lényegesen elősegíthető az optimális megoldások megtalálása. Egy összetett tervezési model, amely a tervezési paraméterekben és a műszaki feltételekben a fuzz logikára, a fogyasztói magatartást illetően pedig a neurális hálók alkalmazására épül a jelenleg használt átlagos fogyasztói modelnél pontosabb eredményeket adna a tervezett épületek várható energia fogyasztásáról.

Kutatási célok:

A kutatás célja olyan döntéstámogató rendszer létrehozása, amellyel már a tervezés során megbízható adatokat nyerhetünk az alkalmazandó megoldási lehetőségek kiválasztásához.

Irodalom:

- [1] D. Kolokotsa, "Artificial Intelligence in Buildings: A review on the application of fuzzy logic." *Advances in Building Energy Research*, vol. 1, issue 1, 2007.
- [2] C. Diakaki et al., "A multi-objective decision model for the improvement of energy efficiency in buildings." *Energy*, vol. 35, 2010.

2.5.4 MATEMATIKAI ALAPOK ÉS ALKALMAZÁSOK

Multistage módszerek az ABS projekciós osztályában és párhuzamosításuk

Témavezető: Abaffy József

A kutatási téma leírása:

Az ABS módszerek lefedik a véges lépésű lineáris, továbbá a nemlineáris egyenletrendszerek megoldó módszereinek nagy részét. Az ABS módszerosztály egyik legfőbb alaptulajdonsága, hogy a benne realizált algoritmusok jól párhuzamosíthatók. Példaként érdemes megemlíteni az implicit Gauss eliminációt. Megmutatták [5], hogy a lineáris és kvadratikus programozási módszerek és egyéb optimalizációs módszerek nagy része is az ABS módszerosztályból levezethető. Az [2] cikkben a two-stage módszer ABS-beli alkalmazása lett megmutatva. Ennek kiindulása egy megengedhető megoldás ismerete. (3)-ban azt igazolták, hogy egy megengedhető megoldás megtalálása és az ABS osztály H projekciós mátrixának felépítése párhuzamosan is megvalósítható, lényegesen csökkentve így, a two stage módszer indulásához szükséges műveletek számát. A két cikkben elért eredmények tehát egy alkalmas algoritmusban összevonhatók, amely a doktori téma első eredménye lehetne. A fenti eredmények átvihetők a multistage (4) esetre is. A doktori téma továbbá, tehát ennek a kiterjesztésnek a megvalósítása, gyakorlati alkalmazása, különös tekintettel a párhuzamosítás lehetőségére. A szükséges matematikai eredményeken kívül, tehát a doktorandusznak az eredmények alkalmazását is meg kell tennie, pl. MATLAB nyelvű programokkal, és lehetőség szerint konkrét feladatra alkalmazva.

Kutatási célok:

A két cikkben elért eredmények tehát egy alkalmas algoritmusban összevonhatók, amely a doktori téma első eredménye lehetne. A fenti eredmények átvihetők a multistage [4] esetre is. A doktori téma továbbá, tehát ennek a kiterjesztésnek a megvalósítása, gyakorlati alkalmazása, különös tekintettel a párhuzamosítás lehetőségére. A szükséges matematikai eredményeken kívül, tehát a doktorandusznak az eredmények alkalmazását is meg kell tennie, pl. MATLAB nyelvű programokkal, és lehetőség szerint konkrét feladatra alkalmazva.

Irodalom:

- [1] J. Abaffy and E. Spedicato, ABS Projections Algorithms: Mathematicall Techniques for Linear and Nonlinear Algebraic Equations. Ellis Horwood Ltd, Chichester, England, 1989.
- [2] J. Abaffy and E. Allevi, "A modified L-shaped method," Journal of Optimization Theory and Applications, vol. 123, no. 2, 2004, pp. 255-270.
- [3] J. Abaffy, X. J. Liang and Z. Q. Xia, "A modified non-simplex active set method for the standard LP problem", PU.M.A., vol. 23, no. 1, 2012, pp. 1-12.
- [4] A. Prékopa, Stochastic Programming. Kluwer Academic Publisher, 1995.
- [5] Z. Liwei, X. Zunquan and F. Enmin, Introduction to ABS methods in Optimization. Dalian University of Technology Press, 1998.

Nemlineáris egyenletrendszerek megoldása ABS projekciós módszerekkel és alkalmazásaik

Témavezetők: Abaffy József, Galántai Aurél

A kutatási téma leírása:

Az ABS módszerek alapvetően a véges lépésű lineáris egyenletrendszerek megoldási módszerosztálya. A későbbiek során származtattak belőle nemlineáris egyenletrendszereket megoldó módszereket is [1], [2]. Az ABS módszerosztály egyik legfőbb alaptulajdonsága, hogy a benne realizált algoritmusok jól párhuzamosíthatók. Példaként érdemes megemlíteni az implicit Gauss eliminációt. Párhuzamosíthatók a nemlineáris egyenletrendszereket megoldó módszerek is.

Újabb eredmények alapján az ABS módszerosztály alkalmazható nem csupán $n \times n$ -es nemlineáris egyenletrendszer megoldására, hanem alulhatározott egyenletrendszerekre is [3], [4].

Kutatási célok:

A doktori téma a nemlineáris egyenletrendszerek összefoglalása, új eredmények elérése, és az algoritmusok MATLAB-beli megvalósítása. Feladat továbbá az ABS-beli algoritmusok összehasonlítása jelenleg kurrens algoritmusokkal, amelyek például megtalálhatók a MATLAB-ban. Doktori téma továbbá, a jelentősebb ABS nemlineáris algoritmusok párhuzamosítása is. A megvalósított algoritmusokból választva a doktorandusz feladata annak alkalmazása valós feladatra is.

Irodalom:

[1] J. Abaffy J. and E. Spedicato, ABS Projections Algorithms: Mathematical Techniques for Linear and Nonlinear Algebraic Equations. Ellis Horwood Ltd, Chichester, England, 1989.

[2] A. Galántai, Projectors and Projection Methods. Kluwer Academic Press, 2004

[3] J. Ortega and W. Rheinboldt, Iterative Solution of Nonlinear Equations in Several Variables. Academic Press, 1970

[4] szakcikkek

Általánosított gamma konvolúciók és korlátlanul osztható eloszlások

Témavezető: Baricz Árpád

A kutatási téma leírása:

Az általánosított gamma konvolúciók és a korlátlanul osztható eloszlások fontos szerepet töltenek be a valószínűségszámításban. Az ismert eloszlások közül többről tudjuk, hogy korlátlanul osztható eloszlások, de a bizonyításuk nemegyszer speciális technikát igényel, amelyben megjelennek olyan speciális függvények mint a Tricomi-féle hipergeometrikus függvények, parabolikusan henger függvények, első és másodfajú módosított Bessel függvények. Mourad Ismail több dolgozatban vizsgálta a témát és a bizonyításaiban az előbb említett speciális függvények arányairól igazolta, hogy Stieltjes transzformáltak.

Kutatási célok:

A tervezett kutatásban Ismail kutatásait szeretnénk folytatni, a Lennart Bondesson könyvében [Generalized gamma convolutions and related classes of distributions and densities. Lecture Notes in Statistics, 76. Springer-Verlag, New York, 1992] megfogalmazott általánosított gamma konvolúciók és korlátlanul osztható eloszlásokkal kapcsolatos kérdésekben

Optimization with linguistic variables

Témavezető: Fullér Róbert

A kutatási téma leírása:

Suppose we are given a mathematical programming problem in which the functional relationship between the decision variables and the objective function is not completely known. Our knowledge-base consists of a block of fuzzy if-then rules, where the antecedent part of the rules contains some linguistic values of the decision variables, and the consequence part consists of a linguistic value of the objective function. We could use fuzzy reasoning method to determine the crisp functional relationship between the objective function and the decision variables, and solve the resulting (usually nonlinear) programming problem to find a fair optimal solution to the original fuzzy problem.

Kutatási célok:

To solve real-life optimization problems in imprecise environment where the input data are obtained from subjective judgements.

Bessel–mintavétel

Témavezető: Pogány Tibor

A kutatási téma leírása:

A J, Y –Bessel mintavételi sorok elmélete Whittaker, Higgins, Zayed, Jerri valamint Knockaert cikkei alapozták meg, ahol Kramer eljárása szerint Hankel–transzformációval ellátott jeleket mintavételeztek az említett szerzők. Jelenleg újabb I-Bessel mintavételi sorok elmélete is esedékes, ahol a mintavételi halmaz a módosított I–Bessel függvény zérushelyeiből áll, a mintavételi sorok magja pedig I bizonyos transzformáltja. Ha a sztochasztikus folyamat korrelációs függvénye az említett speciális függvények egyike, akkor a Karhunen–Cramér tétel értelmében az eredeti folyamat spektrálelőállítása is ismert, ezek szerint a folyamat Bessel–mintavétellel rekonstruálható.

Kutatási célok:

Hasonló eredmények várhatók, ha I helyett Struve H, módosított Struve L, valamint Hankel függvény szerepel. További elvárható eredmények: sorcsonkítási hibabecslés, "average" Bessel–mintavételi sorok, módosított magú Bessel–mintavétel, melynek konvergenciagyorsítás a célja, akár L_2 , vagy $P = 1$ értelemben.

Irodalom:

- [1] D. J. Maširević et al., "Sampling Bessel functions and Bessel sampling," Proceedings of the 8th International Symposium on Applied Computational Intelligence and Informatics, May 23-25, 2013, Timisoara, Romania, pp. 79-84.
- [2] L. Knockaert, "A class of scaled Bessel sampling theorems," IEEE Trans. Signal Process., vol. 59, no. 11, 2011, pp. 5082-5086.
- [3] A. Ya. Olenko and T. K. Pogány, "A precise upper bound for the error of interpolation of stochastic processes," Theor. Probab. Math. Statist., AMS, USA, vol. 71, 2005, pp. 151-163.
- [4] A. Ya. Olenko and T. K. Pogány, "Time shifted aliasing error upper bounds for truncated sampling cardinal series," J. Math. Anal. Appl., vol. 324, 2006, pp. 262–280.
- [5] A. Ya. Olenko and T. K. Pogány, "On sharp bounds for remainders in multidimensional sampling theorem," Sampling Theory in Signal and Image Processing, vol. 6, no. 3, 2007, 249-272.
- [6] A. Ya. Olenko and T. K. Pogány, "Average sampling reconstruction of harmonizable processes," Comm. Statist. Theor. Methods, vol. 40, no. 19-20, 2011, pp. 3587-3598.
- [7] T. Pogány, "On the Brown aliasing error upper bound for homogeneous random fields," Signal Processing, vol. 33, 1993, pp. 127-129.
- [8] T. Pogány, "Almost sure sampling restoration of bandlimited stochastic signals," in Sampling Theory in Fourier and Signal Analysis: Advanced Topics. J.R.Higgins, R.L.Stens, Eds., Oxford University Press, Oxford, 1999, pp. 203-232.
- [9] T.K. Pogány, "Local growth of Weierstraß σ -function and Whittaker-type derivative sampling," Georgian Mathematical Journal, vol. 10, no. 1, 2003, pp. 157-164.

- [10] T. K. Pogány, “Whittaker-type derivative sampling reconstruction of stochastic $L^\alpha(\Omega)$ - processes,” Applied Mathematics and Computation, vol. 187, no. 1, 2007, pp. 384-394.
- [11] T. Pogány and P. Peruničić, “On the sampling theorem for homogeneous random fields,” Theory Probab. Math. Stat., vol. 53, 1996, pp. 153-159.
- [12] I. Zayed, Advances in Shannon's Sampling Theory. CRC Press, New York, 1993.

Függvénysorok integrálalakja és összegzése

Témavezető: Pogány Tibor

A kutatási téma leírása:

A Mathieu, alternáló Mathieu, Neumann, Kapteyn, Schlömilch és Dini sorok alkalmazása jól ismert úgy a technikában, mint a természettudományokban, lássad többek között [1, 2] valamint az ott említett irodalmat. Integrálalakjaikat a felsorolt irodalom tárgyalja. A matematikai eszközök: Dirichlet sorok Laplace integrálalakja, Cahen formula, Bessel függvények integrálalakja.

Kutatási célok:

A kutatás egyik fő iránya az alternáló Mathieu sorok és a Hauss által kb. húsz éve bevezetett Hilbert–Eisenstein sorok kapcsolatával foglalkozik, míg a másik kutatási cél a Schlömilch és Dini sorokat, mint mintavételi sorokat kezeli. Az első kutatási témában már születtek bizonyos eredmények melyeket a [2] könyvfejezet tartalmaz.

Irodalom:

- [1] Á. Baricz and T. K. Pogány, “Integral representations and summations of modified Struve function,” Acta Math. Hung., 2012.
- [2] Á. Baricz and T. K. Pogány, “Properties of the product of modified Bessel functions,” Springer Volume: Analytic Number Theory, Approximation Theory, and Special Functions - In Honor of Hari M. Srivastava.
- [3] Á. Baricz, D. Jankov and T. K. Pogány, “Integral representations for Neumann-type series of Bessel functions I_ν , Y_ν and K_ν ,” Proc. Amer. Math. Soc., vol. 140, no. 3, 2012, pp. 951-960.
- [4] Á. Baricz, D. Jankov and T. K. Pogány, “Turán type inequalities for Krätzel functions,” J. Math. Anal. Appl., vol. 388, no. 2, 2012, pp. 716-724.
- [5] Á. Baricz, D. Jankov and T. K. Pogány, “Neumann series of Bessel functions,” Integral Transforms Spec. Func., vol. 23, no. 7, 2012, pp. 529-538.
- [6] D. Jankov, T. K. Pogány and R. K. Saxena, “Extended general Hurwitz-Lerch Zeta function as Mathieu (a, λ) - series,” Appl. Math. Letters, vol. 24, no. 8, 2011, pp. 1473-1476.
- [7] D. Jankov and T. K. Pogány, “Integral representation of functional series with members containing Jacobi polynomials,” Math. Balkan, vol. 26, no. 1-2, 2012, pp. 103-112.
- [8] D. Jankov and T. K. Pogány, “Integral representation of Schlömilch series,” J. Classical Anal., vol. 1, no. 1, 2012, pp. 75-84.
- [9] G. V. Milovanović and T. K. Pogány, “New integral forms of generalized Mathieu series and related applications,” Appl. Anal. Discr. Math., vol. 7, no. 1, 2013, pp. 180-192.
- [10] T. K. Pogány, H. M. Srivastava and Z. Tomovski, “Some families of Mathieu a - series and alternating Mathieu a - series,” Appl. Math. Comput., vol. 173, no. 1, 2006, pp. 69 - 108.

Sztochasztikus rendszerek modellezésének elméleti és gyakorlati kérdései

Témavezető: Szeidl László

A kutatási téma leírása:

Műszaki-természettudományi-gazdasági területen felmerülő konkrét problémák (közlekedés informatikai, logisztikai, telekommunikációs hálózatokkal összefüggő kérdések, stb.) modellezése és numerikus megoldása.

Kutatási célok:

Sztochasztikus jellegű folyamatok modellezése során a problémák széles körének megoldása általában mély matematikai, mérnöki és informatikai ismeretekre támaszkodik. Elsőrendű cél a feladatok vizsgálatához szükséges elméleti, algoritmikus, módszertani és szoftverháttér áttekintése. Erre alapozva a további feladat a konkrét problémához illeszkedő modell kidolgozása, a modell paraméterek identifikációja és a nyert modell numerikus úton történő elemzése.

Irodalom:

- [1] P. Michelberger, L. Szeidl and P. Várlaki, Alkalmazott folyamat-statisztika és idősoranalízis. Typotex Kiadó, Budapest, 2001.
- [2] J. Izsák J. and L. Szeidl, Fajabundancia-eloszlási modellek. Pars Könyvek, Nagykovácsi, 2009.
- [3] N. Fodor et al., “MV-WG: a new multi-variable weather generator,” Meteorology and Atmospheric Physics, vol. 107, 2010, pp. 91–101.
- [4] C. Ricotta et al., “A partial ordering approach for functional diversity,” Theoretical Population Biology, VOL. 80, 2011, pp. 114-120.
- [5] L. Lakatos, L. Szeidl, and M. Telek, Introduction to Queueing Systems with Telecommunication Applications, Springer, New York Heidelberg Dordrecht London, 2013.

Döntési egységek rangsorolása a Data Envelopment Analysis módszertanban

Témavezető: Fülöp János

A kutatási téma leírása:

A Data Envelopment Analysis ma már széles körben elfogadott módszertan döntéshozó egységek relatív hatékonyságának mérésére. A klasszikus módszertan egyik hiányossága azonban, hogy néha túl sok döntéshozó egységet mutat ki hatékónynak. Intenzív kutatás folyik olyan módszerek kidolgozására vonatkozóan, amelyek szétválasztóbban rangsorolják a döntéshozó egységeket, a klasszikus módszertan szerint hatékónynak tekintetteket is.

Kutatási célok:

A kutatás célja a Data Envelopment Analysis rangsorolási módszerei mellett a többszemponú döntéshozatal alternatívákat rangsoroló módszereinek áttekintése, és annak megvizsgálása, hogy az egyik terület módszerei hogyan adaptálhatók a másik területen.

Irodalom:

[1] W.W. Cooper, L.M. Seiford and J. Zhu, Eds., Handbook on Data Envelopment Analysis. Kluwer Academic Publishers, 2004.

Speciális szerkezetű globális optimalizálási feladatok megoldása

Témavezető: Fülöp János

A kutatási téma leírása:

Gyakorlati optimalizálási feladatok sokszor nemkonvexek, azaz számos lokális optimummal is rendelkezhetnek, ezért globális optimalizálási technikákat kell alkalmazni megoldásukra. Globális optimalizálási feladatok hatékony megoldása csak akkor lehetséges, ha a feladat szerkezete és speciális tulajdonságai előnyösen kihasználhatók a módszertan során. Ilyen speciális szerkezet például a fordított konvexitás, konvex függvények különbsége és a monotonitás stb.

Kutatási célok:

A kutatás fő célja olyan módszertan kidolgozása lenne, amely egy adott nemkonvex feladat konvexitási és nemkonvexitási tulajdonságainak szétválasztásán és ennek előnyös kihasználásán alapul. A kutatás külön megvizsgálná, hogy miként adaptálható a módszertan többcélú optimalizálási feladat efficiens halmazán való optimalizáláskor, amely egy közismert speciális szerkezetű globális optimalizálási feladat.

Szimbolikus algoritmusok fejlesztése az intervallumos befoglaló függvények túlbecslésének minimalizálására

Témavezető: Csendes Tibor

A kutatási téma leírása:

Közismert, hogy a megbízható numerikus számításokban fontos szerepet játszó intervallum aritmetikán alapuló befoglaló függvények egyik gyengesége az esetenként számottevő túlbecslés, a konzervatív korlátoknak az értékészleltől való jelentős eltérése. Másrészt több olyan átírási forma ismert, amelyek ezt a jelenséget csökkentik, és a befoglaló függvények minőségét lényegesen javítják. A tervezett kutatás azt célozza, hogy szimbolikus algebra rendszerben megvalósítjuk azt az automatikus átírást, amely a ráépülő számítógépes eljárások hatékonyságát várhatóan javítja.

Kutatási célok:

1. Szimbolikus transzformáló eljárás implementálása Mathematica vagy Maple rendszerben
2. Az intervallumos befoglaló függvények átírt változatai minőségének és hatásának kimutatása kimerítő számítógépes teszteléssel.

Irodalom:

- [1] G. Alefeld and J. Herzberger, Introduction to interval computation. Academic Press, 1983.
- [2] E. Antal, T. Csendes, and J. Virágh, Nonlinear Transformations for the Simplification of Unconstrained Nonlinear Optimization Problems. Accepted for publication in CEJOR.

Szimbolikus algoritmusok fejlesztése és tesztelése nemlineáris optimalizálási feladatok egyszerűsítése céljából

Témavezető: Csendes Tibor

A kutatási téma leírása:

A nemlineáris optimalizálási feladatok megoldásának nehézsége nagyrészt a célfüggvény és a feltételi függvények bonyolultságában rejlik. Bár nehéznek tűnik, de a megadott két irodalmi hivatkozás alapján van elméleti és gyakorlati lehetőség is ezen függvények egyszerűsítésére oly módon, hogy közben az új feladat megoldásainak meg lehet feleltetni az eredeti problémához tartozókat.

Kutatási célok:

1. A leírtaknak megfelelő eljárás implementálása, fejlesztése a minél teljesebb körű használhatóság irányában.
2. A kapott algoritmus kimerítő tesztelése a szakterület standard tesztfeladatai és valódi gyakorlati problémák megoldásával.

Irodalom:

- [1] T. Csendes and T. Rapcsák, "Nonlinear coordinate transformations for unconstrained optimization. I. Basic transformations," *J. of Global Optimization*, vol. 3, 1993, pp. 213-221.
- [2] T. Rapcsák and T. Csendes, "Nonlinear coordinate transformations for unconstrained optimization. II. Theoretical background," *J. of Global Optimization*, vol. 3, 1993, pp. 359-375.

Abrazív gyártási felületek sztochasztikus modellezése

Témavezető: Fegyverneki Sándor

A kutatási téma leírása:

Abrazív gyártási folyamat során, ha a szerszám határozatlan élű (köszörülés, dörzsköszörülés) a kapott felületek és egyéb a gyártáshoz kötődő mutatók leírásában nagy szerepe van a sztochasztikus modelleknek. A Greenwood-Williamson, Majumdar-Bhushan stb. modellek összehasonlítása. Új szimulációs technikák kifejlesztése és összehasonlítása a szakirodalomban találhatóakkal (Blackmore-Zhou, Weierstrass-Mandelbrot). A fraktáldimenzió és fraktálex összehasonlítása. Felületi jellemzők meghatározása (fraktáldimenzió, topotézia) és kapcsolódása egyéb mechanikai és gyártástechnológiai problémákhoz. Stacionér izotróp és anizotróp sztochasztikus mezők leírása, szimulációja, szemléltetése és paramétereik meghatározása (becslése). Alkalmazások.

Kutatási célok:

1. Alapvető modellek, szimulációs és becslési technikák áttekintése.
2. Az abrazív gyártási folyamat során kapott felületek osztályozása, matematikai és tribológiai jellemzése.
3. Becslési eljárások kifejlesztése. Mechanikai és felületi jellemzők alapján megfelelő felületek szimulációja.
4. Profilogramok mérése, feldolgozása és szemléltetése.

Robusztus becslések és tulajdonságaik

Témavezető: Fegyverneki Sándor

A kutatási téma leírása:

A mérési adatok esetében gyakori a többitől eltérő kiugró érték, amely származhat hibából vagy valós mérésből. További probléma az adatokra rakódó állandó jellegű szennyeződés. Felhasználói és kutatási szempontból is fontos olyan módszerek kifejlesztése, illetve továbbfejlesztése, amely lehetővé teszi egyrészt az ún. kiugró értékek vagy szennyeződések kiszűrését vagy kezelését. Fontos különböző eloszlástípusok esetén a megfelelő paraméterbecslések kifejlesztése, a becslések numerikus meghatározása, illetve tulajdonságaik megadása. Különösen fontos mindez véletlen vektorokra, illetve olyan esetben, amikor nem tételezhetjük fel az adatok (a minta) függetlenségét. Speciális esetként a háromparaméteres Weibull-eloszláscsalád, a Gamma-eloszláscsalád és a Student-eloszláscsalád (szabadsági fok nemcsak egész szám lehet) paramétereinek becslése (a megfelelő numerikus eljárások kifejlesztése). Továbbá a Student-eloszláscsalád többdimenziós változatának paraméterbecslései.

Kutatási célok:

1. A robusztus becslések elméletének áttekintése, a felhasznált numerikus algoritmusokkal együtt.
2. A felsorolt eloszláscsaládok esetében a becslések kifejlesztése, a becslések tulajdonságainak vizsgálata. Szimulációs technikák kifejlesztése a robusztusság bemutatására.

Nagyméretű lineáris egyenletrendszerek megoldó algoritmusai

Témavezető: Hegedűs Csaba

A kutatási téma leírása:

Nagy lineáris egyenletrendszerek megoldásakor gyakori probléma, hogy a rendszer kondíciószáma igen nagy, ami gyakorlatilag lehetetlenné teszi a gyors konvergenciát, némely esetben a kívánt pontosságú megoldás megtalálását is. Az egyik megoldási módszer ilyenkor a prekondicionálás. Ennek hátránya, hogy minden mátrix-típus esetén más és más módszert kell kidolgozni. A konvergencia gyakran néhány nagyon kicsi sajátérték vagy szinguláris érték miatt lassú. A konjugált irány módszerek lehetőséget adnak arra, hogy a kis sajátértékekhez tartozó sajátvektorok alterében a megoldást külön elkészítsük. Az itt készített kezd_vektorral indulva ezután konjugált irány módszerek alkalmazásával olyan konvergencia sebességet érhetünk el, mintha a kis sajátértékek nem volnának. A téma ilyen algoritmusok kidolgozása és vizsgálata.

Törtrendű diffúziós feladatok numerikus megoldása több dimenzióban

Témavezető: Izsák Ferenc

A kutatási téma leírása:

A természettudományokban több jelenség kapcsán is megfigyelték, hogy bizonyos anyagok koncentrációjának változása a várt diffúzió dinamika helyett ettől eltér, szuper, illetve szubdiffúzió. Az ilyen jelenségek modellje egy olyan parciális differenciálegyenlet, ahol a térbeli differenciáloperátor törtrendű. Habár az utóbbi évtizedben többféle numerikus módszert is kidolgoztak ezen feladatok megoldásának numerikus közelítésére, több részlet további fejlesztésre szorul.

Kutatási célok:

Több dimenziós feladatok esetén kellene olyan közelítő módszereket kidolgozni, amelyek a peremfeltételeket jól modellezik, és konvergenciájuk bizonyítható. Érdemes lenne megvizsgálni, hogy egy-egy ilyen módszer gyorsítható-e például ADI típusúvá történő átírással, speciális lineáris megoldó módszer választásával.

Irodalom:

- [1] M. Gunzburger, R. Lehoucq and K. Zhou, "Analysis and approximation of nonlocal diffusion problems with volume constraints," SIAM Review, vol. 54, 2012, pp. 667-696.
- [2] M.M. Meerschaert and C. Tadjeran, "Finite difference approximations for fractional advection-dispersion flow equations," Journal of Computational and Applied Mathematics, vol. 172, no. 1, 2004, pp. 65-77.

Optimalizációs algoritmusok paramétereinek automatikus beállítása

Témavezető: Maros István

A kutatási téma leírása:

Az optimalizációs algoritmusok számítógépes implementációinak működését számos paraméter vezérli. Ezek helyes beállításán nagymértékben múlik a megoldás megbízhatósága és hatékonysága. Sajnos, a helyes paraméter értékek többnyire feladat, illetve feladatcsalád-függőek. A paraméterek egy része numerikus, más részük stratégiai. Az lenne az ideális, ha a megoldandó feladat elemzése alapján be tudnánk állítani a paraméterek legkedvezőbb értékét. Azonban még ez is kevés, hiszen bizonyíték van arra, hogy a helyes (optimális) értékek a megoldás során változnak. Átfogó vizsgálat ezen a területen még nem történt.

Kutatási célok:

1. Néhány kiválasztott algoritmus (pl. szimplex a lineáris programozás, branch and bound a kevert egészértékű feladatok megoldására) esetére az elővizsgálatban rejlő lehetőségek felderítése.
2. Vizsgálatok az algoritmusok menetközbeni „hangolására”.

Irodalom:

[1] I. Maros and G. Mitra, “Investigating the Sparse Simplex Algorithm on a Distributed Memory Multiprocessor,” *Parallel Computing*, vol. 26, no. 1, 2000, pp. 151-170.

Nemzetközi kapcsolatok a fenti témában:

University of Edinburgh, Skócia, Egyesült Királyság,
Imperial College, London, Egyesült Királyság.

Fuzzy optimalizálás

Témavezető: Fullér Róbert

A kutatási téma leírása:

Fuzzy optimalizálás alatt a fuzzy paraméterekkel rendelkező optimalizálási problémákat értjük. Be lehet látni, hogy egy általában nemkorekt felállítású lineáris programozási feladat esetén a valós együtthatók kicserélése szimmetrikus háromszög alakú fuzzy számokra a feladatot korrekt felállításúvá teszi. Ez igaz az $Ax=b$ egyenletrendszerre is, azaz a fuzzy kiterjesztés az nem más, mint az eredeti feladat egy regularizációja.

Kutatási célok:

A feladat annak a vizsgálata, hogy a fuzzy kiterjesztés milyen esetekben jelenti az eredeti feladat regularizációját.

Intelligens döntési modellek

Témavezetők: Fullér Róbert

A kutatási téma leírása:

A számítási intelligens módszerek egyre jelentősebb szerepet játszanak a műszaki rendszerek létrehozásában, működtetésében. Az utóbbi évtizedekben olyan számítástechnikai modellek és technikák születtek, amelyekkel a megnövekedett bonyolultsági rendszerek mérnöki szempontból kezelhetőek. A fuzzy elmélet jelentős szerepet játszik e feladatok műszaki megoldásaiban. A bizonytalan, pontatlan információk aggregációja számtalan intelligens rendszerek fejlesztésével kapcsolatos alkalmazási területen megjelenik (neurális hálózatok, többkritériumú döntéstámogató rendszerek, stb.). Az Ordered Weighted Averaging (OWA) operátorokat Ronald R. Yager vezette be a kritériumok aggregálására a többkritériumú döntési problémákban. Az OWA operátorok jól alkalmazhatóak olyan kiválasztásos problémákban, ahol több jelölt közül és több szakértő gyakran egymásnak ellentmondó véleménye alapján kell kiválasztani a kritériumoknak leginkább eleget tévő alternatívát, úgy, hogy természetesen nem létezik matematikai értelemben vett egyetlen legjobb megoldás. A döntésben szubjektív tényezők is szerepelnek. A megfelelő aggregációs operátor kiválasztása nem egyszerű feladat, mivel először meg kell határozni a kompenzáció mértékét, azaz azt, hogy egy kritérium gyengébb teljesítése mennyiben ellensúlyozható más kritériumok jobb teljesítésével. A legfontosabb aggregáló operátorok a t-normák (metszet), a t-konormák (unió), és az átlagoló operátorok. Az unió magas kimeneti értéket ad minden olyan esetben, amikor valamelyik elégedettségi fokot jelző bemeneti érték magas, ezzel szemben a metszet csak abban az esetben ad magas kimeneti értéket, ha minden bemenő érték magas. Az átlagoló operátor rendelkezik azzal a tulajdonsággal, hogy egy magasabb elégedettségi fokú kritérium kompenzálhatja egy másik kritérium alacsony elégedettségi fokát. Célunk, hogy megvizsgáljuk, - hogyan hozunk döntést erős bizonytalanság esetén - hogyan válasszuk ki a megfelelő aggregációs operátort olyan döntési folyamatok esetén, ahol a kiegyenlítődés megengedett - hogyan modellezzük a döntéshozó preferenciáit fuzzy halmazokkal.

Kutatási célok:

A doktori téma keretében egyrészt olyan fejlesztéseket kell végezni, melyeknek célja e korszerű matematikai modellre épülő, döntés-előkészítő módszerek és eljárások kidolgozása, döntési modellek létrehozása (kompenzáció mértékének meghatározása, projektek rangsorolása, az alternatívák szempontok szerinti értékelési mechanizmusának kidolgozása, szempontsúlyok meghatározása a többszempontú döntési feladatokban, valós döntési problémák modellezése és hasznossági függvények konstrukciója az alternatívák szempontok szerinti értékelésére).

OWA operátorok a döntéstámogatásban

Témavezető: Fullér Róbert

A kutatási téma leírása:

Az Ordered Weighted Averaging (OWA) operátorokat Ronald R. Yager vezette be az olyan aggregálási problémák kezelésére, ahol a kritériumok közel azonos fontosságúak. A megfelelő aggregációs operátor kiválasztása nem egyszerű feladat, mivel először meg kell határozni a kompenzáció mértékét, azaz azt, hogy egy kritérium gyengébb teljesítése mennyire ellensúlyozható más kritériumok jobb teljesítésével.

Kutatási célok:

A feladat olyan OWA operátor meghatározása, amelyeknek a kompenzációs szintje adott és a lehető legjobban figyelembe veszi a részteljesítményeket.

Összefüggés elemzése többértékű logikai operátorok segítségével

Témavezető: Dombi József

A kutatási téma leírása:

Az adatbányászat egyik legfontosabb célkitűzése az összefüggések feltárása: statisztikai módszerek alap algoritmusai a korrelációs számítás. Diszkrét kategóriák esetén azonban ez az eljárás nem használható és más indikátorok bevezetésére van szükség. Jelentős probléma, hogy az adatbányászati feladatok hatalmas adatbázisokat tartalmaznak és csak nagyon egyszerű műveletek elvégzése megengedett. A folytonos logika Frank operátora eleget tesz a mérték azonosságának és felhasználásával lehetőség van újszerű összefüggés vizsgálatok elvégzésére. Ebben az esetben a számítási igény minimális és alapvető diszkrét kategóriák elemzését teszi lehetővé.

Kutatási célok:

1. Összefüggés elemzések áttekintő feltérképezése.
2. Frank operátor tulajdonságainak vizsgálata.
3. Gyakoriságok és az operátor paraméterének illesztése.
4. Az eredmények összekombinálása a klasszikus eljárásokkal.
5. Vizuális megjelenítés kidolgozása.
6. Többszörös összefüggések vizsgálata.

Irodalom:

- [1] E. P. Klement, R. Mesiar and E. Pap, Triangular norms.
- [2] M. J. Frank, On the simultaneous associativity.

Robot irányítás Voronoi diagramon alapuló approximáció alapján

Témavezető: Dombi József

A kutatási téma leírása:

A fuzzy rendszerek legsikeresebb alkalmazása a fuzzy irányítás. A különböző megoldások közös vonása, hogy folytonos logika segítségével írják le a feltételt és a halmazhoz tartozási függvények egydimenziósak. Alapvető probléma, hogy a változók száma (m) és az alkalmazott kategóriák száma (n) szerint nm szabályra lenne szükség, aminek a megadása nem kivitelezhető, ezért az eljárások a hiányos szabályrendszerek kezelésére irányulnak. A szabályrendszer konstruálása azonban ha minta (tipikus) példák alapján konstruáljuk, akkor a Voronoi diagram meghatározza a szabály érvényességi területét, ekkor azonban az egydimenziós halmazhoz tartozási függvényt a felfújó eljárás helyettesíti. Így a szabályhalmaz korlátos maradhat. Az eljárás approximációs ereje határozza meg annak jóságát.

Kutatási célok:

1. A fuzzy control klasszikus eljárásainak vizsgálata, implementálása.
2. A Voronoi diagram hipersík egyenleteinek hatékony számítása.
3. A felfújó eljárás alkalmazása.
4. Approximáció hatékonyságának vizsgálata.
5. Gyakorlati alkalmazás és tesztek végzése.

Irodalom:

[1] H. T. Nguyen and M. Sugeno, Fuzzy systems, Modeling and Control. Kluwer Academic Pub., 1998.

2.5.6 MÉRNÖKI SZÁMÍTÁSOK ÉS MODELLEK II

Optimális irányítás Carnot-csoportokon

Témavezető: Nagy Péter

A kutatási téma leírása:

A tranzitív szimmetria csoporttal rendelkező nem-holonom mechanikai rendszerek optimális irányítási feladatait jól lehet modellezni az úgynevezett Carnot-csoportok balinvariáns szub-Riemann-féle geometriájának vizsgálatával. A Carnot-csoport a legegyszerűbb esete a Heisenberg-csoport, amely kétlépcsős nilpotens Lie-csoport 1-dimensziós centrummal, feltéve, hogy a kitüntetett balinvariáns disztribúciót meghatározó altér nem tartalmazza a centrumot. Ezekben a nem-holonom geometriákban a geodetikusok írják le az optimális trajektóriákat. A kitüntetett balinvariáns disztribúciót érintő geodetikusok szerkezete jól ismert a Riemann-féle nilsokaságok elméletében, azonban az általános esetben az optimális trajektóriákról keveset tudunk, ezért ezzel kapcsolatban sok nyitott és érdekes feladat fogalmazható meg.

Kutatási célok:

A tervezett kutatásban klasszikus csoportok szub-Riemann terének geodetikusait és izometria csoportjait kívánjuk vizsgálni komputeralgebrai eszközök alkalmazásával.

Új SVD- és fixpont transzformáció- alapú adaptív szabályozási eljárások összehasonlítása a klasszikus modell-alapú módszerekkel nemlineáris paradigmák példáján

Témavezető: Rudas Imre

A kutatási téma leírása:

A klasszikus adaptív szabályozási eljárások mint pl. az „Adaptív inverz dinamika”, „Adaptív Slotine-Li robot szabályozás” vagy a „Globális linearizálás” olyan modellalapú eljárások, amelyek a rendelkezésre álló analitikus modellek bizonyos finom részleteit is kihasználják, és feltételezik, hogy a rendszert kívülről érő, illetve az annak komponensei közt megjelenő dinamikai kölcsönhatások ismertek. A gyakorlatban ezek az információk általában nem állnak rendelkezésre a maguk teljes egészében (pl. csak bizonyos „domináns” részrendszerekről van modellünk), emellett pontatlanok, és a nem ismert külső kölcsönhatások sem zárhatók ki, amelyek a szabályozás felé a szabályozott rendszer „modelltől eltérő” viselkedésében manifesztálódnak. A klasszikus módszerek szempontjából ez általában nehézségeket jelent, míg az új megközelítés célja e nehézségek kiküszöbölése s egyúttal a számítási komplexitás redukálása.

Kutatási célok:

1. Az ismertebb eljárások áttekintése, alkalmas paradigmák számítógépes programokban való szimulálása és számítási eredmények felhalmozása.
2. Az újabb eljárások implementálása és működésének összehasonlító vizsgálata ugyanezen paradigmákon, javaslatok az új módszerek továbbfejlesztésére a vizsgálati eredmények alapján.

Új SVD- és fixpont transzformáció- alapú adaptív szabályozási eljárások összehasonlítása a klasszikus „Soft Computing” alapú módszerekkel nemlineáris paradigmák példáján

Témavezető: Rudas Imre

A kutatási téma leírása:

A klasszikus „Soft Computing” alapú megközelítések olyan modell-alapú eljárásoknak tekinthetők, amelyek vagy csak az irányítandó rendszert, vagy a szabályozási feladat egészét „modellezik”, de ezek a modellek nem „analitikus” jellegűek, hanem univerzális közelítő struktúrákon alapulnak. Ezek előnye az önálló tanulás lehetősége, illetve a közönséges emberi nyelven kifejezhető ismeretek modellbe való könnyű beépítésének lehetősége, hátránya viszont a „rossz skálázhatóság” vagy „a dimenzionalitás átka”, azaz az a körülmény, hogy a rendszer szabadsági fokainak növekedésével a szükséges univerzális közelítő struktúrák mérete nem polinomiális mértékben növekszik. A javasolt új megközelítések a „tradicionális soft computing” e nehézségeit kívánják eliminálni.

Kutatási célok:

1. Az ismertebb eljárások áttekintése, alkalmas paradigmák számítógépes programokban való szimulálása és számítási eredmények felhalmozása.
2. Az újabb eljárások implementálása és működésének összehasonlító vizsgálata ugyanezen paradigmákon, javaslatok az új módszerek továbbfejlesztésére a vizsgálati eredmények alapján.

Absztrakt Lie csoportok algebrai alkalmazásán alapuló adaptív szabályozási technikák kombinálása Robusztus Fixpont Transzformáció alapoló módszerrel

Témavezető: Tar József

A kutatási téma leírása:

A „temporális, szituáció-függő” rendszermodellezés céljaira kezdeti eredményeket értünk el különböző absztrakt Lie csoportok alkalmazásával, melyekben „rendszeridentifikáció” címen minden egyes szabályozási ciklusban egy speciális mátrixszal történő szorzást alkalmaztunk, a modell használatát pedig ezen speciális mátrixok igen csekély műveleti igényvel invertálható mátrixainak használata jelentette. Sima rendszerek szabályozására továbbá jól beváltak az egy szabályozó-paraméter hangolásával stabilizálható „Robusztus Fixpont Transzformáció (RFPT)” alapuló módszerek, amelyek alkalmasnak bizonyultak arra, hogy a szabályozóban felhasznált közelítő rendszermodellekből származtatott szabályozó jeleket egyszerű, geometriailag jól interpretált módon tovább pontosítsák.

Kutatási célok:

1. A cél e kétféle módszer egyesítése olyan rendszerek szabályozására, amelyek modelljéről csak nagyon kevés és megbízhatatlan ismeretünk van.
2. Az identifikációs algoritmus kezdeti nagy visszacsatoló jelének mérséklésére korlátozó eljárások bevezetése.

Nemlineáris rendszerek új, geometriai szemléletű adaptív szabályozása törtrendű deriváltak felhasználásával

Témavezető: Tar József

A kutatási téma leírása:

A OE-n a közelmúltban kifejlesztett geometriai elvű adaptív szabályozás különböző változatai a fizikai rendszerek különböző, fenomenológiai értelemben megfelelő gerjesztéseire adott válaszainak megfigyelésén alapulnak. A válaszok a vizsgált rendszerek fizikai természetétől függően különböző rendű deriváltak lehetnek, ami e megközelítés zajérzékenységét okozhatja. Míg a legtöbb „idealizált”, azaz minden részrendszerére vonatkozóan teljesnek gondolt modellel leírt klasszikus fizikai rendszer állapotfejlődési egyenletei általában a fizikai állapot egész rendű deriváltjaira vonatkozó differenciálegyenlet rendszerek vagy integrálegyenletek (pl. gyorsulás a mechanikában vagy valamilyen reagens betáplálásának rátája a vegyi folyamatokban), az utóbbi időben egyre tágabb teret kapnak a részlegesen modellezett fizikai rendszerek megfigyelt és irányított változói időbeli fejlődésének viselkedésében megjelenő „tehetetlenség” vagy „memória” leírására a törtrendű deriváltak és integráltak, amelyek mögött általában részleteiben nem modellezett, csatolt részrendszerek belső dinamikája húzódik meg (pl. vízhullámok csillapodása porózus partfalon, forgalmi adatok viselkedése közúti közlekedésben, hővezetés, diffúzió, elektromágneses jelenségek). A törtrendű deriváltak matematikai alapötlete éppoly régi, mint az egész rendű deriváltaké (a XVII. századból L'Hospital és Leibniz levelezésében is fellelhető), fizikai és műszaki alkalmazásai azonban csak a XX. sz. első negyedétől terjedtek el mint az egész rendű deriváltak fogalmának különféle lehetséges általánosításai. Nemcsak a törtrendű rendszerek, hanem az egész rendű rendszerek szabályozásában is fontos eszközök lehetnek mind zajszűrésre, mind pedig a szabályozás dinamikájának temporális élesítésére, és alkalmasak lehetnek a javasolt adaptív módszer támogatására.

Kutatási célok:

1. 1. Különböző fizikai rendszerek, mint paradigmák modelljének vizsgálata, elemzése, számítógépes programokban való szimulálása és a számítási eredmények felhalmozása.
2. 2. Különböző kombinációs szabályozási eljárások implementálása és működésének összehasonlító vizsgálata ugyanezen paradigmákon.
3. 3. Javaslatok kidolgozása az új módszerek továbbfejlesztésére a vizsgálati eredmények alapján.

Nem sima dinamikai rendszerek kognitív adaptív szabályozásának nem Lyapunov függvényen alapuló módszere

Témavezető: Tar József

A kutatási téma leírása:

A nemlineáris rendszerek adaptív szabályozásának tervezéséhez általánosan használják Lyapunov 2. „direkt” módszerét, amely matematikailag nehéz technika és jó képességű tervezőket igényel. Ennek kiváltására sima rendszerek szabályozásában jól beváltak az egy szabályozó-paraméter hangolásával stabilizálható „Robusztus Fixpont Transzformáció (RFPT)” alapuló módszerek, amelyek nem alkalmazhatók további megfontolások nélkül nem sima rendszerekre (pl. kémiai reakciókra, ahol fizikai értelmezhetőség okán negatív koncentrációk vagy 0 koncentráció esetén negatív idő szerinti deriváltak nem fordulhatnak elő), vagy olyan mechanikai karok esetén, amelyek akadálytalanul mozoghatnak egy ütközésig, de onnan több-kevesebb ütközési energiavesztéssel visszapattannak. Ezek a rendszerek bizonyos tartományokon belül „simák”, azok határán viszont elvesztik simaságukat. E tartományhatárok esetleg nem okvetlenül mérhetőek közvetlenül.

Kutatási célok:

1. Olyan modell-független megfigyelők kifejlesztése, amelyek érzékelik a simasági tartomány határának elérését.
2. Az RFPT alapú módszer továbbfejlesztése a tartományhatáron mutatandó viselkedés szempontjából.

Új, nem konvencionális adaptív adatrepresentálási és szabályozási eljárások

Témavezetők: Tar József, Várkonyiné Kóczy Annamária

A kutatási téma leírása:

Napjainkban egyre komolyabb gondot okoz az összetett, nem pontosan ismert, erősen nem lineáris és/vagy változó dinamikai folyamatok és rendszerek adaptív szabályozása. A problémák megoldásánál komoly segítséget jelent a modell szemléletű megközelítés általános elterjedése valamint az intelligens, nem konvencionális adatrepresentálási és szabályozási módszerek megjelenése. A kutatás a terület közelmúltban előtérbe került olyan új módszereire összpontosít (pl. wavelet alapú szabályozók, anytime szabályozók, szituációs kontroll, Robusztus Fixpont Transzformáció alapú szabályzás), amelyek ötvözése illetve továbbfejlesztése további előnyös technikák létrejöttére adhat lehetőséget. A munka a témavezetők korábbi eredményeire építve, szorosan kapcsolódik futó hazai és nemzetközi együttműködésben végzett kutatásokhoz.

Kutatási célok:

Az irodalomból ismert fő módszerek áttekintése, a paradigmák kritikai elemzése. Az irodalomban megtalálható metodikák és technikák ötvözési lehetőségeinek feltárása, vizsgálata illetve kidolgozása.

A legígéretesebb módszerek továbbfejlesztése, új eljárások létrehozása és alkalmazása. Összehasonlító vizsgálatok végzése.

Irodalom:

- [1] Soumelidis, F. Schipp, J. Bokor, "On hyperbolic wavelets," in Preprints of the 18th IFAC World Congress, S. Bittandi, A. Cenedese, and S. Zampieri, Eds., Milano, Italy, August 28 – Sep. 2, 2011, pp. 2309–2314.
- [2] M. Kratmüller, "Combining Fuzzy/Wavelet Adaptive Error Tracking Control Design," Acta Polytechnica Hungarica, vol. 7, no. 4, 2010, pp. 115-137.
- [3] J.K. Tar, I.J. Rudas and K.R. Kozłowski, "Fixed Point Transformations-Based Approach in Adaptive Control of Smooth Systems," Lecture Notes in Control and Information Sciences, vol. 360. M. Thoma and M. Morari, Eds., Robot Motion and Control, 2007. K. R. Kozłowski, Ed., Springer Verlag London Ltd., 2007, pp. 157-166.
- [4] A.R. Várkonyi-Kóczy, "Model Based Anytime Soft Computing Approaches in Engineering Applications." in Soft Computing Based Modeling in Intelligent Systems. V. Balas, J. Fodor, A.R. Várkonyi-Kóczy, Eds., Ser. Studies in Computational Intelligence, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 2009, pp. 63-92.

Speciális függvényekre vonatkozó egyenlőtlenségek és alkalmazásaik

Témavezető: Baricz Árpád

A kutatási téma leírása:

A tervezett kutatásban az ismertebb és fontosabb speciális függvényekkel kapcsolatos egyenlőtlenségekkel és alkalmazásaikkal szándékozunk foglalkozni. Az egyik fontosabb egyenlőtlenség az úgynevezett Turán típusú egyenlőtlenség, amely több alkalmazott probléma kapcsán megjelent. Ez a téma viszonylag sok dolgozatban lett megvizsgálva, viszont sok fontos speciális függvényről még nem tudjuk, hogy a paramétereik szerint hogyan viselkednek. Úgy gondoljuk, hogy a korlátlanul osztható eloszlásoknál megjelenő speciális függvényekre vonatkozó eredmények alkalmazhatóak a Turán típusú egyenlőtlenségek vizsgálatánál. Például, a módosított Bessel függvényeknél a kulcslépést bizonyos Stieltjes transzformációk szolgáltatták. Ezenkívül, olyan egyenlőtlenségeket szeretnénk megvizsgálni amelyek többnyire alsó és felső korlátokat adnak olyan speciális függvényekre (mint például az általánosított Marcum függvény), amelyeknek alkalmazásaik vannak a mérnöki tudományokban.

A legjobb állandó problémája Sobolev egyenlőtlenségekben

Témavezető: Kristály Sándor

A kutatási téma leírása:

A legjobb állandó meghatározása egy Sobolev egyenlőtlenségben és az extrémális függvény létezése a variációszámításnak egyik legkutatottabb iránya. Ezen problémák szorosan összefüggnek az ún. izoperimetrikus egyenlőtlenségekkel. A. Kristály és S. Ohta 2013-ban igazoltak egy olyan rigiditási tételt, mely kimondja, hogy egy olyan Finsler sokaság, melynek Ricci görbülete nem-negatív és teljesül az ún. Caffarelli-Kohn-Nirenberg egyenlőtlenség a legjobb állandóval, izometrikus egy normált vektortérrel. Az eredményük ennél sokkal általánosabb, mely tartalmazza a Bishop-Gromov értelemben görbült tereket, lásd Kristály A, S. Ohta [Caffarelli-Kohn-Nirenberg inequality on metric measure spaces with applications, *Mathematische Annalen*, 2013, elfogadva].

Kutatási célok:

A legjobb állandók és extrémális függvények problémáját szeretnénk tovább kutatni Sobolev egyenlőtlenségek esetén. A kutatás célját topologikus rigiditási eredmények igazolása képezi Riemann-Finsler tereken illetve Heisenberg csoportokon. A Heisenberg csoportok esetén egy pozitív válasz közelebb vihetne a Pansu-féle sejtés megoldásához, ahol az izoperimetrikus objektumnak az ún. "bubble"-halmazt tartják. Meggyőződésünk továbbá, hogy igen mély kapcsolat létezik magasabbrendű Sobolev terekre vonatkozó egyenlőtlenségek (pl. Rellich egyenlőtlenség) és a tér struktúrája között.

Szimmetrizációs eljárások parciális differenciálegyenletekben

Témavezető: Kristály Sándor

A kutatási téma leírása:

A matematikai fizikában megjelennek olyan anizotropikus jelenségek, melyek vizsgálata nem lehetséges a klasszikus módszerek révén. Míg az izotropikus jelenségeknél, ahol a másodrendű differenciáloperátor rendszerint a Laplace-operátor, a standard szimmetriát és csoportthatást az ortogonális (esetleg az unitér csoport) szolgáltatja, az anizotropikus esetben hasonló csoportstruktúráról nincs tudomásunk.

Kutatási célok:

A kutatás egyik célja az, hogy azonosítsuk/jellemezzük azon szimmetria-csoportokat, melyek az anizotropikus jelenségek Wulff-radiális megoldásait generálják. A sejtésünk az, hogy ilyen csoportstruktúra létezése kizárt, de ennek igazolása nagyon nehéznek tűnik. A másik célkitűzés az lenne, hogy izotropikus esetben is akár, létezési és multiplicitási eredményeket igazoljunk kritikus pontok segítségével, ahol az egyik alapeszköz az ún. kritikus szimmetria elve. Ezen jelenségeket szakadásokkal rendelkező nemlineáris tagokat tartalmazó elliptikus problémák esetén is szeretnénk vizsgálni, ahol többértékű analízisre és nem-sima kritikus pontok elméletére lesz szükségünk. Végül, szeretnénk megérteni néhány specifikus Riemann sokaságon értelmezett differenciálegyenlet megoldásainak jellegét, és ezek invarianciáját az adott izometria-csoportra nézve.

Szub-Finsler-geometria

Témavezető: Nagy Péter

A kutatási téma leírása:

A nem-holonom kényszernek eleget tevő variációs feladat geometriai modellezésére vezették be a szub-Finsler sokaság fogalmát. A nem-holonom kényszer a sokaságnak egy érintő disztribúciója adja meg, amelyen adott egy ponttól függő Banach-norma. Ha ez a norma skalárszorzatból származtatható, akkor szub-Riemann sokaságot kapunk. A szub-Finsler sokaságban (hasonlóan a szub-Riemann sokasághoz,) a kitüntetett disztribúciót érintő extrémális görbéket az optimális irányítás elméletében ismert Pontrjagin-kritérium segítségével lehet meghatározni. A két pontot összekötő legrövidebb extrémális görbék meghatároznak egy metrikus teret a sokaságon. A sub-Finsler metrikák speciális szerkezetű Finsler metrikákká terjeszthetők ki. A szub-Finsler metrika extrémális görbéi csak speciális esetben esnek egybe a kiterjesztett Finsler metrika geodetikusaival.

Kutatási célok:

A tervezett kutatásban példákat kívánunk kidolgozni olyan szub-Finsler sokaságokra, amelyben a kiterjesztett Finsler metrika invariánsainak segítségével becsléseket tudunk megadni az olyan pontpárok távolságára, melyek nem köthetők össze a kiterjesztett Finsler metrika geodetikusaival.

Ehrhart polinomok gyökei (The roots of Ehrhart polynomials)

Témavezető: Hegedűs Gábor

A kutatási téma leírása:

A.M. Kasprzykkal közös munkánkban sikerült bebizonyítani Golybshev sima politópokra vonatkozó sejtését: minden legfeljebb 5 dimenziós sima politóp Ehrhart polinomjának a gyökeinek a valós része $-1/2$. Ez a munkánk a rácspolitópok felszínének Ehrhart polinomok segítségével történő kiszámításán alapult, amelyet reflexív és sima politópokra is alkalmaztunk. A megközelítésünk teljesen elemi de rendkívül számolásigényes, ezért erre a PhD témára a Maple vagy a MATLAB programozásában járatos jelentkezőket várunk.

Kutatási célok:

A legfontosabb célunk ebben a kutatásban: Golybshev sejtését szeretnénk általánosítani. A reflexív politópokat az Ehrhart polinomjuk gyökei segítségével szeretnénk osztályozni és jobban megérteni.

Irodalom:

[1] Hegedűs, Gábor, and Alexander M. Kasprzyk. "Roots of Ehrhart polynomials of smooth Fano polytopes." *Discrete and Computational Geometry* 46, no. 3 (2011): 488-499.

[2] Hegedűs, Gábor, and Alexander M. Kasprzyk. "The boundary volume of a lattice polytope." *Bulletin of the Australian Mathematical Society* 85.01 (2011): 84-104.

[3] Matthias Beck és Sinai Robins, *Computing the continuous discretely, Integer-point enumeration in polyhedra*. Undergraduate Texts in Mathematics, Springer, New York, 2007

Intervallum felezés és numerikus- analitikus technikák alkalmazása nemlineáris peremérték feladatok esetén

Témavezető: Rontó Miklós

A kutatási téma leírása:

Az utóbbi években a nemlineáris peremérték feladatok vizsgálatára kidolgozott un. sorozatos közelítésen alapuló numerikus-analitikus módszerek alkalmazása során fontos kérdés hogyan lehet a konvergencia elégséges feltételeit gyengíteni. Ez a feltétel lényegesen függ az intervallum hosszától és a differenciálegyenlet jobb oldalán szereplő függvény Lipschitz konstansától (mátrixától). Ismert, hogy kezdeti érték feladatokra a különböző numerikus módszerek konvergenciája az intervallum megfelelő lépésközzel való felosztásával érhető el. Ezt az alapgondolatot felhasználják peremérték feladatok esetén az ismert shooting-módszerben is, amikor kezdeti-érték feladatok sorozatos numerikus megoldására vezethető vissza a peremérték feladat. Azonban, analitikus illetve numerikus-analitikus módszerek alkalmazása során az intervallum felosztás nem ismert, de segítségével gyengíthetők lennének a konvergencia feltételei.

Kutatási célok:

Megalapozni az intervallum felezés lehetőségét a sorozatos közelítésen alapuló numerikus-analitikus módszer alkalmazása során általános alakú nemlineáris peremérték feladatok esetén. Bebizonyítani, hogy ezzel az eljárással kétszeresére lehet javítani a konvergencia feltételt, hasonlóképpen mint periodikus peremérték feladatok esetén.

Irodalom:

- [1] A. Ronto and M. Ronto, "Periodic successive approximations and interval halving," Miskolc Mathematical Notes, vol. 13 , no. 2, 2012, pp. 459-482,
- [2] M. Rontó and A. M. Samoilenko, Numerical–analytic methods in theory of boundary–value problems. World Scientific, Singapore, 2000.
- [3] A. Ronto, M. Ronto M. and N. Shchobak, Constructive analysis of periodic solutions with interval halving, Boundary Value problems 2013, DOI:10.1186/1687-2770-2013-57.
- [4] A. Rontó and M. Rontó, "Successive Approximation Techniques in Non- Linear Boundary Value Problems for Ordinary Differential Equations," in Handbook of Differential Equations, Ordinary Differential Equations., F. Batelli and M. Feckan, Eds., vol. 4, Elsevier B.V., 2008, pp. 441- 592.

Sorozatos közelítésen alapuló numerikus –analitikus módszerek polinomos változatának kidolgozása egyes nemlineáris peremérték feladatokra

Témavezető: Rontó Miklós

A kutatási téma leírása:

A nemlineáris közönséges differenciálegyenletekhez rendelt különböző típusú peremérték feladatok vizsgálata iránt igen nagy érdeklődést mutatnak mind a matematikusok, mind a mérnökök. Az utóbbi években kidolgozott ún. sorozatos közelítésen alapuló numerikus-analitikus módszerek, az ismert eljárásokkal ellentétben, lehetőséget adnak a peremérték feladatok két legfontosabb problémájának – a megoldás egzisztenciájának, illetve közelítő meghatározásának egyidejű vizsgálatára. Az eddigi kutatásokban aránylag kevés figyelmet fordítottak a magasabb rendű közelítések gyakorlati meghatározására illetve felhasználására az egzisztencia vizsgálatok során. Ebben a témakörben hiánypótló lenne a kutatások során a megfelelő interpolációs polinomok felhasználása.

Kutatási célok:

Sorozatos polinomos közelítésen alapuló új numerikus- analitikus módszerek kidolgozása általános alakú nemlineáris peremérték feladatokra. A megfelelő interpolációs polinom megválasztása. Az egyenletes konvergencia bizonyítása. A közelítő megoldás hibabecslése. Egzisztencia vizsgálat. Szimbolikus számítások.

Irodalom:

- [1] A. Ronto et al., Numerical-analytic technique for investigation of solutions of some nonlinear equations with Dirichlet conditions, Boundary value problems. 2011, DOI>10.1186/1687-2770-2011-58
- [2] M. Rontó and A. M. Samoilenko, Numerical–analytic methods in theory of boundary–value problems. World Scientific, Singapore, 2000.
- [3] M. Ronto and A. Galántai, “A computational modification of the numericalanalytic method for periodic BVPs,” Nonlinear Oscillations, vol. 2, no. 1 1999, pp. 109–114.
- [4] A. Rontó and M. Rontó, “Successive Approximation Techniques in Non- Linear Boundary Value Problems for Ordinary Differential Equations,” in Handbook of Differential Equations, Ordinary Differential Equations. F. Batelli and M. Feckan, Eds., vol. 4, Elsevier B.V., 2008, pp. 441- 592.

Ellipszis, illetve parabola alakú lapos ívek stabilitásvizsgálata

Témavezető: Szeidl György

A kutatási téma leírása:

A lapos ellipszis illetve parabola alakú ívek gyakran fordulnak elő a mérnöki alkalmazásokban. Konzervatív terhelés (pl. a szerkezet szimmetria tengelyén működő állandó iránytartó teher) esetén vezesse le geometriai nemlinearitás feltételezése és különböző kinematikai modellek mellett a szerkezet viselkedését leíró egyenleteket, a kritikus teher értékét, a szerkezet stabilitás vesztes utáni viselkedését. Vizsgálja meg, hogy mi történik, ha nem lapos a szerkezet. A számítások félanalitikus modellel, illetve végeelem modellel végezhetők, ezeket is dolgozza ki.

Irodalom:

- [1] V. V. Bolotin, *Dynamic Stability of Elastic Systems*. Holden Day, San Francisco, 1964.
- [2] N. A. Alfutov, *Stability of Elastic Structures*. Springer, 1999.
- [3] C. J. Guo et al., “In-plane elastic stability of fixed parabolic shallow arches,” *Science in China Series E: Technological Sciences*, vol. 52, no. 3, 2009, pp.596–602.
- [4] J. Cai and J. Feng, “Buckling of parabolic shallow arches when support stiffens under compression,” *Mechanics Research Communications*, vol. 37, 2010, pp. 467–471.
- [5] P. R. Calhoun and D. A. DaDeppo, “Nonlinear finite element analysis of clamped arches,” *J. Struct. Eng.*, vol. 109, 1983, pp. 599–612.

2.6. A DOKTORI ISKOLA TANTÁRGYAI

Course title: *English for Academic Purposes (heavy focus on writing)*
(only in the spring semester)

The course is limited, the lecturer of the course decides how many students can get into the subject!

Lecturer: Viktória Tafferner
tafferner.viktoria@uni-obuda.hu

Course objectives: The course is to address a broader portfolio of academic skills or study skills as academic writing cannot happen away from academic reading and academic thinking. The target audience for the course is both home and international students in Phd programs who would like to develop their academic language and research skills in English. Students are to be prepared for assignments, publication; the sense of apprenticeship into the craft of the academic will be developed, as well as students' thinking skills, such as analysis, argument and criticality.

By the end of the course, students will be able to:

- Identify author's main claims, supporting points,
- Distinguish voices and viewpoints
- Articulate and assess author's thesis, purposes, audiences, contexts, bias, and credibility
- Locate, evaluate, and use academic sources
- Demonstrate and apply knowledge of basic essay structure, including introduction, body and conclusion
- Employ the various stages of the writing process, including pre-writing, writing and re-writing
- Demonstrate ability to write for an academic audience
- Employ quotation, paraphrase and summary
- Introduce, position and integrate source material into the body of an essay
- Recognize and correct basic grammatical errors, specifically errors of subject/verb agreement, verb tense, pronoun agreement, usage of prepositions and articles
- Improve academic and idiomatic vocabulary
- Identify effective writing techniques in his or her own work and in peer writing
- Employ correct citation styles, including parenthetical, in-text citation and works-cited pages
- Evaluate sources for relevance and reliability, evaluate arguments and evidence critically
- Avoid plagiarism
- Write clear and appropriate thesis statements

Lectures: 20 hours

Course description:

The course could be delivered in a blended format

We apply the same principle when designing the class/homework activities. We aim for students' active engagement in learning activities.

Learning activities will include the following:

- analysing texts: students can be given a text and asked to analyse it. They might be asked to analyse the logical structure of arguments or evaluate the weight of evidence offered by the text's authors.
- concept mapping: students create a diagram showing how concepts are related to the central, starting idea and to one another.
- criticism: students are provided with a text and should evaluate the author's argument.
- discussion forum: students might research a topic in advance of the session, then share their reflections, insights and questions.
- feedback/peer review: students can give feedback to work written or presented by other students; they should also have opportunity to receive formative and summative feedback on their own work, perhaps indicating particular strengths, elements that should be corrected or targets for subsequent work.
- flipped learning: the content of the course is delivered through set readings or, more typically, prepared video lectures, allowing lecture time for more interactive engagement such as group discussions, reviewing drafts or question and answer sessions.
- note taking: students will be asked to take a set of outline or more detailed notes on a written text.
- paraphrase: students rewrite a given passage in their own words
- planning: students develop an outline plan for an essay or presentation.
- presenting: students deliver a short talk on a prepared topic, typically to an audience of their peers. The talk would normally be accompanied by visual presentation slides.
- reading/annotation: the quality of students' writing is largely determined by the quality of their reading, thus we should provide the repeated opportunity for students to read academic work. Such exemplary work will be taken from students' own disciplines
- reflection: students are asked to reflect on what they have learnt, and how they have responded to set tasks, encouraging the development of metacognition as they step back from the task to consider what they have learnt from completing the task.
- reviewing literature: students are given one or more texts, or search for relevant texts themselves, and construct a written (or oral) review of the literature, summarising the argument of each piece, evaluating each, grouping texts into categories and drawing distinctions between different author's findings.

Topics:

Course Introductions

General Writing Rules

Academic Writing: Audience, Purpose/Strategy & Organization

Academic Writing: Style

Academic Writing: Presentation

General-to-Specific Texts: Introduction

General-to-Specific Texts: Sentence-level Definitions

General-to-Specific Texts: Paragraph-level Definitions

Avoiding Plagiarism: Overview & Paraphrasing

Avoiding Plagiarism: Summarizing

Avoiding Plagiarism: Quoting, Citing

Language Focus: Evaluative Language & Hedging

Research Papers: Format & Methods

Research Papers: Results
Research Papers: Introductions
Research Papers: Discussion & Conclusion
Research Papers: Abstracts
Academic Presentation

Requirements:

Homework assignments
In class assignments
In class participation
Midterm exam
Final exam

Evaluation method: submission of research proposal/journal article/conference paper according to relevant stage of doctoral studies.

Recommended References:

1. Belcher, W., 2019. Writing your journal article in twelve weeks. 2nd ed.
2. Hewings, M. and Thaine, C., n.d. 2012. Cambridge Academic English
3. Marshall, S., 2019. Grammar for academic purposes. Montréal: Pearson
4. Swales, J.M. and Feak, C.B. 2012. Academic Writing for Graduate Students: Essential Tasks and Skills, 3rd ed. Michigan Series in English for Academic and Professional Purposes: University of Michigan, Ann Arbor, MI.
5. Durst., G.G., Cathy Birkensetein, and Russel (2021) They say. W. W. Norton & Company.
6. Rugg, G. and Petre, M. (2020a) The Unwritten Rules of PhD Research. London, England: Open University Press.
7. Gray, T. (2020) Publish & Flourish: Become a prolific scholar. Albuquerque: NM State, Teaching Academy.

Course title: *Dynamic Satellite Geodesy*

Lecturer: Lóránt Földváry, associate professor, PhD
foldvary.lorant@emk.bme.hu

Course objective: The main objective is to acquire basic knowledge on gravity field models, its mathematical background, and challenges of using huge amount of satellite-borne gravity data.

Lectures: 20 hours

Course description:

Two-body problem. Atmospheric drag, perturbations. Orbit determination. Dynamic, kinematic and semi-kinematic orbits. Spherical harmonic representation of the gravity field, spherical harmonic analysis. Determination of the gravity field using the Stokes integral. Determination of the gravity field using passive and active satellites. Dedicated gravity satellite missions (CHAMP, GRACE, GOCE), and beyond (GRAIL, GRACE-FO, future satellite missions).

Evaluation method: classical colloquium, oral examination

Recommended References:

1. Günter Seeber, *Satellite Geodesy*, 2 Revised edition, Publisher: de Gruyter, ISBN-10: 3110175495, ISBN-13: 978-3110175493, pp. 612, 2003.
2. William M. Kaula, *Theory of Satellite Geodesy: Applications of Satellites to Geodesy*, Dover Earth Science, Publisher: Dover Publications, ISBN-10: 0486414655, ISBN-13: 978-0486414652, pp. 160, 2000.
3. Douglas E. Smylie, *Earth Dynamics: Deformations and Oscillations of the Rotating Earth*, 1st Edition, Publisher: Cambridge University Press, ISBN-10: 052187503X, ISBN-13: 978-0521875035, pp. 553, 2013.

Course title: *Computer arithmetics and floating point error analysis*

Lecturer: Aurél Galántai, professor emeritus, DSc
galantai.aurel@nik.uni-obuda.hu

Course objective: Introduction to the most up-to-date computer arithmetics, the floating point arithmetic standard and the elements of interval arithmetic.

Lectures: 20 hours

Course description:

The basic principles of the floating point error analysis. Multiple precision arithmetics. Basic arithmetic operations. Computational methods for elementary functions. Other types of arithmetic. Introduction to interval arithmetic. Diagnostical tools.

Evaluatin method: classical colloquium and/or written solution of a special task

Recommended References:

1. R. Brent, P. Zimmermann, *Modern Computer Arithmetic*. Cambridge University Press, 2011.
2. F. Chaitin-Chatelin, V. Frayssé, *Lectures on Finite Precision Computations*. SIAM, 1996.
3. B. Einarsson, Ed., *Accuracy and Reliability in Scientific Computing*. SIAM, 2005.
4. N. J. Higham, *Accuracy and Stability of Numerical Algorithms*. SIAM, 1996
5. R. E. Moore, R. B. Kearfott, M. J. Clous, *Introduction to Interval Analysis*. SIAM, 2009
6. I. Koren, *Computer Arithmetic Algorithms*. 2nd ed., A K Peters, Ltd. NatickV, MA, 2002.
7. W. Miller and C. Wrathall, *Software for Roundoff Analysis of Matrix Algorithms*. Academic Press, New York, 1980.
8. J-M. Muller, *Elementary Functions: Algorithms and Implementation*. 2nd ed., Birkhauser, 2006.
9. J-M. Muller, *et al.*, *Handbook of Floating-Point Arithmetic*. Birkhauser, 2010
10. M. L. Overton, *Numerical Computing with IEEE Floating Point Arithmetic*. SIAM, 2001.
11. B. Parhami, *Computer Arithmetic*. Oxford University Press, 2000.
12. W. Tucker, *Validated numerics: a short introduction to rigorous computations*. Princeton University Press, 2011.
13. J. H. Wilkinson, *Rounding Errors in Algebraic Processes*. Dover, 1994.

Course title: *Application of GIS-based thematic maps*

Lecturer: Andrea Pődör, associate professor, PhD
podor.andrea@amk.uni-obuda.hu

Course objective: Many specialties in which spatial data are displayed use GIS to analyze their data and present problems. The resulting visual solutions, however, can be misleading without a basic understanding of cartography. For this reason, the course aims to provide an overview of the theoretical background, operation, and applications of different visual methods.

Lectures: 20 hours

Course description:

With the advent of GIS, map makers have another important tool at their disposal, but it doesn't matter how we use it. In order to avoid the "black box effect", the main goal of the course is to investigate GIS mapping methods, how we can use software to create thematic maps, and what algorithms are behind each analytical function. What are the procedures that are still a problem. Which tools of cartographic visualization are available in GIS software and their evaluation.

Data analysis, database creation, theoretical model design using subtype and domain.

Examination of data abstraction, cases of group formation of data classification, examination of related representation methods. Problems of classification methods in thematic maps. Basics of designing visualization, from the right color choices to writing. Levels of symbolization. Examining the research results of map use in the light of these.

Graphical representation methods: Basic thematic mapping methods, their software solutions, their applicability. Dynamic and interactive display methods. Problems of two- and multivariate representation methods. Virtual and three-dimensional display space. Possibilities of depicting time.

Generalization in case of special topics, investigation of algorithms supporting generalization.

Geovisualization and modern space. Display options for geostatistical analyzes.

Evaluation method: classical oral examination.

Recommended References:

1. Kraak, M. J. and F. J. Ormeling, Cartography visualization of spatial data. New York, Guildford Press, 2011

2. DiBiase, D., DeMers, M., Johnson, A., Kemp, K., Luck, A.T., Plewe, B., Wentz, E., Geographic Information Science & Technology Body of Knowledge, Washington, D.C.: Association of American Geographers, pp. 120, 2006. Link: http://www.aag.org/galleries/publications-files/GIST_Body_of_Knowledge.pdf
3. Slocum, T. A., McMaster, R. B., Kessler, F. C., & Howard, H. H. (2022). Thematic cartography and geovisualization. CRC Press.
4. Field, K. E. N. N. E. T. H. (2018). Cartography: a compendium of design thinking for mapmakers Redlands. California: Esri Press, 549, 3.

Course title: *Advanced Computer Architectures*

Lecturer: Dezső Sima, professor emeritus, DSc
sima@uni-obuda.hu

Course objective: The lecture provides an overview of the evolution of multithreaded, multicore processors subdivided into the processor categories of client, server and mobile processors. The lecture emphasizes the design space concept, interrelations and emerging trends. Case examples support better insight into the subject presented.

Lectures: 20 hours

Course description:

Overview of the evolution of Intel's Core 2 family; client HED, server and mobile processors. Evolution of the client processors; ISA extensions, interconnects, power management, memory and IO connections. Appearance and evolution of AMD's Zen-based architectures. Evolution of multicore server processors. Emergence of mobile devices (smartphones, tables) design paradigm of mobile processors, word market issues, evolution of ARM ISA-based architectures. Evolution of the microarchitecture of mobile processors.

Evaluation method: classical oral examination.

Recommended references:

1. The subject, by its very nature, follows the latest developments, which are followed, if at all, by available literature several years late. By contrast, the electronic book made available to students aims to be "up to date" and is rich in ample references to the literature.

Course title: *Modelling of Parallel and Concurrent Processes*
(only in the fall semester)

Lecturer: Márta Seebauer, associate professor, CSc
seebauer@uni-obuda.hu

Preliminary knowledge: algorithms, theory of graphs, computer architectures, C programming

Course objective: The basic algorithms and simulation models of parallel and concurrent processes. Hardware and software tools of model's realization.

Lectures: 20 hours

Course description:

The problems of increasing the computing performance. Methods of performance testing. The metric of parallelism and the factors related to parallelization. Functional and data parallelism. The embarrassingly parallel problems.

Development and classification of parallel computing systems. Topography and topology. Flynn's taxonomy. SIMD data parallel architecture, MIMD multiprocessors and multicomputers. GRID systems, virtual supercomputers, cloud computing.

Software tools of parallel and concurrent systems: middleware, programming languages. Debugging and efficiency of parallel algorithms. Message passing and data parallel models. Algorithms using processor farm, mesh, tree, and pipe topology. Realization and efficiency of sorting and filtering algorithms. Shared memory systems. Data integrity and memory consistency models.

Assessment method: oral exam.

Recommended References:

1. Sima, Dezső, Fountain Terence, Kacsuk, Peter: Advanced computer architectures: A design space approach / Dezső Sima, Terence Fountain, Peter Kacsuk. - Harlow, England: Addison Wesley, 1997. - 766 p. - (International Computer Science Series), ISBN 0-201-42291-3
2. Tanenbaum, Andrew S.: Structured Computer Organization / Andrew S. Tanenbaum. - 6. ed. - Pearson Prentice Hall, 2012. - 808 p., ISBN 978-0132916523.
3. Wilkinson, Barry - Allen, Michael: Parallel programming: Techniques and applications using networked workstations and parallel computers / Barry Wilkinson; Michael Allen. - 2nd ed. - New Jersey: Person Prentice Hall, 2005. - 467 p. ISBN 0-13-140563-2

4. Kirk, David B.: Programming Massively parallel Processors: A Hands-on Approach / David B. Kirk, Wen-mei W. Hwu. - Burlington, USA: Morgan Kaufmann, 2010. - XVIII, 258 p. ISBN 978-0-12-381472-2
5. Ian Foster-Carl Kesselman: The Grid: Blueprint for a New Computing Infrastructure. – Elsevier, 2004. – ISBN 1-55860-933-4
6. Robert Robey, Yuliana Zamora: Parallel and High Performance Computing. - Manning, 2021. - 704 p., ISBN 978-1617296468.
7. Pavan Balaji (Editor): Programming Models for Parallel Computing (Scientific and Engineering Computation). -The MIT Press, 2015. - 488 p., ISBN 978-0262528818.

Course title: *GPU Programming*

Lecturer: Sándor Szénási, professor, PhD
szenasi.sandor@nik.uni-obuda.hu

Course objective: Nowadays, GPU programming is a widely used tool thanks to the the well usable programming tools and frameworks. The main topic of this course is the CUDA C programming language developed by NVIDIA Corporation. Students have to complete an individual project work during the semester.

Lectures: 20 hours

Course description:

1. Specialties of the GPU hardware
2. CUDA C environment
 - a. device model
 - b. memory model
 - c. execution model
3. Creating kernels
 - a. using one block
 - b. using multiple blocks
4. Synchronization
 - a. inside one block
 - b. between multiple blocks
 - c. streams
5. Using shared memory
6. Atomic operations
7. Further optimization
 - a. occupancy
 - b. optimal block size
8. CUDA libraries
 - a. CUBLAS
 - b. cuFFT
 - c. cuRANDOM
9. Multi-GPU programming

Evaluation method: classical oral examination.

Recommended References:

1. R. Ansoorge, "Programming in Parallel with CUDA: A Practical Guide New Edition", Cambridge University Press, 2022, ISBN 1108479537

2. G. Barlas, "Multicore and GPU Programming: An Integrated Approach", Morgan Kaufman, 2022, ISBN 0128141204
3. T. Masters, "Modern Data Mining Algorithms in C++ and CUDA C: Recent Developments in Feature Extraction and Selection Algorithms for Data Science", Apress, 2020, ISBN 1484259874
4. T. Soyata, "GPU Parallel Program Development Using CUDA", Chapman and Hall/CRC, 2018, ISBN 1498750753
5. J. Cheng, M. Grossman, T. McKercher, "Multicore and GPU Programming", Wrox, 2014, ISBN 1118739329

Course title: *Digital image processing*

Lecturer: Várkonyiné Kóczy Annamária, professor, DSc
varkonyi-koczy@uni-obuda.hu

Course objective: The aim of the course is to familiarize students with the classical and non-conventional methods, together with the theoretical and applicational aspects of digital image processing, computer graphics, digital image analysis, and geometric modelling. The accomplishment of the subject establishes and helps the stakeholders to evolve their research skills, as well as the abilities of developing new methods, algorithms, and models in the field.

Lectures: 20 hours

Contents of the course:

Methods, algorithms, and models of digital image processing and computer vision. Geometric transformations. Transformed domain methods of digital signal- and image processing, 1D and 2D Fourier transforms, Wavelet transform. Soft computing based methods, fuzzy, neural, anytime techniques. Noise reduction, information enhancement, edge detection, corner detection, object search, object recognition, computer vision, computer modeling, 3D reconstruction, data compression, camera calibration, real-time processing, code optimization. HDR techniques. Examples, case studies.

Evaluation method: classical colloquium, oral examination

Recommended References:

1. Gonzales, R.C., R.E. Woods: Digital Image Processing, 3rd edition, Prentice-Hall, Inc., 2008.
2. Sonka, M., V. Hlavac, R. Boyle: Image Processing, Analysis, and Machine Vision, 3rd edition, Thomson Learning, 2007.
3. Várkonyi-Kóczy, A.R.: "New Advances in Digital Image Processing," Memetic Computing, Vol. 2, No. 4, pp. 283-304, Dec. 2010.

Course title: *Cognitive Infocommunications*

Lecturer: Attila Kóvári, professor, PhD
kovari.attila@amk.uni-obuda.hu

Course objective: To provide the Students with an overview on the basics of Cognitive Infocommunications, and applications fields connected to the CogInfoCom area.

Lectures: 20 hours

Contents of the course:

Cognitive infocommunications (CogInfoCom) is an interdisciplinary research field that has emerged as a synergy between infocommunications and the cognitive sciences a link between the research areas of infocommunications and the cognitive sciences. The primary goal of CogInfoCom is to provide a systematic view of how cognitive processes can co-evolve with infocommunications devices where human brain may interact with these devices using the capabilities of artificially cognitive system.

Content: definitions of CogInfoCom, mode of communication: Intra-cognitive communication, Inter-cognitive communication, type of information that is conveyed between the two communicating entities, and the way in which this is done: sensor-sharing communication, sensor-bridging communication, representation-sharing communication, representation-bridging communication. Application examples in different fields of CogInfoCom. Develop student individual task.

Evaluation method: classical oral examination.

Recommended References:

1. P. Baranyi, A. Csapo, G. Sallai, „Cognitive Infocommunications (CogInfoCom)”, Springer International Publishing, 2015
2. R. Klempons, J. Nikodem, P. Baranyi, Cognitive Infocommunications, Theory and Applications, Springer, 2019
3. A. Esposito, G. Cordasco, C. Vogel, P. Baranyi, "Cognitive infocommunications", Frontiers in Computer Science, Vol 5, pp 1-7, 2023

Course title: *Architecture and function of the Security Operation Center (SOC)*

Lecturer: Valéria Póser, associate professor, PhD
poser.valeria@nik.uni-obuda.hu

Course objective: The subject focuses on the construction and the different components and operation of a large enterprise network security system. Moreover, it concentrates on the various roles of the different security teams. The subject gives insight into the alternatives from an operational view of the enterprise cybersecurity system through primarily open-source based solutions.

Lectures: 20 hours

Contents of the course:

The subject gives an introduction into the structure and function of the SOC – Security Operation Center and into the related roles, through practical examples, partly from a management point of view, partly from the operator’s aspect. In addition to the SOC’s basic concepts, the students learn about roles, tasks, and responsibilities. They get experience in the implementation, and the operation of cybersecurity functions, based on open-source solutions.

Evaluation method: classical colloquium, oral examination

Recommended References:

1. Arun E Thomas: Security Operations Center - SIEM Use Cases and Cyber Threat Intelligence (CreateSpace Independent Publishing Platform (2018))
2. Don Murdoch: Blue Team Handbook: SOC, SIEM, and Threat Hunting Use Cases: A condensed field guide for the Security Operations team (Volume 2) (CreateSpace Independent Publishing Platform; 1.0 edition (2018))
3. Bryce G. Hoffman: Red Teaming: How Your Business Can Conquer the Competition by Challenging Everything (Crown Business (2017))
4. Chris Sanders: Practical Packet Analysis, 3E: Using Wireshark to Solve Real-World Network Problems (No Starch Press; 3 edition (2017))
5. Nik Alleyne: Learning By Practicing - Hack & Detect: Leveraging the Cyber Kill Chain for Practical Hacking and its Detection via Network Forensics (Independently published (2018))
6. Michael Sikorski: Practical Malware Analysis: A Hands-On Guide to Dissecting Malicious Software (No Starch Press; 1st edition (2012))
7. Yuri Diogenes, Erdal Ozkaya: Cybersecurity – Attack and Defense Strategies: Infrastructure security with Red Team and Blue Team tactics (Packt Publishing (2018))

Course title: *Digital Signal Processing and its Applications*

Lecturer: Gyula Simon, professor, PhD
simon.gyula@amk.uni-obuda.hu

Course objective: The students will be able to understand the underlying principles of digital signal processing, with special emphasis on practice and applications. The Theoretical results will be illustrated by practical examples. Students will implement their own signal processing algorithms.

Lectures: 20 hours

Contents of the course:

Foundations of signal processing (Discrete time systems, linear time invariant systems, discrete time systems, time and frequency domains, Fourier Transform, DFT, z-transform). Sampling in time domain (sampling theorems, sub-sampling and over-sampling). Sampling in amplitude domain (A/D and D/A converters). Digital filters (FIR and IIR filters, digital filter structures, FIR filter design, IIR filter design). Discrete Fourier transform and its applications (windowing, FFT, circular and linear convolution). Adaptive filters (Wiener filter, LMS algorithm, the Kalman filter).

Evaluation method: classical oral examination.

Recommended References:

1. Oppenheim, AV, Shafer, RW: Discrete Time Signal Processing. Pearson, Upper Saddle River, 2010
2. Ingle, VK, Proakis, JG: Digital Signal Processing Using Matlab V.4. PWS Publishing Company, Boston, 1997
3. Widrow, B, Stearns, SD: Adaptive Signal Processing. Prentice Hall, 1985
4. Grewal, MS, Andrews, AP: Kalman Filtering: Theory and Practice with MATLAB, 4th Edition. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2015
5. Mandic, DP, Kanna, S, Constantinides, AG: On the Intrinsic Relationship Between the Least Mean Square and Kalman Filters, IEEE Signal Processing Magazine, vol.32, no.6, pp.117-122, Nov. 2015
6. Baretto, A; Adjouadi, M; Ortega, FR; O-larnnithipong, N: Intuitive understanding of Kalman filtering with Matlab. CRC Press, New York, 2021.

Course title: *Deep machine learning techniques*

Lecturer: Gábor Kertész, associate professor, PhD
kertesz.gabor@nik.uni-obuda.hu

Course objective: In the last 10 years the field of artificial intelligence has once again become an active research area, caused by deep neural networks and deep learning. The application of deep learning in the field of computer vision produced results that previously seemed unachievable, and in recent years solutions based on deep machine learning emerged in technically all fields of science. During the semester, after learning the basic concept of deep learning, students will get to know different techniques on applications in computer vision and natural language processing, in practice as well.

Lectures: 20 hours

Contents of the course:

Fundamentals of deep learning. Mathematical background, optimization. Overfitting, regularization techniques. Learning from image data, convolutional neural networks. Processing time-series data, recurrent neural networks. Natural language processing.

Evaluation method: classical oral examination.

Recommended References:

1. LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature*, 521(7553), 436-444.
2. Bengio, Y., Lecun, Y., & Hinton, G. (2021). Deep learning for AI. *Communications of the ACM*, 64(7), 58-65.
3. Goodfellow, I., Bengio, Y., Courville, A., & Bengio, Y. (2016). *Deep learning*. Cambridge: MIT press.
4. Chollet, F. (2021). *Deep learning with Python*, 2nd edition. Manning.
5. Géron, A. (2022). *Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow*, 3rd Edition: Concepts, tools, and techniques to build intelligent systems. O'Reilly Media.

Course title: *Physiological and Pathophysiological controls*

Lecturer: Levente Kovács, professor, PhD

kovacs@uni-obuda.hu

Course objective: In case of many diseases, where the human body is not able to create or maintain the healthy conditions, sometimes an external controller could be the solution which must fulfill a very strict set of requirements but it is not just improving patients' quality of life but – if needed – it could contribute to the proper dosing of medications. The thoughts above describe the subject of physiological control which is one of the thirteen branches of the biomedical engineering science. The aim of the course is to provide an integrated introduction to the application of control engineering focusing on the most important areas of public health, especially on diabetes. The course is built on two parts: model identification and control engineering.

Lectures: 20 hours

Contents of the course:

Modelling biomedical processes, basics of system theory, classic controller design (PID), state feedback, Kálmán-filter, identification of linear systems, model-predictive control, modern robust control.

Course title: *Modern robust and nonlinear control*

Lecturer: Levente Kovács, professor, PhD; Dániel András Drexler, associate professor, PhD;
György Eigner associate professor, PhD

kovacs@uni-obuda.hu

drexler.daniel@nik.uni-obuda.hu

eigner.gyorgy@nik.uni-obuda.hu

Course objective: The purpose of the subject is to introduce the latest results of control engineering from the viewpoint of biomedical engineering. The primary goal of modern robust control is to satisfy the predefined requirements against quality (related to stability primarily) and provide appropriate control action even in worst case scenarios. These can be provided by using exact mathematical and control formalism. The aim of the subject to introduce these knowledges to the students. The subject builds on MATLAB as programming framework. The subject details the transition between non-linear and linear systems, focusing on the Linear Parameter Varying (LPV), Robust Fixed Point Transformation (RFPT) and Tensor Product (TP) based control solutions. In the second part of the subject the investigation of non-linear control solutions are in the focus, starting from the system classes and basics of system theory to the exact linearization, path planning and path tracking controls.

Lectures: 20 hours

Course description:

Basics of system theory; state feedback; Kalman-filtering, H₂ and/or H_∞ control; μ-synthesis, handling of uncertainties, LPV modeling and control, RFPT method, TP method, nonlinear systems and classification of them, Lie algebra, controllability, observability, exact linearization, path planning and path tracking controls.

Course title: *Biomedical applications of regression models*

Lecturer: Tamás Ferenci, associate professor, PhD; Levente Kovács, professor, PhD

ferenci.tamas@nik.uni-obuda.hu

kovacs@uni-obuda.hu

Course objective: The multivariate regression models are the fundamental tools of the analysis of – amongst many other fields – empirical medical research because it makes it possible to separate the effects (with given model assumptions) thus causal inference – and its quantification – from observational data and increase of study’s power in clinical trials is achievable. The course assumes the knowledge of basic regression modelling and based on that introduces advanced topics like the advanced model diagnostics, model building strategies, dealing with missing data, generalised linear models, mixed effect models and generalised additive models. The course introduces the use of R software environment to solve practical problems with it.

Lectures: 20 hours

Contents of the course:

Basics of regression modelling, modelling strategies, logistic regression, characteristics of survival data, generalised additive models, logic of fixed and random effects, predictive models.

Evaluation method: classical oral examination.

Recommended References:

1. Frank Harrell: Regression Modeling Strategies - With Applications to Linear Models, Logistic and Ordinal Regression, and Survival Analysis. Springer, 2015
2. Ewout W. Steyerberg: Clinical Prediction Models - A Practical Approach to Development, Validation, and Updating. Springer, 2019

Course title: *Biomedical experiment design and analysis*

Lecturer: Levente Kovács, professor, PhD; Miklós Kozlovszky, professor, PhD

kovacs@uni-obuda.hu

kozlovszky.miklos@nik.uni-obuda.hu

Course objective: The standards of design, implementation and analysis of biomedical experiments must match to the requirements of many disciplines. The trials raise medical, ethical, legal and economical questions and all these factors have to be satisfied at once with well controlled processes. The Evidence Based Medicine (EBM) is a requirement to make standardized, comparable studies all over the world in order to provide a foundation to the medical expert's daily work and to prepare a clinical protocol. The course has three parts. In the first half of the semester the factors and steps of design of trials will be discussed including the definition and methods of trial design as a general scientific method and the basics of animal and clinical trial design. The second main part is discussing the two classical approach of trial analysis: the basics of frequentist and Bayesian biostatistics, applicable tests and analysis and the comparison of the two approach.

The last part presents the practical use of the theoretical topics in a particular medical field which is oncology. This involves the evidence based oncological approach, design of clinical trials in oncology, Bayesian clinical trials in oncology and the statistics analysis of oncological trials.

Lectures: 20 hours

Contents of the course:

Factors and steps of design of trials, evidence based medicine, analysis of trials, of frequentist and Bayesian biostatistics, examples in oncology.

Evaluation method: classical colloquium, oral examination

Course title: *Methods and practice of health-technology assessment (HTA) for medicines and medical devices*

Lecturer: László Gulácsi, professor, PhD
gulacsi@uni-obuda.hu

Course objective: The aims of the course are to get acquainted with the concept, methods, fields of application and practice of HTA, with special regard to the role of HTA in supporting decisions related to medical technologies.

Lectures: 20 hours

Course description:

Health technology assessment (HTA) is the science of the systematic analysis of health technologies that analyzes the following aspects: a) clinical safety b) process characteristics; (c) effectiveness; (d) efficacy; (e) economic consequences; (f) social, legal, ethical and political issues. The goal of HTA is to prepare health policy, reimbursement and service purchase decisions using a multidisciplinary (economics, statistics, social sciences, epidemiology, and medicine) approaches and tools. During the course, students will learn about the concept, areas of application, main methods and practices of HTA in different European countries, with especial regard to the opportunities and challenges of application of HTA in the field of medical devices.

Evaluation method: classical colloquium, oral examination

Recommended references:

1. Gulácsi L, Péntek M. HTA in Central and Eastern European countries; the 2001: A Space Odyssey and efficiency gain. *Eur J Health Econ.* 2014 Sep;15(7):675-80.
2. Sabine Fuchs, Britta Olberg, Dimitra Panteli, Matthias Perleth, Reinhard Busse. HTA of medical devices: Challenges and ideas for the future from a European perspective. *Health Policy* . 2017 Mar;121(3):215-229.

Course title: *Costing in health care*

Lecturer: László Gulácsi, professor, PhD
gulacsi@uni-obuda.hu

Course objective: The aim of the course is to introduce the methods of costing in health care for application in health economic evaluation health technologies and health policy decision making.

Lectures: 20 hours

Course description:

Students will learn the main concepts of costing in health care. They learn methods for identifying, measuring, evaluating and costing the different items in health care. Methods of calculating costs from different perspectives and time frame will be introduced.

Evaluation method: classical colloquium, oral examination.

Recommended references:

Mogyorosy Z, Smith P. The main methodological issues in costing health care services. A literature review. CHE Research Paper 7, University of York.

[https://www.york.ac.uk/media/che/documents/papers/researchpapers/rp7 Methodological issues in costing health care services.pdf](https://www.york.ac.uk/media/che/documents/papers/researchpapers/rp7%20Methodological%20issues%20in%20costing%20health%20care%20services.pdf)

Course title: *Measurement and valuation of health gains*

Lecturer: Márta Péntek, professor, PhD
pentek.marta@uni-obuda.hu

Course objective: The main aim of the course is to introduce the methods of health outcome measurement, to review their application to support clinical and financial decision making, with especial regard to their use in the development process of new innovative technologies.

Lectures: 20 hours

Course description:

During the course, students will learn how to assess the impact of diseases and health interventions from different perspectives (patient, patient's family, doctor, healthcare system, society). Particular emphasis will be placed on patient-reported outcomes, methods for measuring individual and societal preferences, and we will discuss options for the joint evaluation of length of life and health-related quality of life. Through the example of specific diseases, we analyse the methodological and practical issues of the application of health

Evaluation method: classical oral examination.

Recommended references:

1. Brazier J et al. The EQ-HWB: Overview of the Development of a Measure of Health and Wellbeing and Key Results., *Value Health*. 2022 Apr;25(4):482-491. doi: 10.1016/j.jval.2022.01.009.
2. Zoratti et al. Evaluating the conduct and application of health utility studies: a review of critical appraisal tools and reporting checklists., *Eur J Health Econ*. 2021 Jul;22(5):723-733. doi: 10.1007/s10198-021-01286-0
3. Zrubka Z, Csabai I, Hermann Z, Golicki D, Prevolnik-Rupel V, Ogorevc M, Gulácsi L, Péntek M. Predicting Patient-Level 3-Level Version of EQ-5D Index Scores From a Large International Database Using Machine Learning and Regression Methods. *Value Health*. 2022 Sep;25(9):1590-1601. doi: 10.1016/j.jval.2022.01.024.
4. Péntek M, Czere JT, Haidegger T, Kovács L, Gulácsi L. EQ-5D studies in robotic surgery: a mini-review, In: Szakál, Anikó (szerk.) *IEEE 17th International Symposium on Applied Computational Intelligence and Informatics SACI 2023 : Proceedings, Budapest, Magyarország : Óbudai Egyetem, IEEE Hungary Section (2023)* 818 p. pp. 519-524. , 6 p.
5. Hölgyesi Á, Poór G, Baji P, Zrubka Z, Farkas M, Dobos Á, Gulácsi L, Kovács L, Péntek M. Validation of the Musculoskeletal Health Questionnaire in a general population sample: a cross-sectional online survey in Hungary., *BMC Musculoskelet Disord*. 2022 Aug 13;23(1):771. doi: 10.1186/s12891-022-05716-9.

6. Farkas M, Huynh E, Gulácsi L, Zrubka Z, Dobos Á, Kovács L, Baji P, Péntek M. Development of Population Tariffs for the ICECAP-A Instrument for Hungary and their Comparison With the UK Tariffs., Value Health. 2021 Dec;24(12):1845-1852. doi: 10.1016/j.jval.2021.06.011.

Course title: *Synthesis of scientific evidence in healthcare: a systematic review and evaluation of the literature*

Lecturer: Márta Péntek, professor, PhD
pentek.marta@uni-obuda.hu

Course objective: The aim of the course is to introduce the methods of systematic literature search and analysis of scientific evidence related to health. Students should be able to search for and synthesize studies available in the health literature. Students should be able to evaluate the quality of studies published in the literature and its results on a scientific basis, as well as to communicate their own research results in accordance with international standards.

Lectures: 20 hours

Course description:

Students will learn the main types of clinical trials and economic evaluations, the methods of systematic literature search to identify scientific evidence in healthcare. They master the techniques needed to build a literature search tailored to the research goal and to apply the systematic search in various electronic health literature databases. They learn to evaluate the results of the identified studies and to establish evidence levels. Methods and guidelines will be introduced to enable them to design clinical and health economics studies. Particular emphasis will be placed on quality standards for the reporting of medical and health economic research, which will increase the acceptance and comparability of the study results, as well as will improve the chances of publishing the research in high prestige scientific journals.

Evaluation method: classical oral examination.

Recommended references:

1. Elaine Beller et al. On behalf of the founding members of the ICASR group. Making progress with the automation of systematic reviews: principles of the International Collaboration for the Automation of Systematic Reviews (ICASR). *Systematic Reviews* volume 7, Article number: 77 (2018)
2. Motahari-Nezhad H, Al-Abdulkarim H, Fgaier M, Abid MM, Péntek M, Gulácsi L, Zrubka Z. Digital Biomarker-Based Interventions: Systematic Review of Systematic Reviews. *J Med Internet Res.* 2022 Dec 21;24(12):e41042. doi: 10.2196/41042.
3. Gulácsi L, Zrubka Z, Brodszky V, Rencz F, Alten R, Szekanecz Z, Péntek M. Long-Term Efficacy of Tumor Necrosis Factor Inhibitors for the Treatment of Methotrexate-Naïve Rheumatoid Arthritis: Systematic Literature Review and Meta-Analysis. *Adv Ther.* 2019 Mar;36(3):721-745. doi: 10.1007/s12325-018-0869-8. <https://www.cochrane.org/news/what-are-systematic-reviews>

4. Equator network. Enhancing the QUALity and Transparency Of health Research., <https://www.equator-network.org/reporting-guidelines/>
5. Drummond M, Griffin A, Tarricone R. Economic Evaluation for Devices and Drugs—Same or Different? Value in Health. Volume 12, Issue 4, June 2009, Pages 402-404
6. Long-Term Efficacy of Tumor Necrosis Factor Inhibitors for the Treatment of Methotrexate-Naïve Rheumatoid Arthritis: Systematic Literature Review and Meta-Analysis. <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30637590/>> Adv Ther. 2019 Mar;36(3):721-745. doi: 10.1007/s12325-018-0869-8.

Course title: *Health economic modelling*

Lecturer: Zsombor Zrubka PhD, associate professor
zrubka.zsombor@uni-obuda.hu

Course objective: The aim of the course is to introduce the main modelling methods used in health economic evaluations and to apply them in practice.

Lectures: 20 hours

Course description:

The cost-effectiveness of health technologies (medicines and medical devices) should be assessed when preparing social security financing decisions. Health economics modeling provides an opportunity to estimate the health benefits and costs of alternative technologies in a comparative way over different time periods. Within the framework of the course, students get acquainted with the main modeling methods (decision trees, Markov models) and the methodology of probabilistic sensitivity testing and will solve practical modeling tasks.

Evaluation method: classical oral examination.

Recommended references:

1. Gulácsi L. (szerk.) Egészség-gazdaságtan és technológiaelemzés: Az egészség-gazdaságtani elemzéstől a klinikai és finanszírozási döntéshozatalig. Budapest, Magyarország: Medicina Könyvkiadó Zrt. (2012) 328 p.
2. Weinstein MC, O'Brien B, Hornberger J, et al. Principles of good practice of decision analytic modeling in health care evaluation: Report of the ISPOR Task Force on Good Research Practices-Modeling Studies. *Value Health*; 2003; 6(1):9-17.
3. Briggs A, Claxton K, Sculpher M: *Decision Modelling for Health Economic Evaluation (Handbooks in Health Economic Evaluation) Illustrated Edition 2006*, Oxford University Press, Oxford
4. Husereau, D., Drummond, M., Augustovski, F. et al. Consolidated Health Economic Evaluation Reporting Standards 2022 (CHEERS 2022) statement: updated reporting guidance for health economic evaluations. *BMC Med* 20, 23 (2022).
<https://doi.org/10.1186/s12916-021-02204-0>
5. Mueller, Scott and Pearl, Judea. "Personalized decision making – A conceptual introduction" *Journal of Causal Inference*, vol. 11, no. 1, 2023, pp. 20220050. <https://doi.org/10.1515/jci-2022-0050>

Course title: *Quantitative synthesis of scientific evidence related to health, meta-analysis*

Lecturer: Zsombor Zrubka PhD, associate professor
zrubka.zsombor@uni-obuda.hu

Course objective: The aim of the course is to introduce the methods of quantitative evidence synthesis for health outcomes. Students should be able to perform a meta-analysis for the main types of health outcomes.

Lectures: 20 hours

Course description:

Students will learn to evaluate the results of the identified studies in a systematic review, establish evidence levels, to extract and synthesize the data using statistical methods, with especial regard to the methods of meta-analysis.

Evaluation method: classical oral examination.

Recommended references:

1. Gulácsi L. (szerk.) Egészség-gazdaságtan és technológiaelemzés: Az egészség-gazdaságtani elemzéstől a klinikai és finanszírozási döntéshozatalig. Budapest, Magyarország: Medicina Könyvkiadó Zrt. (2012) 328 p.
2. Jansen JP, Fleurence R, Devine B, et al. Interpreting indirect treatment comparisons and network meta-analysis for health-care decision making: report of the ISPOR Task Force on Indirect Treatment Comparisons Good Research Practices: part 1. *Value Health*. 2011;14(4):417-428.
3. Hoaglin DC, Hawkins N, Jansen JP, et al. Conducting indirect-treatment-comparison and network-meta-analysis studies: report of the ISPOR Task Force on Indirect Treatment Comparisons Good Research Practices—part 2. *Value Health*. 2011;14(4):429-437.
4. Gehad Mohamed Tawfik, Kadek Agus Surya Dila, Muawia Yousif Fadlelmola Mohamed, Dao Ngoc Hien Tam, Nguyen Dang Kien, Ali Mahmoud Ahmed & Nguyen Tien Huy. A step by step guide for conducting a systematic review and meta-analysis with simulation data. *Tropical Medicine and Health* volume 47, Article number: 46 (2019)
5. Kay, J., Kunze, K.N., Pareek, A. et al. A guide to appropriately planning and conducting meta-analyses—Part 1: indications, assumptions and understanding risk of bias. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 31, 725–732 (2023). <https://doi.org/10.1007/s00167-022-07304-9>
6. Kunze KN, Kay J, Pareek A, Dahmen J, Nwachukwu BU, Williams RJ 3rd, Karlsson J, de Sa D. A guide to appropriately planning and conducting meta-analyses: part 2-effect size estimation, heterogeneity and analytic approaches. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2023 May;31(5):1629-1634. doi: 10.1007/s00167-023-07328-9. Epub 2023 Mar 29. PMID: 36988628.
7. Kunze KN, Kay J, Pareek A, Dahmen J, Chahla J, Nho SJ, Williams RJ 3rd, de Sa D, Karlsson J. A guide to appropriately planning and conducting meta-analyses: part 3. *Special*

considerations-the network meta-analysis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2023 May 16. doi: 10.1007/s00167-023-07419-7. Epub ahead of print. PMID: 37193822.

Course title: *Cloud Robotics*

Lecturer: Imre Rudas, professor, DSc
rudas@uni-obuda.hu

Course objective: Cloud Computing as a new paradigm in Information Technology provides a new horizon in Intelligent Robotics. The Course summarizes the essential cloud computing background and the possible applications in Robotics.

Lectures: 20 hours

Preliminary knowledge: Robotics

Course description:

Introduction to Cloud Computing: the main idea, basic definitions. The conventional cloud model: essential characteristics, service models, deployment models. Intelligent robotics and their applications especially in service robotics. Cloud minded robotics, the expectations and possible realizations. Public clouds: RoboEarth, ROS, Open Source Robotics Foundation (Gazebo). Developing cloud minded robotic system by using Virtual Collaboration Arena and public clouds.

Evaluation method: classical oral examination.

Recommended References:

1. K. Goldberg and B. Kehoe, Cloud Robotics and Automation: A Survey of Related Work. EECS Department, University of California, Berkeley, Technical Report UCB/EECS-2013-5, 2013
2. R. Hill, L. Hirsch, P. Lake, S. Moshiri, Guide to Cloud Computing, Principles and Practice. Springer, 2012
3. C. M. Moyer, Building Applications in the Cloud: Concepts, Patterns, and Projects, Pearson Education Inc., 2011.
4. Marinescu Dan C.: Cloud Computing, Morgan Kaufmann Publishers, 2022
5. Cloud Robotics A Complete Guide - 2020, 5STARCOOKS, 2021
6. Ricardo C. Mello , Moises R. N. Ribeiro , Anselmo Frizera-Neto: Implementing Cloud Robotics for Practical Applications
7. From Human-Robot Interaction to Autonomous Navigation, 2023

Course title: *Robot Modeling and Control*

Lecturer: Imre Rudas, professor, DSc; József K. Tar, professor, DSc
rudas@uni-obuda.hu
tar.jozsef@nik.uni-obuda.hu

Course objective: To provide the Students with an overview on the basic modeling methods of Classical Mechanics adapted for robots, and that of the classic control approaches.

Lectures: 20 hours

Course description:

Rotation and shift of rigid bodies: the Orthogonal Matrices. Lie Groups. Representation of Lie Groups: quaternions, spinors, Clifford Algebras. Homogeneous matrices and the Special Euclidean Group. The Forward kinematic task, free options, the Denavit-Hartenberg Conditions. The differential inverse kinematic task. Optimization under constraints, Lagrange multipliers and the Reduced Gradient Method, the auxiliary function. Generalized inverses for redundant robot arms: the Moore-Penrose pseudoinverse, Singular Value Decomposition (SVD) and the SVD-based pseudoinverse, problem solution by the use of the Gram-Schmidt Algorithm, kinematic singularities. Building up the dynamic model of the robot using the kinematic data and the homogeneous matrices. The modified Denavit-Hartenberg conventions. Point to Point (PTP) and Continuous Path (CP) control. The Computed Torque Control (CTC) and its behavior for modeling errors and unknown external disturbances. The Robust VS/SM Control. The basics of adaptive controllers: Lyapunov function, function class "kappa", stability definitions, quadratic Lyapunov functions, Adaptive Inverse Dynamics Controller. Application of the Fractional Order Derivatives in control.

Evaluation method: classical colloquium, oral examination

Recommended References:

1. M. Vukobratovic, V. Potkonjak, "Scientific Fundamentals of Robotics", in Dynamics of Manipulation Robots: Theory and Application. Vol. 1., Springer-Verlag, 1982.
2. M. Vukobratovic, D. Stokic: Scientific Fundamentals of Robotics 2: Control of Manipulation Robots, Theory and Application. Secaucus, NJ, USA, New York Springer-Verlag, Inc., 1985.
3. E. Bryson, Jr., Yu-Chi Ho, Applied Optimal Control. Hemisphere, 1975.
4. Jean-Jacques E. Slotine, W. Li, Applied Nonlinear Control. Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice Hall International, Inc., 1991
5. A.M. Lyapunov, Stability of motion. New-York and London, Academic Press, 1966.
6. B. Armstrong-Helouvry, "Stick Slip and Control in Low Speed Motion," IEEE Trans. On Automatic Control, vol. 38., no.10, pp. 1483-1496, Oct., 1990.

7. C. Caundas de Wit, H. Ollson, K. J. Åstrom, P. Lischinsky, "A New Model for Control of Systems with Friction," IEEE Trans. On Automatic Control, vol. 40, no. 3, pp. 419–425., March 1995.
8. J. Kennedy, R. Eberhart, "Particle Swarm Optimization." in Proc. of IEEE Intl. Conf. on Neural Networks, Perth, pp. 1942-1948, 1995.
9. Atinga, A.; Tar, J.K. Tackling Modeling and Kinematic Inconsistencies by Fixed Point Iteration-Based Adaptive Control. Machines 2023, 11, 585. <https://doi.org/10.3390/machines11060585>
10. Varga, B., Horváth, R., Tar, J.K. (2022). Fractional Order Calculus-Inspired Kinematic Design in Adaptive Control. In: Müller, A., Brandstötter, M. (eds) Advances in Service and Industrial Robotics. RAAD 2022. Mechanisms and Machine Science, vol 120. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-04870-8_26

Course title: *Soft computing techniques and its applications*

Lecturer: Várkonyiné Kóczy Annamária, professor, DSc
varkonyi-koczy@uni-obuda.hu

Course objective: The aim of the course is to give overview about the background, new approaches, theories, advantages, and application possibilities of imprecise computational methods, which have low computational need, are robust against inexact and inaccurate knowledge, and data loss. During the lectures tools, theories, and application possibilities of soft computing based methods and machine intelligence will be discussed in detail. Accomplishment of the course will result in the acquirement of application skills of soft computing and hybrid techniques.

Lectures: 20 hours

Course description:

Conception of 'knowledge', 'optimum', 'preciseness', 'cost'. Principles of intelligent computing. Knowledge representation of soft computing techniques. History of theory and application soft computing techniques. Fuzzy set theory, logic, and decision making. Neuro computing. Genetic algorithms. Anytime techniques. Comparison of soft computing techniques, typical application areas, common elements. Modeling. Task solution and problem solution. Selection of problem solving methods. Solution of complex problems with joint application of different soft computing techniques. Case studies.

Evaluation method: classical colloquium, oral examination

Recommended References:

1. Klir, G.J., T.A. Folger: Fuzzy Sets, Uncertainty, and Information, Prentice Hall Int. Inc., 1988.
2. Jager, R. : Fuzzy Logic in Control, PhD Thesis, TU Delft, 1995.
3. Kung, S.J.: Digital Neural Networks, Prentice Hall Int. Inc., 1993.
4. Goldberg, D.E.: Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning, Addison-Wesley, 1989.
5. Adeli, H., Hung, S.L.: Machine Learning. Neural Networks, Genetic Algorithms, and Fuzzy Systems, Wiley, 1995.
6. Zilberstein, S.: Anytime Algorithms in Intelligent Systems, AI Magazine, Vol. 17., No. 3, pp. 73-83, 1996.

Course title: *Real-time systems and anytime algorithms*

Lecturer: Várkonyiné Kóczy Annamária, professor, DSc
varkonyi-koczy@uni-obuda.hu

Course objective: The aims of the course are (1) to familiarize students with the newest approaches and results of real-time systems and real-time processing, (2) to deepen the knowledge of the students in anytime processing.

Lectures: 20 hours

Course description:

Optimization. Soft computing techniques. Real-time systems. Anytime systems and programming environments. Requirement analysis of anytime systems, modelling techniques. Information processing with specified response time. Research management in time critical applications. Transients in information processing systems with changing architecture. Handling uncertain and vague information in real-time systems. Case studies.

Evaluation method: classical colloquium, oral examination

Recommended References:

1. H. Adeli, and *Schine Learning*. McGraw Hill, New York, USA, 1997.
2. R. K. Bhatnagar and L.N. Kanal, "Handling uncertain information: a review of numeric and non-numeric methods," in *Uncertainty in Artificial Intelligence*, Elsevier Science Publishers, 1986, pp. 3-26.
3. S. Zilberstein. "Anytime Algorithms in Intelligent Systems," *AI Magazine*, vol. 17., no. 3, pp. 73-83, 1996.
4. S. Zilberstein, "Operational Rationality through Compilation of Anytime Algorithms," PhD Dissertation, 1993.
5. S. Zilberstein *et al.*, *Optimal Sequencing of Contract Algorithms, Annals of Mathematics and Artificial Intelligence*. 2002.
6. S. Russel, and P. Norvig, *Mesterséges Intelligencia – Modern megközelítésben*. Panem, 2005..L. Hung, *Machine Learning. Neural Networks, Genetic Algorithms, and Fuzzy Systems*. New York, John Wiley and Sons, 1995.
7. T. Mitchell, *Machine Learning*. McGraw Hill, New York, USA, 1997.

8. R. K. Bhatnagar and L.N. Kanal, "Handling uncertain information: a review of numeric and non-numeric methods," in *Uncertainty in Artificial Intelligence*, Elsevier Science Publishers, 1986, pp. 3-26.
9. S. Zilberstein. "Anytime Algorithms in Intelligent Systems," *AI Magazine*, vol. 17., no. 3, pp. 73-83, 1996.
10. S. Zilberstein, "Operational Rationality through Compilation of Anytime Algorithms," PhD Dissertation, 1993.
11. S. Zilberstein *et al.*, *Optimal Sequencing of Contract Algorithms*, *Annals of Mathematics and Artificial Intelligence*. 2002.
12. S. Russel, and P. Norvig, *Mesterséges Intelligencia – Modern megközelítésben*. Panem, 2005.

Course title: *Modern medical robotics*

Lecturer: Tamás Haidegger, PhD, associate professor
haidegger@uni-obuda.hu

Course objective: This course aims to present modern surgical technologies and devices to the students—from an engineering point of view. Image-guided surgery is one of the main focuses of the class, navigation techniques, methods and employed mathematical formulas are derived. Integrated systems employing robotic devices for treatment delivery are also discussed and analyzed from electrical, control and system engineering. To solve the homeworks, students must demonstrate a basic understanding of robot control, matrix theory, image processing and network theory.

Lectures: 20 hours

Course description:

Computer-integrated surgical systems, definitions and history; medical imaging modalities, medical image processing theory and practice, image-guided surgery, principal of intra-operative navigation, surgical robots, integrated IGS systems, navigation and guidance, image segmentation and surgical planning, registration algorithm, error assessment in CIS, demonstration with Slicer 3D, demonstration with Plus, demonstration with IGSTK, homework consultation and presentation.

Evaluation method: classical oral examination.

Recommended References:

1. Vanja Bozovic (Ed.), ISBN 978-3-902613-18-9, 526 pp, Publisher: I-Tech Education and Publishing, 2008 under CC BY-NC-SA 3.0 license. DOI: 10.5772/54929
2. Seung Hyuk Baik (Ed), ISBN 978-953-7619-77-0, 172 pp, Publisher: InTech, 2010
3. G. Fichtinger, J. Troccaz and T. Haidegger, "Image-Guided Interventional Robotics: Lost in Translation?," in Proceedings of the IEEE, vol. 110, no. 7, pp. 932-950, July 2022, doi: 10.1109/JPROC.2022.3166253.
4. Haidegger, Tamas & Speidel, Stefanie & Stoyanov, Danail & Satava, Richard. (2022). Robot-Assisted Minimally Invasive Surgery—Surgical Robotics in the Data Age. Proceedings of the IEEE. 110. 835-846. 10.1109/JPROC.2022.3180350.

Course title: *Modern Technics and Technology of Surgery*

Lecturer: Tamás Haidegger, PhD, associate professor
haidegger@uni-obuda.hu

Course objective: The goal of the class is to get the students acquainted with modern surgical technologies and the supporting technical devices. The course shows the cutting-edge technologies and concepts to be used in the near future. There is a particular focus on minimally invasive surgery and image-guided surgical methods. Students will get acquainted with intraoperative navigation systems and surgical robots. To accomplish the course, students are required to understand the fundamentals of minimally invasive procedures, robot control and medical image processing methods (on a theoretical level). It is required that the students gain an overall image on the future tools of surgery, and at the end of the semester give account on their knowledge within the frames of an exam.

Lectures: 20 hours

Course description:

Get familiar with modern surgical technologies. Get acquainted with the special design, control, and safety requirements of the field. Minimally invasive surgical techniques. Computer-integrated surgery, surgical robotics, surgical CAD/CAM. The usage of patient data, imaging, and other diagnostic information in the planning and execution of interventions. Design and implementation criteria of medical robots operating in distributed systems. Surgical navigation, theoretical and practical background of electromagnetic tracking. Current research directions of surgery. Surgical ontologies and decision support systems. Automatic execution of surgical subtasks. Assessment of technical and non-technical surgical skills. Ventilation and respiratory monitoring.

Evaluation method: classical oral examination.

Recommended References:

1. Taylor, Russell H., and Peter Kazanzides. "Medical robotics and computer-integrated interventional medicine." *Advances in Computers* 73 (2008): 219-260.
2. Hoeckelmann, M., Rudas, I. J., Fiorini, P., Kirchner, F., & Haidegger, T. (2015). Current Capabilities and Development Potential in Surgical Robotics. *Int J Adv Robot Syst*, 12, 61.
3. G. Fichtinger, J. Troccaz and T. Haidegger, "Image-Guided Interventional Robotics: Lost in Translation?," in *Proceedings of the IEEE*, vol. 110, no. 7, pp. 932-950, July 2022, doi: 10.1109/JPROC.2022.3166253.
4. Haidegger, Tamas & Speidel, Stefanie & Stoyanov, Danail & Satava, Richard. (2022). Robot-Assisted Minimally Invasive Surgery—Surgical Robotics in the Data Age. *Proceedings of the IEEE*. 110. 835-846. 10.1109/JPROC.2022.3180350.

Course title:

Path Planning Strategies of Multi-Agent Mobile Robot Systems

Field: Fundamental research topic subject

Credits: 8 credit

Leading/responsible person: István Nagy, associate professor, PhD

Lectures: 20 hours

The goal of the course:

To introduce students into the basic path-planning and navigations strategies in multi-agent mobile-robot systems.

Preconditions: only basic knowledge about mobile-robots path-planning methods, some elementary knowledge about GA and ANN operations.

Subject Description:

Firstly, surveying the basic localization, path-planning, and navigations methods, valid for single agent systems. Surveying the mapping of the environment, SLAM method, how to create a point-represented mobile robot, how to model the environment. After, turn to the MAS (Multi-Agent Systems). Types of agents and definitions. Types of different environment modelling especially for topological (graph-like) maps and potential fields maps (VFF, VFH). Case studies and methods for different graph- searches (A*, A**, Dijkstra, Bellman-Ford, Floyd-Warshall) and optimal path-planning (Ant Colony, SWARM technology; Q-learning and Reinforcement Learning- RL) procedures. Using Markov decision making in MAS.

Exam Type: Classic written and oral exam

Literature

1. G. Lozenguez, On the Distributivity of Multi-agent Markov Decision Processes for Mobile Robotics, International Symposium on Swarm Behavior and Bio-Inspired Robotics, Jun 2021, Kyoto, Japan. hal-03545990,
2. J. Hao, Ho-Fung Leung, Interactions in Multiagent Systems, World Scientific Publishing, 2018.
3. N. Osman, C. Sierra (Eds), Autonomous Agents and Multiagent Systems, AAMAS2016 Workshop, Revised Selected Papers, Singapore, 2016.
4. M. Cossentino, M. Kaisers, K. Tuyls, G. Weiss (Eds), Multi-Agent Systems, 9th European Workshop, EUMAS2011, Springer, 2011.

5. M. Dorigo, . Stützle: Ant Colony Optimization, Bradford Book, MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 2004.
6. J. Liu, J. Wu: Multi-Agent Robotic Systems. CRC Press LLC, Boca Raton, Florida, 2001.
7. Altrichter, Horváth, Pataki, Strausz, Takács, Valyon: Neurális hálózatok; Publication date 2006, Szerzői jog © 2006 Hungarian Edition Panem Könyvkiadó Kft., Budapest
8. Álmos, Győri, Horváth, Várkonyiné: Genetikus algoritmusok; Typotex, 2013.

Recommended Literature:

1. I. Nagy: Genetic Algorithms Applied for Potential Field Building in Multi-Agent Robotic System, Proc. ICCC'03, IEEE International Conf. on Computational Cybernetics, Siófok, Hungary 2003.
2. W. Elmenreich, J.A. T. Machado, I.J. Rudas, (Eds), Intelligent Systems at the Service of Mankind, Vol I., Springer, 2004.
3. O. Castillo and L. Trujillo: Multiple Objective Optimization Genetic Algorithms for Path Planning in Autonomous Mobile Robots, International Journal of Computers, Systems and Signals, Vol. 6, No. 1, 2005.
4. I.Nagy: Behaviour Study of a Multi-agent Mobile Robot System During Potential Field Building, Acta Polytechnica Hungarica, Vol. 6, Nr. 4, pp.: 111-136, 2009.

Course title: *Embedded Mobile Robotics*

Lecturer: Peter Odry, associate professor, PhD
odry.peter@uniduna.hu

Course objective: An Introduction to Theoretical Issues in Mobile Robot Manufacturing and Control.

Lectures: 20 hours

Course description:

Mobile robot structures and the principle of their operation. Structural elements of mobile robots. Implementation of propulsion mechanisms. Control systems, sensor network selection and embedding. Optimization of embedded surfaces. Sensor technology for two-wheel inverse structures. Structure of a walking robot, balancing robot structure. Structure and embedded surface of six-legged, four-legged and two-legged walker robots. Development of walking algorithms. Autonomous flying objects. Autonomous floating objects and underwater floating objects. Conditions for providing a mobile robot application. Robot localization and navigation.

Implementing and exploring robotic control in an embedded system. Create a map. Interpretation of measurement data. Questions about embedding the algorithms. Technical conditions and embedding issues for real-time image processing. Embedded soft programming procedures on a robot interface.

Evaluation method: classical oral examination.

Recommended References:

1. T. Bräunl (2008): „Embedded robotics”, Berlin Heidelberg, Germany, Springer-Verlag
2. I. Kecskes, E. Burkus, F. Bazso and Peter Odry (2017) "Model validation of a hexapod walker robot" *Robotica*, 35 (2), pp. 419-462
3. Alchan Yun, Woosub Lee, Soonkyum Kim, Jong-Ho Kim 3, Hyungseok Yoon (2022): „Development of a Robot Arm Link System Embedded with a Three-Axis Sensor with a Simple Structure Capable of Excellent External Collision Detection”, *Sensors*, 22(3), 1222
4. Abdelkrim Abanay, Lhoussaine Masmoudi, Mohamed El Ansari (2022): „A calibration method of 2D LIDAR-Visual sensors embedded on an agricultural robot”, *Optik*, 249 (1), 168254
5. Weiming Liu, Xiangyu Wang, Shihua Li (2023): „Formation Control for Leader–Follower Wheeled Mobile Robots Based on Embedded Control Technique”, *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, 31 (1), 265 – 280
6. François Grondin, et. al. (2022): „ODAS: Open embeddeD Audition System”, *Front. Robot. AI*, 11 (5)

7. Tannaz Torkaman, Majid Roshanfar, Javad Dargahi, Amir Hooshier (2023): „Embedded Six-DoF Force–Torque Sensor for Soft Robots With Learning-Based Calibration”, IEEE Sensors Journal, 23 (4), 4204 – 4215
8. A Mahapatro, PR Dhal, DR Parhi, MK Mun (2023): „Towards stabilization and navigational analysis of humanoids in complex arena using a hybridized fuzzy embedded PID controller approach”, Expert Systems with Applications, 213 (C), 119251

Course title: *Issues of Mobile Robot Optimization*

Lecturer: Peter Odry, associate professor, PhD
odry.peter@uniduna.hu

Course objective: Introduction in the optimization process of mobile robot construction and control.

Lectures: 20 hours

Course description:

Summary of standard optimization procedures, application techniques, and applicability in robotics. Computing needs of optimization procedures, parallel computing options and solutions. Overview and classification of optimization process program packages. Formulation of optimization in mobile robot environment. Specifics of mobile robot optimization.

Formulation of goodness (also known as fitness) or optimum in mobile robot optimization. Uncertainty of quality measurement and correct determination. Questions of robot modelling: kinematic and dynamic model, mathematical model vs. simulation model, what's worth and what's not worth modelling. Optimization opportunities on different models and on the real robot. Choosing to measure the required parameters on the model and the real robot. Robot model and verification of optimum by measuring of a real robot operation. Classification of quality of verification results and estimation of tolerance of optimum.

Evaluation method: classical oral examination.

Recommended References:

1. I. Kecskés, P. Odry (2021): Robust optimization of multi-scenario many-objective problems with auto-tuned utility function, *Engineering Optimization* 53 (7), 1135-1155
2. E. Burkus, Á. Odry, J. Awrejcewicz, I. Kecskés, P. Odry (2022): „Mechanical Design and a Novel Structural Optimization Approach for Hexapod Walking Robots”, *Machines* 10 (6), 466
3. Ákos Odry; Róbert Fullér; Imre J Rudas; Péter Odry (2018): “Kalman filter for mobile-robot attitude estimation: Novel optimized and adaptive solutions”, *Mechanical Systems and Signal Processing* 110: pp. 569-589
4. Özge Ekrem, Bekir Aksoy (2023): „Trajectory planning for a 6-axis robotic arm with particle swarm optimization algorithm”, *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 122 (6), 106099
5. Pengyu Zhao, Anhuan Xie, Shiqiang Zhu, Lingyu Kong (2023): „Pressure optimization for hydraulic-electric hybrid biped robot power unit based on genetic algorithm”, *Scientific Reports*, 13, 60

6. Levent Türkler, Taner Akkan, Lütfiye Özlem Akkan (2022): „Usage of Evolutionary Algorithms in Swarm Robotics and Design Problems”, *Sensors*, 22(12), 4437
7. Daniel F. N. Gordon, Christopher McCreavy, Andreas Christou, Sethu Vijayakumar (2022): „Human-in-the-Loop Optimization of Exoskeleton Assistance Via Online Simulation of Metabolic Cost”, *IEEE Transactions on Robotics*, 38 (3), 1410 - 1429

Course title: *Introduction to Engineering Computational Methods*

Lecturer: Aurél Galántai, professor emeritus, DSc
galantai.aurel@nik.uni-obuda.hu

Course objective: An introduction to a complex and fast developing area which encompasses numerical methods, elements of software and hardware engineering, computer graphics and special application knowledge as well.

Lectures: 20 hours

Course description:

The aim, the content and the tools of the subject. A short survey of the software/hardware methods, the mathematical methods and the application areas. Computer oriented numerical methods. Basic architectures and their programming characteristics. The floating point arithmetic standards. The elements of interval arithmetic. The methods of linear algebra and nonlinear equations. Interpolation techniques and splines. Numerical derivation and integration. Adaptive techniques. Numerical stability and precision in floating point arithmetic. Computer architecture and algorithmic efficiency. Numerical softwares. Software standards and packages (BLAS, LAPACK, MATLAB, Scilab, stb.). Symbolic software packages (Maxima, Maple, etc.). Graphic visualization. Simulation techniques, the Monte-Carlo method.

Evaluation method: classical oral examination or submission of the documentation of the solution of a task.

Recommended References:

1. E. Anderson, *et.al*, *LAPACK Users' Guide*. Philadelphia, SIAM, 1992.
2. F. Chaitin-Chatelin and V. Frayssé, *Lectures on Finite Precision Computations*. Philadelphia, SIAM, 1996.
3. J. Dongarra *et al.*, *Numerical Linear Algebra for High-Performance Computers*. SIAM, 1998
4. W. Gander and J. Hrebicek, *Solving Problems in Scientific Computing Using Maple and Matlab*. Springer, 1995.
5. G. H. Golub and C. F. Van Loan, *Matrix Computations*. 2nd ed., Baltimore, The Johns Hopkins University Press, 1993. IAM, 2004
6. M. L. Overton, *Numerical Computing with IEEE Floating Point Arithmetic*, Philadelphia, SIAM, 2001.
7. J. E. Rice, *Numerical Methods, Software, and Analysis*. McGraw-Hill, 1983.

8. J. E. Rice, *Matrix Computations and Mathematical Software*. McGraw-Hill, 1983.
9. G. Stoyan, Ed., *Matlab*. Budapest, Hungary, Typotex Kiadó, 2005.
10. C. W. Ueberhuber, *Numerical Computation 1-2 (Methods, Software, and Analysis)*. Springer, 1997.
11. J. H. Wilkinson, *Rounding Errors in Algebraic Processes*. Dover, 1994.
12. Z. Zeng, *Scientific Computing with Maple Programming, lecture notes*. 2001.
13. A. Iványi, Ed., *Informatikai algoritmusok 1.-2.* ELTE Eötvös Kiadó, 2004, 2005
14. N. J. Higham, *Accuracy and Stability of Numerical Algorithms*. Philadelphia, SIAM, 1996.
15. C. B. Moler, *Numerical Computing with MATLAB*. Philadelphia, SIAM, 2004
16. M. L. Overton, *Numerical Computing with IEEE Floating Point Arithmetic*, Philadelphia, SIAM, 2001.
17. J. E. Rice, *Numerical Methods, Software, and Analysis*. McGraw-Hill, 1983.
18. J. E. Rice, *Matrix Computations and Mathematical Software*. McGraw-Hill, 1983.
19. G. Stoyan, Ed., *Matlab*. Budapest, Hungary, Typotex Kiadó, 2005.
20. C. W. Ueberhuber, *Numerical Computation 1-2 (Methods, Software, and Analysis)*. Springer, 1997.
21. J. H. Wilkinson, *Rounding Errors in Algebraic Processes*. Dover, 1994.
22. Z. Zeng, *Scientific Computing with Maple Programming, lecture notes*. 2001.

Course title: *Engineering Computational Methods 1*

Lecturer: Aurél Galántai, professor emeritus, DSc
galantai.aurel@nik.uni-obuda.hu

Course objective: Computational methods for the large computational problems of linear algebra. Approximation of multivariable functions. Computer methods for differential and integral equations.

Lectures: 20 hours

Preconditions: *Introduction to Engineering Computational Methods*

Course description:

Computer methods for large sparse matrices. The MATLAB sparse package. Interpolation techniques for multivariable real functions. Numerical differentiation and integration of several variable functions. Automatic differentiation. FFT. Computer methods and packages for ordinary differential equations. Finite difference and finite element methods for partial differential equations. Discretization methods for integral equations. Algorithms for parallel computers. Numerical stability problems and the reliability of computed results. Graphical interpretation of the solutions. Program packages (NETLIB, TOMS, NAG, IMSL, etc.).

Evaluation method: classical oral examination or submission of the documentation of the solution of a task.

Recommended References:

1. E. Anderson et al.: LAPACK Users' Guide. Philadelphia, SIAM, 1992.
2. R. E. Bank, PLTMG: A Software Package for Solving Elliptic Partial Differential Equations, User's Guide 9.0. University of California at San Diego, 2004.
3. T. F. Coleman and C. Van Loan, Handbook for Matrix Computations. Philadelphia, SIAM, 1988.
4. G. Dahlquist and A. Björck, Numerical Methods in Scientific Computing I. Stockholm, Royal Institute of Technology, 2006.
5. J. Dongarra et al., Numerical Linear Algebra for High-Performance Computers. SIAM, 1998.
6. G. H. Golub and C. F. Van Loan, Matrix Computations. 2nd ed., Baltimore, The Johns Hopkins University Press, 1993.
7. A. Griewank, Evaluating Derivatives: Principles and Techniques of Algorithmic Differentiation, Philadelphia, SIAM, 2000.

8. J. E. Rice, Numerical Methods, Software, and Analysis. McGraw-Hill, 1983.
9. J. E. Rice, Matrix Computations and Mathematical Software. McGraw-Hill, 1983.
10. C. W. Ueberhuber, Numerical Computation 1-2 (Methods, Software, and Analysis). Springer, 1997.
11. E. F. Van de Velde, Concurrent Scientific Programming. Springer, 1994
12. C. Van Loan, Computational Frameworks for the Fast Fourier Transform, Philadelphia, SIAM, 1992.

Course title: *Engineering Computational Methods 2*

Lecturer: Aurél Galántai, professor emeritus, DSc
galantai.aurel@nik.uni-obuda.hu

Course objective: Introduction to the computer algorithms of numerical optimization.

Lectures: 20 hours

Preconditions: *Introduction to Engineering Computational Methods*

Course description:

Solution algorithms for the linear least squares method. The total least squares method. Numerical methods for unconstrained function minimization: line search methods, Newton- and quasi-Newton methods and their computer implementations. Trust region methods. Direct search methods. SUMT methods for constrained optimization. The method of sequential quadratic programming. Elements and algorithms of global optimization. Optimization program packages.

Evaluation method: classical oral examination or submission of the documentation of the solution of a task.

Recommended References:

1. A. Björck, *Numerical Methods for Least Squares Problems*, Philadelphia, SIAM, 1996.
2. J. E. Dennis and R. B. Schnabel, *Numerical Methods for Unconstrained Optimization and Nonlinear Equations*, Prentice-Hall, 1983, SIAM, 1996.
3. R. Fletcher, *Practical Methods of Optimization*, 1-2. Wiley & Sons, 1980, 1981.
4. A. Galántai, *Projectors and Projection Methods*, Kluwer, 2004.
5. A. Griewank, *Evaluating Derivatives: Principles and Techniques of Algorithmic Differentiation*, Philadelphia, SIAM, 2000.
6. C. T. Kelley, *Iterative Methods for Linear and Nonlinear Optimization*. Philadelphia, SIAM, 1999.
7. J. J. Moré and S. J. Wright, *Optimization Software Guide*. Philadelphia, SIAM, 1993.
8. L. E. Scales, *Introduction to Non-Linear Optimization*. Springer, 1985.

9. M. J. Quinn, *Designing Efficient Algorithms for Parallel Computers*. McGraw-Hill, 1987.

Course title: *Applied Finite Element Analysis*

Lecturer: dr. Louis Komzsik, professor emeritus
louis.komzsik@uni-obuda.hu
<https://www.routledge.com/authors/i5411-louis-komzsik>

Lectures: 20 hours

Course objective

Introduce the students to computational techniques of the finite element method applicable to analysis of complex systems arising in their research area.

Course scope

The technological foundation lectures will cover finite element mathematics, engineering analysis scenarios, their computational aspects, eigenvalue analysis solutions and advanced response analyses. The application focused lectures will be from the area of structural analysis, heat transfer, rotational dynamics, fluid-structure interaction, topology optimization and its mathematical solution.

Lecturing

There will be one lecture each week of the semester presented remotely from overseas. The classes will be one and a half hour long. Additional consultation will be available upon request. The classes will be held at a website to which the eligible students can join. The lecture presentation will be in English. The lecture slides will be made accessible to the students enrolled in the class in the class homepage in TEAM prior to the classes.

Course requirement

Each student will be required to produce a technical report on one of the lecture topics selected by the student and approved by the lecturer. The topic's theoretical content shall be supported by a simple implementation in any computational environment chosen by the student. A brief presentation on the same topic will be given by the student at the last class. The report and presentation will be evaluated by the lecturer to establish a grade.

Reference book

Komzsik L.: Computational techniques of finite element analysis, 2nd edition; Taylor and Francis, 2009, ISBN 978-1-4398-0294-62

Course title: *Development and application of nature-inspired algorithms*

Lecturer: Dr. Imre Felde, professor
felde.imre@uni-obuda.hu

Lectures: 20 hours

Course objective

Learning the mathematical background of bio and nature-inspired optimization heuristics and mastering their effective application in solving complex problems. Within the framework of the subject, the theoretical foundations and application possibilities of swarm theory, evolutionary and genetic algorithms are also discussed.

Content of the subject:

- Introduction.
- The swarm theory and the PSO algorithm,
- Evolutionary algorithms, genetic algorithms,
- Implementation of algorithms inspired by nature,
- Parallel processing,
- Application possibilities, practical examples

Evaluation method: classical colloquium, oral examination

References:

1. Jason Brownlee: *Clever Algorithms: Nature-inspired Programming Recipes*, ISBN-10: 1446785068
2. Xin-She Yang (Editor) *Nature-Inspired Algorithms and Applied Optimization (Studies in Computational Intelligence)*, ISBN-10: 3319676687
3. Mario D'acunto (Editor), *Nature-Inspired Computation (Computer Science, Technology and Applications)*, ISBN-10: 163463831X [4] Anupam Shukla

Course title: *Numerical modeling and optimization of industrial processes*

Lecturer: Dr. Imre Felde, professor
felde.imre@uni-obuda.hu

Lectures: 20 hours

Course objective

Mathematical knowledge required for modeling machining and production processes and mastering their effective application in problem solving. Within the framework of the subject, the theoretical foundations of finite difference, finite element methods, thermodynamic and transformation modeling techniques are discussed.

Content of the subject:

- Introduction.
- Fundamentals of numerical modeling,
- Finite difference method, finite element method, boundary element method,
- Fundamentals of thermodynamic modeling,
- Estimation of thermal boundary conditions,
- Modeling transformation processes,
- Practical examples

Evaluation method: classical colloquium, oral examination

References:

1. C. Hakan Gur and J. Pan: Handbook of Thermal Processing of Steels,, CRC Press, Boca Raton, FL, 2008,
2. M. Necati Özışık : Heat transfer: a basic approach, Volume 1, McGraw-Hill, 1985
3. M. Necati Özışık : Heat conduction, John Wiley & Sons Australia, Limited, 1980
4. G.E. Totten, L. Xie, K. Funatani: Modeling and Simulation for Material Selection and Mechanical Design, Marcel Dekker, Inc, 2004

Course title: *Flexible and function driven shape representations*

Lecturer: Professor László Horváth CSc, PhD, Dr. habil
horvath.laszlo@nik.uni-obuda.hu

About the subject

Subject introduces into currently developing shape representations to fulfill recent new requirements against shape model. In this way, modeling behavioral functional features, complex rigid-flexible structures, and organic shapes are characterized, discussed, and exemplified.

Purpose and objectives

Subject supports research which requires recent knowledge about shape centered mathematical modeling and simulation of physical system. It helps student at research in representation of flexible bodies and function driven organic shapes.

Issues and topics

Recent advances in boundary representation of shapes.
Shape model in multidisciplinary contextual environment.
Physical system that includes both rigid elements and flexible structures.
Modeling flexible bodies using Modelica language.
Functional form features with behaviors.
Generation of flexible body model using principle and method of finite element analysis.
T-spline representations, their new characteristics and compatibility with NURBS.
Geometric and organic shapes.
Model of function driven organic shapes.
Shape model for additive and traditional manufacturing processes.

Laboratory support

Students understand principles, methods, contextual connections and system issues discussing related issues on most advanced experimental models. These models are developed for this subject in the cloud environment of 3DEXPERIENCE system.

Lectures: 30 hours

Evaluation method: examination for checking the theoretical and methodological knowledge.

Recommended texts:

1. A. I. Ginnis, K. V. Kostas, P. D. Kaklis, "Construction of smooth branching surfaces using T-splines," *Computer-Aided Design*, Vol. 92, pp 22-32 (2017)
2. L. Horváth, "Representing Biological Aspects in Engineering Model System," 2019 IEEE International Work Conference on Bioinspired Intelligence (IWOBI), Budapest, Hungary, 2019, pp. 000133-000138, doi: 10.1109/IWOBI47054.2019.9114437.
3. J. Limanowski, "Precision control for a flexible body representation," *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, Vol. 134, 104401 (2022), DOI:10.1016/j.neubiorev.2021.10.023

4. T. A. Lenau, A.-L. Metze, T. Hesselberg, "Paradigms for biologically inspired design," in Proc. of SPIE Smart Structures and Materials+Nondestructive Evaluation and Health Monitoring, Denver, Colorado, United States, 2018, DOI:10.1117/12.2296560.
5. L. Horváth, "Content Structure for Driving Object Parameters in Contextual Model of Engineering Structure, in book Computational and Experimental Simulations in Engineering, Springer, 2019, pp. 319-333, DOI: 10.1007/978-3-030-27053-7_30.

Course title: *Modeling engineering structure as multidisciplinary system*

Lecturer: Professor László Horváth CSc, PhD, Dr. habil
horvath.laszlo@nik.uni-obuda.hu

About the subject

Physical level model of product or other engineering structure is restricted to contextual part models, connection objects for parts, as well as objects for the related processes, analyses, and controls. Recently, there is a growing tendency to develop increasingly multidisciplinary systems operated engineering structures. Physical level modeling is not enough anymore: systems level modeling is required. This subject includes a set of issues to support research in this area.

Purpose and objectives

Subject supports student to recognize necessity of system based engineering modeling, to understand method which is applied from systems engineering (SE), and to connect system and physical levels of model. It helps student at research in system behavior optimizing and integrated simulation processes. In the context of this subject, phrase engineering structure is applied for multidisciplinary system-based experimental engineering configuration.

Issues and topics

Multidisciplinary systems operated engineering structures.
Functional and logical level modeling in RFLP structure.
Behavior definitions and representations for virtual execution of conceptual model.
Connection of functional and logical components.
Modeling and simulation of multi-body and multi-physic systems.
Representation of content behind information in engineering model.
System level parameter optimization.
Organized simulations for multi-physics and multi-scale systems.Organized simulations for multi-physics and multi-scale systems.

Lectures: 20 hours

Laboratory support

Students understand principles, methods, contextual connections and system issues discussing related issues on most advanced experimental models. These models are developed for this subject in the cloud environment of 3DEXPERIENCE system.

Evaluation method: examination for checking the theoretical and methodological knowledge.

Recommended texts:

1. L. Horváth, "Representations for Driving Objects in Model of Smart Engineering System," 2019 IEEE 19th International Symposium on Computational Intelligence and Informatics and 7th IEEE International Conference on Recent Achievements in Mechatronics, Automation, Computer Sciences and Robotics (CINTI-MACRo), Szeged, Hungary, 2019, pp. 000037-000042, doi: 10.1109/CINTI-MACRo49179.2019.9105323.
2. F. Tian, M. Voskuijl, "Automated generation of multiphysics simulation models to support multidisciplinary design optimization," *Advanced Engineering Informatics*, Vol. 29, No. 4, pp. 1110-1125 (2015). DOI: 10.1016/j.aei.2015.07.004.
3. T. Huldt, I. Stenius, "State-of-practice survey of model-based systems engineering," in *Systems engineering*, Vol. 22, No 2, pp. 134-145 (2019), DOI:10.1002/sys.21466.
4. L. Horváth, "Integrated Autonomous Model System as Research Media," 2022 IEEE 22nd International Symposium on Computational Intelligence and Informatics and 8th IEEE International Conference on Recent Achievements in Mechatronics, Automation, Computer Science and Robotics (CINTI-MACRo), Budapest, Hungary, 2022, pp. 125-130, DOI: 10.1109/CINTI-MACRo57952.2022.10029408.
5. L. Liu, "Application of Dassault System 3D Experience Platform in Enterprise Digitalization," in: *Frontier Computing. FC 2021. Lecture Notes in Electrical Engineering*, vol 827. Springer, Singapore, pp 1407–1413, 2022. DOI: 10.1007/978-981-16-8052-6_202.

Course title: *Cyber Physical System (CPS) as it is Realized in Engineering for Robot Systems*

Lecturer: Professor László Horváth CSc, PhD, Dr. habil
horvath.laszlo@nik.uni-obuda.hu

Course objective: Advanced control and operation of system-based product requires paradigm level change in engineering application of information technology. The new paradigm is cyber physical system (CPS) where the great novelty is higher level communication between cyber and physical units mainly by utilizing intelligent sensor system power. Cyber activities in CPS also require higher level communication between lifecycle servicing model of CPS and operating CPS. Robot system is a main problem area in the world of CPS because of its high complexity and multidisciplinary character. At the same time, robot system which is contextually integrated in its environment have increasing importance and widespread in many industrial areas. Students understand necessity and means of connections between model and operating forms of CPS systems, familiarize themselves with the relevant elements of the two systems, recognize consistent contexts, and understand CPS model support for CPS operation. In the meantime, related issues in robot systems are also given. Subject helps student at research in driving connection between model and cyber units of CPS robot system.

Lectures: 20 hours

Course description:

Units and contexts in CPS system. CPS operation related objects in system-based engineering model. Driving contexts between modeled and operating CPS.

Model definition of robot system Model structure an representation related issues: robot control, direct and invers kinematics, velocity and acceleration, motion sets, and kinematic relations

Contextual realistic robot simulation. Situation and event driven communication within virtual CPS and with its operating CPS connection.

Information technology, computing, and mathematical means for relevant knowledge, experience, and expertise representation and communication.

Robot system behavior and its simulation and validation.

Laboratory support

Students understand principles, methods, contextual connections and system issues discussing related issues on most advanced experimental models. These models are developed for this subject in the cloud environment of 3DEXPERIENCE system.

Recommended texts:

1. L. Horváth, Developing Strategies in System Level Model of Smart Cyber Physical System,” Acta Polytechnica Hungarica, Vol. 18, No. 5, pp. 55-76 (2021), DOI: 10.12700/APH.18.5.2021.5.5.

2. L. Horváth, "Intelligent Content in System Level Model of Industrial Cyber Physical System," IECON 2018 - 44th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, Washington, DC, USA, 2018, pp. 2914-2919, DOI: 10.1109/IECON.2018.8591403.
3. P. Leitao, A. W. Colombo, S. Karnouskos, "Industrial automation based on cyber-physical systems technologies: Prototype implementations and challenges," Computers in Industry, Vol. 81, pp. 11–25 (2016), DOI: 10.1016/j.compind.2015.08.004.
4. M. R. Endsley, "Situation Awareness in Future Autonomous Vehicles: Beware of the Unexpected," 20th Congress of the International Ergonomics Association, Florence, Italy, 2018, pp 303-309. DOI:10.1007/978-3-319-96071-5_32.
5. J. J. van Steen, N. van de Wouw and A. Saccon, "Robot Control for Simultaneous Impact Tasks through Time-Invariant Reference Spreading," 2023 American Control Conference (ACC), San Diego, CA, USA, 2023, pp. 46-53, DOI: 10.23919/ACC55779.2023.10156028.

Course title: *Blockchain & AI - Then and Now I*

Lecturers:

Dr. Katalin Szenes, CISA, CISM, CGEIT, CISSP, PhD, honorary associate professor
szenes.katalin@nik.uni-obuda.hu

The goal of education:

Besides giving an overview of very different tools related to AI and / or blockchain, used from the seventies and sometimes even till now, we would like to revive some forgotten concepts, that might be useful even today. The theoretical background of some of the chosen tools will also be detailed.

Lectures: 20 hours / semester

Preconditions: -

Assessment: classic oral examination, verbal exam.

Topics:

1. Inference by derivation using graph traversing and practical examples
 - 1.1 The PROLOG language
 - 1.2 Thinking robots
 - 1.3 Introducing the handling of system time and its significance
 - 1.4 Modelling parallel and concurrent processes – scheduling facilities
2. AI and Practice
 - 2.1 Supporting the establishment of a mutual connection between security and corporate governance - the system PCUBE-SEC
3. Blockchain - Past and Present
 - 3.1 How did blockchain start?
 - 3.1.1 Before Bitcoin...
 - 3.1.2 Bitcoin's impact on blockchain systems
 - 3.1.3 Ethereum blockchain
 - 3.1.4 Ethereum vs. Bitcoin
 - 3.1.5 Smart contract
 - 3.2 Blockchain architectures for digital currencies
 - 3.3 Computer games based on blockchain
 - 3.4 Layers of blockchain systems
 - 3.5 Blockchain Development Environments
 - 3.5.1 Azure Blockchain Workbench
 - 3.5.2 IBM Watson Studio
 - 3.5.3 MODEX Blockchain Database
 - 3.5.3.1 Sample application

Recommended literature:

1. Szenes, Katalin; Tureczki, Bence. AI Assistant in a Smart Cloud. In: Szakál, Anikó (szerk.) IEEE 20th Jubilee World Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics SAMI (2022): Proceedings. Poprad, Szlovákia: IEEE (2022) 507 p. pp. 311-315., 5 p.
2. Tureczki, Bence; Henriette, Steiner; Szenes, Katalin. A blockchain-based dynamic support of kinematic testing. In: Anikó, Szakál (szerk.) IEEE Joint 22nd International Symposium on

COMPUTATIONAL INTELLIGENCE and INFORMATICS and 8th International Conference on Recent Achievements in Mechatronics, Automation, Computer Science and Robotics (CINTI-MACRo 2022): Proceedings. Budapest, Magyarország: IEEE Hungary Section (2022) 418 p. pp. 329-334., 5 p.

3. Bence, Tureczki; Katalin, Szenes. A Blockchain-AI Synergy for supporting Emerging Technologies. In: Soliman, Khalid S. (szerk.) Proceedings of the 38th International Business Information Management Association (IBIMA): Innovation management and sustainable economic development in the era of global pandemic. Sevilla, Spanyolország: IBIMA Publishing (2021) pp. 1-5., 5 p.
4. Szenes, K.: Automatikus programgenerálás és robotvezérlés a rezolúció elve alapján. Hungarian - Automatic program generation and robot control based on the resolution principle - University Doctor Thesis
5. Futó, I., Szeredi, J., Szenes, K.: A modelling tool based on mathematical logic – T-PROLOG; Acta Cybernetica, 1981., Szeged, Hungary, p. 363 - 375
6. Szenes, K.: An application of a parallel systems planning language in decision support - production scheduling. Procds. of the IFIP W.G. 5.7 Working Conf. APMS. (Advances in Production Management Systems), Bordeaux, France, 24 - 27 Aug., 1982. ed.: G. Doumeingts & W. A. Carter, North Holland, 1984, p. 241 – 249. reference in Computer Abstracts: No. 1827.
7. Szenes, K.: A comparison of the traditional and a new principle way of parallel systems description, simulation and planning, Procds. of the 8th Winterschool on Operating Systems, Visegrad, Hungary, 31 Jan.- 4 Feb., 1983
8. Szenes, K.: PCUBE - an AI system for planning process systems; Procds. of the 5th Symp. on Microcomputer and Microprocessor Applications, Budapest, Hungary, 29. Sept. - 1. Oct., 1987., ed.: OMIKK-TECHOINFORM, p. 551-562
9. Szenes, K.: Planning the activity schedule of process systems by the means of an AI based system Procds. of the 27th International MATADOR Conf., 20-21. Apr., 1988., Manchester, ed.: B. J. Davies, UMIST, MACMILLAN Education Ltd., 1988., p. 139 - 144
10. Szenes, K.: A mesterséges intelligencia kutatás egyes módszereinek alkalmazása folyamatrendszerek modellezésében. Hungarian - On the application of AI research methods in modelling process systems. Felügyelet nélküli gyártás Szeminárium, Kecskemét. J. Automatizálás (PRODINFORM) vol. XIX., No. 8., 1985. Aug., p. 28 - 30, also available in the proceedings of the conference: Felügyelet nélküli gyártás Szeminárium, Kecskemét, 1985. okt. 17-18, p. 331 - 340
11. Szenes, K.: Enterprise Governance Against Hacking. Procds. of the 3rd IEEE International Symposium on Logistics and Industrial Informatics - LINDI 2011 August 25–27, 2011, Budapest, Hungary, ISBN: 978-1-4577-1840 © 2011 IEEE, IEEE Catalog Number: CFP1185C-CDR [CD-ROM], 229-233 (<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/mostRecentIssue.jsp?punumber=6026102> 2011.01.23.)
12. Szenes, K., Tureczki, B.: “Blockchain basics, applications”. Presentation & Workshop. Workshop material: <https://nextcloud.sztaki.hu/s/ya4LRkz75Kmj4og#pdfviewer>. Presentation slides: <https://www.slideshare.net/secret/IgHgKBIQ4w5ePj>. “Blockchain and deep learning” workshop. SZTAKI (Számítástechnikai és Automatizálási Kutatóintézet). 2019. September 5. Hungary, H-1111 Budapest, XI., Kende street 13-17.
13. Luis Emilio Alvarez-Dionisi: Technology-Based Trust with Blockchain. ISACA Journal, 2020 Vol. 6., © 2020 ISACA. All rights reserved. www.isaca.org. Editor: ISACA - Information Systems Audit and Control Association, USA

14. Games You Will Enjoy Playing in the Binance Smart Chain. 2021-09-13, Binance BlogBinance. <https://www.binance.com/ph/blog/421499824684902750/games-you-will-enjoy-playing-in-the-binance-smart-chain>
15. Blockchain For Dummies®2nd IBM Limited Edition. Published by John Wiley & Sons, Inc. 111 River St. Hoboken, NJ 07030-5774. www.wiley.com. Copyright © 2018 by John Wiley & Sons, Inc.
16. Szenes, K., Tureczki, B.: Supporting Corporate Governance on a Blockchain basis. <https://www.cybersecurity-review.com/supporting-corporate-governance-on-a-blockchain-basis/>. In: CYBER SECURITY REVIEW 2021: 2 pp. 1-6., 6 p. (2021)
17. Equational Methods in First Order Predicate Calculus ETIENNE PAUL Centre National d'Etudes des Télécommunications, 38/40 Rue du Général Leclerc, 92131 Issy les Moulineaux, France 3. Symbolic Computation (1985) 1, 7-29
18. Logic and Proof Computer Science Tripos Part IB Michaelmas Term Lawrence C Paulson Computer Laboratory University of Cambridge lcp@cl.cam.ac.uk
19. S. Dharanikota, S. Mukherjee, C. Bhardwaj, A. Rastogi, A. Lal: "Celestial: A Smart Contracts Verification Framework". Microsoft Research, MS paper ID: MSR-TR-2020-43. December, 2020. India. Download: <https://www.microsoft.com/en-us/research/uploads/prod/2020/12/celestial.pdf>
20. S. Satija, A. Mehra, S. Singanamalla, K. Grover, M. Sivathanu, N. Chandran, D. Gupta, S. Lokam: "Blockene: A High-throughput Blockchain Over Mobile Devices".OSDI 2020. 14th USENIX Symposium on Operating Systems Design and Implementation. Organized by: USENIX. November 4-6, 2020. Download: <https://www.microsoft.com/en-us/research/uploads/prod/2020/10/blockene-osdi20-5f97c46c0dae1.pdf>
21. COBIT® 5: A Business Framework for the Governance and Management of Enterprise IT. Copyright © 2012 ISACA. ISBN 978-1-60420-237-3. Expert Reviewer in the Subject Matter Expert Team: Katalin Szenes
22. COBIT 2019 Framework: Governance and Management Objectives. ISBN 978-1-60420-728-6. Copyright © 2018 ISACA. Member of the COBIT Working Group 2017-2018: Katalin Szenes
23. COBIT® 2019 Framework: Introduction and Methodology. ISBN 978-1-60420-644-9. Copyright © 2018 ISACA. Member of the COBIT Working Group 2017-2018: Katalin Szenes
24. CISA Review Manual 27th edition. Updated for 2019 Job Practice. Copyright © 2019 ISACA. 1700 E. Golf Road, Suite 400, Schaumburg IL 30173 USA. ISBN 978-1-60420-767-5
25. Szeredi, P., Futo, I.: PROLOG Kézikönyv. (PROLOG Reference Manual - Hungarian), Journal Számológép, No 3, 4; editor: NIMIGŰSZI, Budapest, 1977

Course title: *Optimization models*

Lecturer: János Fülöp, associate professor, PhD
fulop.janos@nik.uni-obuda.hu

Course objective: The aim of the course is to give a brief overview of the basic optimization models, to introduce the students into using computer tools of modelling and solving optimization problems, and to show how to interpret and apply the results. During the course the modelling and solver software GAMS is applied. The students also use GAMS for modelling and solving the optimization problems of homework.

Lectures: 20 hours

Course description:

Topics: Practical models of linear optimization. Interpretation of duality and shadow prices. Practical models of integer optimization. The branch-and-bound method. Application of tolerances. Logical constraints in optimization problems. Optimization in networks. The traveling salesman problem. Practical models of nonlinear optimization. Portfolio optimization models. Optimization models of discriminant analysis and clustering. Goal programming. Fractional programming. Data envelopment analysis.

Evaluation method: classical oral examination.

References:

Compulsory:

1. R. Rosenthal: A GAMS Tutorial. <http://www.gams.com/dd/docs/gams/Tutorial.pdf>
2. Brooke, D. Kendrick, A. Meeraus, GAMS – A User’s Guide, 2014.
<http://www.gams.com/dd/docs/bigdocs/GAMSUsersGuide.pdf>
3. W.L. Winston, J.B. Goldberg: Operations Research: Applications and Algorithms, Thomson Brooks/Cole, 2004.

Recommended:

1. H.P. Williams, Model Building in Mathematical Programming, Wiley, 1995.
2. F.S. Hillier, G.J. Libermann: Introduction to Operations Research, McGraw-Hill, 2005.
3. Fresh, actual documents that can be downloaded from the link: www.gams.com.

Course title: *Statistical Hypothesis Testing*

Lecturer: Márta Takács, professor, PhD
takacs.marta@nik.uni-obuda.hu

Course objective: The goal of the subject is to present statistical hypothesis testing methods applied in engineering researches.

Lectures: 20 hours (partially in consultative forms)

The subject prerequisites: basic mathematical and probability knowledge

Course description:

Event mathematics and basic probability theory (review). Mathematical statistics – the basic definitions. Collecting, summarizing and visualizing data. Descriptive statistics. Distribution of sampling statistics. Point estimation and confidence intervals. Bivariate and multivariate analysis. Correlation. Hypothesis testing. Inference with two populations. Goodness of fit. Regression. Using of statistical software tools (R, Matlab). Statistical methods related to the students' research fields – preparing a statistical investigation related to the students' thesis.

Evaluation method: classical colloquium, oral examination

Course title: *Fuzzy Optimization and Decision Making*

Lecturer: Róbert Fullér, professor, CSc
fuller.robert@nik.uni-obuda.hu

Course objective: To explain:

- How to make decisions under uncertainty
- How to choose appropriate aggregation operators to decision process where trade-offs are allowed;
- How to solve linear programming problems with soft objective function and constraints;
- How to use fuzzy sets for finding a good compromise solution to multiple objective programs.

Lectures: 20 hours

Course description:

Fuzzy set theory provides a host of attractive aggregation connectives for integrating membership values representing uncertain information. These connectives can be categorized into the following three classes union, intersection and compensation connectives. Union produces a high output whenever any one of the input values representing degrees of satisfaction of different features or criteria is high. Intersection connectives produce a high output only when all of the inputs have high values. Compensative connectives have the property that a higher degree of satisfaction of one of the criteria can compensate for a lower degree of satisfaction of another criteria to a certain extent. In the sense, union connectives provide full compensation and intersection connectives provide no compensation. In a decision process the idea of trade-offs corresponds to viewing the global evaluation of an action as lying between the worst and the best local ratings. This occurs in the presence of conflicting goals, when a compensation between the corresponding compatibilities is allowed. Averaging operators realize trade-offs between objectives, by allowing a positive compensation between ratings. In goal programming we are searching for a solution from the decision set, which minimizes the distance between the goal and the decision set. In fuzzy programming we are searching for a solution that might not even belong to the decision set, and which simultaneously minimizes the (fuzzy) distance between the decision set and the goal.

Evaluation method: classical oral examination.

Recommended References:

1. C. Carlsson and R. Fullér: “Fuzzy Reasoning in Decision Making and Optimization,” in Studies in Fuzziness and Soft Computing Series. Vol. 82, Berlin-Heidelberg, Springer-Verlag, 2002.
2. Chiranjibe Jana, Ghulam Muhiuddin, Madhumangal Pal, Peide Liu eds., Fuzzy Optimization, Decision-making and Operations Research: Theory and Applications, Springer, 2023, ISBN 978-3-031-35667-4

Course title: *Neuro-fuzzy systems*

Lecturer: Róbert Fullér, professor, CSc
fuller.robert@nik.uni-obuda.hu

Course objective: Introduction to neuro-fuzzy systems.

Lectures: 20 hours

Course description:

To enable a system to deal with cognitive uncertainties in a manner more like humans, one may incorporate the concept of fuzzy logic into the neural networks. The resulting hybrid system is called fuzzy neural, neural fuzzy, neuro-fuzzy or fuzzy-neuro network. Neural networks are used to tune membership functions of fuzzy systems that are employed as decision-making systems for controlling equipment. Although fuzzy logic can encode expert knowledge directly using rules with linguistic labels, it usually takes a lot of time to design and tune the membership functions which quantitatively define these linguistic labels. Neural network learning techniques can automate this process and substantially reduce development time and cost while improving performance. We will explain the most used fuzzy inference schemes (Tsukamoto, Takagi-Sugeno, Mamdani) and learning rules (delta, generalized delta, Kohonen). We will show how to minimize the error function in fuzzy reasoning schemes by neural networks.

Evaluation method: classical colloquium, oral examination

Recommended References:

1. Robert Fullér, Introduction to Neuro-Fuzzy Systems, Advances in Soft Computing Series, Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg, 2000, 2013, 2014, 289 pages.
- 2.
3. Robert Fullér, Neural Fuzzy Systems, Åbo Akademis tryckeri, Åbo, ESF Series A:443, 1995, 249 pages (free download).

Course title: *Neuro-symbolic hybrid artificial intelligence*

Lecturer: Orsolya Csiszár, assistant professor, PhD

csiszar.orsolya@uni-obuda.hu

csiszar.orsolya@hs-aalen.de

Course objective: AI techniques, especially deep learning models, are revolutionizing the business and technology world. However, one of today's greatest challenges in deep learning is the increasing need to address the problem of interpretability and to improve model transparency, performance, and safety (XAI: eXplainable Artificial Intelligence). Combining neural networks with continuous logic and multi-criteria decision-making tools can contribute to better interpretability, transparency, and safety in medical, engineering, and business applications. This approach, together with other evolving methods belongs to neuro-symbolic hybrid artificial intelligence; a novel area of AI research that combines traditional rules-based approaches with modern deep learning techniques. Neuro-symbolic models have been shown to obtain high accuracy with significantly less training data than traditional models. Neural networks and symbolic systems can complement each other's strengths and weaknesses, enabling systems that are accurate, sample efficient, and interpretable.

Lectures: 20 hours

Topics:

- Introduction: Deep learning and its current limits
- Causality, causal reasoning
- Aggregation and intelligent decision-making: averaging functions, conjunctions, disjunctions, mixed functions (uninorms, nullnorms)
- Elements of nilpotent fuzzy logic, nilpotent connective systems
- Elements of multi-criteria decision-making, preference modeling
- Hybrid approaches: intuitive vs. symbolic AI systems
- Overview of methods to explain AI: local/global model-agnostic approaches
- Interpretable neural networks using fuzzy logic and MCDM tools

Evaluation method: classical colloquium, oral examination

Recommended References:

1. J. Dombi, O. Csiszar, Explainable Neural Networks based on Fuzzy Logic and Multi-criteria Decision Tools, Springer Nature, Studies in Fuzziness and Soft Computing, STUDEFUZZ, Vol. 408, 2021
2. Alexander Amini and Ava Soleimany, MIT 6.S191: Introduction to Deep Learning, IntroToDeepLearning.com

3. Gleb Beliakov, Ana Pradera, Tomasa Calvo Aggregation Functions: A Guide for Practitioners, Studies in Fuzziness and Soft Computing, Volume 221, Springer, 2007
4. C. Molnar, Interpretable machine learning a guide for making black box models explainable, <https://christophm.github.io/interpretable-ml-book/> , 2019
5. Zachary Susskind, Bryce Arden, Lizy K. John, Patrick Stockton, Eugene B. John, Neuro-Symbolic AI: An Emerging Class of AI Workloads and their Characterization, arXiv:2109.06133
6. K. Alvarez, J. C. Urenda, O. Csiszar, G. Csiszar, J. Dombi, G. Eigner, V. Kreinovich, Towards Fast and Understandable computations: Which „And” – and „Or” –Operations Can Be Represented by the Fastest (i.e., 1-Layer) Neural Networks? Which Activation Functions Allow Such Representations?, Acta Polytechnica Hungarica, Vol. 18, No. 2, p. 27-45, 2021.
7. O. Csiszar, G. Csiszar, J. Dombi, How to implement MCDM tools and continuous logic into neural computation? Towards better interpretability of neural networks, Knowledge-Based Systems, <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2020.106530>, 2020
8. J. C. Urenda, O. Csiszar, G. Csiszar, J. Dombi, O. Kosheleva, V. Kreinovich and G. Eigner, Why Squashing Functions in Multi-Layer Neural Networks, IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, https://scholarworks.utep.edu/cs_techrep/1398/ , 2020

Course title: *Numerical analysis*

Lecturer: József Abaffy, professor emeritus, DSc
abaffy.jozsef@nik.uni-obuda.hu

Course objective: Gaussian elimination and error analysis. The conjugate gradient method. Iterative methods. Iterative methods for sparse matrices. ABS methods. Hessenberg transformation. QR decomposition. Eigenvalue problem: Householder and Lánczos methods. Least squares method. Determination of the degree of the orthogonal polynomials approximation. Matrix inversion. Univariate optimization methods. (Golden ratio. Parabola. Newton and other methods). Armijo-Goldstein conditions, backtracking. Unconditional minimization methods (conjugated directions methods. Newton and quasi-Newton methods. BFGS method). Relation between optimization and nonlinear equations. Solving equations with one unknown: secant method. Newton's method. The modified Newton's method. Solving systems of nonlinear equations. The gradual approximation method. Generalized Newton's method. Broyden's method.

Lectures: 20 hours

Course description:

The student need to write a some page essay. The student in oral exam present the essay in a few minits which happens in the last week of teaching in a time defined by me. This oral exam proves that it was written by the student. Also included in the oral exam is that the student should be able to briefly explain a topic of my choice using the slides, demonstrating that he or she has acquired knowledge from topics not selected for the essay. The result, of course, affects the final mark. The essay must be submitted in my fach, in the room 422, before the last week of teaching. During the exam the student can use the essay, and present the MATLAB program in own computer, if it was written for mark 5.

Evaluation method: classical colloquium, oral examination

Recommended References:

1. Ralston, P.Rabinowitz: A First Course in Numerical Analysis, McGraw-Hill, 1965
2. (DS) J.E. Dennis, JR, R.B.Schnabel: Numerical Methods for Unconstrained Optimization and Nonlinear Equations, Prentice Hall Series in Computational Mathematics, New Jersey, USA, 1983
3. (G) H. Golub, C.F. Van Loan: Matrix Computation, North Oxford Academic Press, Oxford 1983
4. O. Aberth: Introduction to Precise Numerical Methods, Academic Press 2007
5. C.B. Moler: Numerical Computing with MATLAB, SIAM 2007
6. L.R. Scott: Numerical Analysis, Princeton University Press, 2011
7. M. Kubicek, D. Janovska, M. Duncova: Numerical Methods and Algorithm, translation, VSCHT Praha 2005

Course title: *Convex functions*

Lecturer: Árpád Baricz, professor, PhD
baricz.arpad@nik.uni-obuda.hu

Course objective: The goal of this course is to give an overview about properties of convex, logarithmically convex, geometrical convex, generalized convex, quasi-convex functions.

Lectures: 20 hours

Course description:

Properties of convex functions. Differentiable convex functions. Convex functions and their extrema. Inequalities for convex functions. Quasiconvex and quasiconcave functions. Logarithmically convex and concave functions. Geometrical convex and concave functions. Completely monotone functions and their properties. Bernstein functions and their properties. Logarithmically completely monotone functions and their properties. Generalized convex functions. Convex functions with respect to power means. Logarithmically and geometrically concave and convex distributions. Inequalities of Prekopa-Leindler type.

Evaluation method: classical oral examination.

Recommended References:

1. Á. Baricz, Geometrically concave univariate distributions, *J. Math. Anal. Appl.* 363 (2010) 182-196.
2. G.H. Hardy, J.E. Littlewood, G. Pólya, *Inequalities*, Cambridge Univ. Press, Cambridge, 1934.
3. C. Niculescu, L.E. Persson, *Convex Functions and Their Applications*, Springer, New-York, 2006.
4. R.L. Schilling, R. Song, Z. Vondracek, *Bernstein functions*, De Gruyter, Berlin, 2010.
5. R. Webster, *Convexity*, Oxford Univ. Press, Oxford, 1994.
6. J.M. Borwein, J.D. Vanderwerff, *Convex functions: constructions, characterizations and counterexamples*, Cambridge University Press, 2010.
7. C. Niculescu, L.E. Persson, *Convex Functions and Their Applications*, second ed., Springer, New-York, 2018.

Course title: *Special functions*

Lecturer: Árpád Baricz, professor, PhD
baricz.arpad@nik.uni-obuda.hu

Course objective: In this course our aim is to give an overview on the main properties of the most important special functions, which appear in engineering sciences.

Lectures: 20 hours

Course description:

Euler gamma and beta functions. Dirichlet integrals. Hurwitz and Riemann zeta functions. Stirling's asymptotic results on gamma function. Digamma function. Bohr-Mollerup theorem. Gauss and Kummer hypergeometric functions and their properties. Elliptic integrals. Airy functions. Bessel and modified Bessel functions of the first and second kinds. Integral representations. Product representations. Mittag-Leffler identities. Stieltjes transformations. Zeros of Bessel functions and their properties. Struve and Legendre functions. Coulomb wave functions. Generalized Marcum and Nuttall functions and their properties. Completely monotone Bessel functions and their properties.

Evaluation method: classical oral examination.

Recommended References:

1. G.E. Andrews, R. Askey, R. Roy, *Special Functions*, Cambridge Univ. Press, Cambridge, 1999.
2. Gil, J. Segura, N.M. Temme, *Numerical Methods for Special Functions*, SIAM, Philadelphia, 2007.
3. F.W.J. Olver, D.W. Lozier, R.F. Boisvert, C.W. Clark, *NIST Handbook of Mathematical Functions*, Cambridge Univ. Press, New York, 2010.
4. G. Watson, *A Treatise on the Theory of Bessel Functions*, Cambridge Univ. Press, Cambridge, 1922.
5. C. Viola, *An Introduction to Special Functions*, Springer, 2016.
6. R. Beals, R. Wong, *Special Functions and Orthogonal Polynomials*, Cambridge University Press, 2016.

Course title: *Sampling theorems for deterministic signals*

Lecturer: Tibor Pogány, university professor, PhD
pogany.tibor@nik.uni-obuda.hu

Course objective: One of the most efficient method in digital to analog reconstruction of deterministic signals (element of certain function classes) is the Whittaker-Kotel'nikov-Shannon (WKS) sampling series. The mathematical background of sampling theorems, methods and truncation error evaluation are in the focus of the course.

Lectures: 20 hours

Course description:

Elements of Fourier analysis; Fourier transform. Band-limited signals, Nyquist rate, WKS sampling series expansion. Poisson summation formula. Reproducing kernel Hilbert space and sampling. Sampling in Bernstein and Paley-Wiener spaces. Piranashvili theorem. Kramer's lemma. Irregular (non-uniform) sampling. Kadec $\frac{1}{4}$ -theorem. Yen's approach to sampling signal reconstruction. Errors in reconstruction, error upper bounds. Aliasing in sampling reconstruction and non-band limited signals. Time-shifted and average sampling signal reconstruction.

Evaluation method: classical oral examination.

Recommended References:

1. J. R. Higgins, *Sampling Theory in Fourier and Signal Analysis. Foundations.* Oxford, Clarendon Press, 1996.
2. J. G. Higgins and R. L. Stens, Eds., *Sampling Theory in Fourier and Signal Analysis. Advanced Topics.* Oxford University Press, 1999.
3. A. I. Zayed, *Advances in Shannon's Sampling Theory.* Boca Raton, CRC Press, 1993.
4. A. J. Jerri, *The Shannon Sampling Theorem - Its Various Extensions and Applications - A Tutorial Review*, *Proceedings of the IEEE* 65 (11) (1977), 1565-1596.
5. P.L. Butzer, W. Splettstösser, R.L. Stens, *The sampling theorem and linear prediction in signal analysis.* *Jahresber. Deutsch. Math.-Verein.* 90 (1988), no. 1, 70 pp.
6. M. Unser, *Sampling 50-years after Shannon*, *Proc. IEEE* 88 (2000), no. 4, 569-587.
7. Yu. I. Khurgin, V. P. Yakovlev, *Progress in the Soviet Union on the theory and applications of bandlimited functions*, *Proc. IEEE* 65 (1977), no. 5, 1005-1028.

Course title: *Sampling series reconstruction of stochastic signals*

Lecturer: Tibor Pogány, university professor, PhD
pogany.tibor@nik.uni-obuda.hu

Course objective: The digital-to-analogue conversion of discretized/sampled stochastic processes in the mean-square sense (Balakrishnan, Parzen, 1957) and with probability 1 (Belyeav, Lloyd, 1959) we realize with the help of the Whittaker–Kotel’nikov–Shannon (WKS) sampling series. The course is a short invitation to mathematics of sampling reconstruction of stochastic signals (processes, random fields), with a comprehensive overview of the reconstruction error analysis and estimation.

Lectures: 20 hours

Course description:

Stochastic processes. Wide sense stationary (Hinčin stationary) stochastic processes. Harmonizable processes. Correlation function, covariance function, spectral representations. Karhunen–Cramér–Piranashvili theorem. Bandlimited stochastic processes. Random fields, isotropic and homogeneous random fields. Hilbert space of stochastic processes. Piranashvili's theorems; Piranashvili-, Loév-, Rozanov- and Cramér-type processes. Reconstruction results by Lee; characterization theorems of almost sure sampling reconstruction by Gladyshev. Non-standard (irregular) sampling. Kadec's 1/4 –theorem and Yen's sampling reconstruction models. Reconstruction errors, truncation error, truncation error upper bounds. "Aliasing" and non-bandlimited processes. Sampling restoration of random fields (Parzen, Someya). "Time shifted" sampling reconstruction. Whittaker's plane sampling.

Evaluation method: classical oral examination.

Recommended References:

1. J. G. Higgins and R. L. Stens (Eds.) *Sampling Theory in Fourier and Signal Analysis. Advanced Topics.* Oxford University Press, 1999.
2. G. Tusnády and M. Ziermann, Ed., *Idősorok analízise.* Budapest, Hungary, Műszaki Könyvkiadó, 1986.
3. A. M. Yaglom, *Correlation Theory of Stationary and Related Random Functions: Volume I: Basic Results.* Berlin, Germany, Springer–Verlag, 1987.
4. A. M. Yaglom, *Correlation Theory of Stationary and Related Random Functions: Volume II: Supplementary Notes and References.* Berlin, Germany, Springer–Verlag, 1987.
5. Z. A. Piranashvili, T. K. Pogány, On generalized derivative sampling series expansion, in H. Dutta, Lj. Kocinac, H. M. Srivastava (Eds.) *Current Trends in Mathematical Analysis and its Interdisciplinary Applications*, Chapter 14. Basel, Springer Nature, Birkhäuser, 2019, 491-519.

6. M.I. Yadrenko, Spectral Theory of Random Fields. Translation Series in Mathematics and Engineering. New York: Optimization Software, Inc., Publications Division; New York-Heidelberg-Berlin: Springer-Verlag. III,1983, 259p.
7. P.L. Butzer, W. Splettstösser, R.L. Stens, The sampling theorem and linear prediction in signal analysis. Jahresber. Deutsch. Math.-Verein. 90 (1988), no. 1, 70 pp.
8. M. Unser, Sampling 50-years after Shannon, Proc. IEEE 88 (2000), no. 4, 569-587.
9. Yu. I. Khurgin, V. P. Yakovlev, Progress in the Soviet Union on the theory and applications of bandlimited functions, Proc. IEEE 65 (1977), no. 5, 1005-1028.

Course title: *Fuzzy-based Decision Making*

Lecturer: Márta Takács, professor, PhD
takacs.marta@nik.uni-obuda.hu

Course objective: The goal of the subject is to present the basic fuzzy-based decision making models applied in engineering researches and risk analysis.

Lectures: 20 hours (partially in consultative forms)

The subject prerequisites: basic mathematical knowledge

Course description:

Uncertainty and fuzzy set representation. Operations on fuzzy sets. Fuzzy logic. Fuzzy inference mechanism/approximate reasoning. Rule-based inference. Mamdani and Takagi-Sugeno systems. Anfis systems. Fuzzy based classification models – related big data analysis possibilities. Fuzzy reasoning methods based on novel constructed operator families. Risk management systems based on fuzzy decision models. Construction of complex, fuzzy based, decision and inference simulation systems. Fuzzy models related to the students’ research fields – preparing a fuzzy based simulation model related to the students’ thesis.

Evaluation method: classical colloquium, oral examination

Recommended references:

1. Gy., Bárdossy and J. Fodor, *Evaluation of Uncertainties and Risks in Geology*. Springer, 2004.
2. E. Czogala, “On the selection of operations and fuzzy relations in approximate reasoning,” *Proc. Of International Paanel Conference on Soft Computing and Intelligent Systems*, Budapest, Hungary, 1996, pp.67-68.
3. De Baets, B. and Kerre, E. E., “The generalized modus ponens and the triangular fuzzy data model,” in *Fuzzy Sets and Systems*. Vol. 59., pp. 305-317, 1993
4. D. Driankov i, *An Introduction to Fuzzy Control*. Verlag Berlin-Heidelberg-NewYork, Springer, 1996.
5. R. Fullér, “Fuzzy Reasoning and Fuzzy Optimization,” *TUCS General Publication*, No 9, Turku Centre for Computer science, , September 1998.
6. E. P. Klement *et al.*, *Triangular Norms*. Kluwer Academic Publishers, 2000.
7. E. H. Mamdani, B. Gaines, *Fuzzy reasoning and its Applications*. New York, Academic Press, 1981.

8. I. J. Rudas, "Evolutionary operators: new parametric type operator families," *Fuzzy Sets and Systems*, vol. 23, 1999, pp. 149-166.
9. M. Takacs, "Approximate reasoning with Distance-based Operators and degrees of coincidence," in *Principles of Fuzzy Preference Modelling and Decision Making*. B. de Baets and J. Fodor, Eds., Gent, Belgium, Academia Press, 2003.
10. T. Takagi and M. Sugeno, "Fuzzy identification of Systems and its Applications to Modeling and Control," *IEEE Trans. S. M. C.*, vol. 15., pp. 116-132., 1985.
11. I. B. Turksen and Y. Tian, "Combination of rules or their consequences in fuzzy expert systems," *Fuzzy Sets and Systems*, vol. 58., pp.3-44, 1993.
12. R. R. Yager, "Uninorms in fuzzy system modeling," *Fuzzy Sets and Systems*, vol. 122., pp. 167-17, 2001.
13. L. A. Zadeh, "A Theory of approximate reasoning," in *Machine Intelligence*. Vol. 9, New York, Halstead Press, 1979., pp. 149-194.

Course title: *Reduction techniques of fuzzy decision systems*

Lecturer: Dr.habil. Edit Laufer, associate professor, PhD
laufer.edit@bgk.uni-obuda.hu

Course objective: The aim is to introduce fuzzy approach and related concepts. The different complexity reduction techniques are demonstrated, which has vital importance in real-time and adaptive systems. Different rule base reduction techniques are investigated.

Lectures: 20 hours

Course description:

Fuzzy set theory. Fuzzy operators. Fuzzy inference systems. Complete (or dense) rule base. Rule base reduction techniques. Sparse rule base. Merging inputs, or antecedent sets. Dividing into subsystems, creating a hierarchical system. Singular value decomposition. Discretization of the output.

Evaluation method: classical oral examination.

Recommended References:

1. L. T. Kóczy, D. Tikk, Fuzzy rendszerek, Kempelen Farkas Tankönyvtár, 2001 [Online]. Available: <http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tkt/fuzzy-rendszerek-fuzzy/adatok.html>
2. A. Gegov, “Complexity Management in Fuzzy Systems”, Studies in Fuzziness and Soft Computing, Springer, Heidelberg, 2007
3. E. Tóth-Laufer, I.J. Rudas, M. Takács, „Operator Dependent Variations of the Mamdani-type Inference System Model to Reduce the Computational Needs in Real-Time Evaluation“, International Journal of Fuzzy Systems, Vol. 16, No. 1, March 2014, pp. 57-72
4. E. Tóth-Laufer, A. Rövid, M. Takács, „Reduction Error Calculation of the HOSVD-based Rule Base Reduction in Hierarchical Fuzzy Systems”, Fuzzy Sets and Systems, No. 307, pp. 67-82, 2017
5. 10.1007/978-3-030-15305-2
6. O. Nelles, “Nonlinear System Identification, From Classical Approaches to Neural Networks, Fuzzy Models, and Gaussian Processes”, Second Edition, Springer Nature Switzerland, 2021, DOI: 10.1007/978-3-030-47439-3
7. J.M. Escaño, C. Bordons, K. Witheephanich, et al. “Fuzzy Model Predictive Control: Complexity Reduction for Implementation in Industrial Systems”, International Journal of Fuzzy Systems vol. 21, 2008–2020 (2019), DOI: 10.1007/s40815-019-00693-z
8. G. Beliakov, J-Z. Wu, “Learning fuzzy measures from data: Simplifications and optimisation strategies”, Information Sciences, vol. 494, pp. 100-113, 2019, DOI: 10.1016/j.ins.2019.04.042

9. J. Wang, X. Zhang, Y. Yao, “Matrix approach for fuzzy description reduction and group decision-making with fuzzy β -covering”, *Information Sciences*, vol. 597, pp. 53-85, 2022, DOI: 10.1016/j.ins.2022.03.039
10. M. Akram, G. Ali, J.C.R. Alcantud, “Attributes reduction algorithms for m-polar fuzzy relation decision systems”, *International Journal of Approximate Reasoning*, vol. 140, pp. 232-254, 2022, DOI: 10.1016/j.ijar.2021.10.005G. Beliakov, S. James, J-Z. Wu, “Discrete Fuzzy Measures, Computational Aspects”, *Studies in Fuzziness and Soft Computing*, vol. 382, Springer Cham, 2020, DOI: 10.1007/978-3-030-15305-2
11. O. Nelles, “Nonlinear System Identification, From Classical Approaches to Neural Networks, Fuzzy Models, and Gaussian Processes”, Second Edition, Springer Nature Switzerland, 2021, DOI: 10.1007/978-3-030-47439-3
12. J.M. Escaño, C. Bordons, K. Withephanich, et al. “Fuzzy Model Predictive Control: Complexity Reduction for Implementation in Industrial Systems”, *International Journal of Fuzzy Systems* vol. 21, 2008–2020 (2019), DOI: 10.1007/s40815-019-00693-z
13. G. Beliakov, J-Z. Wu, “Learning fuzzy measures from data: Simplifications and optimisation strategies”, *Information Sciences*, vol. 494, pp. 100-113, 2019, DOI: 10.1016/j.ins.2019.04.042
14. J. Wang, X. Zhang, Y. Yao, “Matrix approach for fuzzy description reduction and group decision-making with fuzzy β -covering”, *Information Sciences*, vol. 597, pp. 53-85, 2022, DOI: 10.1016/j.ins.2022.03.039
15. M. Akram, G. Ali, J.C.R. Alcantud, “Attributes reduction algorithms for m-polar fuzzy relation decision systems”, *International Journal of Approximate Reasoning*, vol. 140, pp. 232-254, 2022, DOI: 10.1016/j.ijar.2021.10.005

Course title: *Numerical methods in model fitting problems*

Lecturer: Emőke Imre, associate professor, PhD, habil
imre.emoke@kvk.uni-obuda.hu

Course objective: To introduce the concept of parameter identification in relation to fitting of linear and non-linear models on measured data. To develop skills to solve these problems with own software, based on library subroutines.

Lectures: 20 hours

Course description:

Part 1 (basic models). Solution of non-linear equations. Direct and iterative solution of linear equations. SVD and generalized inverse. Interpolation & curve fitting. Numerical differentiation and integration. Analytical and numerical solution of ODE-s and PDE-s. Numerical problems of the analytical solution of ODE and PDE systems.

Part 2. (model fitting methods) Parameter identification in relation to fitting of linear and non-linear models on measured data. Classical and new methods with function value evaluation and with derivatives. Error estimation and reliability testing methods based on probability and geometry.

Evaluation method: classical oral examination.

Recommended References:

1. W.H. Press, B.P. Flannery, S.A Teukolsky, W.T. Wetterling. 1986: Numerical Recipes. Cambridge Univ. Press, Cambridge. 1986 1-430.
2. E., Imre; M., Hegedűs; L., Bates; S., Fityus. Evaluation of complex CPTu dissipation tests of B.E.S.T. In: Tonni, Laura; Gottardi, Guido (szerk.) Cone Penetration Testing 2022 :Proceedings of the 5th International Symposium on Cone Penetration Testing (CPT'22) London, Egyesült Királyság / Anglia : CRC Press (2022) pp. 473-479. , 7 p. ISBN: 9781003308829
3. Imre, Emoke ; Rózsa, Pál ; Bates, Lachlan ; Fityus, Stephen Evaluation of monotonic and non-monotonic dissipation test results COMPUTERS AND GEOTECHNICS 37 : 7-8 pp. 885-904. , 20 p. (2010)
4. E., Imre ; T., Schanz ; L., Bates ; S., Fityus Evaluation of complex and/or short CPTu dissipation tests In: Michael, Hicks; Federico, Pisanò; Joek, Peuchen (szerk.) Cone Penetration Testing 2018 : Proceedings of the 4th International Symposium on Cone Penetration Testing London, Egyesült Királyság / Anglia : CRC Press (2018) 756 p. pp. 351-357. , 7 p.
5. W.H. Press, B.P. Flannery, S.A Teukolsky, W.T. Wetterling. 1986: Numerical Recipes. Cambridge Univ. Press, Cambridge. 1986 1-430.

6. L. Rétháti (1988). "Probabilistic solutions in geotechnics" Amsterdam-Oxford-New York-Tokyo [Review of "Probabilistic solutions in geotechnics" Amsterdam-Oxford-New York-Tokyo]. Elsevier.
7. Roger Webster (1995) Convexity - Oxford University Press
8. Zhang, Fuzhen (2005). Zhang, Fuzhen (ed.) The Schur Complement and Its Applications. Numerical Methods and Algorithms. Vol. 4. Springer. doi:10.1007/b105056. ISBN 0-387-24271-6.
9. E.E. Walpole, R. H. Meyers. 2011. Probability & Statistics for Engineers & Scientist 9th edition. Prentice Hall.
10. E Imre (2022) A comment on the combination of the implicit function theorem and the Morse lemma DOI: 10.48550/arXiv.2301.03427
11. E Imre ; Cs Hegedus ; S Kovacs ; L Kovacs (2021) Reducing numerical work in non-linear parameter identification arxiv.org/abs/2102.08210.
12. E Imre ; Cs Hegedüs ; S Kovács (2018) Some Comments on the Non-Linear Model Fitting In: Szakál, Anikó (szerk.) IEEE 18th International Symposium on Computational Intelligence and Informatics (CINTI 2018) Budapest, Magyarország : IEEE Hungary Section pp.173-178.

Course title: *Models of Unsaturated Soil Mechanics*

Lecturer: Emőke Imre, associate professor, PhD, habil
imre.emoke@kvk.uni-obuda.hu

Course objective: The continuum mechanical models of unsaturated soils contain material functions instead of material parameters. The determining the soil physical functions of unsaturated soils is not straightforward due to the long measurement times. The role of mathematical methods is crucial both in the evaluation of measurements (inverse analysis - parameter identification) and in the approximation of interpolation based on grain size distribution. The practical applications are presented including some large computer programs. Some discrete modeling issues - based on the statistical parameters of the grain size distribution (PSD) - is treated, including filter and internal stability rules, moreover, interpolation methods.

Lectures: 20 hours

Prerequisites: - (recommended: mechanics, soil mechanics)

Course description:

Two major issues, continuum-mechanical modeling of soils and discrete modeling of soils are discussed.

1. Basics of unsaturated soil modeling. The concept of unsaturated soil, the continuum-mechanical approach. Compressibility of the soil air-water system, capillary phenomena, suction. The state variables. Fundamentals of material equations and material functions (water retention curve, permeability function).
2. Modeling of water flow in soil (permanent, transient, one-phase, multiphase). Partial differential equations and PDE systems. Numerical and analytical solutions, boundary conditions, input soil functions. Modeling of strength and compressibility, critical state modeling.
3. Measurements of unsaturated soils. Nonlinear and linear model fitting for measurement data. Classic and new methods. Uniqueness and error of the identified parameters, reliability test with statistical and geometric methods.
4. Applications. Numerical solution of water flow PDE-s. The concept of municipal waste and the unsaturated soil model. Numerical solution of flow modeling in flood protection dams and in aquifers,. Volume-change of swelling soils and rise. Presentation of finite element computer programs (GEO-SLOPE family, HBM, Soil-vision water flow modeling family, can be used free of charge for educational purposes). Simulations with water flow and slope stability programs.
5. The entropy of a finite, discrete distribution. Grading entropy and its use to determine the functions of unsaturated soils, to design of filter composition in dams (grain size distribution for proper filtration and internal stability). Approximate interpolation methods based on grain size distribution entropy to approximate soil function - grain size distribution type models

Evaluation method: classical colloquium, oral examination

Recommended References:

1. D. G. Fredlund., H. Rahardjo 1993. Soil Mechanics For Unsaturated Soils, Wiley.
2. E. Imre 2009. Unsaturated Soil Mechanics. University notes. 125. p. electronic version
3. Á. Kézdi Handbook of Soil Mechanics: Soil testing Akadémiai Kiadó, 1974.
4. Á. Kézdi & László Rétháti 1990 Handbook of soil mechanics application of soil mechanics in practice examples and case histories Akadémiai Kiadó, 1974-1990
5. Imre, E ; Rajkai, K ; Genovese, R ; Jommi, C 2011 A transfer function of a soil water characteristic curve model for sands In: Proceedings of the Fifth International Conference London: Taylor and Francis (2011) pp. 453-459.
6. E. Imre ; I. Talata ; D. Barreto ; M. Datcheva ; W. Baille ; I. Georgiev ; S. Fityus ; V. P. Singh ; F. Casini ; G.Guida11, P. Q. Trang et al. Some Notes on Granular Mixtures with Finite, Discrete Fractal Distribution Periodica Polytechnica-Civil Engineering 2022 Paper: 7738 (2022)
7. J. McDougall: „A hydro-bio-mechanical model for settlement and other behaviour in landfilled waste”, Computers and Geotechnics, 344, 2007.
8. J. Lorincz, E. Imre, S. Fityus, P.Q. Trang, T. Tarnai, I. Talata, V. P. Singh 2015. The Grading Entropy-based Criteria for Structural Stability of Granular Materials and Filters ENTROPY 17:5 pp. 2781-2811. 2015
9. W.H. Press, B.P. Flannery, S.A Teukolsky, W.T. Wetterling. 1986: Numerical Recipes. Cambridge Univ. Press, Cambridge. 1986 1-430.

Course title: *Packing, covering and the application of packing and covering*

Lecturer: Antal Joós, associate professor, PhD
joosa@uniduna.hu

Course objective: Introduction to packing and covering theory. The application of packing and covering.

Lectures: 20 hours

Course description:

Some application: wrapping and sphere packing; arrangement of atoms and sphere packing; error correcting codes and sphere packing; wifi coverage and covering by balls; covering of the surface of the Earth by satellites and covering by balls; covering of an area by transmission towers and multiple covering of the plane by circles.

Circle packing and covering on the plane, in higher dimensional space and on the sphere. Periodic circle packing and covering. Estimate of density. Circle packing in a finite container (in a square, triangle, disc, cube). Circle covering of a finite set. Packing squares and rectangles.

Evaluation method: classical colloquium, oral examination

Recommended References:

1. W.H. Press, B.P. Flannery, S.A Teukolsky, W.T. Wetterling. 1986: Numerical Recipes. Cambridge Univ. Press, Cambridge. 1986 1-430.
2. Fejes Tóth G., Packing and covering, In: Toth, Csaba D.; Jacob E., Goodman; O'Rourke, Joseph (szerk.) Handbook of Discrete and Computational Geometry, 3rd Edition, CRC Press (2017) pp. 27-66.
3. Fejes Tóth, G., Fejes Tóth, L., Kuperberg, W. (2023). Miscellaneous Problems About Packing and Covering. In: Lagerungen. Grundlehren der mathematischen Wissenschaften, vol 360. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-21800-2_16

Course title: *Equilibria on Riemannian-Finsler manifolds*

Lecturer: Alexandru Kristály, professor, PhD
kristaly.alexandru@nik.uni-obuda.hu

Course objective: to provide an introduction into the theory of equilibrium problems, starting from the classical Euclidean notions to their geometric correspondents, formulated in terms of Riemannian and Finsler geometries. These problems provide faithful models to various phenomena in the theory of optimization on not necessarily flat spaces.

Lectures: 20 hours

Prerequisites: Calculus I

Course description:

Riemannian and Finsler manifolds (motivation and examples). Asymmetric Finsler manifolds (Matsumoto mountain slope). Geodesics on Riemannian and Finsler manifolds (connections and examples). Nonsmooth functions (derivatives). Convexity on manifolds. Dynamical systems on manifolds (invariance properties). Metric projections on manifolds (influence of the curvature). Weber-type transport problems (symmetry vs asymmetry). Nash-Stampacchia equilibria on Riemannian manifolds. Stackelberg equilibria on Riemannian manifolds (leader-follower strategies).

Evaluation method: classical oral examination.

Recommended References:

1. D. Bao, S.S. Chern and Z. Shen, "An Introduction to Riemann-Finsler Geometry," Graduate Texts in Mathematics. Vol. 200, New York, Springer-Verlag, 2000.
2. A. Kristály, "Nash-type equilibria on Riemannian manifolds: a variational approach." *J. Math. Pures Appl.* (9) 101 (2014), no. 5, 660–688.
3. A. Kristály, V. Radulescu, C. Varga, "Variational Principles in Mathematical Physics, Geometry, and Economics," in *Encyclopedia of Mathematics and its Applications*. No. 136, Cambridge, UK, Cambridge University Press.
4. C. Udriște, "Convex Functions and Optimization Methods on Riemannian Manifolds," *Mathematics and its Applications*. No.297. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers Group, 1994.
5. Costea, Nicușor; Kristály, Alexandru; Varga, Csaba *Variational and monotonicity methods in nonsmooth analysis*. *Frontiers in Mathematics*. Birkhäuser/Springer, Cham, [2021], ©2021. xvi+446 pp. ISBN: 978-3-030-81670-4; 978-3-030-81671-1

6. Bento, Glaydston de Carvalho; Cruz Neto, João Xavier; Melo, Ítalo Dowell Lira Combinatorial convexity in Hadamard manifolds: existence for equilibrium problems. *J. Optim. Theory Appl.* 195 (2022), no. 3, 1087–1105.
7. Lu, Hai-Shu; Li, Rong; Wang, Zhi-Hua Maximal element with applications to Nash equilibrium problems in Hadamard manifolds. *Optimization* 68 (2019), no. 8, 1491–1520.

Course title: *Calculus of variations and applications in partial differential equations*

Lecturer: Alexandru Kristály, professor, PhD
kristaly.alexandru@nik.uni-obuda.hu

Course objective: to provide an introduction into some problems formulated in terms of the Calculus of Variations, i.e. to find minimum/maximum or minimax points of certain energy functionals. Variational arguments (minimization methods, mountain pass theorem, saddle point theorem) and group-theoretical arguments will be combined to solve various elliptic partial differential equations.

Lectures: 20 hours

Prerequisites: Calculus I

Course description:

Historical background (brachistochron problem, Fermat principle, Zermelo navigation problem, etc). Minimization arguments. Ekeland variational principle. Ricceri variational principle. Borwein-Preiss variational principle. Critical points. Deformation lemma. Palais-Smale compactness condition. Minimax theorems. Mountain pass theorem. Saddle point theorem. Szulkin-type functionals. Multiplicity results. Principle of symmetric criticality. Rubik-type group actions. Symmetric Sobolev spaces. Compact embeddings. Variational inequalities. Nonlinear eigenvalue problems. Elliptic problems (with Dirichlet/Neumann boundary conditions). Schrödinger-type equations.

Evaluation method: classical oral examination.

Recommended References:

1. A. Kristály, V. Radulescu, C. Varga, “Variational Principles in Mathematical Physics, Geometry, and Economics,” in Encyclopedia of Mathematics and its Applications. No. 136, Cambridge, UK, Cambridge University Press.
2. A. Kristály, G. Moroşanu, “New competition phenomena in Dirichlet problems”. J. Math. Pures Appl. (9) 94 (2010), no. 6, 555–570.
3. M. Struwe, “Variational Methods”. Berlin, Germany: Springer Verlag, 1990.
4. M. Willem, “Minimax Theorems”. Boston, Birkhauser, 1996.
5. Costea, Nicuşor; Kristály, Alexandru; Varga, Csaba Variational and monotonicity methods in nonsmooth analysis. Frontiers in Mathematics. Birkhäuser/Springer, Cham, [2021], ©2021. xvi+446 pp. ISBN: 978-3-030-81670-4; 978-3-030-81671-1
6. Balogh, Zoltán M.; Kristály, Alexandru Sharp isoperimetric and Sobolev inequalities in spaces with nonnegative Ricci curvature. Math. Ann. 385 (2023), no. 3-4, 1747–1773.

7. Kristály, Alexandru; Mezei, Ildikó I.; Szilák, Károly Elliptic differential inclusions on non-compact Riemannian manifolds. *Nonlinear Anal. Real World Appl.* 69 (2023), Paper No. 103740, 20 pp.

Course title: *Differential Geometry and Calculus of Variations*

Lecturer: Peter T. Nagy, professor emeritus, DSc
nagy.peter@nik.uni-obuda.hu

Course objective: The course deals with the basic task of calculus of variations. It applies the theory of extremal curves to the variational problems of classical mechanics and to the theory of geodesics of Riemann and Finsler spaces.

Lectures: 20 hours

Course description:

Geometry of curves and surfaces. The spherical image of surfaces, Gauss map. Lagrangian mechanics. The basic task of calculus of variation, Euler-Lagrange equations. The Legendre transformation. Second variation, sufficient conditions. Conjugate points, Jacobi's differential equations. Differentiable manifolds, tangent bundle. Riemann and Finsler manifolds. Levi-Civita connexion, curvature. Spaces of constant curvature. Lagrange mechanics on manifolds. D'Alembert principle. Free rotation of rigid bodies. First and second variations of arc-length in Riemann and Finsler spaces. Geodesics, exponential map, normal neighbourhood. Curvature tensor, Jacobi fields. Curvature and conjugate points. Minimizing property of geodesics. Gauss's lemma. Riemann and Finsler space as metric space. Completeness, Hopf-Rinow theorem. Spaces of negative curvature, Hadamard's theorem.

Evaluation method: classical oral examination.

Recommended References:

1. M. do Carmo, *Differential Geometry of Curves and Surfaces*. Prentice-Hall, 1976.
2. M. do Carmo, *Riemannian Geometry*. Birkhäuser, 1992.
3. D. Bao, et al., *An Introduction to Riemann-Finsler Geometry*. Springer, 2000.
4. V. I. Arnold, *Mathematical Methods in Mechanics*. Springer; 2nd edition, 1997.
5. A. Agrachev, D. Barilari, U. Boscain: *A Comprehensive Introduction to sub-Riemannian Geometry*, Cambridge University Press, 2019.
6. Z. M. Balogh, A. Calogero: Infinite geodesics of sub-Finsler distances in Heisenberg groups. *International Mathematics Research Notices*, 2021, pp. 4805-4837.

Course title: *Basics in Optimal Control*

Lecturer: József K. Tar, professor, DSc
tar.jozsef@nik.uni-obuda.hu

Course objective: To provide the Students with the fundamental mathematical tools of optimal controllers.

Lectures: 20 hours

Course description:

Optimization under constraints, Lagrange multipliers and the Reduced Gradient Method, the auxiliary function. Simulation examples using the MS EXCEL-SOLVER-VISUAL BASIC programming tools for discrete time approximation. Turning to the continuous time approximation: the co-state. Formulation used by the variational calculus, artificial energy (Hamiltonian) function, analogy with Classical Mechanics' Hamiltonian formulation and the flow of incompressible fluids. Certain special cases: the LQR controller, Riccati equations. Adaptive solution with Fixed Point Iterative methods based on the concept of Banach Space and Banach's Theorem.

Evaluation method: classical oral examination.

Recommended References:

1. V.I. Arnold: *Mathematical Methods of Classical Mechanics*, Springer - Verlag, 1989.
2. J. K. Tar et al., *System and Control Theory with Especial Emphasis on Nonlinear Systems*. Typotex, 2012.
3. V. Jurdjevic: *Geometric Control Theory*. Cambridge University Press, 1997.
4. J.K. Tar, J.F. Bitó, L. Nádaí and J.A. Tenreiro Machado: *Robust Fixed Point Transformations in Adaptive Control Using Local Basin of Attraction*, *Acta Polytechnica Hungarica*, 6(1), 2009.
5. A. Atinga and J. K. Tar, "Application of Heavy and Underestimated Dynamic Models in Adaptive Receding Horizon Control Without Constraints", *Syst. Theor. Control Comput. J.*, vol. 2, no. 2, pp. 1–8, Dec. 2022.
6. B. Varga, H. Issa, R. Horváth, and J. Tar, "Accelerated Reduced Gradient Algorithm with Constraint Relaxation in Differential Inverse Kinematics", *Syst. Theor. Control Comput. J.*, vol. 1, no. 2, pp. 21–32, Dec. 2021.
7. H. Issa, B. Varga and J. K. Tar, "A Receding Horizon-type Solution of the Inverse Kinematic Task of Redundant Robots," 2021 IEEE 15th International Symposium on Applied Computational Intelligence and Informatics (SACI), Timisoara, Romania, 2021, pp. 000231-000236, doi: 10.1109/SACI51354.2021.9465618.

Course title: *Near optimal solution of the inverse kinematic task of redundant, non-special robot arms using differential approaches*

Lecturer: József K. Tar, professor, DSc
tar.jozsef@nik.uni-obuda.hu

Course objective: To providev the Student with the fundamental, Group Theory-based formulation of the forward and invese kinematic task of non-special redundant robot arms.

Lectures: 20 hours

Course description:

Rotation and shift of rigid bodies: the Orthogonal Matrices. Groups, continuous groups, group algebra, Lie Groups, the Lie group as an embedded hypersurface, the tangent space at the identity element, exponential functions, transformed tangents at the identity elements, Lie algebra, structure coefficients, Clebsch-Gordan series. Representation of Lie Groups: quaternions, spinors, Clifford Algebras. Homogeneous matrices and the Special Euclidean Group. The Forward kinematic task. The differential inverse kinematic task. Optimization under constarints, Lagrange multipliers and the Reduced Gradient Method, the auxiliary function. Generalized inverses for redundant robot arms: the Moore-Penrose pseudoinverse, Singular Value Decomposition (SVD) and the SVD-based pseudoinverse, problem solution by the use of the Gram-Schmidt Algorithm, kinematic singularities. Iterative methods based on the concept of Banach Space and Banach's Theorem.

Evaluation method: classical oral examination.

Recommended References:

1. J. K. Tar et al., System and Control Theory with Especial Emphasis on Nonlinear Systems. Typotex, 2012.
2. G. G. Hall, Applied group theory. London: Longmans, Green and Co, 1967
3. K. N. Srinivasa Rao, The Rotation And Lorentz Groups And Their Representations For Physicists. Wiley-Interscience.
4. K. N. Srinivasa Rao, Linear Algebra And Group Theory For Physicists. Wiley - Interscience, 1996.
5. H. Issa, B. Varga and J. K. Tar, "A Receding Horizon-type Solution of the Inverse Kinematic Task of Redundant Robots," 2021 IEEE 15th International Symposium on Applied Computational Intelligence and Informatics (SACI), Timisoara, Romania, 2021, pp. 000231-000236, doi: 10.1109/SACI51354.2021.9465618.
6. Hemza Redjimi, József K. Tar: Approximate model-based state estimation in simplified Receding Horizon Control, INTERNATIONAL JOURNAL OF CIRCUITS, SYSTEMS AND SIGNAL PROCESSING, DOI: 10.46300/9106.2021.15.13, Volume 15, 2021, pp. 114-124

7. B. Varga, H. Issa, R. Horváth, and J. Tar, “Accelerated Reduced Gradient Algorithm with Constraint Relaxation in Differential Inverse Kinematics”, *Syst. Theor. Control Comput. J.*, vol. 1, no. 2, pp. 21–32, Dec. 2021.

Course title: *Geometric Approach in the Adaptive Control of Nonlinear Systems*

Lecturer: József K. Tar, professor, DSc
tar.jozsef@nik.uni-obuda.hu

Course objective: To provide the Students with the recently developed geometric approach in the adaptive control of nonlinear systems

Lectures: 20 hours

Course description:

The use of approximate models in adaptive control: Kolmogorov's universal approximators, neural networks and fuzzy systems-based models, tensor product models, Weierstrass' and Stone's approximators. Scaling problems. The expected and realized response model. Transformation of the control task into an iteration. Antecedents: the use of special Lie groups for problem formulation. Banach spaces, Banach's Theorem. Applications for SISO and MIMO systems. Application examples.

Evaluation method: classical oral examination.

Recommended References:

1. J.K. Tar, J.F. Bitó, L. Nádai and J.A. Tenreiro Machado: Robust Fixed Point Transformations in Adaptive Control Using Local Basin of Attraction, Acta Polytechnica Hungarica, 6(1), 2009.
2. K. Kósi, J.K. Tar and I.J. Rudas: Improvement of the Stability of RFPT-based Adaptive Controllers by Observing "Precursor Oscillations", In Proc. of the 9th IEEE Intl. Conf. on Computational Cybernetics, Tihany, Hungary, 2013, pp. 267-272
3. A. Dineva, J.K. Tar and A.R. Várkonyi-Kóczy: Novel Generation of Fixed Point Transformation for the Adaptive Control of a Nonlinear Neuron Model, In proc. of the IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, October 10-13, 2015, Hong Kong (SMC 2015), pp. 987-992.
4. B. Csanádi, P. Galambos, J.K. Tar, Gy. Györök and A. Serester: A Novel, Abstract Rotation-based Fixed Point Transformation in Adaptive Control, In the Proc. of the 2018 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)
5. Atinga, A.; Tar, J.K. Tackling Modeling and Kinematic Inconsistencies by Fixed Point Iteration-Based Adaptive Control. Machines 2023, 11, 585. <https://doi.org/10.3390/machines11060585>
6. Issa, H.; Tar, J.K. Improvement of an Adaptive Robot Control by Particle Swarm Optimization-Based Model Identification. Mathematics 2022, 10, 3609. <https://doi.org/10.3390/math10193609>

Course title: *Mathematical Methods, and Programming for Control Theory*

Lecturer: Krisztián Kósi, PhD
kosi.krisztian@nik.uni-obuda.hu

Course objective: To give the students an overview of mathematical methods used in Control Theory. the course contains a programming part that shows the algorithms in Julia language and discusses the coding efficiency in sense of efficient code writing, and efficient code running time.

Lectures: 20 hours

Course description:

The course contains the generalization of real numbers' space:

- Metrics, Metric Spaces, Convergent Series in Metric Space, Norm, Normed Space, Banach Space, Banach's Fixed Point Theorem.
- Solving Linear and Non-Linear equations.
- Solving Linear and Non-Linear ODE systems, with numerical methods.
- Gram-Schmidt method.
- Homogeneous Matrices, and Rodriguez Formula.
- Mathematical model making, Euler-Lagrange equations.

Advantages of using Unix or Linux type operating systems. Terminal-based shell commands, scripts, and programs.

Evaluation method: classical oral examination.

Recommended References:

1. A. N. Kolmogorov, S. V. Fomin, Elements of the Theory of Functions and Functional Analysis, ISBN: 978-0486406831
2. Gilbert Strang, Introduction to Linear Algebra, ISBN: 978-09802327-7-6
3. Náday László, Rudas J. Imre, Tar József Kázmér, System and Control Theory with Especial Emphasis on Nonlinear Systems, ISBN: 978-963-2796-76-5
4. Bitó, J.F.; Rudas, I.J.; Tar, J.K.; Varga, Á. Abstract Rotations for Uniform Adaptive Control and Soft Modeling of Mechanical Devices. *Appl. Sci.* **2021**, *11*, 7939. <https://doi.org/10.3390/app11177939>
5. Issa, H.; Tar, J.K. Improvement of an Adaptive Robot Control by Particle Swarm Optimization-Based Model Identification. *Mathematics* **2022**, *10*, 3609. <https://doi.org/10.3390/math10193609>

Course title: *Non-Linear control with Fixed Point Iteration –based methods*

Lecturer: Krisztián Kósi, PhD
kosi.krisztian@nik.uni-obuda.hu

Course objective: To give the students an overview of the Non-Linear control. The course contains the necessary mathematical tools, and extends the basic ideas of the Non-Linear systems to the Adaptive Non-Linear control. The Examples are coded in Julia language.

Lectures: 20 hours

Course description:

The course contains certain fundamental physical and mathematical issues as

- Necessary mathematical and software tools
- Lagrangian Mechanics
- Introduction to Nonlinear Systems
- Stability in sense of Lyapunov
- Lyapunov's „first” method to determine stability
- Introduction to Lyapunov's „second” method
- Barbalat's lemma, and introduction to Robust Control
- Example: VS/SM controller
- Introduction to Adaptive Control
- Fixed Point Iteration –based control
- Example for SISO Systems
- Example for MIMO Systems

Evaluation method: classical oral examination.

Recommended References:

1. A. N. Kolmogorov, S. V. Fomin, Elements of the Theory of Functions and Functional Analysis, ISBN: 978-0486406831
2. Jean-Jacques Slotine, Weiping Li, Applied Nonlinear Control, ISBN: 978-0130408907
3. Náday László, Rudas J. Imre, Tar József Kázmér, System and Control Theory with Especial Emphasis on Nonlinear Systems, ISBN: 978-963-2796-76-5
4. J.K. Tar, J.F. Bitó, L. Náday and J.A. Tenreiro Machado: Robust Fixed Point Transformations in Adaptive Control Using Local Basin of Attraction, Acta Polytechnica Hungarica, 6(1), 2009.

5. A. Dineva, J.K. Tar and A.R. Várkonyi-Kóczy: Novel Generation of Fixed Point Transformation for the Adaptive Control of a Nonlinear Neuron Model, In proc. of the IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, October 10-13, 2015, Hong Kong (SMC 2015), pp. 987-992.
6. B. Csanádi, P. Galambos, J.K. Tar, Gy. Györök and A. Serester: A Novel, Abstract Rotation-based Fixed Point Transformation in Adaptive Control, In the Proc. of the 2018 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)
7. Atinga, A.; Tar, J.K. Tackling Modeling and Kinematic Inconsistencies by Fixed Point Iteration-Based Adaptive Control. *Machines* 2023, 11, 585. <https://doi.org/10.3390/machines11060585>