

**Az “MTA Doktora”
fokozatért a
“Műszaki Tudomány”
kategóriában benyújtott
értekezés tézisei**

*Sima nemlineáris rendszerek adaptív
szabályozása szemléletes geometriai
interpretáció alapján*

**Tar József Kázmér
CSc**

Budapest, 2010

Tartalomjegyzék

A kutatás célja és eredményei	3
A kutatás tudományos módszereiről	4
Új tudományos eredmények	7
1. Tézis: A klasszikus “Adaptív Inverz Dinamika” és “Adaptív Slotine-Li Szabályozó” kritikai elemzése és továbbfejlesztése (A 4. fejezet eredményeinek összefoglalása)	7
2. Tézis: Uniformizált modell-struktúrák bevezetése uniformizált procedúrákkal végezhető részleges és ideiglenes, szituáció-függő rendszer-identifikáció céljára fenomenológiai alapon (A 6. Fejezet eredményeinek összefoglalása)	8
3. Tézis: Speciális fizikai rendszerek adaptív szabályozása különböző Lie csoportok speciális elemeinek absztrakt felhasználásával (A 7. Fejezet eredményeinek összefoglalása)	11
4. Tézis: Különböző paraméteres Fixpont Transzformációk bevezetése speciális SISO és MIMO rendszerek adaptív szabályozására (A 8. Fejezet eredményeinek összefoglalása)	12
5. Tézis: Lyapunov “direkt módszerének” kiváltása Robusztus Fixpont Transzformációkkal a Modell Referenciás Adaptív Szabályozókban (A 9. Fejezet eredményeinek összefoglalása)	14
6. Tézis: MIMO rendszerek adaptív szabályozása a rendelkezésre álló közelítő modell közelítő SDV felbontása alapján (A 10. Fejezet eredményeinek összefoglalása)	14
7. Tézis: Törtrendű deriváltak numerikus közelítése és ennek potenciális felhasználása (A 11. Fejezet eredményeinek összefoglalása)	15
További kutatási lehetőségek	16
Az eredmények potenciális hasznosítása	16
Az értekezéshez kapcsolódó saját közlemények	16
Könyvrészletek	16
Közlemények folyóiratokban	17
Előadások és konferencia-kiadványokban megjelentetett közlemények	18

A kutatás célja és eredményei

Az értekezés célja *a részlegesen és pontatlanul modellezett nemlineáris rendszerek egyszerű, geometriailag jól interpretálható adaptív szabályozása* terén végzett kutató munka eredményeinek összefoglalása. E rendszerek dinamikailag csatlakozhatnak rejtett alrendszerekhez vagy *a priori* ismeretlen külső zavarok hatása alatt is állhatnak.

E megközelítés újdonsága abban áll, hogy az nem kívánt a mai kutatásokat világszerte jellemző, Lyapunov függvényeket vagy Lyapunov 2. ún. "direkt" módszerét alkalmazó technikák jól megalapozott nyomvonalán haladni. Bár e technika alapjai geometriailag szemléletesen interpretálhatók, egy adott feladat megoldására alkalmas Lyapunov függvény jelölt megtalálása inkább "művészet" mint szakmai rutin kérdése. E függvény nempozitív deriváltjának garantálása komplikált matematikai megfontolásokat igényel, melyekhez nagy technikai tudás kell. A bizonyítások e része a cikkek több oldalát foglalja el és különféle feltételeket eredményez, amelyeknek teljesülniük kell a szabályozó stabilitása érdekében.

Mint ahogy a jelen értekezés hangsúlyozza, az így nyert szabályozók túl sok többé-kevésbé önkényes paramétert tartalmaznak és általában nem optimális hangolást eredményeznek. Bizonyos adaptív megoldások a szabályozott rendszer pontos analitikus modelljét kívánják megtanulni, ezért sérülékenyek a külső zavarok vagy ismeretlen csatolt részrendszerek okozta zavarokra.

Lyapunov 2. módszerének áttekintése után a robottechnikában előforduló két illusztratív példáját ("*Adaptív Inverz Dinamika*", "*Slotine és Li Adaptív Robotszabályozója*") elemeztem kritikailag, majd módosítottam azokat. Megmutattam, hogy azok új hangolási módszerrel igen hatékonyan működnek úgy, hogy a szabályozó csupán két szabad szabályozó paraméterrel dolgozik. Megmutattam, hogy az eredeti Lyapunov függvény helyett elegendő annak egy töredék részét vizsgálni annak belátására, hogy a pályakövetési hibát a szabályozó a tanulás folyamata alatt is kordában tudja tartani.

A Lyapunov 2. módszerével kapcsolatos nehézségek megkerülése céljából nagyon egyszerű és szemléletes geometriai struktúrák és kontraktív leképezésekből nyert iterációk alkalmazását javasoltam adaptív szabályozók konstruálására.

E megközelítés "alapfilozófiája" rokonítható a mai lágy számítási eljárások alap gondolatáival, de nem azokat a mai *soft computing* által preferált uniformizált struktúrákat alkalmazza, amelyek használata Kolmogorov 1957-ben bizonyított függvényközelítési tételén alapul. *Módszerem folytonos függvények helyett a sima függvények azoknál "sokkal jobban viselkedő" osztályát kívánja közelíteni olyan kis méretű uniformizált struktúrákkal, melyeket különféle Lie csoportokból származtat.*

Az értekezésben az univerzális függvényközelítőket alkalmazó lágy számítási eljárások kritikai elemzését adtam a méretezési problémák, rossz skálázhatóság és ezek paraméterhangolásban megjelenő következményei szempontjából.

Univerzális közelítők helyett a 6.2.10 Lie csoportok speciális elemeit használtam *részleges, időleges és szituáció-függő rendszer-identifikációra*.

Az első megközelítés a klasszikus mechanikai rendszerek szabályozását célozta fenomenológiai alapon. A következő lépésben ezeket a struktúrákat az absztrakció magasabb fokán használtam. Megmutattam, hogy erősen korlátozott számú szabadon hangolható paraméterrel rendelkeznek, s alkalmasak a szabályozás és megfigyelés alatt álló rendszer viselkedésének közelítésére.

A következő kutatási fázisban különféle *Parametrikus Fixpont Transzformációkat* javasoltam adaptív szabályozás kiépítésére, amivel tovább redukáltam a rendszer-identifikáció komplexitását. Lyapunov 2. módszerével ellentétben, amely általában a szabályozó globális stabilitását képes garantálni, ezen iterációk konvergenciája csak egy lokális tartományban biztosítható. Megmutattam viszont, hogy e tartomány számos gyakorlati feladat megoldásához elegendően széles lehet.

Megmutattam továbbá, hogy az új módszer ún. *Robusztus Fixpont Transzformációkat* használó változata különféle paraméterhangolási stratégiákkal egészíthető ki, melyek a rendszert az iteráció vonzási tartományának közepe környékén tartják. E módszer mindössze három adaptív paraméter alkalmazását igényli, melyek közül elegendő csak egyet hangolni.

Megmutattam azt is, hogy e hangolás nem csatolódik drasztikusan a nem hangolt szabályozó dinamikájához. Csupán kis mértékben befolyásolja az iteráció konvergenciasebességét és a pályakövetés pontosságát a hangolt adaptív szabályozó esetében.

Megmutattam továbbá azt is, hogy ezen új adaptív szabályozás alkalmazásával az ú. *“Modell Referenciás Adaptív Szabályozók (MRAC)”* új ága fejleszthető ki, melyek tervezése így nem igényli Lyapunov 2. módszerét. Helyette egyszerű *Robusztus Fixpont Transzformációkat* alkalmaz.

Mint alternatív lehetőséget, valós mátrixok *Szinguláris Érték Felbontásának (SVD)* geometriai értelmezését is javasoltam konvergens iteratív sorozatok generálására adaptív szabályozók konstruálására.

Végül a *törtrendű deriváltak* Caputo-tól származó definíciójának egyszerű paraméteres közelítését dolgoztam ki és javasoltam nemlineáris szabályozásban simítási céllal.

A kutatás tudományos módszereiről

A nemlineáris szabályozás területén kétféle tipikus megközelítés tehető.

Az egyik tipikus lehetőség “ideális” szabályozók és szenzorok feltételezése, melyek igen gyors válaszuak. Ekkor a szabályozott rendszer mozgása differenciálegyenlet rendszerekkel közelíthető. A Lyapunov függvényeket alkalmazó szabályozástechnikai irodalom jelentős része ezen az úton jár. Ezzel kapcsolatban érdemes hangsúlyozni, hogy a gyakorlati problémák zöme zárt alakban nem megoldható differenciálegyenletekre vezet. Ezért, ha számszerű részletek iránt is érdeklődünk, bár e szabályozók stabilitása matematikailag

bizonyított, numerikus szimuláció alkalmazására szorulunk még ezen egzakt technika esetében is.

Realisztikusabb szimulációs eredmények származtatása céljából indokolt lehet digitális szabályozóink és szenzoraink időfelbontási korlátaira is tekintettel lenni. Ez esetben differenciálegyenleteink *eseményórakkal* és *mintatartókkal* (*sample holders*) egészítendő ki, melyek a szabályozás “ciklikus” természetét reprezentálják. Ily módon a szabályozó ciklusideje megkülönböztethető a numerikus szimulációk időfelbontásától.

Hangsúlyozandó, hogy a diszkrét időfelbontás meghatározásán túl a különböző numerikus szimulátorok különböző integrálási módszereket is alkalmazhatnak és egyéb belső paraméterek beállítását is lehetővé teszik. E faktorok nyilvánvalóan érintik a numerikus szimulációk “eredményét”. A következőkben részletezett “híhetőségi megfontolások” fényében kutatásaim folyamán az alábbi módszerekre hagytam.

Mint a legegyszerűbb és leggyorsabb lehetőséget az INRIA SCILAB programozási környezetét felhasználva Euler legegyszerűbb integrációs módszerének alkalmazásával fix időfelbontású szimulációs programokat fejlesztettem ki. Azt tapasztaltam, hogy stabil szabályozás esetén robotokra vagy hasonló mechanikai rendszerekre 1 ms ciklusidő választható, ami egyenlővé tehető a numerikus időfelbontás értékével. Az így kapott futási eredmények tesztelése érdekében ezután elfeleztem a ciklusidőt (ezzel együtt az időfelbontást is), s ha az így kapott eredmények nem mutattak szignifikáns, észrevehető változást, a szimulációs eredményeket elfogadtam mint *a javasolt szabályozó működésének illusztrációit*.

Még realisztikusabb eredmények elérése érdekében meghagytam a ciklusidőt 1 ms értéken, a numerikus időfelbontásról azonban ennek a tizedét vettem. Mindezen szimulációs megoldások egyszerűen implementálhatók voltak SCILAB nyelven.

Még professzionálisabb szimulációk készítéséhez felhasználtam a SCILBA numerikus koszimulátorát, a SCICOS programot, amely kényelmes grafikus csatlakozó felületet biztosít szofisztikáltabb numerikus integráló csomagok hívásához. A digitális szabályozók diszkrét voltának modellezése érdekében ezekbe a programokba építettem be *mintatartókat* és *esemény-órakat*.

A kutatás módszerének fontos aspektusa, hogy a numerikus eredmények híhetőségének kérdése minden egyes konkrét szimuláció esetében egyedileg merül fel. Edward Lorenz úttörő munkásságára támaszkodtam, aki a Föld egyszerű meteorológiai modelljét vizsgálta számítógépes szimulációval. Lorenz megfigyelésének eredményeként került be a köztudatba, hogy vannak “stabil” és “instabil” rendszerek, melyek mozgásában az egymáshoz közeli kezdeti feltételek hatása időben korlátosan illetve exponenciálisan “felrobbanóan” változik. Bár bizonyos differenciálegyenlet típusok esetén vannak elméleti eredmények a véges elem módszerek megfelelő használatára, e probléma nem tárgyalható teljesen általánosan. Bizonyos esetekben az instabilitások megérthetők/tárgyalhatók a Riemann geometria alapján, amennyiben az egyenletek megoldása az adott geometria geodetikus vonalainak felel meg. A

vektorok és tenzorok párhuzamos elmozdításuk felhasználásával tekinthetők két szomszédos pöbntböl kezdetben egymással párhuzamosan, azonos sebességgel kiinduló geodetikus vonalak (V.I. Arnold tárgyalásmódja). Kutatásaimban feltételeztem, hogy

- A sikeres adaptív szabályozók stabil rendszert eredményeznek;
- Az ezekre kapott numerikus eredmények csak kis mértékben függenek az alkalmazott időfelbontástól, ha az már elegendően finom;
- Véges időtartamra a stabil numerikus megoldásokat “híhetőnek deklaráltam”, ha a felbontás felezése nem eredményezett észrevehető változást az eredményekben. Ez a hozzáállás elfogadható, hiszen maga a konvergencia vagy a konvergencia lehetősége egy vonzási tartományban előzetesen elméletileg bizonyítva volt. A szimulációk így csak illusztrálják az elméleti eredményt, a nonvergencia ill. divergencia lehetőségét.
- Bizonyos esetekben a SCILAB és SCICOS ODE szolverét használtam, amely a feladat merevségétől függően automatikusan választ numerikus integrálási módszert, s szintén automatikusan változtatja a numerikus időfelbontást. (Használata grafikus programozás esetén igen kényelmes.) Gondosan előírva a *megengedett maximális időfelbontást* illetve az előírt *abszolút és relatív tolerancia értékeket* konzisztens eredményeket lehetett kapni a stabil szabályozókra.
- Divergencia esetében megelégedtem annak léte numerikus bemutatásában, de az eredmények részleteit nem tekintettem híhetőnek.

Másik fontos szempont az eredmények híhetősége szempontjából a szimulációban használt modellek “híhetősége” vagy “realisztikus” volta. Míg általában feltehető, hogy egyetlen modell sem képes a valóság maradéktalan és pontos leírására, egy “jó” modell úgy tekinthető, mint egy kubista festmény, amely megragadja a valóság lényeges elemeit, következésképp felhasználható “paradigmának”, azaz egy egész feladat-osztály karakterisztikus reprezentánsának. Ebben az értelemben a szimulációs eredmények nem tekinthetők az illusztráció teljesen inadekvát vagy értéktelen eszközének még akkor sem, ha egy jaavolt szabályozási módszer további részletes vizsgálatokat igényel.

A javasolt szabályozási módszerek implementálása igényli a szabályozott rendszerek viselkedésének megfigyelését. E célból lett bevezetve a “Várt-Megvalósult Válasz Sémája”. Ez arra épít, hogy számos szabályozási feladat megfogalmazható egy megfelelő Q “gerjesztés” kiszámításával, amely a szabályozott rendszert egy “kívánt válasz” r^d adására készíti. (A megfelelő gerjesztés fizikai jelentése az adott rendszer fenomenológiájától függ. A Klasszikus Mechanika esetében a gerjesztés lehet erő vagy forgatónyomaték, míg a válasz gyorsulás [az általános koordináták idő szerinti 2. deriváltja], stb.) E megfelelő gerjesztés valamilyen közelítő, rendelkezésre álló modell segítségével számítható ki mint $Q=\varphi(r^d)$. Mivel e modell általában se nem

komplett, se nem pontos „megvalósuló válasz” r^r különbözni fog a kívánt értéktől, amelyet maga a rendszer állít elő: $r^r = \psi(\varphi(r^d)) \neq r^d$. Megjegyzendő, hogy a $\varphi()$ and $\psi()$ függvények rejtett paramétereket tartalmazhatnak, melyek magukhoz a rendszerhez vagy külső zavarokhoz kapcsolhatók. Fenomenológiai okokból a legegyszerűbb, ha a szabályozó „deformálja” a kívánt bemenet r^d értékét valamilyen r_*^d értékre úgy, hogy a deformált bemenetre pontosan a kívánt választ kapjuk: $r^d = \psi(\varphi(r_*^d))$. Másik lehetőség a durva modell kimenetének hasonló deformálása.

A fenti struktúra világosan jelzi, hogy a szabályozó által imert és beállított „kívánt” és a megfigyelt „megvalósult” válasz páros matematikailag lehetővé teszi a szabályozási feladat *fixpont probléma* formájában való megfogalmazását. E felismerés után a kutatás fő iránya olyan *deformációk* vagy *fixpont transzformációk* keresésévé vált, amelyek a szabályozási feladat megoldásához mint fixponthoz konvergáló sorozatokat generálnak. Ebből az iterációból minden egyes szabályozási ciklusban egy-egy lépés tehető meg, míg a következő ciklus már egy „frissített” r^d értékre indul onnan, ahol az előző ciklus végződött. Ha az adaptív iteráció dinamikája jóval gyorsabb, mint a szabályozott folyamaté, e megoldás elfogadható eredményre vezethet. (Az idea szoros analógiája a „*Komplett Stabilitás*” fogalmának, melyet CNN neurális hálózatoknál gyakran alkalmaznak.) Hasonló dinamikai közelítés található Getz, Getz and Marsden mátrixok dinamikus invertálását célzó munkájában, de az ő megfontolásai Lyapunov függvények használatán alapulnak.

Lyapunov 2. módszerét a szabályozástechnikában általában kvadratikusszerkezetű Lyapunov függvénnyel alkalmazzák, amelynek globális minimuma van, ezért ebben a megoldás-típusban innen eredeztethető a globális stabilitás. Az általam javasolt megoldás Banach terekben generál iterációt, amelynek konvergenciartartománya mindenképp véges, ezért e megoldás e szempontból „törekenyebb” a tradicionális megközelítéseknél, külön vizsgálatot igényel a konvergencia-tartományban való bentmaradás. Ennek „ellentételezéseként” viszont a módszer nagyon egyszerű, és kis számítási igényű.

Új tudományos eredmények

1. Tézis: A klasszikus „Adaptív Inverz Dinamika” és „Adaptív Slotine-Li Szabályozó” kritikai elemzése és továbbfejlesztése (A 4. fejezet eredményeinek összefoglalása)

E tézis a legszofisztikáltabb klasszikus, modell-alapú adaptív szabályozók, az „Adaptív Inverz Dinamika” és „Adaptív Slotine-Li Szabályozó” [Jean-Jacques E. Slotine and Weiping Li: Applied Nonlinear Control. Prentice Hall International, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1991.] kritikai elemzésével kezdődik. E szabályozók megtervezése megfelelő Lyapunov függvények választásán alapul, amelyeknek negatív idő szerinti deriváltjának garantálásából származik a formailag egzakt de paramétereiben pontatlan modellek

paramétereinek hangolása, biztosítja a globális aszimptotikus stabilitást. Megmutattam, hogy

- mindkét módszer kiegészíthető a pályakövetési hiba integrálját is visszacsatoló taggal;
- e kiegészítése lényegileg ugyanolyan szerkezetű Lyapunov függvények választása mellett lehetséges, mint amelyeket az eredeti módszerek is alkalmaznak; (Mind az új Lyapunov függvényeket, mind pedig a paraméterek hangolásának ezzel kapcsolatban szükséges módosítását elvégeztem;)
- az eredeti módszerben használt visszacsatolások mellett az eredeti, Lyapunov függvényből származtatott paraméter-hangolási stratégiák sokkal hatékonyabb hangolással válthatók ki, ami nem Lyapunov függvényből ered, és ugyanazt az információt, amelyet a Lyapunov függvényből származtatott hangolás is felhasznál, annál sokkal célirányosabban hasznosítja;
- a pályakövetési hiba aszimptotikus zéróhoz tartása az eredeti Lyapunov függvények nélkül is biztosítható a paraméterhangolási (tanulási) folyamat befejeződése után;
- az új hangolási (tanulási) folyamat alatt, annak részleteitől függetlenül a pályakövetési hiba kordában van tartva;
- az *“Adaptív Inverz Dinamika”* szabályozó kritikus lépése, azaz a modell inerciamátrixa aktuális becslésének invertálása az új hangolásban elkerülhető;
- mind az eredeti, mind pedig az új hangolási módszeren alapuló megoldások igen érzékenyek maradnak a külső zavarokra és a nem modellezett részrendszerekkel való dinamika kölcsönhatásokra;
- hogy a jelen új formák is használhatatlanok, ha a dinamikai paramétereket nem lehet leválasztani kinematikailag ismert függvényekkel képzett lineáris kombinációk formájában.

A fenti megállapítások mindegyikét szimulációs vizsgálatok eredményeivel illusztráltam. A tézishez szorosan kapcsolódka a következő saját publikációk: [J14] , [C104] , [C106] , és [C116] . A tézis tárgykörét szintén érintette a következő előadás: [C115] .

2. Tézis: Uniformizált modell-struktúrák bevezetése uniformizált procedúrákkal végezhető részleges és ideiglenes, szituáció-függő rendszer-identifikáció céljára fenomenológiai alapon (A 6. Fejezet eredményeinek összefoglalása)

A klasszikus lágy számítási eljárások alakalmazásán alapuló adaptív módszerek kritikai elemzését követően felismertem, hogy azok általános matematikai természetű nehézségei (*“a dimenzionalitás átka”, “rossz skálázhatóság”* vagy *“a véges struktúra sehol sem sűrű a közelítendő függvények halmazán”* tulajdonságok) abból a közös töből erednek, hogy ezek a

modellek Kolmogorov-Groszmann-féle folytonos függvények egyváltozós folytonos függvényekkel kompakt tartományon való közelítésére vonatkozó tételére támaszkodnak.

Szem előtt tartva Weierstraß 1872-ben adott, mindenütt folytonos de sehol sem differenciálható függvényre adott példáját felismertem, hogy a *folytonos függvények osztálya* túlságosan tág a legtöbb műszaki alkalmazás szemszögéből, melyek többnyire *sima* függvényekkel is “beérők”. Felismertem, hogy ez a körülmény lehetséges magyarázatát adja annak a hosszú történelmi tapasztalatnak, hogy a gyakorlatban a lágy számítási eljárásokon alapuló módszerek kiválóan működnek a “sehol sem sűrű” tulajdonság ellenére.

A “*struktúrák és procedúrák uniformizáltságának*” vonzó ideáját megtartandó és kiaknázandó olyan “*uniformizált struktúrák és procedúrák*” bevezetését javasoltam, amelyek mentesülnek a *dimenzionalitás átkától*. E célból a *Klasszikus Mechanikai Rendszerek* modellezésére szorítkoztam, melynek modelljeit két különböző absztarkciós szinten is tekintettem. Az első lépés a *Klasszikus Mechanika* fenomenológiai alapjaira közvetlenül ráépülő *Euler-Lagrange mozgásegyenleteket* vizsgálta. A második lépés az absztrakció magasabb szintjén megfogalmazott *Kanonikus Egyenleteket* vette alapul. Ezek eredményeképp a következő modell-struktúrákat vezettem be és vizsgáltam szimulációval:

- Kimutattam, hogy *uniformizált struktúrák konstruálhatók a klasszikus mechanikai rendszerek inerciamátrixából az azok felépítésére szokásosan használt klasszikus modellezési módszerek (azaz homogén mátrixok és Denavit-Hartenberg konvenciók használata a részletes analitikus modell kiépítésre) részleteitől teljesen függetlenül*. Egy n szabadsági fokú rendszer esetében e struktúrák $n \times n$ méretű ortogonális mátrixokból illetve fődiagonális elemekben lévő zsugorításokból illetve nyújtásokból álló mátrixokból épülnek fel, amelyek megfelelnek a kezdeti, közelítő inerciamátrix diagonalizálásának. Megmutattam, hogy a szabadon hangolható paraméterek száma ebben a modellben $n + (n^2 - n)/2$.
- Szimulációs vizsgálatokkal illusztráltam, hogy e technika segítségével javítható az eredeti modellt használó szabályozó pályakövetési tulajdonsága.
- Az új uniformizált modellezés kapacitásának bővítése érdekében analizáltam a *kanonikus mozgásegyenletek* belső szimmetriáit. Szintén elemeztem *Szimplektikus Csoport* mechanikai használatának fenomenológiai aspektusait, mely csoport megőrzi ezeket a belső szimmetriákat. A mechanikai rendszerek korlátozott szimplektikus transzformációk hangolásával történő uniformizált modellezésének és adaptív szabályozásának kiépítésére felhasználtam Jánossy Lajos “*deformációs elvét*”.
- Kimutattam, hogy azon *szimplektikus transzformációk* szabad paramétereinek száma, amelyek *nem “keverik össze” a q és p koordinátakategy n szabadsági fokú rendszer esetében összesen n^2 , ami*

általában jelentősen több, mint a $n(n^2-n)/2$ számú szabad paramétere.

- Megmutattam, hogy a paraméterezés céljára szimmetrikus és antiszimmetrikus generátorok vezethetők be a Szimplektikus Csoport leírására, s kidolgoztam egy egyszerű módszert az uniformizált struktúrák analitikus formájára.
- Megmutattam, hogy a fenti szimplektikus transzformációk alkalmasak klasszikus mechanikai rendszerek részleges és szituáció-függő uniformizált modelljeinek identifikálására. E modellek folyamatos frissítést/karbantartást igényelnek, ami a rendszer “megfigyelt viselkedésének” az aktuális modellből számolt “elvárt viselkedésre” való leképezésével valósítható meg.
- Megmutattam, hogy ezen egyszerű megközelítés nagy előnye, hogy az nem tesz erőfeszítést annak tisztázására, hogy az “elvárt” és “megfigyelt” viselkedés eltéréseinek oka modell-hibából vagy külső zavarokból, vagy mindkét körülmény fennállásából ered. Ezek együttes hatását veszi figyelembe az egyszerű leképezés megkonstruálásánál. Ez jelentős előny az “Adaptív Inverz Dinamika” és az “Adaptív Slotine-Li Szabályozó” módszerével szemben, amelyek az ismeretlen külső zavarok hiányát vagy legalább temporális és jelentéktelen voltát tételezik fel, vagy azok mindenkor pontos ismeretét igénylik, s melyek adaptációja Lyapunov 2. módszerén alapuló komplikált számításokon alapul.
- Megmutattam, hogy a javasolt modellezési módszer jelentős előnyökkel bír a klasszikus lágy számítási eljárásokon alapuló megoldásokkal szemben, mivel az általa használt uniformizált struktúrák mérete és hangolható paramétereinek száma lényegében a szabályozott rendszer szabályozott szabadsági fokainak számától függ. Ezek korlátozott számúak és függetlenek a rendszer részletes analitikus modelljétől. Ezzel szemben például egy nemlineáris leképezés megvalósító többreteges perceptronban csak a szükséges rétegek száma kötött, de az egyes rétegekben elhelyezendő neuronok és így a hangolható paraméterek száma is erősen függ a konkrét problémától és az előírt pontosságtól.
- Egy külső zavarok hatása alatt álló 3 szabadsági fokú klasszikus mechanikai rendszerre kapott szimulációs eredmények diszkutálásával illusztráltam a módszer használhatóságát.

A 2. Tézishez kapcsolódó fontosabb saját publikációk a következők: [B1] , [B2] , [J1] , [J2] , [J3] , [J4] , [J5] , [J6] , [J7] , [J13] , [C1] , [C2] , [C3] , [C4] , [C5] , [C6] , [C7] , [C8] , [C9] , [C10] , [C11] , [C12] , [C13] , [C14] , [C15] , [C16] , [C17] , [C18] , [C19] , [C20] , [C21] , [C22] , [C23] , [C24] , [C25] , [C26] , [C27] , [C28] , [C29] , [C30] , [C31] , [C40] . A következő saját publikációk “kritikai része” szintén releváns e tézissel kapcsolatban: [J14] , [C102] , [C106] .

3. Tézis: *Speciális ciklusrendszerek adaptív szabályozása különböző Lie csoportok speciális elemeinek absztrakt felhasználásával (A 7. Fejezet eredményeinek összefoglalása)*

E tézis speciális Lie csoportok formális matematikai tulajdonságainak potenciális felhasználására koncentrált. E csoportok elemei szorzásos struktúrákban fordulnak elő egyfajta “kumulatív” szabályozás megvalósításában, amelyek a *situáció-függő, rezleges és ideiglenes rendszeridentifikációt* egységközeleli mátrixok szorzatával állítják elő. E célra igen egyszerű szerkezetű, speciális mátrixokat dolgoztam ki. Paraméterek hangolása helyett bevezettem a “*Minimális Operációjú Transzformációkat*”, amelyek a rendszer “*elvár*” és “*megfigyel*” viselkedését képezik le egymásra. E leképezések úgy vannak megalkotva, hogy lényegi módosítást a legfrissebb hozzáférhető információ birtokában tesznek a rendszer viselkedésének előzetesen megfigyelt alterében. Ez a lehetséges leképezések szabad paramétereinek erős megszorítását jelenti. A szabályozó ciklusban használja egyes mátrixok inverzét. Mivel e mátrixok speciális Lie csoportok elemei, az inverz számítása igen “*költségtakarékos*”, maximum két mátrixszorzás elvégzését jelenti. Részletesebben:

- A gyakorlati felhasználás céljaira *kétféle speciális szimplektikus mátrixot* dolgoztam ki, továbbá *speciális általánosított Lorentz mátrixokat*, valamint a *nyújtással kombinált forgatásokat*.
- Bebizonyítottam, hogy az így kifejlesztett adaptív szabályozó konvergens lehet fizikai rendszerek egy igen széles osztályára. A bizonyítás a perturbációszámításban használatos megfontolásokhoz hasonló elképzeléseken alapul.
- Különböző segédmódszereket (“*súlyaktorok*” ill. “*regulációs faktorok*”) dolgoztam ki és vezettem be, amelyek biztosítják a szabályozó konvergenciáját a szabályozás kezdeti fázisában is, midőn a kiindulási modell még igen rossz, így a szükséges leképezések távol esnek az egységmátrixtól, és a perturbációszámításon alapuló megfontolások alkalmazása nem lenne indokolt.
- E megközelítések potenciális használhatóságát különféle szimulációkkal demonstráltam, többek között részlegesen és pontatlanul modellezett, dinamikailag csatolt rendszerek adaptív szabályozásának “*centralizált*” és “*decentralizált*” változatával.

Általánosságban Általánosságban elmondható, hogy e módszer sokkal egyszerűbb struktúrákat és procedúrákat alkalmaz, mint a konvencionális lágy számítási eljárásokon alapuló módszerek, nem alkalmaz paraméter-hangolást, és nem igényli komplikált Lyapunov függvény megalkotását. Hátránya, hogy komplett stabilitást nem globálisan, hanem csak lokálisan tud garantálni. Emiatt a módszer konvergenciája elveszhet, ha az a vonzási tartományból kilép. A tézis tartalmához szorosan kötődő saját publikációk az alábbiak: [B3] , [B6] , [J5] , [J6] , [J7] , [J8] , [J9] , [J10] , [C32] , [C33] , [C34] , [C35] , [C36] ,

[C37], [C38], [C39], [C40], [C41], [C42], [C43], [C44], [C45], [C46], [C47], [C48], [C49], [C50], [C51], [C52], [C53], [C54], [C56], [C57], [C58], [C59], [C60], [C61], [C62], [C63], [C64], [C65], [C67], [C68], [C74]. További, kapcsolódó saját közlemények a következők: [C80], [C83], [C84], [C93], [C96].

4. Tézis: Különböző paraméteres Fixpont Transzformációk bevezetése speciális SISO és MIMO rendszerek adaptív szabályozására (A 8. Fejezet eredményeinek összefoglalása)

Egyszerű geometriai megfigyelések alapján a szituáció-függő, temporális adaptív szabályozók egy speciális osztályát fejlesztettem ki nemlineáris SISO (Single Input – Single Output) rendszerekre, amelyek nem igényelnek semmiféle részleges rendszer-identifikációt. Ehelyett mindössze bizonyos “kvalitatív” információt használnak csak fel a szabályozandó rendszer egy speciális sajátosságáról. E szempontból a rendszer lehet “növekedő” vagy “csökkenő”. A módszer olyan lokális deformációkat vezet be, amelyek az iteratív tanulási folyamat számára lokális vonzási medencét biztosítanak a feladat megoldása számára. Ez képes az ismeretlen külső zavarok hatásait is kompenzálni, amelyek részben modellezetlen részrendszerekkel való dinamikai csatolásból is eredhetnek. E célra

- A felhasználható fixpont transzformációk négy változatát vezettem be adaptív szabályozásban valóhasználathoz. E transzformációknak mindössze két adaptív paramétere van. E paraméterek geometriai értelmezése nagyon egyszerű, s a szabályozott rendszer “bemenet-válasz” terében definiált hasonló háromszögekhez kötődik.
- A szabályozó iteratív tanulást valósít meg a bemeneti téren konvergens Cauchy sorozatok formájában.
- Megmutattam, hogy a módszer konvergenciája egyszerűen bizonyítható a “lineáris, normált, teljes metrikus tereken” (Banach tereken) alkalmazott kontraktív leképezések használatával.
- Megmutattam, hogy miután e fogalom sokféle konkrét norma definíció használatát is megengedi ugyanazon halmazon, a javasolt módszer igen rugalmas és számtalan realizációja lehetséges.
- Igen egyszerű tervezési módszert javasoltam az igen redukált számú adaptív paraméter beállítására. Ez jelentős előny lehet a tradicionális adaptív szabályozókkal (“Adaptív Inverz Dinamika” és “Adaptív Slotine-Li Szabályozó”) szemben, amelyek igen komplikált és részletes rendszer-modelleket használnak, nagy számú modell-paramétert hangolnak, nagy számú adaptív szabályozó paraméter használatával. Megjegyzem, hogy numerikus részletek a hagyományos adaptív módszerek esetében is csak szimulációval nyerhetők ki.
- Megmutattam, hogy – az igen szofisztikált “Adaptív Inverz Dinamika” és “Adaptív Slotine-Li Szabályozó” módszerekkel szemben – az itt javasolt

módszer elválasztja egymástól a kívánt pályakövetési stratégia tisztán kinematikai meghatározását és a dinamikai szabályozó megtervezését. A kívánt pályakövetés tetszőlegesen írható elő. Emiatt a javasolt módszer igen flexibilis.

- Megmutattam, hogy az az igen szofisztikált “*Adaptív Inverz Dinamika*” és “*Adaptív Slotine-Li Szabályozó*” módszerekkel szemben a javasolt módszer egyidejűleg és egyszerre kompenzálja a modellezési hibák és ismeretlen külső zavarok vagy nem modellezett, dinamikailag csatolt szabadsági fokok hatását.
- E szabályozó család robusztusabb változatát is kimunkáltam szigmoid függvények bevezetésével. Ez a forma három adaptív paramétert tartalmaz, amelyek közül beállítani praktikusán csak kettőt kell, a harmadik a ± 1 értéket veheti fel. A szabályozó működését geometriai alapon értelmeztem.
- Az eredetileg SISO rendszerekre kidolgozott módszer kétféle általánosítást dolgoztam ki MIMO (Multiple Input – Multiple Output) rendszerekre a “növekvő” ill. “csökkenő” tulajdonság általánosításával a “közel azonos irányú” illetve a “közel ellentétes irányú” vektorok fogalmának bevezetésével valós Hilbert terekben.
- A javasolt módszer használhatóságának tesztelése céljából másod, harmad, negyed, és frakcionális rendű rendszerekre (ez utóbbiak esetében a rendszer “válasza” az állapotváltozó valamilyen törtrendű eriváltja) végeztem szimulációs vizsgálatokat, köztük holonom és anholonom mechanikai és elektromechanikus rendszerekre, alulhajtott mechanikai rendszerre, elektrosztatikus mikromeghajtóra, valamint polimerizációs folyamat modelljére is. A javasolt megközelítés eredményeit összehasonlítottam néhány “ad hoc” megoldás eredményével is, amelyek hasonló információt használnak fel a szabályozásban.
- A lokális vonzási medencével működő megoldás lehetséges felhasználási körét kibővíteni olyan hangolási folyamatot vezettem be, amely a *Robustus Fixpont Transzformációk* mindössze három paraméterének egyikét hangolja. Matematikailag bebizonyítottam és SCILAB/SCICOS szimulációkkal illusztráltam, hogy e kiegészítő hangolás stabilizálja a szabályozót a szabályozási feladat megoldását adó fixpont környezetében. Ily módon a javasolt megoldás versenyképes lehet a tradicionális, globális stabilitást biztosító megoldásokkal

A tézishez szorosan csatlakozó saját publikációk az alábbiak: [B7] , [B8] , [J5] , [J15] , [J16] , [J18] , [J19] , [J20] , [C77] , [C85] , [C86] , [C87] , [C97] , [C100] , [C101] , [C103] , [C105] , [C107] , [C108] , [C109] , [C110] , [C111] , [C113] , [C114] , [C116] , [C117] , [C122] . További kapcsolódó publikációk: [C89] , [C91] , [C96] .

5. Tézis: Lyapunov “direkt módszerrel” kiváltása Robusztus Fixpont Transzformációkkal a Modell Referenciás Adaptív Szabályozókban (A 9. Fejezet eredményeinek összefoglalása)

Felismertem, hogy a konvergenciát stabilizáló kiegészítő paraméter-hangolással együtt a *Robusztus Fixpont Transzformációkkal* és az “*elvárt-megfigyelt válasz sémával*” működő szabályozó minden nehézség nélkül beilleszthető a “*Modell Referenciás Adaptív Szabályozók*” (MRAC) rendszerébe úgy, hogy az ki tudja váltani a Lyapunov függvényt a tervezésből.

- Megmutattam, hogy ennek céljára az “*elvárt válasz*” helyébe egy kinematikailag előírt pályakövetéshez a referencia modellből számított általánosított erők helyezendők, míg a “*megvalósult válasz*” helyébe a szabályozott rendszer általános koordinátáinak második deriváltjából és a referencia modell adatiból számított általánosított erők.
- Szimulációkkal megmutattam, hogy az új megközelítés pontosan realizálja az MRAC szabályozók alapötletét: a modell-alapú szabályozó számára azt az illúziót kelti, hogy a szabályozott rendszer úgy viselkedik, mint a referencia modell, azaz ugyanazon általánosított erőre ugyanazon választ adja.
- Az új szabályozó megtervezése sokkal egyszerűbb, mint a Lyapunov függvényeken alapuló technika használata.

E tézishoz a következő saját közlemények tartoznak: [C118] , [C119] , és [C121] .

6. Tézis: MIMO rendszerek adaptív szabályozása a rendelkezésre álló közelítő modell közelítő SDV felbontása alapján (A 10. Fejezet eredményeinek összefoglalása)

A Szinguláris Érték Felbontás (SVD)valós mátrixokra való alkalmazásának geometriai értelmezése alapján *általános* (azaz nem speciálisan “*növekvő*” vagy “*csökkenő*”) dinamikai MIMO rendszerek adaptív szabályozására új adaptív szabályozót javasoltam, amely *a rendszer rendelkezésre álló közelítő analitikus modelljét használja fel*. E szabályozó legfontosabb sajátosságai a következők:

- E módszer a kétparaméters fixpont transzformációkon alapuló módszer általánosítása, amely nem kötődik vagy csak a “*növekvő*” vagy csak a “*csökkenő*” rendszerekhez.
- A szabályozott rendszer ezen tulajdonsága változhat annak állapotterében. A közelítő analitikus modell és annak SVD-vel való felbontásának szerepe annyi, hogy a “*növekvő*” vagy “*csökkenő*” tulajdonság változását nyomon kövesse.
- A módszer nem igényli az egyébként művelet-igényes SVD valós idejű alkalmazását minden egyes szabályozási ciklusban. A rendszer és közelítő analitikus modelljének ezen együttes tulajdonsága

feltérképezhető, de a 6.2.10 az állapotterén adott rács pontjaiban, melyek közt különböző interpolációt alkalmazhat a vaéós idejű szabályozó (pl. *Support Vector Machine* segítségével, amely radiális bázisfüggvényeket használhat).

- A javasolt módszer működését szimulációval vizsgáltam és demonstráltam egy nemlineáris paradigma felhasználásával.

E tézishez a következő saját publikációk kapcsolódnak szorosan: [J14] , [C102] , [C104] , [C106] .

7. Tézis: Törtrendű deriváltak numerikus közelítése és ennek potenciális felhasználása (A 11. Fejezet eredményeinek összefoglalása)

A törtrendű deriváltak Caputo által adott definíciójának diszkrét közelítését javasoltam a következőképp:

- A javasolt közelítésnek három szabad paramétere van: a diszkrét időfelbontás tartama, a közelítés memóriahossza diszkrét lépésekben, és a deriválás rendje.
- Az irodalomban uralkodó “*kezdeti feltételek*” fogalmának használata helyett bevezettem a “*megelőző történet*” (“*preceding history*”) fogalmát, amely természetesen veszi figyelembe az *operátor* memóriáját és megszünteti a “*kezdeti értékek pillanatának*” fizikailag nem indokolt kitérítését.
- A homogén, lineáris, állandó együtthatójú törtrendű differenciálegyenlet numerikus megoldásának tanulmányozásával megmutattam, hogy a javasolt közelítés határesetben visszaadja a közönséges egész értékű deriváltakat. E célból speciális mátrixok sajátértékeit analitikus formában számítottam ki.
- Megmutattam, hogy e közelítésben a “deriválás rendjét” leíró paraméter tágabb tartományban terjeszthető ki, mint az eredeti Caputo-tól eredő alak esetében az lehetséges, így a módszerrel stabil disszipatív és instabil, “felrobbanó” rendszerek is modellezhetők.
- Megmutattam, hogy e numerikus közelítéssel a korábban javasolt adaptív szabályozási módszerek különösebb nehézség nélkül átvihetők törtrendű rendszerek adaptív szabályozására.
- Megmutattam, hogy a javasolt közelítés frekvenciaszűrő tulajdonsága jól alkalmazható jelsimításra a korábban javasolt adaptív szabályozókban.

A tézishez szorosan csatlakozó saját közlemények a következők: [C66] , [C69] , [C70] , [C71] , [C72] , [C73] , [C75] , [C76] , [C78] , [C79] , [C81] , [C82] , [C92] , [C93] , [J13] .

Igen tömören az állítható, hogy az itt bemutatott új megoldásokhoz különféle paraméterhangolási lehetőségek és szabályok tartozhatnak. Néhány “ad hoc” megoldást már vizsgáltunk, viszont a lehetséges megoldások szisztematikus vizsgálata egészen tág kutatási területet jelent, amelyen módszeresen lehet tovább haladni.

Az eredmények potenciális hasznosítása

Az értekezésben és a kapcsolódó közleményekben számos alkalmazási területet modelleztem: teljesen meghajtott és alulhajtott mechanikai rendszereket, robotokat tecjhnológiai működés közben, polimerizációs reakciót, elektromágneses lebegtetést, elektrosztatikus mikromeghajtókat, hidraulikus hajtású robotokat, súrlódási hatások adaptív kompenzálását, magasabb és törtrendű rendszerek adaptív szabályozását, holonom és anholonom rendszereket, Axckermann-típusú kormányserkezettel illetve omnidirekcionális kerekekkel meghajtott robotkocsit, járművek csatolt láncolatának (“*platoons*”) adaptív szabályozását, daruk lengési problémájának adaptív megoldását. Az eredményeket ténylegesen felhasználtam illusztrációs célokra napi oktató munkámban az Óbudai Egyetemen és jogelődjén, valamint a legutóbbi félév diplomamunka témáiban is.

Az értekezéshez kapcsolódó saját közlemények

Könyvrészletek

- [B1] J.K. Tar, O. Kaynak, I.J. Rudas, J.F. Bitó: “The Use of Partially Decoupled Uniform Structures and Procedures for the Robust and Adaptive Control of Mechanical Devices”, Recent Advances in Mechatronics, (O. Kaynak, S. Tosunoglu, M. Ang editors) Springer-Verlag Singapore Pte. Ltd. 1999, pp. 138-151.
- [B2] J.F. Bitó, J.K. Tar, I.J. Rudas: “Novel Adaptive Control of Mechanical Systems Driven by Electromechanical Hydraulic Drives”, Knowledge and Technology Integration in production and Series Balancing Knowledge and Technology in Product and Service Life Cycle, Ed. V. Marik, Kluwer Academic Publishers, USA, 2002, pp. 518-532.
- [B3] József K. Tar, Imre J. Rudas, János F. Bitó, K. Kozłowski: “A New Approach in Computational Cybernetics Based on the Modified Renormalization Algorithm Guaranteeing Complete Stability in the Control of a Wide Class of Physical Systems”, Intelligent Systems at the Service of Mankind Vol. I, pp. 3-14 (Eds.: Wilfried Elmenreich, J. Tenreiro Machado, and Imre J. Rudas), Ubooks 2004, Printed in Germany, ISBN: 3-935798-25-3.
- [B4] József K. Tar, Imre J. Rudas, János F. Bitó, J. Tenreiro Machado: “Improved Numerical Simulation for a Novel Adaptive Control Using Fractional Order Derivatives”, Intelligent Systems at the Service of Mankind-vol. 2, Ubooks, Germany, 2005, W. Elmenreich, J. Tenreiro Machado, I.J. Rudas (Eds), pp. 283-294, ISBN 3-86608-052-2.
- [B5] József K. Tar, Imre J. Rudas, János F. Bitó, J. Tenreiro Machado: “Simple Kinematic Design for Evading the Forced Oscillation of a Car-Wheel Suspension System”, Intelligent Systems at the Service of Mankind-vol. 2, Ubooks, Germany, 2005, W. Elmenreich, J. Tenreiro Machado, I.J. Rudas (Eds), pp. 161-171, ISBN 3-86608-052-2.
- [B6] József K. Tar, Imre J. Rudas, Ágnes Szegegyi and Krzysztof Kozłowski: “Novel Adaptive Control of Partially Modeled Dynamic Systems”, in Lecture Notes in Control and

Information Sciences, 62, 10, Berlin/Heidelberg, Robot Motion and Control: Recent Development, Part II - Control and Mechanical Systems, Ed. Krzysztof Kozłowski, Volume 335 / 2006, pp. 99 – 111, ISBN: 1-84628-404-X.

- [B7] József K. Tar, Imre J. Rudas and Krzysztof R. Kozłowski: “Fixed Point Transformations-Based Approach in Adaptive Control of Smooth Systems”, (delivered at the 6th International Workshop on Robot Motion and Control, June 11-13, 2007, Bukowy Dworek, Poland); in Lecture Notes in Control and Information Sciences 360 (Eds.: M. Thoma and M. Morari), Robot Motion and Control 2007 (Ed.: Krzysztof R. Kozłowski), pp. 157-166, Springer Verlag London Ltd. 2007, ISBN-13:978-1-84628-973-6.
- [B8] József K. Tar and Imre J. Rudas: “Fixed Point Transformations Based Iterative Control of a Polymerization Reaction”, in Intelligent Engineering Systems and Computational Cybernetics (Eds. J.A. Tenreiro Machado, Imre J. Rudas, Béla Pátkai), Springer Science+Business Media B.V., 2008, pp. 293-303 [ISBN 978-1-4020-8677-9, e-ISBN 978-1-4020-8678-6, Library of Congress Control Number: 2008934137].

Közlemények folyóiratokban

- [J1] I.J. Rudas, J.F. Bitó, J.K. Tar: “An Advanced Robot Control Scheme Using ANN and Fuzzy Theory Based Solutions”, *Robotica* (1996) Vol. 14, pp. 189-198.
- [J2] J.K. Tar, I.J. Rudas, J.F. Bitó: “Group Theoretical Approach in Using Canonical Transformations and Symplectic Geometry in the Control of Approximately Modeled Mechanical Systems Interacting with Unmodelled Environment”, *Robotica*, Vol. 15, pp. 163-179, 1997.
- [J3] J.K. Tar, I.J. Rudas, L. Madarász, J.F. Bitó: “Simultaneous Optimization of the External Loop Parameters in an Adaptive Control Based on the Co-operation of Uniform Procedures”, *Journal of Advanced Computational Intelligence*, Vol. 4, No. 4, 2000, pp. 279-285.
- [J4] J.K. Tar, I.J. Rudas, J.F. Bitó, O.M. Kaynak: “A New Utilization of the Hamiltonian Formalism in the Adaptive Control of Mechanical Systems under External Perturbation” *Intelligent Automation and Soft Computing*, Vol.5, Issue:4, 1999, pp. 303-312.
- [J5] J.K. Tar, M. Rontó: “Adaptive Control Based on the Application of Simplified Uniform Structures and Learning Procedures”, *Zbornik Radova*, Vol. 24 No. 2, 2000, pp. 174-194. (ISSN: 0351-1804)
- [J6] József K. Tar, Imre J. Rudas, János F. Bitó, Ladislav Madarász: “An Emerging Branch of Computational Cybernetics Dedicated to the Solution of Reasonably Limited Problem Classes”, *AT & P Journal Plus2* 2001, pp 19-25.
- [J7] J.K. Tar, I.J. Rudas, J.F. Bitó, S.J. Torvinen: “Symplectic Geometry Based Simple Algebraic Possibilities for Developing Adaptive Control for Mechanical Systems”, *Journal of Advanced Computational Intelligence (JACI)*, Vol. 5, No. 4, 2001, pp. 254-262.
- [J8] József K. Tar, Imre J. Rudas, J.F. Bitó, Krzysztof Kozłowski: “Special Symplectic Transformations Used in Nonlinear System’s Control”, *International Journal of Mechanics and Control*, Vol. 04 No 02 – 2003, ISSN 1590-8844, pp. 3-8.
- [J9] József K. Tar, Imre J. Rudas, János F. Bitó: “Simulation Based Verification of the Applicability of a Novel Branch of Computational Cybernetics in the Adaptive Control of Imperfectly Modeled Physical Systems of Asymmetric Delay Time and Strong Non-linearities”, *Acta Polytechnica Hungarica*, issued by Budapest Polytechnic, 2004 May, No. 1, pp. 26-43., ISSN 1785-8860.
- [J10] József K. Tar, Imre J. Rudas, Ágnes Szeghegyi, Krzysztof Kozłowski: “Non-Conventional Processing of Noisy Signal in the Adaptive Control of Hydraulic Differential Servo Cylinders”, in the Special Issue on Signal Processing, *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, Vol. 54, No. 6, pp. 2176-2179, December 2005, ISSN 0018-9456.
- [J11] József K. Tar, Imre J. Rudas, Stefan Preitl, Radu-Emil Precup: “Robust, Potential Limited Control for an Indirectly Driven Saturated System”, *Buletinul Stiintific al Universitatii “Politehnica” din Timișoara, Romania, Seria Automatica si Calculator, Scientific Bulletin of “Politehnica” University of Timișoara, Romania, Transactions on Automatic Control and Computer Science*, Vol. 51 (65), No. 1, 2006, ISSN 1224-600X.

- [J12] József K. Tar, Imre J. Rudas, [doi:10.1016/j.asoc.2006.06.001](https://doi.org/10.1016/j.asoc.2006.06.001) “Geometric Identification and Control of Nonlinear Dynamics Based on Floating Basis Vector Representation”, Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics, Vol. 10 No.4, 2006, pp. 542-548.
- [J13] József K. Tar, Imre J. Rudas and Béla Pátkai: “Comparison of Fractional Robust and Fixed Point Transformations Based Adaptive Compensation of Dynamic Friction”, Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics, Vol. 11 No. 9, 2007.
- [J14] J.K. Tar, I.J. Rudas, Gy. Hermann, J.F. Bitó, J.A. Tenreiro Machado: “On the Robustness of the Slotine-Li and the FPT/SVD-based Adaptive Controllers”, WSEAS Transactions on Systems and Control, Issue 9, Volume 3, September 2008, pp. 686-700, ISSN: 1991-8763.
- [J15] József K. Tar, János F. Bitó, László Náday, José A. Tenreiro Machado: “Robust Fixed Point Transformations in Adaptive Control Using Local Basin of Attraction”, Acta Polytechnica Hungarica, Vol. 6 Issue No. 1 2009, pp. 21-37, ISSN:1785-8860.
- [J16] József K. Tar, János F. Bitó, Csaba Ráti: “Avoiding the saturation and resonance effects via simple adaptive control of an electrically driven vehicle using omnidirectional wheels”, Acta Technica Jaurinensis Vol. 2 No. 2, 2009, pp. 217-231, ISSN 1789-6932.
- [J17] J.A. Tenreiro Machado, Alexandra M. Galhano, Anabela M. Oliveira, József K. Tar: “Approximating fractional derivatives through the generalized mean”, Commun Nonlinear Sci Numer Simulat (2009), doi:10.1016/j.cnsns.2009.03.004
- [J18] József K. Tar, Imre J. Rudas: “Adaptive Optimal Dynamic Control for Nonholonomic Systems”, Computing and Informatics, Vol. 28, 2009, 1001–1013, V 2009-Apr-6
- [J19] J.K. Tar: Robust Fixed Point Transformations Based Adaptive Control of an Electrostatic Microactuator, Acta Electrotechnica et Informatica, Vol. 10, No. 1, 2010, pp. 18-23
- [J20] J.K. Tar: “Replacement of Lyapunov Function by Locally Convergent Robust Fixed Point Transformations in Model-based Control A Brief Summary”, Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics, Vol. 14 No. 2, pp. 224-236

Előadások és konferencia-kiadványokban megjelentetett közlemények

- [C1] J.K. Tar, J.F. Bitó, I.J. Rudas, O. Kaynak: “Robust Robot Controller Improved by Adaptive Loop Based on Abstract Geometric Principles of Partial Identification”, Proc. of 11th ISPE/IEEE/IFAC International Conference on CAD/CAM, Robotics and Factories of the Future, Pereira, Colombia South America, 1995, pp. 283-287.
- [C2] J.K. Tar, O.M. Kaynak, J.F. Bitó, I.J. Rudas: “Generalised Canonical Equations of Classical Mechanics: A New Approach towards the Adaptive Treatment of Unmodelled Dynamics”, Proceedings of the International Conference on Recent Advances in Mechatronics (ICRAM'95), 14-16 August, 1995, Istanbul, Turkey, pp. 1092-1097.
- [C3] J.K. Tar, O.M. Kaynak, J.F. Bitó, I.J. Rudas, D. Mester: “A New Method for Modelling the Dynamic Robot-Environment Interaction Based on the Generalization of the Canonical Formalism of Classical Mechanics”, Proceedings of the First International ECPD Conference, Athens, Greece, 1995, pp. 687-692.
- [C4] J.K. Tar, I.J. Rudas, J.F. Bitó, M.O. Kaynak: “Adaptive Robot Control Gained by Partial Identification Using the Advantages of Symplectic Geometry”, Proceedings of 1995 IEEE 21st International Conference on Industrial Electronics, Control, and Instrumentation. November, 1995, Orlando, USA, pp 75-80.
- [C5] J.K. Tar, J.F. Bitó, I.J. Rudas, M. Dinev: “Towards the Integration of Analytical Modeling and Soft Computing in Adaptive Robot Control: the Symplectic-Fuzzy Approach”. In the Proc. of the 5th International Workshop on Robotics in Alpe-Adria-Danube Region, 10-13 June, 1996, Budapest, Hungary, pp. 163-169.
- [C6] J.K. Tar, J.F. Bitó, I.J. Rudas, B. Pátkai: “On the Effect of Free Parameter Selection in an Adaptive Robot Control Based on Abstract Geometric Principles”. In the Proc. of the 5th International Workshop on Robotics in Alpe-Adria-Danube Region, 10-13 June, 1996, Budapest, Hungary, pp. 171-176.
- [C7] J.K. Tar, I.J. Rudas, J.F. Bitó: “Free Parameter Selection Methods in Geometric Adaptive Control of Robots Having Dynamic Interaction with Unmodeled Environment”, 7th

- International Conference on Control Science & Motion Control Conference, September, 1996, Budapest, Hungary.
- [C8] I.J. Rudas, J.K. Tar, J.F. Bitó, M.O. Kaynak: "A Multiple-Purpose Uniform Structure for Use in Dynamic Control of Mechanical Devices", Proceedings of the 1996 Engineering Systems Design and Analysis Conference ESDA, July 1-4, 1996, Montpellier, France. Vol 2. pp. 215-220.
 - [C9] J.K. Tar, I.J. Rudas, J.F. Bitó, O.M. Kaynak: "Constrained Canonical Transformations Used for Representing System Parameters in an Adaptive Control of Manipulators", in the Proc. of the 8th International Conference on Advanced Robotics (ICAR97), Monterey, California, USA, 1997. July 7-9, pp. 873-878.
 - [C10] J.K. Tar, I.J. Rudas, J.F. Bitó, Á. Szeghegyi: "Self-Consistent Approach in an Adaptive Robot Control based on Constrained Canonical Transformations", in the proc. of the 6th International Symposium on Robotics in Alpe-Adria-Danube Region (RAAD97), 1997, June 26-28, Cassino, Italy, pp. 230-234, ISBN88-87054-00-2.
 - [C11] J.K. Tar, I.J. Rudas, J.F. Bitó, O.M. Kaynak "On the Tuning of the Free Parameters of a New Adaptive Robot Control Based on Geometric Principles of Hamiltonian Mechanics", in the Proc. of 1997 IEEE International Symposium on Computational Intelligence in Robotics (CIRA 97), Monterey, California, USA, 10-11 July, 1997, pp. 326-331.
 - [C12] J.K. Tar, I.J. Rudas, J.F. Bitó, O.M. Kaynak: "A Simple Method for Modeling Robots in Adaptive Control", Proc. of the 4th International Symposium on Methods and Models in Automation and Robotics (MMAR'97), Miedzyzdroje, Poland, 26-29 August, 1997, Vol. 3, pp. 907-912, ISBN 83-87423-30-0
 - [C13] J.K. Tar, J.F. Bitó, I.J. Rudas, M. Dinev: "Adaptive Tuning in an Extended Parameter Space in a Robot Control Based on the Hamiltonian Mechanics", in the Proc. of the 1997 IEEE Int. Conf. on Intelligent Engineering Systems (INES'97), 15-17 September, 1997, Budapest, Hungary, p. 183 (ISBN 0-7803-3627-5).
 - [C14] J.K. Tar, I.J. Rudas, J.F. Bitó, B. Pátkai: "New Prospects in the Adaptive Control of Robots Under Unmodeled Environmental Interactions", in the Proc. of the 23rd International Conference of the Industrial Electronics Society (IECON'97), New Orleans, Louisiana, USA, 1997, p. 1349 (ISBN 0-7803-3932-0).
 - [C15] J.K. Tar, I.J. Rudas, J.F. Bitó, O.M. Kaynak: "On the Effect of Tuning in an Extended Parameter Space in a Lagrangian Model-Based Adaptive Control", in the Proc. of the 7th International Workshop Robotics in Alpe-Adria-Danube Region (RAAD'98), Smolenice, Slovakia, June 26-28, 1998), pp. 315-320.
 - [C16] J.K. Tar, O.M. Kaynak, J.F. Bitó, I.J. Rudas, T. Kégl: "The Use of Uniform Structures in Adaptive Dynamic Control of Robots", in the Proc. of IEEE International Symposium on Industrial Electronics (ISIE'98), Pretoria, South Africa, 7-10 July, 1998, Vol. 1, pp. 137-142.
 - [C17] J.K. Tar, I.J. Rudas, José A. Tenreiro Machado, Okyay M. Kaynak: "On the Tuning of the Lagrangian Parameters in a Uniform Structure in Adaptive Robot Control", in the Proc. of the 2nd IEEE International Conference on Intelligent Processing Systems (ICIPS'98), Gold Coast, Australia, August 4-7, 1998., pp. 599-602.
 - [C18] J.K. Tar, K. Kozłowski, I.J. Rudas, J.F. Bitó: "Combined Application of Regression Analysis and Approximate Modeling in an Adaptive Control for Mechanical Devices", in the Proc. of the 5th International Symposium on Methods and Models in Automation and Robotics - MMAR'98, 25-29 August 1998, Miedzyzdroje, Poland, pp. 807-812, ISBN 83-87423-81-5.
 - [C19] J.K. Tar, J.F. Bitó, O.M. Kaynak, I.J. Rudas: "Application of ANN-like Uniform Structures in Robot Control", in the Proc. of the 1998 IEEE International Conference on Intelligent Engineering Systems (INES'98), September 17-19, 1998, Vienna, Austria, pp. 397-402.
 - [C20] J.K. Tar, J.F. Bitó, I.J. Rudas, M. Dinev: "Application of Regression Analysis, PID/ST and Uniform Structures in an Adaptive Control for Mechanical Systems" (in Hungarian), in the Proc. of the Measurement and Automation'98 Conference" in the Terms of Applied Information Technology", 3-5 November 1998, Budapest, Hungary, pp. 153-163, (ISBN: 963 8231 90 4).

- [C21] J.K. Tar, O.M. Kaynak, J.F. Bitó, J.J. Rudas: "Formally Non-Exact Analytical Modeling of Mechanical Systems and Environmental Interactions in an Adaptive Control", in the Proc. of the 1999 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA'99), 10-15 May 1999, Detroit, Michigan, USA, pp. 831-838.
- [C22] J.K. Tar, I.J. Rudas, K. Kozłowski, J.F. Bitó: "Global Parameter Optimization in an Adaptive Control Built up of Uniform Structures and Procedures", in the Proc of the "Ninth International Conference on Advanced Robotics ('99 ICAR)", 25-27 October 1999, Tokyo, Japan (accepted for publication)
- [C23] J.K. Tar, José A. Tenreiro Machado, I.J. Rudas, János F. Bitó: "An Adaptive Robot Control for Technological Operations Based on Uniform Structures and Reduced Number of Free Parameters", in the Proc. of the 8th International Workshop on Robotics in Alpe-Adria-Danube Region (RAAD'99), 17 - 19 June, 1999, Munich, Germany, pp. 106-111.
- [C24] J.K. Tar, L. Horváth, J.A. Tenreiro Machado, I.J. Rudas: "Advanced Control of Robot in Technological Operation", in Proc. of the 3rd IEEE International Conference on Intelligent Engineering Systems 1999 (INES'99), November 1-3 1999, Stará Lesná, Slovakia, pp. 139-144. (ISBN 80-88964-25-3).
- [C25] J.K. Tar, I.J. Rudas, L. Madarász, J.F. Bitó: "Simultaneous Optimization of the External Loop Parameters in an Adaptive Control Based on the Co-operation of Uniform Procedures", in Proc. of the 3rd IEEE International Conference on Intelligent Engineering Systems 1999 (INES'99), November 1-3 1999, Stará Lesná, Slovakia, pp. 449-454. (ISBN 80-88964-25-3).
- [C26] J.K. Tar, O.M. Kaynak, I.J. Rudas, J.F. Bitó: "Application of Uniform Structures and Passive Compliant Components in an Adaptive Robot Control for Technological Operation", in the Proc. of the 1999 IEEE International Symposium on Industrial Electronics (ISIE'99), 12-16 July, 1999, Bled, Slovenia, Vol. 2, pp.867-871.
- [C27] J.K. Tar, I.J. Rudas, J.F. Bitó, K. Kozłowski: "Certain Aspects of Parameter Tuning in the Adaptive Control of Mechanical Systems Based on Uniform Structures and Procedures" in Proc. of the "Jubilee Scientific Conference at Bánki Donát Polytechnic", 1-2 September 1999, Budapest, Hungary, pp. 69-74 (ISBN 963 7154 03 5),
- [C28] J.K. Tar, I.J. Rudas, K. Kozłowski, J.F. Bitó "Dynamic Tuning of the Parameters of an Adaptive Control for Mechanical Processes", in the Proceedings of the "25th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON'99)", 29 November-3 December, 1999, San Jose, CA, USA, CD ROM Issue, ISBN 0-7803-5735-3.
- [C29] J.K. Tar, K. Kozłowski, I.J. Rudas, L. Horváth: "The Use of Truncated Joint Velocities and Simple Uniformized Procedures in an Adaptive Control of Mechanical Devices", in the Proc. of the First Workshop on Robot Motion and Control (ROMOCO'99), 28-29 June, 1999, Kiekrz, Poland, pp. 129-134., (ISBN 0-7803-5655-1, IEEE Catalog Number: 99EX353).
- [C30] J.K. Tar, L. Horváth, J.A. Tenreiro Machado, I.J. Rudas: "Selection of Appropriate Uniform Structures for an Adaptive Control of Robot Under Environmental Interaction", in Proc. of the "Jubilee Scientific Conference at Bánki Donát Polytechnic", 1-2 September 1999, Budapest, Hungary, pp. 147-152.
- [C31] J.K. Tar: "Integrated Use of Fuzzy Concepts and Uniform Structures of the Fundamental Groups in Classical Mechanics: an Overview Regarding Adaptive Control" invited paper, in Proc. of the 3rd IEEE International Conference on Intelligent Engineering Systems 1999 (INES'99), November 1-3 1999, Stará Lesná, Slovakia, pp. 27-32. (ISBN 80-88964-25-3).
- [C32] J.K. Tar, I.J. Rudas, Touré Balladjii: "Minimum Operation Algebraic Adaptive Control for Robot Based on a Novel Branch of Soft Computing", in the Proc. of EUREL '2000, Vol. 2, Session 3, (European Advanced Robotics Systems - Masterclass and Conference - Robotics 2000), 12-14 April 2000, The University of Salford, Manchester, UK.
- [C33] J.K. Tar, J.F. Bitó, I.J. Rudas, B. Pátkai: "A Minimum Operation Adaptive Robot Control Using Symplectic Geometry-Based Prediction", in the Proc. of the "9th International Workshop on Robotics in Alpe-Adria-Danube region (RAAD'2000), June 1-3 2000, Maribor, Slovenia, pp. 187-192.
- [C34] J.K. Tar, I.J. Rudas, J.F. Bitó: "Application of 'Minimum Symplectic Transformations' in an Adaptive Control for Polishing Operations", In the Proc. of the 4th IEEE / IFIP

- [C35] J.K. Tar, I.J. Rudas, K. Kozłowski, G. Molnár: "Improved Adaptive Robot Control Based on Minimum Symplectic Transformations", (in the proc. of the 6th International Conference on Methods and Models in Automation and Robotics (MMAR 28-31 Aug. 2000, Miedzyzdroje, Poland), amongst the Invited Sessions.
- [C36] J.K. Tar, J.F. Bitó, I.J. Rudas, H.M. Amin Shamshudin: "A New Approach in The Use of Symplectic Geometry as an AI Tool in Robot Control: The Idea of "Minimum Operation Transformations"", IFAC Symposium on Artificial Intelligence in Real Time Control (AIRTC' 2000), October 2-4, 2000, Budapest, Hungary, preprints, pp. 335-340.
- [C37] J.K. Tar, M. Rontó: "Adaptive Control Based on the Application of Simplified Uniform Structures and Learning Procedures", invited lecture, in the Proc. of the "11th International Conference on Information and Intelligent Systems", 20-22 September, 2000, University of Zagreb, Faculty of Organization and Informatics, Varazdin, Croatia (a CD issue).
- [C38] J.K. Tar, I.J. Rudas, J.F. Bitó, S.J. Torvinen: "Symplectic Geometry Based Simple Algebraic Possibilities for Developing Adaptive Control for Mechanical Systems", in the Proc. of the 4th IEEE International Conference on Intelligent Engineering Systems 2000 (INES'2000), Sept. 17-19 2000, Portoroz, Slovenia, pp. 67-70 (ISBN 961-6303-23-6).
- [C39] J.K. Tar, J.F. Bitó, I.J. Rudas, S.J. Torvinen: "A New Possible Branch of Computational Intelligence for Developing Real Time Control in Mechatronics", in the proceedings of the 2000 IEEE International Conference on Industrial Electronics, Control and Instrumentation (IECON 2000) "21st Century Technologies and Industrial Opportunities", October 22 - 28, 2000 Nagoya Congress Center, Nagoya, Aichi, JAPAN, paper SS16 in CD issue, pp. 912-917, ISBN 0-7803-6459-7.
- [C40] J.K. Tar, I.J. Rudas, J.F. Bitó, K. Kozłowski: "Non-Conventional Integration of the Fundamental Elements of Soft Computing and Traditional Methods in Adaptive Robot Control", in the Proceedings of the 2000 IEEE International Conference on Robotics & Automation (ICRA'2000), San Francisco, CA April 2000, pp. 3531-3536, (CD Issue, ISBN: 0-7803-5889-9).
- [C41] József K. Tar, Anikó Szakál, Imre J. Rudas, János F. Bitó: "Selection of Different Abstract Groups for Developing Uniform Structures to be Used in Adaptive Control of Robots", Proceedings of ISIE, December 4-8, 2000, Puebla, Mexico, pp. 559-564.
- [C42] József K. Tar, Imre J. Rudas, János F. Bitó, Karel Jezernik: "A Generalized Lorentz Group-Based Adaptive Control for DC Drives Driving Mechanical Components", in the Proc. of The 10th International Conference on Advanced Robotics 2001 (ICAR 2001), August 22-25, 2001, Hotel Mercure Buda, Budapest, Hungary, pp. 299-305 (ISBN: 963 7154 05 1).
- [C43] J.K. Tar, I.J. Rudas, J.F. Bitó, Á. Szeghegyi: "Integrated Modeling of Mechanical and Electrical Components Using a New Branch of Soft Computing", in the Proc. of the 10th International Workshop on Robotics in Alpe-Adria-Danube Region (RAAD'2001), Vienna, May 16-18, 2001 (Paper RD-03.pdf).
- [C44] J.K. Tar, I.J. Rudas, K. Kozłowski, T. Ilkei: "Application of the Symplectic Group in a Novel Branch of Soft Computing-for Controlling of Electro-Mechanical Devices", in the Proc. of the Second International Workshop On Robot Motion And Control, RoMoCo'001, October 18-20, 2001, Bukowy Dworek, Poland, pp. 71-77.
- [C45] J.K. Tar, I.J. Rudas, J.F. Bitó, P.H. Andersson, S.J. Torvinen: "Structurally and Procedurally Simplified Soft Computing for Real Time Control", The 2001 IEEE International Conference on Robotics and Automation, 21-26 May, 2001 Seoul, Korea.
- [C46] J.K. Tar, J.F. Bitó, I.J. Rudas, Á. Szeghegyi: "Formal Application of the Symplectic Group for Soft Computing-Based Control of Mechanical Devices Free of Direct Physical Interpretation", In the Proc. of the 2001 IEEE International Conference on Intelligent Engineering Systems (INES 2001), Helsinki, Finland, September 16-18, 2001, pp.335-340.
- [C47] J.K. Tar, J.F. Bitó, I.J. Rudas, K. Jezernik, Seppo J. Torvinen: "A Lorentz-Group Based Adaptive Control for Electro-Mechanical Systems", Proc. of the 2001 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, October 29-November 3

- [C48] J.K. Tar, J.F.Bitó, I.J. Rudas, K. Jezernik: "Formal Application of Dummy Parameters in a Soft Computing-Based Control of Mechanical Devices", in the Proc. of the The 27th Annual Conf. of the IEEE Ind. El. Soc., Denver, Colorado, USA, Nov 29 - Dec 2, 2001.pp. 220-225.
- [C49] J.K. Tar, J.F.Bitó, I.J. Rudas, Seppo J. Torvinen: "Application of a Novel Branch of Soft Computing Aiming at Platform-Independence and Uniformity in the Adaptive Control of Electromechanical Devices", in the Proc. of the 1st International Conference on Information Technology in Mechatronics, Istanbul, Turkey, October 1-3, 2001, pp. 369-374.
- [C50] József K. Tar, Imre J. Rudas, János F. Bitó, K. Kozłowski: "A New Approach in Computational Cybernetics Based on the Modified Renormalization Algorithm Guaranteeing Complete Stability in the Control of a Wide Class of Physical Systems", in the Proceedings of the 6th IEEE International Conference on Intelligent Engineering Systems (INES 2002), May 26-28, 2002, Opatija, Croatia, pp. 19-24.
- [C51] József K. Tar, János F. Bitó, Krzysztof Kozłowski, Béla Pátkai, D. Tikk: "Convergence Properties of the Modified Renormalization Algorithm Based Adaptive Control Supported by Ancillary Methods", in the Proc of the 3rd International Workshop on Robot Motion and Control (ROMOCO '02), Bukowy Dworek, Poland, 9-11 November, 2002, pp. 51-56.
- [C52] József K. Tar, Marcus Bröcker, Krzysztof Kozłowski: "A Novel Adaptive Control for Hydraulic Differential Cylinders", in the Proc. of the 11th Workshop on Robotics in Alpe-Adria-Danube Region, June 30 - July 2, 2002, Balatonfüred, Hungary, ISBN: 963 7154 10 8 (for the issue on CD), pp. 7-12.
- [C53] J.K. Tar, A. Bencsik, J.F. Bitó, K. Jezernik: "Application of a New Family of Symplectic Transformations in the Adaptive Control of Mechanical Systems", in the Proc. of the 2002 28th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, Nov. 5-8 2002 Sevilla, Spain, pp. 1499-1504.
- [C54] I.J. Rudas, J.K. Tar, K. Kozłowski, K. Jezernik: "Novel Approach in the Adaptive Control of Systems Having Strongly Nonlinear Coupling Between Their Unmodeled Internal Degrees of Freedom", submitted for publication to the 2003 IEEE International Conference on Robotics and Automation, May 12-17, 2003, The Grand Hotel, Taipei, Taiwan.
- [C55] J.K. Tar: "Novel Adaptive Control of Roughly Modelled Non-linear Systems Exemplified in Robotics and Chemical Reactions", lecture delivered at the 2nd International Symposium on Mechatronics Bridging Over Some Fields of Science, Budapest, November 15, 2002, Budapest Polytechnic, a CD issue, file :pdf\Tar Jozsef.pdf.
- [C56] J.F. Bitó, J.K. Tar, I.J. Rudas: "Novel Adaptive Control of Mechanical Systems Driven by Electromechanical Hydraulic Drives", in the Proc. of BASYS 2002, the 5th IFIP International Conference on Information Technology for Balanced Automation Systems in Manufacturing and Services, Cancún; Mexico, Sept. 25-27., 2002, pp. 517-524.
- [C57] J.K. Tar, I.J. Rudas, K. Kozłowski, B. Pátkai: "Analysis of the Effect of Joint Acceleration Measurement Noise in a Novel Adaptive Control of Mechanical Systems", Proc. of the 7th International Conference on Intelligent Engineering Systems 2003 (INES'03), March 4-6, Assiut - Luxor, Egypt, pp.376-381.
- [C58] József K. Tar, Imre J. Rudas, J.F.Bitó, Krzysztof Kozłowski: „Special Symplectic Transformations Used in Nonlinear System's Control", Proceedings of RAAD'03, 12th International Workshop on Robotics in Alpe-Adria-Danube Region, Cassino May 7-10, 2003, a CD issue, File: 012RAAD03.pdf, Edited by. M. Ceccarelli.
- [C59] J.K. Tar, I.J. Rudas, J.F. Bitó, L. Horváth, K. Kozłowski: "Analysis of the Effect of Backlash and Joint Acceleration Measurement Noise in the Adaptive Control of Electro-mechanical Systems", Proc. of the 2003 IEEE International Symposium on Industrial Electronics (ISIE 2003), June 9-12, 2003, Rio de Janeiro, Brasil, CD issue, file BF-000965.pdf.
- [C60] I.J. Rudas, J.K. Tar, J.F. Bitó, K. Kozłowski: "Improvement of a Non-linear Adaptive Controller Designed for Strongly Non-linear Plants", Proc. of the The 11th International Conference on Advanced Robotics (ICAR 2003), June 30 - July 3, 2003, University of Coimbra, Portugal, pp. 1381-1386.

- [C61] József K. Tar, Imre J. Rudas, Ágnes Szeghegyi, Krzysztof Kozłowski: "Non-Conventional Processing of Noisy Signal in the Adaptive Control of Hydraulic Differential Servo Cylinders", in the Proceedings of the 2003 IEEE International Symposium on Intelligent Signal Processing "From classical measurement to computing with perceptions", 4-6 September 2003, Hotel Gellért, Budapest, Hungary, pp. 237-242.
- [C62] József K. Tar, Imre J. Rudas, Domonkos Tikk, Krzysztof Kozłowski: "The Effect of Asymmetric Delay Time in a Simple PID and a Novel Adaptive Control of a Strongly Nonlinear System", in the Proc. of the 1st Serbian-Hungarian Joint Symposium on Intelligent Systems September 19-20, 2003, Subotica, Serbia-Montenegro (SiSy 03), pp. 175-187.
- [C63] J.K. Tar, I.J. Rudas, L. Horváth, Spyros G. Tzafestas: "Adaptive Control of the Double Inverted Pendulum Based on Novel Principles of Soft Computing", Proc. of the International Conference in Memoriam John von Neumann, Budapest, Hungary, 12th December 2003, pp. 257-268.
- [C64] Tar J.K., Rudas I.J., Szeghegyi Á., Kozłowski K.: "Adaptive Control of a Dynamic System Having Unmodeled and Unconstrained Internal Degree of Freedom", Proc. of the 4th International workshop on Robot Motion and Control (RoMoCo'2004), June 17-20, 2004, Puszczkowo, Poland, pp. 41-46.
- [C65] Tar J.K., Rudas I.J., Bitó, J.F., Kozłowski K.: "Application of a Novel Branch of Soft Computing in the Adaptive Control of Non-linear Systems of Strictly and Loosely Bounded Unmodeled and Uncontrolled Internal Degrees of Freedom", Proc. Of the 13th International Workshop on Robotics in Alpe-Adria-Danube Region, June 2-5, 2004, Brno, the Czech Republic, pp. 52-57.
- [C66] József K. Tar, Imre J. Rudas, János F. Bitó, José A. Tenreiro Machado: "Adaptive Nonlinear Vibration Damping Inspired by the Concept of Fractional Derivatives", Proc. of the 2nd Workshop on Intelligent Solutions in Embedded Systems (WISES 2004), June 25, 2004, Graz, Austria, pp. 183-192.
- [C67] J.K. Tar, I.J. Rudas, Á. Szeghegyi, K. Kozłowski: "Adaptive Control of a Wheel of Unmodeled Internal Degree of Freedom", In the Proc. of the Symposium on Applied Machine Intelligence (SAMI 2004), Herlany, Slovakia, January 16-17 2004, pp. 289-300.
- [C68] József K. Tar, Imre J. Rudas, János F. Bitó: "Comparison of the Operation of the Centralized and the Decentralized Variants of a Soft Computing Based Adaptive Control", Proc. of the Budapest Tech Polytechnical Institution's Jubilee Conference 1879-2004, September 4, 2004, Budapest, Hungary, pp. 331-342.
- [C69] József K. Tar, Imre J. Rudas, János F. Bitó, José A. Tenreiro Machado: "Adaptive Nonlinear Vibration Control Based on Causal Time-invariant Green Functions and on a Novel Branch of Soft Computing", Proc. of the 1st Romanian-Hungarian Joint Symposium on Applied Computational Intelligence (SACT'04), Timișoara, Romania, May 25-26, 2004, pp. 271-282.
- [C70] József K. Tar, Imre J. Rudas, János F. Bitó, J. A. Tenreiro Machado: "Fractional Order Adaptive Active Vibration Damping Designed on the Basis of Simple Kinematic Considerations", Proc. of the 2nd IEEE International Conference on Computational Cybernetics (ICCC'04), August 30 - September 1, 2004, Vienna University of Technology, Austria, pp. 353-357.
- [C71] József K. Tar, Imre J. Rudas, Béla Pátkai, J. A. Tenreiro Machado: "Adaptive Vibration Damping Based on Causal Time-invariant Green-Functions and Fractional Order Derivatives", Proc. of the Fourth International Conference on Intelligent Systems Design and Applications (ISDA'04), 26-28 August 2004, Budapest, Hungary, paper No. 114, pp. 675-679.
- [C72] József K. Tar, János F. Bitó, José A. Tenreiro Machado, Domonkos Tikk: "Application of Extended Numerical Approximation of Fractional Order Derivatives in Adaptive Control", Proc. of the 8th International Conference on Intelligent Engineering Systems 2004 (INES'04), September 19-21, 2004, Technical University of Cluj-Napoca Romania, pp. 476-481.
- [C73] József K. Tar, Imre J. Rudas, János F. Bitó, J. A. Tenreiro Machado, Ágnes Szeghegyi: "Investigation of the Effect of Time Scaling in a Soft Computing Based Control Using

Fractional Order Derivatives, Proc. 62nd the 10th Serbian-Hungarian Joint Symposium on Intelligent Systems (SISY 2004), October 1-2, 2004, Subotica, Serbia and Montenegro, paper No. SZB-022.

- [C74] József K. Tar, Gy. Kártyás, János F. Bitó, Ágnes Szeghegyi: "Application of the Scicos Simulator in the Investigation of an Adaptive Control of a Mechanical System of Free Degree of Freedom", Proc. of the 3rd Slovakian-Hungarian Joint Symposium on Applied Machine Intelligence, January 21-22, 2005, Herl'any, Slovakia, pp. 359-370.
- [C75] József K. Tar, Imre J. Rudas, János F. Bitó, J. A. Tenreiro Machado: "Scicos Based Investigation of an Adaptive Vibration Damping Technique Using Fractional Order Derivatives", Proceedings of the 3rd International Conference on Computational Cybernetics, ICCC 2005, April 13-16, 2005, Hotel Le Victoria, Mauritius, pp. 213-218.
- [C76] József K. Tar, Attila L. Bencsik: "Fractional Order Adaptive Control for Hydraulic Differential Cylinders", Proceedings of the 3rd International Conference on Computational Cybernetics, ICCC 2005, April 13-16, 2005, Hotel Le Victoria, Mauritius, pp. 225-229.
- [C77] József K. Tar: "Extension of the Modified Renormalization Transformation for the Adaptive Control of Negative Definite SISO Systems", Proc. of the 2nd Romanian-Hungarian Joint Symposium on Applied Computational Intelligence (SACI 2005), May 12-14, 2005, Timisoara, Romania, pp. 447-457.
- [C78] József K. Tar, János F. Bitó, Imre J. Rudas, José. A. Tenreiro Machado: "Adaptive Reduction of the Order of Derivation in the Control of a Hydraulic Differential Cylinder", Proceedings of RAAD'05, 14th International Workshop on Robotics in Alpe-Adria-Danube Region, Bucharest, Romania, May 26-28, 2005, pp. 513-518.
- [C79] József K. Tar, Attila L. Bencsik, K. Kozłowski: "Fractional Order Adaptive Control for Systems of Locally Nonlinearizable Nonlinearities", Proc. of the 5th International Workshop on Robot Motion and Control (RoMoCo'05), June 23-25, 2005, Dymaczewo, Poland, pp. 355-360.
- [C80] József K. Tar, Imre J. Rudas, Miklós Rontó: "Geometric Identification and Control of Nonlinear Dynamic Systems Based on Floating Basis Vector Representation", Proc. of the 3rd Serbian-Hungarian Joint Symposium on Intelligent Systems (SISY 2005), August 31-September 1, 2005, Subotica, Serbia and Montenegro, pp. 35-46.
- [C81] József K. Tar, Imre J. Rudas, János F. Bitó, J. A. Tenreiro Machado: "Centralized and Decentralized Applications of a Novel Adaptive Control", Proc. 9th International Conference on Intelligent Engineering Systems 2005, September 16-19, 2005, Cruising on Mediterranean Sea, IEEE Catalog Number: 05EX1202C, ISBN: 0-7803-9474-7, file: Tar.pdf.
- [C82] József K. Tar, Imre J. Rudas, Péter Kerepesi: "Vibration Control of a System having Nonlinearly Coupled Unmodeled Internal Degree of Freedom", in the Proc. Of the Eleventh IASTED International Conference on Robotics and Applications (RA 2005) October 31 – November 2, 2005, Cambridge, MA, USA, pp. 76-81.
- [C83] József K. Tar, Imre J. Rudas, Miklós Rontó, José Antonio Tenreiro Machado: "Simple Geometric Approach of Identification and Control Using Floating Basis Vectors for Representation", in the Proc. of the 6th International Symposium of Hungarian Researchers on Computational Intelligence, Nov. 18-19 2005 Budapest, Hungary, pp. 437-449.
- [C84] J.K. Tar: "Dynamic Nonlinear Control of Mechanical and Analogous Devices/Processes", Plenary Talk at the 4th IEEE International Conference on Computational Cybernetics, 20-22 August, 2006, Tallinn, Estonia.
- [C85] József K. Tar, Imre J. Rudas, Kazuhiro Kosuge: "Adaptive Control of a Polymerization Process", in the Proc. of the 4th Slovakian-Hungarian Joint Symposium on Applied Machine Intelligence (SAMI 2006), Herlany, Slovakia, January 20-21, 2006, pp. 414-425.
- [C86] József K. Tar, Imre J. Rudas, Kazuhiro Kosuge: "Comparative Analysis of Two Adaptive Controls based on Geometric Principles of Identification and the Extension of the Modified Renormalization Transformation", Proc. of the AMC'06 Workshop, Istanbul, Turkey, March 27-29, 2006, pp. 39-43, CD Proceedings, Paper: RS-2 file f197.pdf.
- [C87] József K. Tar, Imre J. Rudas, Kazuhiro Kosuge: "Dynamic Analysis and Control of a Polymerization Reaction", Proc. of the 10th International Conference on Intelligent

- [C88] József K. Tar, János F. Bitó, Imre J. Rudas, Stefan Preitl, Radu-Emil Precup: "The Effect of the Static Striebeck Friction in the Robust VS/Sliding Mode Control of a Ball-Beam System", in the Proc. Of the 15th International Workshop on Robotics in Alpe-Adria-Danube Region, June 15-17, 2006, Balatonfüred, Hungary, CD issue
- [C89] József K. Tar, János F. Bitó, Stefan Preitl, Radu-Emil Precup: "Robust, Potential Limited Control for Systems of Unmodeled Internal Degrees of Freedom", 3rd Romanian-Hungarian Joint Symposium on Applied Computational Intelligence, May 25-26, 2006, (SACI 2006), Timișoara, Romania, pp. 278-285
- [C90] Imre J. Rudas, József K. Tar, Kazuhiro Kosuge: "Stabilization of the Adaptive Control of a 4th Order System Using Coordinate and Velocity Potentials", 3rd IEEE International Conference on Mechatronics, July 3-5, 2006, Budapest, Hungary (ICM 2006), pp. 513-518.
- [C91] József K. Tar, Imre J. Rudas, Kazuhiro Kosuge: "Improved Adaptive Dynamic Control of a Polymerization Process", World Automation Congress 2006 (WAC 2006), July 24-27, 2006, Budapest Hilton, Budapest, Hungary, CD issue, file: isiac_134.
- [C92] Imre J. Rudas, József K. Tar, Kazuhiro Kosuge: "Fractional Robust Control of a Ball-Beam System", The 32nd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON 2006), Conservatoire National des Arts & Metiers Paris - FRANCE - November 7-10, 2006 292, rue St Martin and 2, rue Conté - Paris District 3, pp. 5408-5413
- [C93] József K. Tar, Imre J. Rudas, János F. Bitó, Kazuhiro Kosuge: "Adaptive Control of a Differential Hydraulic Cylinder with Dynamic Friction Model", Proc. of the 4th Serbian-Hungarian Joint Symposium on Intelligent Systems (SISY 2006), September 29-30, 2006, Subotica, Serbia, pp. 361-374.
- [C94] Imre J. Rudas, József K. Tar, Béla Pátkai: "Compensation of Dynamic Friction by a Fractional Order Robust Controller, IEEE International Conference on Computational Cybernetics (ICCC 2006)", Tallinn, Estonia, August 20-22, 2006, pp. 15-20.
- [C95] József K. Tar, Imre J. Rudas: "Sophisticated Dynamic Adaptive Control of a Polymerization Process", in the Proc. of the 7th International Symposium of Hungarian Researchers on Computational Intelligence (HUCI 2006), November 24-25, 2006, Budapest, Hungary, pp. 107-120
- [C96] József K. Tar, Imre J. Rudas: "Geometric Approach to Nonlinear Adaptive Control" -- Tutorial, in the Proc. of the 4th International Symposium on Applied Computational Intelligence and Informatics (SACI 2007), May 17-18, 2007, Timișoara, Romania, pp. 9-23.
- [C97] József K. Tar, János F. Bitó: "Robustness Analysis of a Novel Adaptive Control based on Geometric Approach", in the Proc. of the 4th International Symposium on Applied Computational Intelligence and Informatics (SACI 2007), May 17-18, 2007, Timișoara, Romania, pp. 99-104.
- [C98] József K. Tar, Imre J. Rudas, Stefan Preitl, Radu-Emil Precup: "Adaptive Control of the TORA System based on a Simple Causal Filter", in the Proceedings of 16th Int. Workshop on Robotics in Alpe-Adria-Danube Region - RAAD 2007, Ljubljana, June 7-9, 2007, pp. 363-370.
- [C99] József K. Tar, Katalin Lőrincz, Roland Kovács: "Adaptive Control of an Automatic Convoy of Vehicles", in the Proc of the 11th IEEE International Conference on Intelligent Engineering Systems 2007, June 29-July 2, 2007, Budapest, Hungary, pp. 21-26.
- [C100] József K. Tar, Katalin Lőrincz, Krishnan Agbemasu, László Nádai, Roland Kovács: "Adaptive Control of a Semi-Automatic Convoy of Unmodeled Internal Degrees of Freedom", Proc. of the 5th International Symposium on Intelligent Systems and Informatics, August 24-25, 2007, Subotica, Serbia, pp. 129-134.
- [C101] József K. Tar, Katalin Lőrincz, Krishnan Agbemasu, László Nádai, Roland Kovács: "Investigation of the Behavior of Adaptively Controlled Platoons with Unmodeled Loads", Proceedings of the International Symposium on Logistics and Industrial Informatics, September 13-15, 2007, Wildau, Germany, pp. 137-142.

- [C102] József K. Tar, József Gábor Zoltan: “SVD-Based Multiple Dimensional Generalization of an Adaptive Control of Geometric Interpretation”, Proceedings of the 5th IEEE International Conference on Computational Cybernetics, October 19-21, 2007, Gammarth, Tunis, pp. 81-86.
- [C103] József K. Tar: „Fixed Point Transformations as Simple Geometric Alternatives in Adaptive Control”, invited plenary lecture, in the Proc. of the 5th IEEE International Conference on Computational Cybernetics, October 19-21, 2007, Gammarth, Tunis, pp. 19-34.
- [C104] József K. Tar, Imre J. Rudas, János F. Bitó, Stefan Preitl and Radu E. Precup: “Dynamic Friction Compensation in the Slotine--Li and in an SVD--Based Adaptive Control, Proceedings of the 17th International Workshop on Robotics in Alpe--Adria--Danube Region (RAAD 2008), September 15-17, 2008, Ancona, Italy, paper #5 in a CD issue, Alexa edizioni.
- [C105] József K. Tar, János F. Bitó, Imre J. Rudas, Krzysztof R. Kozłowski, José A. Tenreiro Machado: “Possible Adaptive Control by Tangent Hyperbolic Fixed Point Transformations Used for Controlling the Φ^6 -Type Van der Pol Oscillator, Proc. of the 6th IEEE International Conference on Computational Cybernetics (ICCC 2008), November 27-29, 2008, Hotel Academia, Stará Lesná, Slovakia, pp. 15-20, (CD issue).
- [C106] J.K. Tar, J.F. Bito, I.J. Rudas, S. Preitl, and R.-E. Precup: “An SVD Based Modification of the Adaptive Inverse Dynamics Controller”, Proceedings of 5th International Symposium on Applied Computational Intelligence and Informatics, Timisoara, Romania, 2009, pp. 193-198.
- [C107] József K. Tar, Imre J. Rudas, János F. Bitó, Stefan Preitl, and Radu E. Precup: “Adaptive Control of a 3rd Order Electromechanical System Using Robust Sigmoidal Fixed Point Transformation”, Proceedings of the RAAD 2009 18th International Workshop on Robotics in Alpe–Adria–Danube Region, May 25-27, 2009, Brasov, Romania, CD issue, file: 87.pdf.
- [C108] József K. Tar, János F. Bitó, Krzysztof R. Kozłowski, José A. Tenreiro Machado: „Application of Robust Fixed Point Transformations for Technological Operation of Robots“, Lecture at the Seventh International Workshop on Robot Motion and Control, June 1-3, 2009, Czerniejewo, Poland; issued in Lecture Notes in Control and Information Sciences 396 (Eds: M. Thoma, F. Allgöwer, M. Morari) – Robot Motion and Control 2009 (Ed. Krzysztof R. Kozłowski), Springer-Verlag Berlin Heidelberg, ISBN 978-1-84882-984-8, e-ISBN 978-1-84882-985-5, Library of Congress Control Number: 2009937154, Chapter 9, pp. 93-101. DOI: 10.1007/978-1-84882-985-5
- [C109] József K. Tar, Imre J. Rudas, László Náday, Krzysztof R. Kozłowski, José A. Tenreiro Machado: “Fixed Point Transformations in the Adaptive Control of Fractional Order MIMO Systems”, Lecture at the Seventh International Workshop on Robot Motion and Control, June 1-3, 2009, Czerniejewo, Poland; issued in Lecture Notes in Control and Information Sciences 396 (Eds: M. Thoma, F. Allgöwer, M. Morari) – Robot Motion and Control 2009 (Ed. Krzysztof R. Kozłowski), Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Chapter 10, pp. 103-112.
- [C110] József K. Tar, Imre J. Rudas, János F. Bitó, José A. Tenreiro Machado, and Krzysztof R. Kozłowski: “Decoupled Fixed Point Transformation Based Adaptive Control of the Generalized 2 DOF Φ^6 -Type Van der Pol Oscillator”, in Proc. of the ECC'09 European Control Conference, 23-26 August 2009, Budapest, Hungary, pp. 579-584
- [C111] József K. Tar, János F. Bitó, István Gergely, László Náday: “Possible Improvement of the Operation of Vehicles Driven by Omnidirectional Wheels”, in Proc. of the 4th International Symposium on Computational Intelligence and Intelligent Informatics, 21–25 October 2009 Egypt (ISCII 2009), pp. 63-68.
- [C112] J.K. Tar, I.J. Rudas, I. Nagy, K.R. Kozłowski, J.A. Tenreiro Machado: „Simple Adaptive Dynamical Control of Vehicles Driven by Omnidirectional Wheels”, Proc. of the 7th IEEE International Conference on Computational Cybernetics (ICCC 2009), Palma de Mallorca, Spain, November 26-29, 2009, pp. 91-95.
- [C113] József K. Tar and János F. Bitó: “Adaptive Control Using Fixed Point Transformations for Nonlinear Integer and Fractional Order Dynamic Systems”, in the Proc. of the Budapest Tech Jubilee Conference, September 1-2, 2009, Budapest, in the series “Studies in

- [C114] József K. Tar, Imre J. Rudas, János F. Bitó, José A. Tenreiro Machado, Krzysztof R. Kozłowski: “A Higher Order Adaptive Approach to Tackle the Swinging Problem”, Proc of the 10th International Symposium of Hungarian Researchers on Computational Intelligence and Informatics (CINTI 2009), Budapest, November 12-14, 2009, pp. 145-153.
- [C115] József K. Tar: “Application of Local Deformations in Adaptive Control - A Comparative Survey”, invited plenary lecture, Proc of the 7th IEEE International Conference on Computational Cybernetics (ICCC 2009), Palma de Mallorca, Spain, November 26-29, 2009, pp. 25-38
- [C116] József K. Tar, Imre J. Rudas, József Gáti: „Improvements of the Adaptive Slotine & Li Controller – Comparative Analysis with Solutions Using Local Robust Fixed Point Transformations“, invited lecture for the 14th WSEAS International Conference on Applied Mathematics (MATH’09), in the Proc. of “Recent Advances in Applied Mathematics”, Puerto De La Cruz, Tenerife, Canary Islands, Spain, December 14-16, 2009, pp. 305-311.
- [C117] J.K. Tar, I.J. Rudas, J.F. Bitó, Stefan Preitl, Radu-Emil Precup, Convergence stabilization by parameter tuning in Robust Fixed Point Transformation based adaptive control of underactuated MIMO systems, in the Proc. of the International Joint Conference on Computational Cybernetics and Technical Informatics (ICCC-CONTI), 2010, 27-29 May 2010, Timisoara, Romania, pp. 407 – 412.
- [C118] József K. Tar, János F. Bitó, Imre J. Rudas: Replacement of Lyapunov’s Direct Method in Model Reference Adaptive Control with Robust Fixed Point Transformations, in Proc. of the 14th IEEE International Conference on Intelligent Engineering Systems 2010, May 5-7, 2010, Las Palmas of Gran Canaria, Spain, pp. 231-235.
- [C119] J.K. Tar, I.J. Rudas, J.F.Bitó, K.R.Kozłowski, and C. Pozna: “A Novel Approach to the Model Reference Adaptive Control of MIMO Systems”, in the Proc of the 19th International Workshop on Robotics in Alpe-Adria-Danube Region, Budapest, Hungary, June 23-25, 2010, pp. 31-36, (CD issue, file: 4_raad2010.pdf).
- [C120] József K. Tar, Imre J. Rudas and János F. Bitó: “Fixed Point Stabilization in a Novel MRAC Control for MIMO Systems”, accepted for publication at the 8th IEEE International Symposium on Intelligent Systems and Informatics (SISY 2010), September 10-11, 2010 --- Subotica, Serbia
- [C121] József K. Tar: “Towards Replacing Lyapunov’s ‘Direct’ Method in Adaptive Control of Nonlinear Systems”, invited lecture at the 2010 Mathematical Methods in Engineering International Symposium (MME 2010), October 21-24, 2010, Coimbra, Portugal.
- [C122] József K. Tar, Zoltán Siska, Imre J. Rudas, János F. Bitó, A Higher Order Adaptive Approach of the Swinging Problem - Implementation Issues accepted for publication at the 14th International Power Electronics and Motion Control Conference, 6-8 September 2010, Ohrid, Republic of Macedonia