

**Válasz Kovács György Professzor Úr,
az MTA doktora által
Tar József:
„Adaptive Control of Smooth Nonlinear
Systems Based on Lucid Geometric
Interpretation” c. doktori értekezéséről
készített opponensi véleményére**

Mindenekelőtt megköszönöm Dr. Kovács György professzor úr, az MTA doktora pozitív bírálatát, értekezésem értékelésére fordított idejét és energiáját. Értékelése új ideákat és ösztönzést is adott számomra a jövőben elvégzendő kutatómunkámhoz és kutatói hozzáállásomhoz a problémamegoldás folyamatában.

Az általános észrevételekre adott válaszok

A következőkben azokra az észrevételekre és kérdésekre igyekszem válaszolni, amelyekre akkor is illendő reagálni, ha azok nem kérdés formájában vannak megfogalmazva.

Fontos kritikai észrevételének érzem az alábbi megjegyzést: „Az értekezés még bevezetőjében sem tesz érdemi utalást a lineáris szabályozásmélet jelentős eredményeire, amelyek ha nem is tekinthetők „egyetemesnek”, de igen fontos feladatosztályok megoldásában alapvetőek. A lineáris rendszerekkel a jelölt egyetlen fejezetben foglalkozik, nevezetesen az „Approximation and Application of Fractional Order Derivatives in the Time Domain”-ben, és itt is jellegzetesen inkább az idő-, mint a frekvenciaképet preferálja, és az értekezés e része kevésbé szorosan kapcsolódik a többihez. (Bocsáttassék itt meg a bíráló esetleg túlságosan szoros kötődése az MTA SZTAKI-hoz, amely intézet kutatói e téren jelentős eredményeket értek el, és nem véletlen, hogy a SZTAKI-val többek között Kálmán Rudolf is szoros kapcsolatban állt és áll ma is.)” Bírálóm észrevétele -különös tekintettel az MTA SzTAKI mint hazai intézmény nemzetközi szinten is nagyon erős tudományos reputációjára- indokolt. Az értekezésben szereplő egyéb kultúrtörténeti előzmények mellett ezeket az előzményeket is illetett volna megemlítenem. Ez a hazai körülmények közt bizonyos fokú műveletlenség jelének tekinthető. Mentségemül szolgál, hogy először 2009 közepe táján csatlakozhattam a CNK 78168 sz. OTKA projekthez, amely a közúti és városi forgalomszabályozás témakörével foglalkozik az MTA SzTAKI és a BME kutatóinak vezetésével, így ennek a kultúrtörténeti előzménynek a mélysége mostanában kezd megérinteni, s mostanában érzékelem jobban ennek tudományos „húzóerejét” is.

Az előbbi észrevételhez szorosan csatlakozó megjegyzésre szintén illik reagálni: „A „szabályozhatóság” és „megfigyelhetőség” klasszikus fogalmainak általános keretekben történő taglalásának elmaradását indokolhatta, hogy a robottechnika speciális területén általában ez megtakarítható. Többnyire megfelelő kinematikai és gyakorta dinamikai szenzorok állnak rendelkezésre, a legtöbb esetben a mozgásegyenletek az általános

koordináták terében taglalhatók, és az elérhető tartományokra való szorítkozás dolga áttehető a kinematikai pályatervezés tárgykörébe. Így a dinamikai szabályozó feladata megfogalmazható úgy, hogy a feladat az, hogy precízen követni kell a kinematikailag előírt pályákat. Az eleve erősen nemlineáris szabályozási feladatból való kiindulás indokolhatja, hogy a jelölt nem szentelt különösebb figyelmet a lineáris vagy jó közelítéssel linearizálható rendszerek osztályának.” Köszönöm Bírálom megértését! Szavaival maga ment ki abból a mocsárból, amelyből Münchhausen bárót követve önmagamattól volt kihúzni az értekezés bevezetésének gondosabb megtervezésével. Valóban az történt, hogy a „szabályozhatóság” és „megfigyelhetőség” klasszikus, a Cayley–Hamilton tételre alapozott, erősen „kanonizált” fogalmait a lineáris világ vagy inkább modellek sajátosságának gondoltam, s a durván nemlineáris robottechnikai kiindulás miatt elkerülték figyelmemet.

Megköszönöm Bírálom következő megjegyzését: *„Az értekezés szintén „független” a „geometriai szabályozáselmélet” másik alapvető motivációs ágától, az optimális szabályozók témakörétől, amely a klasszikus variációszámítás termékeny továbbfejlődéséhez, s a differenciálgeometriai szemléletmód elterjedéséhez vezetett a szakirodalomban.”* Ha az értekezést mostanában adnám be, írnék erről a területről is, kiváltképp azért, mert a robotikában az időoptimális szabályozás fontos gyakorlati kérdés. E tekintetben annyi mentségem van, hogy míg én általában a kinematikai tervezés és a dinamika szétválasztására törekedtem, e speciális területen ezek a szempontok elkerülhetetlenül szoros kapcsolatban maradnak egymással. Másik mentségem, hogy különböző konferenciáknak köszönhetően bizonyos felületes ismereteim voltak Somló János professzor úr e téren a Műegyetemen végzett kutatásairól, s nyilvánvaló volt számomra, hogy ezekhez az eredményekhez semmiképp nem tudnék értékelhető újdonságot hozzáadni.

Az 5. Tézissel kapcsolatban, a modell-referenciás adaptív szabályozókról jegyezte meg Bírálom, hogy *„A „tradicionális” megoldásokkal való összevetés érdekében –amelyek léteben én nem nagyon hiszek, hiszen számtalan partikuláris megoldásról lehet szó, amelyek csak nagyon lazán „tartoznak össze”...”*. Az észrevételt igencsak indokolt, s belátom, hogy szerencsétlen ötlet volt a „tradicionális” jelző alkalmazása! Az irodalomban fellelhető megoldásokban csupán annyi közös van, hogy Lyapunov direkt módszerét használják, viszont sokféle Lyapunov függvény jelöltet találhatunk, melyek nem negatív deriváltját sokféle „algebrai trükk” segítségével kísérik meg bebizonyítani. Ezen a szinten az egyes munkák nagyon eltérőek egymástól. Másik szempont, ami a megoldások diverzitását indokolja, a vizsgált problémák fenomenológiai eltérései: milyen rendszerben milyen mennyiségeket lehet megfigyelni és milyen beavatkozó jelek beépítésére van mód.

A tételes kritikai észrevételekre adott válaszok

„0. Mint olvasót engem zavar, hogy a jelölt sokáig úgy tesz a dolgozatban, mintha nem robotikáról, hanem általában adaptív szabályozásokról, és azok matematikai kezeléséről lenne szó, az első érdemi robotikai összefüggést a 4. fejezetben találtam, noha természetesen a célok között jócskán vannak robottechnikaiak is. Ugyanakkor, ha szükségesnek érzi (pl. az optimális szabályozók tárgyalásakor, vagy pl. a szabályozhatóság és megfigyelhetőség klasszikus fogalmainak általános keretekben történő taglalásának elhagyásakor), akkor inkább robottechnikus, mint matematikus, vagy szabályzás-technikus.”

Megköszönöm Bírálom indokolt megjegyzését! A mai fejemmel erre a megjelenésmódra már jobban ügyelnék. Nem érdemi válaszként (a jogos észrevételre ilyen ugyanis nem létezik), hanem inkább magyarázatként jegyezném meg, hogy a 80-as évek közepén kezdődő hazai robottechnikai kutatásokból, fejlesztésekből kiindulva e terület perspektivikusnak tűnt

egészen a rendszerváltásig, midőn szinte egyik napról a másikra elveszítette minden távlatát. (A Magyarországon beruházó autógyárak magukkal hozták a maguk letesztelt robotos technológiáit a maguk robotszállítóitól, a hazai robotikai vállalkozások jelentősebb tőke hiányában pedig rövid idő alatt sorra tönkrementek.) Így a kiinduláskor robottechnikára koncentráló kutatásokat tudatosan próbáltam más, általánosabb területek felé terelni, miközben vizsgálati paradigmaként a leggyorsabban klasszikus mechanikai paradigmákat tudtam matematikailag modellezni. Ennek kapcsán alakult ki az a „kaméleonszerű” arculat, amelyért Bírálom okkal megró. A mechanikai rendszereket (az érdekes sűrűdési effektusok kivételével) az utóbbi egy év óta próbálom szisztematikusan kerülni, és általánosabb nemlineáris problémák (közúti forgalomdinamika, az emberi szervezet inzulin-cukor háztartásának modelljei, neuronmodellek és káosz-szinkronizációs feladatok) felé igyekszem fordulni. Az értekezés ennek inkább előkészítése mint megvalósítása volt.

„1. Számomra úgy tűnik, hogy a 40. oldal (6.1.1) egyenletében lévő forma szigorúan szorzat forma, amely jóval komplikáltabb lehet, mint a (6.1.6) egyenlet összeg formája. Az egyenleteket övező szövegből nem tűnik ki, hogy szándékos egyszerűsítésről volna szó. Mi a szerző szándéka?”

Bírálom megjegyzése szigorúan érdemi választ kíván. A (6.1.6) forma nem általános érvényű, hanem nagyon speciális és az általánoshoz képest igencsak hiányos. A [C24] közlemény célja annak megmutatása volt, hogy még ezzel a nagyon speciális és hiányos formával is „lehet kezdeni valamit”, s ezt az információt a (6.1.1) egyenlet körüli szöveg valóban nem tartalmazza. Az általános formában a (6.1.3) egyenletben adott speciális rotációs mátrixok szorzatainak kell állnia, s mivel azok nem kommutálnak egymással, az általános forma nem ilyen összegekre bomlik fel. [Összegekre az általános forma is felbontható, ha a középben lévő diagonális mátrixot összegek formájában állítjuk elő, de az eredmény nem lesz olyan egyszerű, mint a (6.1.6) egyenlet alakja.]

„2. A (6.1.7) egyenletben a 42. oldal tetején az összegzésből és a ξ változóból néhol eltűnni látszik egy „t” index. Mi az oka?” Köszönöm szépen az észrevételt! Az ok szövegszerkesztési gondatlanság.

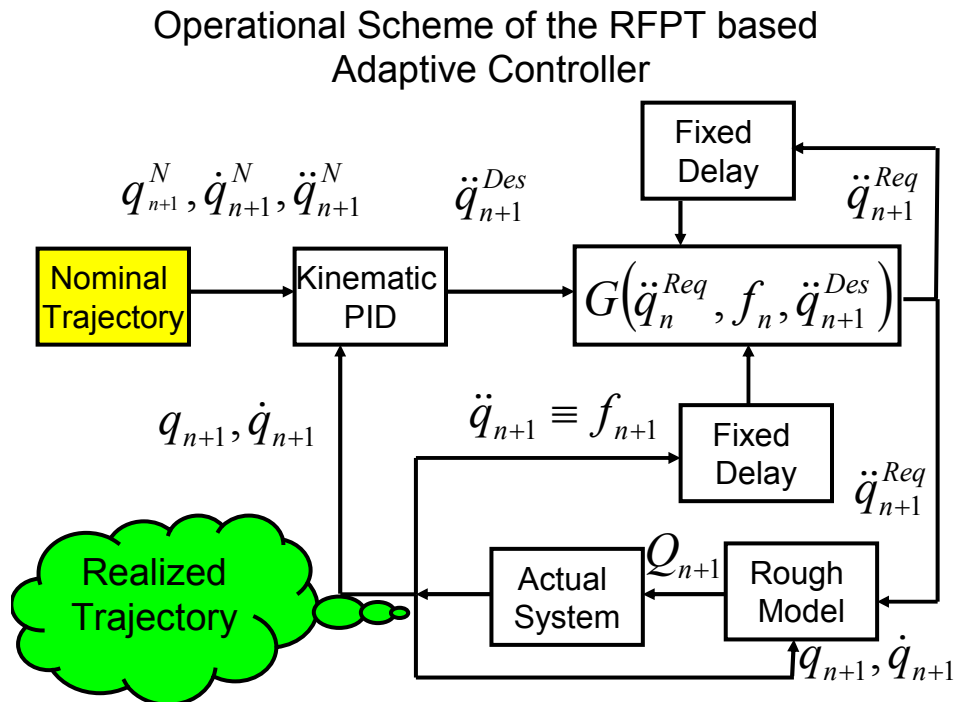
„3. A (6.1.8) egyenlet körüli magyarázat pontosabb megfogalmazása talán az lett volna, ha a jelölt gondosan kiírja, hogy az egyenlet bal oldalán lévő kifejezés jobb oldalán lévő szimmetrikus mátrix invertálásáról van szó.” Igen, pontosan ezt kellett volna tennem.

„4. A (6.1.15) egyenlet praktikus realizációja azt igényelné, hogy az integrál alsó határa ne $-\infty$ legyen, hanem valami véges kezdeti érték, ahonnan az alkalmazás „indul”. ” Egyetértek az észrevétellel. A hiba sajnos a következő egyenletben is öröklődött. Szerencsére semmilyen szimulációs eredmény érvényességét nem érinti, hiszen azokban a vizsgálatok tényleg egy véges kezdeti értékről indulnak.

„5. A 158. oldal táblázatának a fejlécet nem számítva 2. sorában és 2. oszlopában a Szerző bizonyára $\mathbf{b}^{(1)T} \mathbf{Z} \mathbf{b}^{(i)} = 0$ helyett a $\mathbf{b}^{(1)T} \mathbf{Z} \mathbf{b}^{(1)} = 0$ kifejezésre gondolt.” Pontosan! Szövegszerkesztési gondatlanságról van szó.

„6. Az 59. oldal redundánsan mutatja be a várt és megfigyelt válasz sémát, amelyet a tudományos módszerek ismertetésében az értekezés elején a jelölt egyszer már kifejtett. Ennek elhagyásával néhány oldalt meg lehetett volna spórolni.” Egyetértek Bíráloommal. Sajnos a redundancia szerkesztési gondatlanság miatt benne maradt az értekezésben.

„7. A 78. oldal 9.1. ábrájával kapcsolatban kérdelem: az ábrán nincs semmi feltüntetve a „Referencia Modell” és a „Valódi Modell” állapotfüggéséről. Hogyan kezelhető a modellek állapotfüggése az új MRAC technika keretein belül?” Bírálómnak igaza van. Az adott ábra hiányos. A teljes ábra a vizsgált rendszerek fenomenológiájától függ. Mellékelem az ábra egy kiegészítését az összes ismert szabadsági fokában meghajtott klasszikus mechanikai rendszerek osztályára.



Az ábrán az „n” változó a diszkrét szabályozási ciklusokat jelöli, a „q” változó az általános koordinátákat, a „Q” változó az általánosított erőket. A referencia modellbe is mindig a szabályozott valódi rendszer aktuális, megfigyelhetőnek feltételezett értékét kell bevezetni.

„8. A (11.2.11) egyenlethez kötött feltétel – az alatta álló szövegben „ $|1 + \alpha \delta^2| < 1$ ” látható-véleményem szerint hibás, és itt ugyanannak a feltételnek kellene állnia, mint amelyik a (11.2.6) egyenletben adott.” Bírálómnak igazat kell adnom. Sajnos egy újabb szövegszerkesztési hibáról van szó.

„9. A magyar nyelvű Tézisfüzet nekem jutott példányában az első sorok valamilyen szerkesztési hiba miatt nem jól láthatók. Ezt nem tenném szóvá, ha nem lenne a füzetben, annak minden oldalán elég sok apró, zavaró elütés és nyelvtani, fogalmazásbeli hiányosság.” Ez nagyon jogos észrevétel és magyarázatot igényel. A beadási feltételek között szereplő azon igényt, hogy a tézisfüzetben pontosan ugyanazoknak a téziseknek és megfogalmazásoknak kell állniuk, mint az értekezésben, úgy próbáltam kielégíteni, hogy eleve angol nyelvű tézisfüzetet készítettem. Számomra az utolsó pillanatokban vált világossá, hogy magyar nyelvű tézisfüzet szükségeltetik. A fordítást az utolsó másodpercekben "rohamtempóban" csináltam, s az azonnali beadási határidő miatt nem maradt időm rendesen átfésülni. Emiatt mindenkitől elnézést kérek, akinek a magyar nyelvű tézisfüzet a kezébe került.

„10. A dolgozatban elég sok ábrán hiányzik az egyik vagy másik tengely dimenziója, más ábrákon a felhőszerű képződmények elhelyezkedése és kiterjedése (feltételezem, hogy szándékosan) nem egyértelmű.” Osztom Bírálóm véleményét, a tengelyek dimenziójának

elmaradása különösen fontos, érdemi észrevétel. Technikai okok miatt a dimenziókat általában a közlemények ábrafelirataiban adtam meg, nem az ábrákat készítő programokban. Ez okokból maradhatott több hiányosan megjelölt tengely, ami természetesen nem mentség, hanem csak az érdemi hiányosság magyarázata.

Végezetül ismételten szeretném megköszönni dr. Kovács György professzor úr, az MTA doktora kritikai megjegyzéseit, további szakmai munkámat segítő számos észrevételét, az értekezés elbírálására fordított idejét és energiáját, s ezúton kérem válaszaim mérlegelésére.

Budapest, 2011-11-23.

Tar József
a műszaki tudomány kandidátusa