

VÉLEMÉNY

Dr.Molnár Sándor „Strukturált rendszerek kvalitatív vizsgálata”
című MTA doktori értekezéséről

1. ÁLTALÁNOS MEGJEGYZÉSEK

A 139 számozott oldal terjedelmű disszertáció tartalmaz Bevezetést, Módszertani összefoglalót (1. fejezet), majd ezután további 6 fejezet következik, végül egy 73 tételből álló hivatkozások jegyzékével záródik. A disszertáció témakörében felsorolt 44 saját publikáció közül Jelölt 39-ben egyedüli, vagy elsősor helyes szerző. A dolgozat nem tartalmazza az elért eredmények tézisszerű összefoglalást, azonban a disszertáció tartalmának bemutatása mellett a saját eredmények ismertetésére is részletesen kitér a szerző a Bevezetésben.

Az értekezés szép kivitelű, jól strukturált, az ábrák és diagramok jól megrajzoltak, jelentős segítséget nyújtanak a sokirányú összetevőből álló anyag követéséhez. Az értekezés formai szempontból megfelel az általános követelményeknek.

2. A TÉMAVÁLASZTÁS, AZ ÉRTEKEZÉS ÉRTÉKELÉSE

Jelölt doktori értekezése a témakör egy aktuális és mind elméleti, mind pedig gyakorlati szempontból jelentős területét tárgyalja. A szerző által korábban bevezetett vertikum típusú rendszereknek (lásd [19], [20], [21], [25] -- a hivatkozási számok a dolgozat irodalomjegyzékének a számozását követik) és ezek részrendszereinek speciális gráfok hálózatán definiált dinamikus rendszerekkel leírható technológiai, gazdasági, környezeti-ökológiai rendszerek minőségi, rendszerjellegű leírása, vizsgálata képezi a dolgozat centrumát.

A problémák egyszerű megfogalmazásához és az eredmények bizonyításához algebrai, differenciálalgebrai és parciális differenciálalgebrai eszközöket használ, a dolgozat második részében a nyert approximációelméleti eredmények figyelembevételével a problémafelvetést újrafogalmazza, könnyebbé és érthetőbbé téve a tételek bizonyítását.

A klasszikus rendszerelméletben L.S. Pontryagin [3] és R.E. Kalman [6] által megkezdett kutatások eredményeit kiterjeszti általánosabb „lineáris” rendszerekre. Itt az idézőjel arra utal, hogy pl. állapotfüggő nem-lineáris rendszerek is felírhatók véges számú struktúra mátrix olyan lineáris

kombinációjaként, amelyek együtthatói az időnek, az állapotnak még általánosabban, időtől, állapottól, kimenetektől is függő paramétereknek a függvényei, amelyeket általában LPV rendszereknek neveznek.

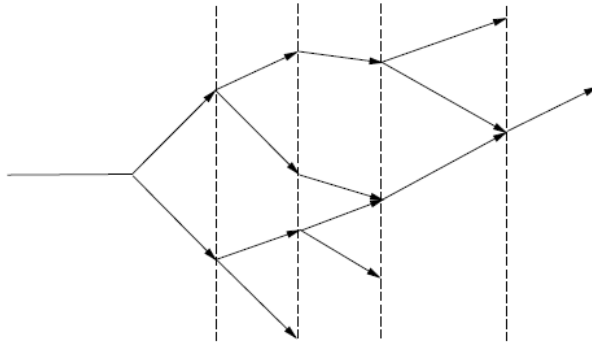
Az LPV rendszerekhez kapcsolódó főbb eredmények a dolgozat 2. és 3. fejezetében található. Az első és harmadik tézisben a Kalman és Pontryagin által bizonyított alapvető eredményt fejlesztí tovább úgy, hogy lehetségessé válik a Kalman-féle szűrő konvergenciájának, illetve a Pontryagin-féle minimum-elvnek a felhasználásával véges rendszer-mátrixokkal kifejezhető elégséges feltételeket adni végtelen dimenziós problémákra.

A dolgozatban vizsgált nagyon általános rendszerek esetében ugyanilyen, a rendszer-mátrixokkal megfogalmazható véges feltételeket ad a rendszerek alapvető kvalitatív tulajdonságaira, amennyiben az együtthatók teljesítenek bizonyos, a differenciálegyenletek nyelvén megfogalmazható (differenciál-algebrai) gerjesztési feltételeket. Ennek belátásához a differenciálalgebra helyett „csak” elemi algebrai megfontolások segítségével jut el, ami egy nagyon lényeges technikai egyszerűsítést jelent. Ez a Diop-féle elimináció eliminációja. A szerző eredményei 2.1, 2.2, 3.1, 3.2, 5.1 és 5.2. tételekben kerültek bizonyításra.

A 2. tézis lényeges eredményeit két, az LPV rendszerekre vonatkozó approximációs tétel (lásd 4.1. Tétel és 4.2. Tétel) jelenti. Az első tételben az irányítási tartományt konvex poliédernek tekinti, és az irányítások értékeit ezekből a csúcsokból választja, ami kizárja a pontonkénti approximációt, ennek ellenére bebizonyítja, hogy a trajektóriák tetszőleges pontossággal egyenletesen közelíthetőek. A második tételben az irányításokat és a paraméter tartományt is konvex poliédernek tekinti és ezen feltételek mellett is megmutatja, hogy a trajektóriák egyenletesen közelíthetőek. Tipikus példaként a disszertációban az elektronikai alkalmazásokban fontos szerepet játszó Buck-Boost áramköri konvertert említi a szerző, így az LPV rendszereket kapcsolási rendszernek, konverternek lehet tekinteni. Ezek az approximációs tételek direkt általánosításai a Gamkrelidze-féle approximációnak is. Példaként a disszertációban a Buck-Boost konvertert szakaszonként 4 db nagyon egyszerű lineáris rendszerrel helyettesíti, amelyek már nem áramkörökkel vannak realizálva, hanem valós idejű számítógépen futtatással. Ez nyilvánvalóan a digitális kontrollal való kapcsolatra mutat.

A 4. Tézis eredményei sok szempontból nevezhetőek a disszertáció centrumának. Az alkalmazások is döntően ezekre az eredményekre támaszkodnak. A szerző által vertikum típusú rendszernek nevezett komplex struktúrájú rendszer egy alábbi „előre” irányított gráfon (ld. disszertáció 108. o., 6.1. ábra kiemelése)

definiált hálózati rendszer rész-rendszerenkénti LTV vagy LPV



rész-rendszerenkénti LTV vagy LPV típusú dinamikával. A szerző ezekre kiszámolta a már ismertetett általánosított Kálmán-féle feltételeket. Ez egy, a bemenetek szerinti struktúra-szétcsatolást eredményezett. A felhasznált technikák miatt ezt Wei-Norman-féle reorganizációnak nevezte el.

A bemenetek szerinti szétcsatolás egy új típusú bemenet-kimenet rendszert eredményezett. Érdeemes párhuzamot vonni a dolgozat bevezető fejezeteiben tárgyalt Fliess-féle kanonikus alakokkal. Míg ott olyan rendszert tekintett és vizsgált a szerző, amelyben a bemenetek és azok deriváltjai is szerepeltek, itt a szétcsatolt bemenetek mellett a kisebb indexű bemenetek integrál-operátorai is bemenetek lehetnek, a vertikum struktúra ezekben az integrált bemenetekben jelenik meg, az értekezés 118. oldalán található formulában, amely a fontossága miatt megérdemelt volna egy számozást a könnyebb hivatkozást segítve. Ennek az alakjai leegyszerűsített jelölésekkel:

$$\begin{aligned} \dot{x}_i = & a_i(t)A_{ii}x_i + b_i(t)B_{ii}x + \int_0^t V_i(t, \tau)u_{i-1}(\tau)d\tau + \\ & + \int_0^t \int_{\tau_1}^t V_{i-1}(t, \tau_1, \tau)u_{i-2}(\tau)d\tau d\tau_1 + \dots + \\ & + \int_0^t \int_{\tau_{i-2}}^t \dots \int_{\tau_1}^t V_2(t, \tau_{i-2}, \dots, \tau_1, \tau)u_i(\tau)d\tau d\tau_1 \dots d\tau_{i-2}, \end{aligned}$$

így a „szétcsatolt”, reorganizált dinamikában az i -edik részrendszert az $u_1(t), u_2(t), \dots, u_{i-1}(t)$ bemenetek helyett ezek többszörös integrál-operátorai értékével történik az irányítása úgy, hogy a dinamika oksági tulajdonsága nem sérül meg.

Másik érdekessége a vertikum típusú rendszereknek, hogy amennyiben előírt részrendszereit előírt módon kiiktatjuk, „kapcsolgatjuk” olyan konverterre „kapcsolási” rendszerré válik a vertikum, amely a Buck-Boost konverterrel mutat rokonságot. Ha K adott részrendszert lehet ki-be kapcsolni, ezáltal a vertikum egy 4^K állású kapcsolónak tekinthető. A kapcsoló állását leíró 0, 1

értékeket felvevő (amelyek a K -dimenziós egységkocka csúcsai, ami egy konvex poliéder és így itt alkalmazhatók az approximációs tételek eredményei egy ideális működést reprezentáló $p(t)$ függvényre, amely értékeit szintén az egységkockából veszi) paraméterek bevezetésével az eredetileg LTV típusú vertikum LTPV rendszerré változik, ezért ezek a rendszerek LTPV rendszerek approximációinak is tekinthetők. Ezek a kapcsolatok jól mutatják a 4. téma központi jellegét, e köré csoportosítható az egész disszertáció.

Az 5. tézisben az előzőekben ismertett elméleti eredményeknek a szerző által publikált gyakorlati alkalmazásai találhatóak.

A disszertációban megfogalmazott és a tézisfüzetben külön kifejtett 5 tézis az értekezés 5 főfejezetének eredményeit foglalják össze, melyeket elfogadom tudományos eredményeknek.

3. KÉRDÉSEK A JELÖLTHÖZ:

1. A klasszikus rendszerelméletben közismert az un. Bang Bang elv, ami azt jelenti, hogy az optimális kontroll mindig szakaszonként konstans és a konvex tartomány csúcsaiból veszi értékeit (ld. pld. lineáris programozás). Az említett elv milyen kapcsolatban van a dolgozatban ismertett approximációs tételekkel?
2. A dolgozatban megfogalmazott általánosított Kalman-féle tételnél miért kell még pluszként feltenni az un. gerjesztési feltételeket?

4. ÖSSZEFOGLALÓ ÉRTÉKELÉS

Az értekezés egységes rendszerben, megfelelő formában és jól követhetően mutatja be Jelöltnek azon tudományos eredményeit, amelyek a rendszer- és irányításelmélet egyes kérdéseire vonatkoznak.

Az értekezésben az algebrai, differenciálalgebrai és parciális differenciál-algebrai, valamint approximáció-elméleti eszközökkel és módszerekkel tárgyalt kutatási problémák elméleti és gyakorlati szempontból is egyaránt fontosak. Az disszertáció logikusan szerkesztett, a tézisekben megfogalmazott tudományos eredmények megfelelő módon publikálásra kerültek és elfogadhatók új tudományos eredményekként.

Összefoglalóan megállapítható, hogy Molnár Sándor értekezése mind formai, mind tartalmi vonatkozásban kielégíti az MTA doktori szabályzatában előírt követelményeket. Jelölt a kandidátusi fokozat megszerzése óta jelentős saját

tudományos eredményekkel és gyakorlati alkalmazásokkal gyarapította a rendszer- és irányításelmélet tudományterületét. Mindezek alapján javaslom a nyilvános vita kitűzését és Molnár Sándor részére az MTA doktora cím odaítélését.

Budapest, 2017. július 14.

Dr.Szeidl László
az MTA doktora