Válasz Dr. Várlaki Péter, az MTA doktora bírálatára

Ezúton szeretném megköszönni Dr. Várlaki Péter professzor úrnak az értekezésem alapos átolvasására szánt időt, pozitív bírálói véleményét és releváns kérdéseit. Köszönöm, hogy a tézisekben megfogalmazott új eredményeken túl értékelte a dolgozatban szereplő jelentős technikai újdonságokat, a szakirodalomban nem ismert kalkulust, ami a Lie-algebrán értelmezett mátrixértékű függvények parciális integrálására vonatkozik vagy a Gronwall-Bellma-féle lemma nem klasszikus értelmezését, a mátrix Ricati-féle differenciálegyenlet újrafogalmazását.

Bírálóm megjegyzésére és kérdéseire az alábbiakban válaszolok:

„A Bíráló megítélése szerint a téma kifejtésének tömörsége gyakran az érthetőség rovására megy, ugyancsak fenntartással kezeli a képletek túlzottan sűrű megjelenítését, melyeket viszont sok helyen nem kísér megfelelő műszaki matematikai értelmezés."

Bírálóm kritikáját elfogadva megjegyzem, hogy igen nehéz feladat volt a témában végzett kiterjedt kutatásaim olykor igen sokrétű eredményeit az eddigi ismereteink tükrében értékelni és a lehető legegyszerűbben és jól érthetően bemutatni. Igyekeztem a tételek bizonyítása során a legszükségesebb formalizmust használni. Sajnálom, hogy ennek ellenére is maradtak nehezebben érthető részek a beadott munkában.

Kérdések:

1. A dolgozatban a kapcsolási rendszerek bevezetése nagyon szemléletesen egy konverterrel történik. A későbbiek folyamán a szerző mellőzi a „konverter" szóhasználatot és áttér a kapcsolási rendszer terminológiára.

A kérdésem erre vonatkozóan az, hogy miért volt erre szükség és nem okozhat-e félreértést a kifejezés használata, mivel ezt más értelemben is szokás használni?

Valóban a kapcsolási rendszerek fogalmát más értelemben is szokás használni, de nálam ez alkalmazások miatt (biológiai rendszerek vizsgálatai) célszerűtlennek tűnt ezt a kifejezést előnyben részesíteni. A konverter szó használata onnan ered, hogy Buck-Boost áramkör alkalmas arra, hogy egyenáramot váltóárammá konvertálja.

Az alkalmazásokban szereplő biológiai példáknál nehéz lenne magyarázatot adni arra, hogy miért nevezzük ezeket konvertereknek.

Itt jegyzem meg, hogy a Buck-Boost konvertert az *U* irányítás és a *k.e.f* függvényében explicit módon (véges alakban) sikerült megoldanom (lásd 4.11 és 4.12 formulák), amivel a digitális kontroll irányában tettünk egy igen jelentős lépést (lásd még 4.13 formula)

$$\begin{aligned} x_2(t) = &\int_0^t \exp\left(\int_{\tau_1}^t \phi_3(\tau_2)d\tau_2\right)\phi_1'(\tau_1)d\tau_1\xi_1 + \int_0^t \exp\left(\int_{\tau_1}^t \phi_3(\tau_2)d\tau_2\right)d\tau_1\xi_2 + \\ &+\int_0^t \exp\left(\int_{\tau_1}^t \phi_3(\tau_2)d\tau_2\right)\phi_2'(\tau_1)d\tau_1. \end{aligned} \tag{4.11}$$

$$\begin{aligned} x_1(t) = \xi_1 + &\frac{E}{L}\int_0^t u(\tau)d\tau + \frac{1}{L}\int_0^t (1-u(\tau_1))\int_0^{\tau_1}\exp\left(\int_{\tau_2}^{\tau_1}\phi_3(\tau_3)d\tau_3\right)\phi_1'(\tau_2)d\tau_2 d\tau_1\xi_1 + \\ &+\frac{1}{L}\int_0^t \left(1-u(\tau_1)\right)\int_0^{\tau_1}\exp\left(\int_{\tau_2}^{\tau_1}\phi_3(\tau_3)d\tau_3\right)d\tau_2 d\tau_1\xi_2 + \\ &+\frac{1}{L}\int_0^t \left(1-u(\tau_1)\right)\int_0^{\tau_1}\exp\left(\int_{\tau_2}^{\tau_1}\phi_3(\tau_3)d\tau_3\right)\phi_2'(\tau_2)d\tau_2 d\tau_1, \quad \text{azaz} \\ x_1(t) = &\left[1+\frac{1}{L}\int_0^t \left(1-u(\tau_1)\right)\int_0^{\tau_1}\exp\left(\int_{\tau_2}^{\tau_1}\phi_3(\tau_3)d\tau_3\right)\phi_1'(\tau_2)d\tau_2 d\tau_1\right]\xi_1 + \\ &+\frac{1}{L}\int_0^t \left(1-u(\tau_1)\right)\int_0^{\tau_1}\exp\left(\int_{\tau_2}^{\tau_1}\phi_3(\tau_3)d\tau_3\right)d\tau_2 d\tau_1\xi_2 + \\ &+\frac{E}{L}\int_0^t u(\tau)d\tau + \frac{1}{L}\int_0^t \left(1-u(\tau_1)\right)\int_0^{\tau_1}\exp\left(\int_{\tau_2}^{\tau_1}\phi_3(\tau_3)d\tau_3\right)\phi_2'(\tau_2)d\tau_2 d\tau_1. \end{aligned} \tag{4.12}$$

$$\begin{aligned} L\dot{x}_1 &= x_2 + (E \pm M)u, \\ C\dot{x}_2 &= -x_1 - \frac{1}{R}x_2 \pm Mu. \end{aligned} \tag{4.13}$$

2 Az 5. fejezetben, amikor az approximáló rendszerek irányíthatóságát és megfigyelését vizsgálja a szerző és a bizonyítások során meglepő módon a mátrix Riccati-féle differenciálegyenleteket használta. Ezeket az eszközöket szokásosan a rendszerek stabilitási jellemzésével használjuk. Van-e valamilyen mélyebb összefüggés a két témakör között?

A dolgozatban szereplő 5.4 és 5.5-ös példában próbálok erre a kérdésre válaszokat találni, de csak a problémák száma növekedett. Pld. az irányíthatóság szükséges feltételei a koordinátatengelyek kivételével teljesülnek, ennek ellenére az elérhetőség az egységgömb felületén garantálható, ez egy kétdimenziós alakzat, holott a Kalman-féle tétel alapján az elérhetőségi halmaz háromdimenziós.
Tehát további kutatásokra van szükség a kérdéses összefüggések feltárásához.

Végezetül ismételten megköszönöm Várlaki Péter professzor úr bírálói munkáját, pozitív véleményét és hozzájárulását dolgozatom nyilvános vitára bocsátásához.

Gödöllő, 2017. augusztus. 28.

Dr. Molnár Sándor
egyetemi tanár