

Válasz Dr. Szederkényi Gábor opponensi véleményére

Leitold Dániel
2020. május 22.

Mindenekelőtt szeretném megköszönni Dr. Szederkényi Gábor Professzor Úrnak, hogy elvállalta dolgozatom bírálatát.

Ahogy Professzor Úr is felhívta rá a figyelmet, az angol nyelvű anyag magyarra fordítása nem sikerült tökéletesre. Az angol nyelvű munkák feldolgozása, illetve angol nyelvű publikálások mellett eltörpült a feldolgozott magyar nyelvű irodalmak száma, így a magyar terminológia megfelelő kiválasztása nehézséget okozott a dolgozat írása során, de a következőkben nagyobb figyelmet fogok erre fordítani. Ennek ellenére biztatónak tartom, hogy csupán egy-két ilyen jellegű megjegyzés érkezett dolgozatom egészére, és Professzor Úr kiemelte, hogy az érthetőségek ezek nem befolyásolták.

A továbbiakban sorra veszem az Opponens megjegyzéseit, kérdéseit, és igyekszem azokat legjobb szakmai tudásomnak megfelelően megválaszolni.

1. kérdés: *Mit tart a hálózatelemzési megközelítés legfontosabb hozzájárulásának az irányíthatóság/megfigyelhetőség (és egyéb kapcsolódó tulajdonságok) vizsgálatában a korábbi ismert eredményekhez képest?*

Nagyon röviden és általánosan megfogalmazva: az új szemléletet. Részletelesebben kifejtve, úgy gondolom, hogy az, hogy új perspektívával tekintünk ugyanarra a problémára, rengeteg lehetőséget ad új tulajdonságok kimutatására, illetve meglévő tulajdonságok megerősítésére, igazolására.

Az előbbire (új ismeret) példa, hogy amíg a rendszer különálló komponenseinek meghatározása nem tartozik a hagyományos megközelítés vizsgálati pontjai közé annak komplexitása miatt, addig a hálózatelemzés-alapú megközelítés ezt szinte az első pillanatban megteszi nekünk, amint kirajzoljuk az állapotváltozók hálózatát. Ahogy dolgozatomban is írtam, a komponensek száma pedig erőteljesen befolyásolja a minimálisan szükséges beavatkozók és megfigyelők számát a strukturális irányíthatóság és megfigyelhetőség érdekében. Továbbá ebből következhet egy komplexebb számítási részfeladatokra bontása is, mivel adja magát, hogy a komponenseken külön-külön elvégezhető egy adott számítás, ezáltal kisebb komplexitású részproblémákra osztható a feladat, amelyek kisebb számítási kapacitást igényelnek. Ez korábban nem volt ennyire triviálisan kimutatva.

Az utóbbira (meglévő ismeret) példa, hogy míg korábban is lehetőség volt beavatkozó és megfigyelő tervezésre, addig most, a maximális párosítás alapú módszer egy olyan eszközt ad a szakemberek kezébe, ami, ha nem is az egész folyamatot, de annak kezdeti lépéseit nagyon hatékonyan képes támogatni. Annak eldöntése, hogy mi az a minimális beavatkozó szám, ami szükséges a rendszer strukturális irányíthatóságának biztosításához, illetve, hogy ez a minimális beavatkozóhalmaz a rendszer mely pontjain helyezkedjen el, nem volt ilyen hatékonyan megoldva a hagyományos módszerekkel. Ehhez az példához tartozik a validációs lehetőség is. Erre példa, hogy dolgozatomban az általam javasolt módszertannal is bebizonyosodott, hogy a hőcserélő hálózatokban (legalábbis abban a reprezentációban és feltételekkel, amit a dolgozatomban is alkalmaztam), az irányíthatósági és megfigyelhetőségi probléma elérhetőségi problémára egyszerűsödik, ahogy az már korábban is ki volt mutatva (Varga, Hangos, & Szigeti, 1995).

2. kérdés: *Hogyan értelmezi a hálózatalméleti irodalom az irányíthatóságot / megfigyelhetőséget a statikus esetben.*

Köszönöm szépen ezt az igazán hasznos észrevételt. Kutatásaim során nem találkoztam olyan munkákkal, ami a rendszerek statikus modelljeinek elemzésével foglalkozott volna. Ez valószínűleg amiatt is van így, mivel kifejezetten a dinamikus rendszerek álltak kutatásaim középpontjában.

Az irányíthatóságot és a megfigyelhetőséget nem lehet értelmezni statikus esetben a hálózatalméleti megközelítéssel sem. Ugyanakkor a megközelít alkalmas a kapcsolódó problémák elegáns megoldására, úgy, mint szabadsági fok, hatások (hatásgráfok), egymástól függetlenül befolyásolható részrendszerek, vagy a $0 = Ax$ egyenlet megoldása. A fentiek közül a szabadsági fokok kérdését ki lehet emelni, mivel az az összetett rendszerek szabályozó struktúrájának tervezéséhez kapcsolódik.

3. kérdés: *Általános esetben igaz-e, hogy a 2.4 ábra (a), (b), (c) gráftípusai részgráfjai a (d) gráfnak, nem tekintve a be- és kimenetekhez tartozó éleket?*

Igen, valóban, az (a), (b) és (c) hálózatalmegközelítés szempontjából részgráfjai (d)-nek. A dolgozatom második fejezetének hasonló a mondanivalója, vagyis, hogy a nem megfelelő reprezentáció (amikor a valós modell csupán egy része jelenik meg) alkalmatlanná teszi a példákat a tudományos kiértékelés biztosításához. Ennek az ismeretnek a feltárása, vagyis a részgráf jelenléte alkalmas lehet irányítási motívumok definiálására, ami a korábbi kérdéshez kapcsolódóan szintén egy új eredmény lehet a hagyományos megközelítéshez képest.

4. kérdés: *Mi miatt lesz NP-nehéz a (3.1) optimalizálási feladat?*

Az $S \subseteq X = \{x_1, x_2, \dots, x_N\}$ beavatkozó (vagy megfigyelő) pontok halmazának előállításának kombinatorikus jellegéből válik NP nehézzé a feladat. A dolgozat 1.2.1 fejezetének 4. bekezdésében jeleztem, hogy brute force megközelítéssel egy N állapotváltozót tartalmazó rendszerhez 2^{N-1} bemeneti konfiguráció készíthető el. A minimális, de a strukturális irányíthatósághoz szükséges bemenetek számának meghatározásához ezek jelentős részét meg kell vizsgálni, ami hatalmas számítási igényt követel meg. Ez $N = 5$ -re 31 konfigurációt jelent, $N = 10$ -re 1023, míg $N = 15$ -re már 32768. Hasonló exponenciális robbanás keletkezik, amikor a minimális konfigurációkat a (3.1) egyenlet alapján további beavatkozók, vagy megfigyelőkkel bővíteni szeretnénk.

Ahogy a halmazlefedési megközelítés is mutatja (3.3.1 fejezet), a probléma valójában egy halmazlefedési probléma, ami pedig egyike Richard M. Karp 21 NP-teljes problémáinak, amit 1972-ben bizonyított (Karp, 1972).

5. kérdés: *Figyelembe vehetők-e további korlátozó feltételek az optimalizálási feladatban (pl. lehetséges-e bizonyos fizikailag nem mérhető állapotok kizárása a kimenetek közül)?*

Egyértelműen igen. Mivel az egész megközelítés csupán strukturális oldalról értékeli ki az irányíthatósági és megfigyelhetőségi vizsgálatokat, így a kérdésben említett korlátozás beépíthető. Ugyanilyen korlátozást alkalmaztam annak érdekében is, hogy a már megállapított minimálisan szükséges beavatkozók rögzítve legyenek a strukturális irányíthatóság és megfigyelhetőség biztosításának érdekében.

További előnye a módszernek, hogy mivel a maximális párosítás eredménye nem egyedi, ezért elképzelhető, hogy a fent említett, illetve ahhoz hasonló korlátozások ellenére is egy

eltérő, de egy ugyanolyan minőségű eredményt szolgáltat a módszer (a dolgozatban is alkalmazott szempontok alapján, pl.: relatív rend).

Természetesen amennyiben egy kizárt állapot megfigyelése elengedhetetlen a megfigyelhetőség biztosításához, úgy a feladat nem megoldhatóvá válik, de úgy érzem, hogy ez nem az általam bemutatott megközelítés hátránya, mivel így egyetlen módszer sem tudná biztosítani a megfigyelhetőséget.

Amennyiben a további korlátozás alatt egy beavatkozóknak szeretnénk korlátozni a mértékét, úgy az általam javasolt módszer alkalmatlanná válik, mivel a módszer csupán strukturális, és nem kezeli a rendszert leíró paraméterek nagyságát, csupán meglétét.

6. kérdés: *Van-e bármiféle elméleti garancia a konvergenciára az mCLASA és/vagy GDFCMSA algoritmusoknál? (Esetleg tapasztalt-e divergenciát a számítások során?)*

Nem, a számítások során egyetlen esetben sem tapasztaltam divergenciát. Mindkét módszer konvergenciájáért a szimulált hűtés felel. Ez ugyan egy kicsi valószínűséggel elfogad rosszabb megoldást, de az eredményt eddigi tapasztalataim alapján mindig az optimum felé terelte, ahogy a dolgozat 3.4.3 fejezetében, illetve bővebben a Függelék B.3 fejezetében a kapcsolódó ábrákon látható.

7. kérdés: *Milyen típusú algebrai egyenletek társulhatnak a (4.1)-(4.2) egyenletekben leírt dinamikus modellhez? Hogyan kezelhetők ezek a számításokban?*

Valóban a (4.1)-(4.2) egyenletek jelen formájukban nem tartalmaznak algebrai részt, és a módszer bemutatása, mint DAE-alapú megközelítés csupán a módszer általánosságát hivatott hangsúlyozni. Az algebrai részek analóg módon kezelhetők be, vagyis az élek aszerint jelennek meg, hogy miként ér befolyás egy adott állapotváltozót.

1. megjegyzés: *Az 1.2.1.2 szakaszban, gondolom, az állapotok 'nyitott halmazán' nyílt halmazt (open set) értünk.*
2. megjegyzés: *1.1 Táblázat: 'szabályozhatósági Gramian' helyett irányíthatósági Gram-matrixot javasolnék.*

Nagyon szépen köszönöm, hálás vagyok a figyelmes észrevételért. Valóban a rossz fordítás eredményezte ezen elírásokat. Az ajánlások természetesen helyesek, az említett fogalmakat kívántam megjeleníteni dolgozatomban.

3. megjegyzés: *A 2.1 és 2.3 és 2.4 ábrák bizonyos feliratait angol nyelvűek maradtak.*

Köszönöm szépen az észrevételt, valóban ezek átírása elkerülte a figyelmemet a dolgozat szerkesztése közben.

4. megjegyzés: *úgy látszik, hogy a magyar nyelvű tézispontok fordítással keletkeztek az angol nyelvű anyagból, és ez helyenként (pl. 1.(c), 3(a)) elég magyartalanra sikerült. Kérem a jelöltet, hogy a védésen a tézisek megfelelő, szükség esetén korrigált formában hangozzanak el.*

Köszönöm szépen az észrevételt. A bírálatot követően kijavítottam az említett tézispontok magyarságát, és a védésen a módosított tézisek fognak elhangozni. Mivel a dolgozatot és a téziszfüzeteket le kellett adni már, így nem tudom, hogy a védésen ezek is frissítve lesznek-e. Ezzel kapcsolatosan természetesen még egyeztetek a Doktori Iskolával. A javított tézispontok a következők:

1.(c): Rávilágítottam, hogy a módszertant javasló irodalomban [126] alkalmazott példahálózatok többsége (több mint fele) nem rendelkezik olyan dinamikával, amely (lineáris) állapotter modellként értelmezhető lenne.

3.(a): Három hálózat-alapú reprezentációt ismertettem hőcserélő hálózatok megjelenítésére, továbbá kimutattam ezen megközelítéseknek a rendszer elemzése során nyújtott előnyeit

Idézett forrásmunkák

Karp, R. M. (1972). Reducibility among combinatorial problems. *Complexity of computer computations* (old.: 85-103). New York: Springer.

Varga, E., Hangos, K., & Szigeti, F. (1995). Controllability and observability of heat exchanger networks in the time-varying parameter case. *Control Engineering Practice, Elsevier*, 3(10), 1409-1419.

Veszprém, 2020. május 22.

Köszönettel:



Leitold Dániel
doktorandusz
Pannon Egyetem
Informatikai Tudományok Doktori Iskola