

Bírálati vélemény

Simon Gyula

Robusztus mérési és becslési eljárások

című

MTA Doktori Értekezéséről

Doktori értekezésében Simon Gyula kutatási területei közül két témakört kiválasztva fejti ki az eddigi pályafutása során elért eredményeit. A dolgozat 5 fejezetből áll. Az első bevezető jellegű, amely a dolgozat rövid tartalmi összefoglalását, valamint a célkitűzéseinek az ismertetését tartalmazza. A második és harmadik fő fejezetekben foglalja össze a szerző a robusztus modellparaméter-becslő eljárások, illetve a robusztus pozícióbecslő eljárások területén végzett munkásságát. A negyedik fejezet címe „Összefoglalás és kitekintés” egyfajta kiegészítő jelleget sugall, a szerepe azonban ennél jóval több, ebben ugyanis a szerző a robusztus mérőrendszerek támogatásához kapcsolódó területeken született azon eredményeit foglalja össze, amelyek az értekezésbe a terjedelmi korlátok miatt már nem fértek bele. A disszertációban, a negyedik fejezettel együtt, Simon Gyulának az MTMT adatbázisban szereplő összesen 113 folyóirat és konferencia publikációja közül 46 kerül feldolgozásra.

A doktori mű „Robusztus modellparaméter-becslő eljárások” című második fejezetében a szerző a 1999 és 2005 között időszakban publikált 6 dolgozatának eredményeit dolgozza fel. Ezekhez szorosan még további 6 saját publikáció kapcsolódik. A fejezet 3 alfejezetre tagolódik.

A 2.1 alfejezetben a szerző a robusztus szélessávú multiszinuszos gerjesztőjelek tervezésére vonatkozó eljárását ismerteti. Nevezetesen, a gerjesztőjel tervezés egy ritkán érintett tulajdonságával, a jel nem szakszerű felhasználással szembeni robusztusságával foglalkozik multiszinuszos gerjesztőjel esetén. Szakszerűtlen felhasználásra példaként a tervezett gerjesztőjel identifikáció és verifikáció céljára való osztását, illetve a mérési folyamatot idő előtti félbeszakítását, a csonkolást említi. Bemutatja a hagyományos multiszinuszos tervező eljárások, például a chirp, illetve a Schroeder multiszinuszos eljárás potenciális gyengeségeit, és módszert javasol robusztus tulajdonságú gerjesztőjelek tervezésére. A javasolt módszer lényege egy csúcstényező optimalizálásnak alávetett véletlen fázisú multiszinuszos alkalmazása. Kimutatja, hogy ez robusztus a csonkolásos felhasználással szemben. Az összehasonlító vizsgálatok fő szempontja a csonkolás hatására az alsávokban fellépő gerjesztési teljesítmény csökkenése volt. A 2.1.4 pontban az elméleti eredmények kísérleti alátámasztása szerepel. Az alfejezetben kifejtett eredmények az IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement folyóiratban kerültek publikálásra.

A 2.2 alfejezetben a szerző a periodikus jelek spektrumának meghatározására vonatkozó rekurzív, rezonátoros megfigyelő-alapú számítási eljárását ismerteti. Az általa kifejlesztett eljárás mind a memóriafelhasználás, mind a számítási igény tekintetében nagyságrendekkel kedvezőbb a hagyományos módszerekénél, így azokkal szemben nagy méretű valós feladatokat is kezelni képes. A javasolt módszer további előnyös tulajdonsága, hogy a hagyományos módszerekkel nem kezelhető túl rövid rekordok esetén is elfogadható minőségű variancia-becslőt szolgáltat. A módszer elméleti hátterét Hostetter 1980-ban publikált rekurzív diszkrét Fourier-transzformáció algoritmus, és Péceli Gábornak az ehhez kapcsolódó publikációja szolgáltatja, amelyben explicit formában megadja a szükséges együtthatókat. A szerző által kidolgozott algoritmus két legkisebb négyzetes optimalizációt tartalmaz, amik közül az egyik, a frekvencia becslő nem lineáris. A nem lineáris részre egy pszeudo gradiensen alapuló megoldást javasol. A szóban forgó eljárást 2002-ben publikálta Pintelon, Sujbert és Schoukens társszerzőkkel az IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement folyóiratban. Az általa javasolt rezonátor-alapú eljárást a mátrix-alapú eljárással szimulációs vizsgálatokon keresztül hasonlítja össze. Ebből kiderül, hogy az előbbi előnye a számítási komplexitásban van.

A harmadik alfejezetben a szerző automatikus modellszelekciós eljárását ismerteti lineáris idő-invariáns rendszerek identifikációjához. Ez egy olyan iteratív módszer, amely tartalmazza a modell fokszámának kiválasztását, a modell illesztését és validációját. Alkalmazásához minimális felhasználói beavatkozás és szakértelem szükséges, ezért az eljárást nem szakértő felhasználók is robusztus módon alkalmazhatják. Az előzőleg ismert algoritmusok általános problémája, hogy nem garantálják a globális optimum megtalálását, elakadhatnak lokális minimumokban. Ezen algoritmusok alkalmazhatóságának feltétele a jó kezdeti érték becslő. A javasolt rendszer fontos eleme egy felülről lefelé kereső, egyesített fokszám- és paraméterbecslő algoritmus. A modell leírására a numerikus stabilitás biztosítása érdekében ortogonális polinomokat alkalmaz. Az szerző az automatikus modellszelekciós eljárásának működését három mérési adaton és egy szimulációs példán keresztül illusztrálja. A módszer az IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement folyóiratban került publikálásra.

Simon Gyula 2. fejezetben ismertett tudományos kutatásának és az elért eredményeknek az egyik fő motivációja a széles körű, nem feltétlen szakértői, alkalmazók által jól használható módszerek kidolgozása volt. Az elért eredményeket nívós nemzetközi folyóiratban publikálta.

A 2.5 részben megfogalmazott téziseket elfogadom.

A 2. fejezetre vonatkozó kérdéseim a következők:

1. A fejezetben ismertett eljárások viszonylag régebben, 15-20 éve keletkeztek. Vannak-e a tárgyalt problémákra vonatkozó újabb eredmények, és hogyan viszonyulnak azok az itt bemutatott megoldásokhoz?
2. Továbbra is releváns-e a szakszerűtlen felhasználói veszéllyel kapcsolatos motiváció?

3. A 2.1. részben miért nem lehet a vizsgált esetben a csonkolás hatását a szokásos ablakfüggvény, illetve szummációs technikával kezelni?
4. Vannak-e újabb csúcstényező optimalizálási módszerek, amikkel a véletlen fázisú gerjesztő modell tovább javítható?
5. A 2.2-ben ismertetett rezonátor-alapú eljárásban hogyan biztosítja a megfelelő kiinduló frekvencia becslést a pszeudo gradiens alkalmazhatóságához?
6. A 2.3-ban szereplő rendszer identifikációs eljárásban a szerző ortogonális polinomokat alkalmaz. Nem lenne-e hatékonyabb a racionális törtfüggvényeket tartalmazó Malmquist-Takenaka rendszerek alkalmazása? Ezekkel kapcsolatban már számos eredmény, eljárás ismert. Létezik olyan szimultán pólus pozíció, pólus rend és együtthető optimalizálási eljárás (Generalized Variable Projection) is, amely alulról felfelé végzi az optimalizációt, és így a modell konstrukcióját.

A harmadik fejezet a szerzőnek a TDOA (Time Difference of Arrival) alapján történő helymeghatározásra vonatkozó konszenzusalapú robusztus szenzorfüziós módszerével kapcsolatos eredményeit tartalmazza. A kiindulási feladat a jeladó pozíciójának minél pontosabb becslése a szenzorok pozíciójának, és a jel detektálási időpontjainak ismeretében. Simon Gyula olyan eljárást dolgozott ki, ami alkalmazható azokban az esetekben is, amikor a rendelkezésre álló mérések nem csak mérési zajjal terheltek, hanem a mérések akár nagy része is használhatatlan.

Az első, 3.1 alfejezetben bevezeti konszenzusfüggvényt. Ehhez minden pontban megnézi az egyes szenzorokhoz tartozó becsült emissziós időpontot, majd azokat a pontokat keresi, amelyekben ez az időpont minél több szenzor esetében egy hibahatáron belül megegyezik. A megengedett hibát a szenzorok pozícióbecslőjének és az időszinkronizáció, valamint a detekció során fellépő időbélyegzési hibái alapján határozza meg. A konszenzusfüggvény gyors kiértékelésére a Branch and Bound (B&B) algoritmust alkalmazza. A 3.1.2 pontban igazolt két Lemma biztosítja a keresés diszkretizációját, és a B&B algoritmus alkalmazhatóságát. A keresési eljárás számítási igénye ugyan előre nem garantálható, de gyakorlati esetekben gyorsnak mutatkozott. A keresés további gyorsítására lehetőség van statisztikai módszerek beépítésére az algoritmusba. A kidolgozott eljárást valós körülmények között, nagy számú szenzort alkalmazva tesztelte, és összehasonlító analízist végzett az analitikus LS pozícióbecslővel. A szerzőnek a témakörben elért eredményeiből 5 publikáció és egy szabadalom született.

A 3.2 alfejezetben a kezdeti pozícióbecslést tovább pontosítja, mivel a kezdeti becslő pontosságának eleve határt szab az alkalmazott diszkretizáció. A pontosításhoz a kvadratikus hiba függvényt minimalizálja gradiens alapú LS algoritmussal, ahol az algoritmus kezdeti értéke az alap algoritmus által kapott eredmény. Az eljárás hatékonyságát tesztekkel igazolta. Az itt bemutatott algoritmus 2011-ben egy IEEE konferencia kötetben került publikálásra.

A 3.3 alfejezet témája az úgynevezett általánosított konszenzusalapú szenzorfüzió TDOA alapján történő helymeghatározáshoz. Az általánosítás lényege az eddigi eljárásnak arra az esetre való kiterjesztése, amikor a forrás által kibocsátott jel nem diszkrét, hanem folytonos

jellegű. Az általánosított megoldásban a szenzorok szinkronizációja előre definiált eseménytípus-készletet alkalmazásával történik. Az eseménytípusok bekövetkezését minden szenzor figyel, detektálja, és az érzékelés idejét méri. Az eseménytípusok alapján képzett konszenzusfüggvények kombinációját véve a pozícióbecslés ennek a maximalizálásával adódik. Az általánosított konszenzusfüggvénynek az optimalizálása az alapesetben képest bonyolultabb feladat, ezért ennek megoldására a szerző egy mohó algoritmust javasol. A kidolgozott eljárást beszédjelek és mikrofonok alkalmazásával tesztelte. A módszert a WISES 06 konferencia kötetben publikálta.

A 3.4 alfejezetben a szerző egy az előzőekben tárgyalthoz hasonló programot valósít meg arra az esetre, amikor a mérőrendszer referenciapontok irányszögének meghatározására képes. Itt is egy konszenzusalapú robusztus szenzorfüziós eljárást fejleszt ki az ADOA (Angel Difference of Arrival) adatok feldolgozásával először két-, majd a háromdimenziós esetre. A javasolt ADOA módszer pontosságát kísérleti eredmények segítségével illusztrálta nagy alapterületű teszthelyszíneken. Ezek szerint a rendszer pontossága 3-4 látható jeladó esetén néhány deciméter. A más elveken működő módszerekkel összevetve a szerző által javasolt a legpontosabbak közé tartozik. Az eredményekből két publikáció született, közülük az egyik az IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement folyóiratban jelent meg 2017-ben.

A 3.6 pontban megfogalmazott téziseket elfogadom.

A 3. fejezetre vonatkozó kérdéseim a következők:

1. A Hough-transzformáció szintén konszenzus alapú, és robusztus. A tárgyalt TDO feladat megoldására alkalmazható lenne-e a Hough-transzformáció megfelelő változata? Mi a szerző által választott módszer előnye ezzel összehasonlítva?
2. A 3.1.2 pontban a forrás pozícióbecslőjének a Ψ_w ponthalmaz aritmetikai középértékét tekinti. Nem vezetne-e jobb becsléshez az ezekben a pontokban felvett $|T_i(x,y,z)-t|$ hiba figyelembe vételével történő súlyozott átlagolás, ami esetleg a 3.2.2-beli kiterjesztett pozícióbecslő algoritmusnak is egy jobb kezdeti értéket biztosíthatna.
3. A TDOA és ADOA eljárások pontosságát hogyan befolyásolja a szenzorok elhelyezésének geometriája? Lehet-e valamiféle „ököl szabályt” megfogalmazni?

Simon Gyula doktori értekezése szakmailag igényesen kivitelezett, logikusan tagolt, arányosan felépített, jól szerkesztett mű. A problémák bemutatása után világosan kifejti az általa végzett kutatások motivációját, célját. Az elért eredmények különböző fázisait egymáshoz kapcsolódóan, egymásra építve mutatja be. Az általánosítások és javítások indokait, céljait mindig egyértelműen megfogalmazza. A módszerek működését tesztek alkalmazásával demonstrálja, az így kapott eredményeket elemző módon bemutatja. A stílusa olvasóbarát. Csak kisebb elírásokat, pontatlanságokat találtam, ezek azonban minden esetben értelemszerűen korrigálhatók.

A szerzőnek az értekezés két fejezetében részletesen bemutatott, és a 4. fejezetben felsorolt eredményeit, tudományos munkásságát értékesnek, és színvonalasnak, a doktori cím odaítéléséhez elegendőnek tartom, és javaslom a doktori műnek nyilvános vitára bocsátását.

Budapest, 2022.01.29.



Fridli Sándor

egyetemi tanár

az MTA doktora