

Bírálat

Gingl Zoltán

„Véletlen fluktuációk analízise és hasznosítása szimulációk és hardverfejlesztések segítségével”

című MTA doktori értekezéséről

Jelölt munkájában a véletlen fluktuációk, „zajok” témájával foglalkozik, ide értve mind a zajok analízisét, mind hasznosításuk kérdéseit. E szakterület bár nem új, de ma is sok megoldatlan problémát hordoz, amelyek tisztázása fontos kutatási terület. Kiemelendő, hogy a zaj nem csupán káros jelenség, ami jelentkezésével gondokat okoz, de egyes esetekben kihasználható gyakorlati problémák megoldására is. A téma tehát időszerű és mind elméleti, mind gyakorlati téren jelentőséggel bír.

A dolgozat kivitelezése kivételesen gondos és szép. A gazdag ábraanyag jól illusztrálja a mondanivalót. A szerkesztés világos és áttekinthető. A kivitelezés egyetlen nagyobb hibája a jelölés- és rövidítésjegyzék hiánya. Ez egyes helyeken nehezé teszi az olvasást – különösen ha egy rövidítés nem egyértelmű: például PCA a rövidítése egyaránt a Principal Component Analysis-nek és a Programable Counter Array-nek. Szerkesztési- vagy képlethibát elenyésző számban találtam:

- 15. oldal Figure 2 – hibás ábraszám
- 18. oldal Figure 5 – ugyanez
- 25. oldal: $\langle \delta r_k(t) \rangle^2$ helyesen $\langle \delta r_k(t)^2 \rangle$
- külső borítón analysis helyett analisis

Tartalmi vonatkozásban egy súlyos problémát hordoz a munka, és pedig azt, hogy a tézisek jelentős része mérő berendezések, műszerek fejlesztésére vonatkozik. Ezek a fejlesztések igen színvonalasak, de nem tartalmazznak olyan megoldásokat, amelyek egyedül állóan újszerűnek lennének tekinthetők. Itt van a bíráló bajban. Egyfelől lát egy igen színvonalas, céltudatos, évtizedeken át futó kutatási tevékenységet. Másfelől az MTA doktora fokozatnak azon kritériumát, hogy a tézisek új tudományos eredményt mutassanak be, a fenti, műszer fejlesztéssel foglalkozó tézisek nem teljesítik. A dolgozat törzse is messze oda nem illő dolgokat tartalmaz: a megvalósított áramköri kártyák fényképe biztosan szükségtelen, a back-plane csatlakozókiosztása nyilván része a műszaki dokumentációnak, de disszertációban nem kell megjelenjen, stb. Helyes lett volna, ha a Szerző értekezése összeállítása során konzultál az MTA doktora fokozat követelményeit jól ismerő kollégával, így ez a zsákutca elkerülhető lett volna. Jelen helyzetben a következő módon tudok eljárni. Kizárom a megítélésből azokat a téziseket/altéziseket, amelyek a fentiek tükrében nem tekinthetők tudományos eredménynek, és a „maradék” tézisek bírálatára szorítkozom. A kizárt (tehát új tudományos eredményként nem elfogadott) tézisek/altézisek a következők:

- az 1. Tézis 1.1. altézise
- a teljes 3. Tézis
- az 5. Tézis 5.1. altézise
- a 6. Tézis első mondata.

Hangsúlyozom ugyanakkor, hogy ezek a műszer hardver fejlesztési eredmények igen színvonalas, a VLSI IC technika mindenkor első vonalára épülő berendezéseket eredményeztek, melyek meglete elengedhetetlen volt a kutató munka folytatásához.

A dolgozat első fejezete és egyben az első tézis az $1/f^\alpha$ típusú zaj generálásával és amplitúdó vágásával foglalkozik. Jelölt az 1.1. altézis szerint digitális jelprocesszoron alapuló zajgenerátort tervezett és épített. Ezt az altézist a fentebb részletezett okok miatt nem fogadom el új tudományos eredménynek. Az 1.2. és 1.3. altézisek szerint felismerte a Gaussi $1/f^\alpha$ típusú zajok egy speciális invarianciáját a telítési szint változására vonatkozóan. Mindkét altézist elfogadom. (A társszerzőkre vonatkozó mondatot doktori disszertációról lévén szó, értelmezni nem tudom.) Az utolsó, számozatlan bekezdést Jelölt nyilván nem gondolta a tézishez tartozónak, puha állításai miatt (adhat... segíthet...) ez nem is jöhet szóba.

A második fejezet és egyben a 2. Tézis vékonyréteg ellenállások termikus degradációjával foglalkozik. A tézis címe alapján ennél többet vártam volna, hiszen a cím elektronikus eszközökre, tehát jóval tágabb kategóriára utal. A 2.1. altézis szoftver-fejlesztési tevékenységről szól. Hasonló problémával kerülünk itt szembe, mint a műszer fejlesztések kapcsán: a szoftver fejlesztés, ha rutinszerű (mint például egy grafikus felhasználói interfész megírása) nem tekinthető új tudományos eredménynek. A Szerző ellenállás hálózatok gyors számítására fejlesztett ki és optimalizált kódot. Ez sem tekinthető új eredménynek, hiszen ilyen programok léteznek. Az „optimalizálás” sem jelent előrelépést az eddigiekhez képest, hiszen a Szerző algoritmus $O(K^2)$ művelet igényű, míg több, ismert algoritmus¹ ugyanazt a problémát $O(K^{3/2})$ művelettel oldja meg (K az ismeretlenek száma). Fentiek miatt a 2.1. altézist nem fogadom el új eredménynek. A 2.2. és 2.3. altézis szerint numerikus szimulációval határozta meg az ellenállás értékének és zajának időbeni alakulását. Kimutatta, a kísérleti eredményekkel összhangban, a fellépő szálak károsodás jelenségét. A 2.2. és 2.3. altéziseket új eredményként elfogadom. A tézis utolsó, „magyarázó” bekezdését itt sem értékelem.

A 3. fejezet és a kapcsolódó 3. Tézis DSP alapú adatgyűjtő rendszer tervezésével és megépítésével foglalkozik, beleértve a beágyazott szoftver és a host gépen futó C++ program kifejlesztését is. Ahogyan már fentebb kifejtettem, ez – bár igen értékes munka – új tudományos eredménynek nem tekinthető, ezért a 3. Tézist nem fogadom el.

A 4. fejezet egy meglehetősen újszerű területtel, a sztochasztikus rezonanciával foglalkozik. A módszer bizonyos mértékig hasonlít az ismert dithering eljárásokhoz. Lényege, hogy az erősítendő jelet és megfelelő amplitúdójú fehérzajt összegezve majd vágva, az alkalmasan definiált jel/zaj értékben javulást lehet elérni. Jelölt végig vizsgálja a kétváltozós potenciálgödör esetét, a szint-vágás és a bistabil áramkör esetét valamint a nem fehérzajjal megvalósított jel/zaj növelés esetét. Végül gyakorlati problémaként egy lézer impulzusainak zaj segítségével javított szinkronizálását tárgyalja.

A 4. Tézis 7 altézist tartalmaz. Ezek egy részének a megfogalmazása problematikus. Rögtön az első (4.1) altézis így szól: „...irányítottam Lőrincz Károly PhD hallgató munkáját.” Ez így nyilvánvalóan nem fogadható el új tudományos eredményként. Feltételezem, hogy közös kutatásról volt szó. Egyeztetendő, hogy az eredmény mely része rendelhető Jelölthöz, mely része a PhD hallgatóhoz. Jelölt tézisébe az előbbi rész kerülhet. Ugyanez vonatkozik a 4.5. és 4.6. altézisre is. Kérem a fentiekre a Jelölt nyilatkozatát.

¹ Például a SUNRED algoritmus, lásd V. Székely et. al.: Thermal simulation tools for microsystem elements. MSM'98, Proc. pp. 463-468, April 6-8, 1998, Santa Clara, California, USA

A 4.2. és 4.3. altézist elfogadom, a szoftver és hardver fejlesztésre történő utalások nélkül. A 4.4. és 4.7. altézist elfogadom.

Az 5. fejezet szén nanocső gázszensorok fluktuációkkal segített érzékelésével foglalkozik. Kísérletileg kimutatja, hogy (a várakozásnak megfelelően) az ellenállás érzékelők ellenállás értékének varianciája $1/f$ jellegű teljesítmény spektrumot mutat. Megmutatja, hogy a zajból vett információ felhasználásával a szenzor kémiai szelektivitása növelhető. A főkomponens analízis (PCA) módszerét találja e célra a leginkább alkalmasnak. Helyes lett volna itt a PCA módszer valamivel részletesebb bemutatása, ehhez fűződően az 5.13. és még több ábrán megjelenő PC1 és PC2 mennyiségek definiálása.

Az 5. Tézist az 5.3. altézis kivételével új eredménynek elfogadom.

A 6. fejezet és tézis a termikus zaj felhasználását tárgyalja „abszolút biztonságos” kommunikáció céljára. Ismerteti a Kirchhoff Loop Johnson Noise (KLJN) eljárást. Jelölt megtervezett és megvalósított egy hardver rendszert e kommunikációs eljárás kísérleti vizsgálatára, és a rendszerrel kísérleteket végzett. A kísérletek bizonyították az eljárás jó tulajdonságait és hatékonyságát.

A 6. Tézist részben fogadom el, a hardver fejlesztésre utaló mondatok nélkül. Megjegyzem, hogy doktori disszertáció tézisében, aminek funkciója az egyéni teljesítmény rögzítése, tulajdonképpen nincs helye többes szám első személyben megfogalmazott állításoknak (lásd a tézis utolsó két mondata). Kérem Jelölt nyilatkozatát arra vonatkozóan, hogy mit takar a többes használata.

Összefoglalva véleményemet, azt állapítom meg, hogy Jelölt több évtizedes igen eredményes kutatómunkát végzett a véletlen fluktuációk analízise és hasznosítása területén, első sorban a szükséges mérés technikai eszközök megtervezése és megvalósítása területén, valamint a zaj problémákkal foglalkozó hazai iskola és hasznos nemzetközi együttműködések létrehozása terén. Sajnálatos, hogy disszertációja összeállítása során az e helyen kevésbé értékelhető eredményeket, új tudományos eredménynek nem tekinthető műszer fejlesztéseket szerepeltette hangsúlyosan. Ezeket kénytelen vagyok kizárni az elfogadott tézisek köréből. Megállapítom viszont, hogy a megmaradó tézisek, altézisek önmagukban is képviselik a tudományos eredményeknek olyan halmazát, amelynek alapján az MTA doktora cím odaítélhető.

A doktori munka tudományos eredményeit elegendőnek tartom az MTA doktori cím megszerzéséhez, a nyilvános védés kitűzését javaslom.

Budapest, 2013 augusztus

Székely Vladimír
Az MTA rendes tagja