

Bírálóí vélemény

Gingl Zoltán:

“Analysis and exploitation of random fluctuations and hardware developments”

című MTA doktori értekezéséről.

A 92 oldalnyi törzsanyagot tartalmazó disszertáció angol nyelvű. Ezért a stílusbeli és nyelvhelyességi kérdésekkel nem foglalkozom, a néhány nyilvánvaló gépelési hiba nem akadályozza a szöveg követését, nem okoz többértelműséget. Az ábrák egy részén a felirat túl kicsi, nehezen kivehető. Az értekezés szövege viszont szokatlanul tömör. Az a benyomás alakul ki az olvasóban, hogy a megjelent cikkekből összevágott szövegeket és ábrákat lát, és nem egy erre a célra fogalmazott anyagot.

A dolgozat egy rövid előszóból és 6 fejezetből áll, melyek a jelöltnek a PhD fokozat megszerzése utáni munkáját ismertetik. Mindegyik fejezethez tartozik egy-egy téziscsoport. A bemutatott munka jellege: magas színvonalú kísérletezés.

Az első fejezetben a Gaussi $1/f^\alpha$ frekvencia spektrumot adó fluktuációk egy speciális invarianciáját mutatja be, nevezetesen azt, hogy $\alpha \leq 1$ esetén a zajspektrum jellege nem változik, ha az amplitúdót korlátozzák. Ez a felismerés egy érdekes adalék az $1/f$ zaj tulajdonságához. A vizsgálat igen alapos, az $\alpha=0$ értéktől (fehér zaj) az $\alpha=2$ értékig folyamatos. A vizsgálat módszere kettős, egyrészt numerikus szimuláció, másrészt egy erre a célra épített elektronikus berendezésen végzett mérések. Tartalmazza az értekezés a kísérleti eredmények matematikai megalapozását is, amit a jelölt igen korrekten nem a saját, hanem a külföldi társszerzői munkájaként mutat be. Talán éppen ezért van ebben a részben több hiba (pl. az 1.12-es képletben a kitevő $3-\alpha$, $2-\alpha$ helyett, stb.)

Kérdésem ezzel a résszel kapcsolatban:

Tud-e a jelölt példát adni olyan fizikai rendszerre, melynél a zajspektrum $1/f^\alpha$ jellegű, de az amplitúdó korlátozott?

A dolgozat második fejezete az irányított perkoláció modellezéséről szól. Jóllehet a folyamat az elektronikus eszközök degradációjánál léphet fel, ilyen jellegű kísérletet nem mutat be az értekezés, csupán szimulációkat ismertet. Ugyanakkor az igen gondosan, széles tartományban végzett szimulációk realisztikus képet adnak az elektronikus eszközök degradációjáról, mivel figyelembe veszik azt, hogy az épen maradt tartományokban egyre nagyobb a disszipáció. Ezt jelenti az irányított (biased) perkoláció. Természetesen ez olyan folyamatra igaz, ahol a degradáció az ellenállás növekedését, illetve megszakadását jelenti. Jól látszik a szimulációkból, hogy az elektronikus zaj növekedése mintegy előre jelzi a degradációt, ami egyébként általános tapasztalat is. A 2.2.5. fejezetben a (2.9.) formula szerinti Lorentz függvények szuperpozíciójával állítja elő az $1/f$ jellegű spektrumot. Ez közismert. Érdekes viszont a spektrum torzulása az áram negyedik hatványa szerinti átlagolás miatt.

Kérdéseim ezzel a résszel kapcsolatban:

A termikus zaj növekedésénél a szimuláció figyelembe vette-e a hőmérséklet növekedését is, vagy csupán az ellenállás növekedését? (Nem találtam meg az értekezésben a zaj számításának leírását.)

Tud-e a jelölt példát adni olyan fizikai rendszerre, melynél az elemi ellenállások zajspektruma a (2.9.) képlet szerinti?

A harmadik fejezetben egy moduláris felépítésű digitális jelprocesszor és adatgyűjtő berendezésről van szó. Ennek a célműszernek a kifejlesztése mutatja a jelölt tevékenységének igazi jellegét, a korszerű és színvonalas kísérleti munkát. A későbbi fejezetekben ismertetett további munkáknál fontos szerepet játszik ez a készülék, sőt további példányokat készítettek más laboratóriumok számára. Felmerülhet itt az a kérdés, hogy a szóban forgó készülék létrehozása mennyiben tézis értékű tudományos eredmény és mennyiben mérnöki fejlesztő munka. Magam részéről a csatlakozó publikációk száma és színvonala alapján elfogadom tézisnek.

A következő fejezet a sztochasztikus rezonanciával elérhető jel/zaj viszony javítással foglalkozik. Ez rész is alaposan kidolgozott, fehér és színes zajokat is vizsgál, célműszert (analóg számítógépet) épít, stb. A vizsgálati módszer itt is szimuláció, melyet részben a megépített elektronikus berendezéssel végez. Az újdonság az, hogy a zaj itt már nem az érzékelést rontó/korlátozó tényező, ellenkezőleg javítja a jel/zaj viszonyt. A munka úttörő jellegét mutatja a hivatkozások magas és egyre növekvő száma. Jó lesz majd valamikor találkozni ezzel a módszerrel fizikai rendszerekben is.

A kapcsolódó 4.1., 4.5 és 4.6. tézisek arról szólnak, hogy témavezetőként irányította PhD hallgatói munkáját. Ebből az a feltételezés is következhet, hogy a tézisekben leírt tudományos eredményeket PhD hallgatók is felhasználhatják saját disszertációjukban.

Kérem, hogy a jelölt tisztázza ezt a kérdést.

Az ötödik fejezet és a kapcsolódó téziscsoport a fluktuációkkal segített gázérzékelésről szól. Az érzékelő elem szén nanocső, illetve néhány esetben baktérium. Az érzékelés mechanizmusáról, fizikájáról nincs szó, a 77. és 78. oldalon három bekezdés szól az eszközről, de sok minden tisztázatlan marad. Ez a munka is a magas színvonalú kísérletezésről, célműszer építéséről szól. A kiértékelést illetően három módszert hasonlít össze numerikus szimulációval és megállapítja, hogy az u.n. „szintmetszési statisztika” megfelelő alternatívája lehet a spektrális analízisnek. Ennek az a jelentősége, hogy egyszerű, viszonylag könnyen automatizálható módszerről van szó. Ez a fejezet kevésbé logikusan felépített, kissé kapkodóan szerkesztett, több a sajtóhiba is benne. (pl. 5.14 és 5.15 ábrákon nem tudjuk meg, hogy mi van a tengelyeken ábrázolva, az 5.18-as ábrán $1 \Omega/s$ érték felett látunk elhajlást, míg a szövegben (80. old. alulról 4 sor) $0,1 \Omega/s$ szerepel. Az 5.19-es ábrán nem kitöltött és üres körök szerepelnek, mint ahogy az ábrafelirat írja, hanem kitöltött fekete és színes körök valamint négyzetek.)

Kérdéseim ezzel a fejezettel kapcsolatban:

Mit jelent az, hogy a nanocső „funkcionalizált”?

Fémes, vagy félvezetős volt a vizsgált nanocsövek vezetése?

A törzsanyag utolsó hatodik fejezete a termikus zaj felhasználásával megvalósítható biztonságos kommunikációról szól. Sajnos ez a fejezet még az előzőnél is kapkodóbban szerkesztett, sok helyen túl tömör, nehezen követhető. A gondolat rendkívül eredeti, villamos vezetékekkel összekötött két állomáson véletlenszerűen váltogatják a lezáró ellenállás értékét (két érték közt) és közben mérik a termikus zajt. Mivel mindkét állomáson ismert a saját ellenállás pillanatnyi értéke, a zaj nagyságából megállapítható a másik állomáson az egyidejű ellenállás. Így egy mindkét fél számára rendelkezésre álló bináris kódoló kulcsot hoznak létre, mellyel aztán az elektronikusan egymásnak átküldött anyagot sifírozzák. Maga a kulcs elkészítése nyilván lassúbb folyamat, mit a korszerű adatátviteli sebesség. Alapesetben a rendszer passzív, és passzív eszközökkel nem lehallgatható, az aktív lehallgatást pedig azonnal észlelik. Ez megint egy szép példa arra, hogy a zajt nem csak zavaró/korlátozó tényezőként, hanem eszközként is lehet használni. A jelölt tevékenysége a egy deszkamodell elkészítése volt.

Kérdéseim ezzel a fejezettel kapcsolatban:

Megfelel-e más elektronikus zaj is erre a célra, ha 6.1. ábra szerinti kapcsolásban az zajfeszültség forrásokkal sorosan alkalmazzák? Lehet-e ez a más zaj mesterségesen előállított véletlenszerű jel?

Nyilvánvaló, hogy, ha az alkalmazott zajspektrum olyan magas frekvenciáig kerül felhasználásra, hogy a periódusidő már összemérhető a jelnek az összekötő vonalon való futásidejével, akkor van esély a passzív lehallgatásra. Ezért a jel szűrésének függenie kell az összekötő vezeték hosszától. Ezt modellezte is. Kérem, hogy mutasson be numerikus összefüggést ezzel kapcsolatban.

Összefoglalva:

A jelölt téziseit bőven és megfelelő színvonalon publikálta, ezért azok újdonságához kétség nem fér, részemről az említett 4.1., 4.5 és 4.6. kivételével valamennyit elfogadom. A 4.1., 4.5 és 4.6. téziseket is elfogadom, amennyiben a jelölt PhD hallgatói nem tekintik saját tudományos eredményüknek. A dolgozat valamennyi állítása hiteles.

A jelölt publikációs tevékenysége jóval meghaladja a szakterület követelményeit, visszahivatkozásainak száma szintén. Munkájának jellege a már említett magas színvonalú kísérletezés, melynek során célműszereket épít. Ezek a célberendezések aztán több helyen hasznosulnak.

Mindezek alapján az értekezést alkalmasnak tartom az MTA doktora cím megszerzésére. A nyilvános vita kitűzését és a doktori cím odaítélését javaslom.

Budapest, 2013. augusztus 02.

Szentpáli Béla
a műszaki tudomány kandidátusa.