

Vélemény Balló Gábor

„Parameter estimation and robustness analysis of quantum information systems” című PhD dolgozatáról

Az értekezés angol nyelven készült, 137 számozott oldalt tartalmaz, amelyből 98 oldal a tartalmi rész, 39 oldal a függelék és irodalomjegyzék, 40 ábra illusztrálja a fogalmakat illetve eredményeket. A dolgozat kilenc fejezetből és két függelékből áll, amelyből a jelölt új tudományos eredményeit a 4., 6., 7. és 8. fejezetek tartalmazzák.

A dolgozat felépítése a következő: a bevezető 1. fejezetben a jelölt megfogalmazza az értekezés célkitűzését, a 2. fejezetben a kvantum információs rendszerek legfontosabb alapfogalmait és jelölését adja meg, a 3. fejezetben a kvantum hibajavítás fontosabb témaköréit ismerteti. A 4. fejezetben találhatóak a jelölt kvantum hibajavító operációk robusztusságával kapcsolatos új eredményei. Az 5. fejezet a kvantum folyamat tomográfiája és a kísérlettervezés témaköréhez nyújt bevezetést. A 6. fejezetben a jelölt Pauli-csatornák paraméterbecslésére ad meg új, konvex optimalizációs eljárást. A 7. fejezetben ismert csatornastruktúrával rendelkező magasabb dimenziós Pauli-csatornákra javasolt új kísérlettervezési eljárást. Az értekezés 8. fejezetében új módszereket ad Pauli-csatornák becslésére abban az esetben, amikor a struktúra ismeretlen. A 9. fejezetben tézisekben összefoglalja a dolgozat új tudományos eredményeit, illetve megfogalmaz az értekezés témájához kapcsolódó további kutatási célokat. Az első függelékben a dolgozatban használt matematikai és információelméleti alapfogalmakat foglalja össze, a második függelékben pedig a 6. és 7. fejezethez kapcsolódó, a Pauli-csatornák paraméterbecslésével kapcsolatos számos további numerikus eredmény mutat be. Az irodalomjegyzék 54 tételt tartalmaz, melynek többsége tíz évenél frissebb hivatkozás.

Az értekezés formai szempontból igényesen kivitelezett, gondos munka, kevés elírást tartalmaz. Felépítése logikus, jól struktúrált. A jelölt igen nehéz célt tűzött ki maga elé, amikor a használt fogalmakat, jelöléseket és eredményeket kompakt módon beillesztette a dolgozatába. Meg kell említenem, hogy a témában nem jártas olvasó számára a fizikában megszokott jelölések nem ismertek, így erre a valóban szükség volt. Alapvetően megfelelően részletesnek tartom a tárgyalásmódot, amely az elméleti háttérrel a 2., 3., 5. fejezetekben és az első függelékben mutatja be, illetve a legfontosabb jelöléseket az 1.1. táblázatban foglalja össze.

Néhány apró megjegyzés:

- Hasznos lett volna még a dolgozatban használt rövidítéseket is összegyűjteni egy táblázatban.
- A 11. oldalon a (2.5) egyenletben szerepel egy $1/\hbar$ konstans szorzó, amelyről megjegyzi, hogy beolvasztható a H Hamilton függvénybe. Mégis a néhány sorral később szereplő megoldási képletben, amely nem tartalmazza az $1/\hbar$ szorzótényezőt, a (2.5) egyenletre hivatkozik.
- Matematikus szemmel igen furcsa az, hogy $|0\rangle$ egy egységnyi hosszú vektort jelöljön (bár ez a jelölés természetesen sztenderd ebben a témakörben). Szintén nem megszokott jelölés egy A esemény valószínűségét kis p -vel jelölni: $p(A)$.
- A 12. oldal 5. sorában szereplő $[H, \rho(t)]$ jelölés nincs bevezetve.
- A 14. oldalon a (2.7) egyenletben szereplő első szummában a Tr operátor rossz helyen szerepel.
- A 26. oldal 6. sorában szereplő $1^{\otimes c}$ jelölés nincs bevezetve.
- A 32. oldal utolsó bekezdésében definiált $\biguplus$ jelölést úgy értelmezi, hogy egy halmazban egy elem kétszer is szerepelhet. Nyilván ez halmazoknál nem lehetséges, azaz halmaz helyett más struktúrát kellene használni.
- Az 51. oldal alulról 3. sorában a $\text{Var}(\cdot)$ jelölés nincs bevezetve.
- A 84. oldalon az 1. algoritmusban a $D^\perp$ jelölés nincs bevezetve.
- A 100. oldalon az A.1 definícióban $c \in$ után hiányzik a $\mathbb{C}$.
- A 104. oldalon az A.2.3. szakaszban a képletben $\max$, a szövegben pedig minimalizálás szerepel.

A magyar és angol nyelvű tézisfüzet 13 oldalon összefoglalja az értekezés motivációját, elméleti hátterét, valamint az elért új tudományos eredményeket. A jelölt 4 tézispontban, azon belül további alpontokban összegzi a disszertációban bemutatott tudományos eredményeit. A tézisfüzet megfogalmazása tömör, de véleményem szerint kellően részletezi a szükséges előzményeket, fogalmakat és világosan megfogalmazza az elért új tudományos eredményeket.

Összefoglalóan megállapítható, hogy az értekezés egy aktuális területen értékes új eredményeket mutat be. Láthatóan a jelölt ismeri és sikeresen tudja alkalmazni a területen használt kiterjedt matematikai, fizikai és információelméleti eszköztárát, a témakörben megjelent legfontosabb irodalmakat. A disszertáció alapjául a jelölt 6 publikációja (köztük két, magas impakt faktorral rendelkező folyóiratcikke) szolgált.

A benyújtott értekezésben illetve a tézislevelekben megfogalmazott mind a 4 tézispontot új tudományos eredménynek fogadom el. A jelölt eddigi tudományos munkája és a benyújtott disszertáció teljes mértékben eleget tesz a PhD fokozat odaítélésével kapcsolatos elvárásoknak, így javaslom az értekezés nyilvános vitára bocsátását, és Balló Gábor számára a PhD fokozat odaítélését.

Kérdéseim a jelölthöz:

- A 7. fejezetben és a második függelékben miért tér el a különböző módszereknél a végrehajtott kísérletek számának maximális értéke?
- A 8. fejezetben definiált csatornairányok becslési eljárásban (1. algoritmus) konvergens-e a módszer abban az esetben is, amikor a domináns csatorna paraméter negatív?

Veszprém, 2014. június 30.



Dr. Hartung Ferenc, DSc
egyetemi tanár
Pannon Egyetem