

Opponensi vélemény  
Vértesi Tamás Ferenc  
„Nemlokális kvantumkorrelációk vizsgálata”  
című doktori értekezéséről

Dr. Koniorczyk Mátyás

2019. június 27.

A disszertáció témája a kvantuminformatika kutatás egyik központi problémája, a nemlokális korrelációk vizsgálata területén mutat be eredményeket. Ez az a témakör, amely kezdetektől a legtöbb alapvető interpretációs, részint filozófiai természetű kérdést vet fel a kvantummechanikával, a modern fizika egyik alapvető elméletével kapcsolatban. Fundamentális jelentősége mellett a kommunikáció és információfeldolgozás egyik új paradigmája, a napjainkra korai fázisban lévő technológiaként is megjelenő „kvantuminformáció” alapvető elemei, erőforrásai a szóban forgó korrelációk és a hozzájuk kapcsolódó kvantumállapotok. Ennek megfelelően a téma sokoldalú jelentőségét nehéz lenne túlhangsúlyozni.

A disszertáció második, bevezető fejezete jó áttekintést ad a téma eszközeiről és kérdéseiről. Mint ilyen egyrészt önkonzisztenssé teszi a teljes művet, világos határt húz az előzmények és a jelölt hozzájárulása közt. Másrészt kiváló olvasmány lehet azoknak, akik meg akarják érteni ennek a témának az alapjait: az angol nyelvű irodalomban sem gyakori az ilyen lényegre törő összefoglalás, magyar nyelven pedig nem tudok hasonlóról. Egyébként külön érték, hogy a dolgozat magyar nyelvű, megfogalmazása szabatos, a szaknyelvet kiválóan használja, és mint a témában elkészült első magyar nyelvű szakmai írások egyike, hozzájárul ahhoz, hogy a magyar szaknyelv használhatósága ezen a területen is fennmaradjon.

A disszertáció alaposan válogatott irodalomjegyzékkel rendelkezik. Ebből kitűnik, hogy a szerző alaposan és mélyen ismeri a terület irodalmát, kutatásainak tudományos kontextusát. Tekintettel arra, hogy a szűkebb szakterület jelenleg nagyon gyorsan fejlődik, az ilyen fajta naprakészség elérése nem könnyű feladat.

A bevezetésből logikusan következnek a 3. fejezetben bemutatott célkitűzések, melyek megalapozzák a további fejezetekben bemutatott eredmény csoportokat. Némileg különös módon az eredményeket bemutató 4-6. fejezetek felépítése a téziszüzetétől eltérő logika alapján épül fel, illetve szerepelnek benne olyan eredmények is (pl. a kötött összefonódott állapotok metrológiai szerepe és annak összevetése a Bell-nemlokalitással), amelyek nem a tézispontokban, hanem a témához kapcsolódó, tézispontként nem felhasznált eredmények-

ben kerülnek röviden említésre. A következőkben a disszertációban követett sorrendben tekintem át az eredményeket röviden.

A 4. fejezet a Werner-állapotok lokalitásának határával kapcsolatban mutat be új eredményeket, konstruktív bizonyításokat adva, és innovatívan használva a Grothendieck-állandó matematikai problémájával fennálló összefüggést. Itt mutatja be először a libikóka-elvű iteratív optimalizáló algoritmus használatát is, amelynek a többi fejezetben is fontos szerep jut. A bemutatott eredményekkel a jelölt egy régóta ismert problémakör fontos nyitott kérdéseit válaszolta meg, a publikációkból is világos, hogy az eredmények a szakterület közösségében ismertté váltak és hatással voltak a további kutatásokra.

Az 5. fejezet dimenziótanúk konstrukciójával foglalkozik. Ehhez magas szinten és kiterjedten használja a szemidefinit programozás eszköztárát, amely által konstruktív eljárásokat vezet be dimenziótanúk konstruálására, de más kiindulásból (pl. detektor hatékonyság) is eljut érdekes konstrukciókra. A bemutatott eredmények alapvető jelentőségűek az eszözfüggetlen kvantum protokollok szempontjából. Meglehetősen általános az a vélekedés, hogy az eszözfüggetlen hozzáállás sikerén múlik a kvantuminformáció számos területének valódi használható technológiává fejlődése. A bemutatott eredmények tehát egy fővonalbeli kutatási területhez adnak jelentős hozzájárulást.

A 6. fejezet tárgya a kötött összefonódás természetének vizsgálata, amellyel szintén a kvantuminformáció kutatás egyik legérdekesebb, számos nyitott kérdést felvető, sokak által aktívan kutatott területén mozog a szerző. A számos érdekes eredmény közül talán külön kiemelném, hogy sikerült megcáfolnia a közösségben régóta általánosan elfogadott Peres-sejtést, megmutatva, hogy kötött összefonódott állapot is sérthet Bell típusú egyenlőtlenségeket. Érdekes elem a metrológiai felhasználhatóság szempontjának vizsgálata is: noha tézispontként nem jelenik meg, a PPT, nemlokális, illetve metrológiában hasznos állapotok halmazának viszonyával kapcsolatos eredmény fontos információ az összefonódott állapotok gazdag struktúrájának megértéséhez. Emellett egy újabb szemponton demonstrálja az eredményei eléréséhez használt numerikus technikák (ezúttal: a libikóka algoritmus) használhatóságát.

Összességében a benyújtott dolgozat mind tartalmi és formai szempontból jelentős munka. A jelölt felhasznált publikációi a terület vezető folyóirataiban jelentek meg, eredményei széles körben ismertek a szakterület vezető kutatóinak körében, a disszertáció pedig ezeknek igen jól kidolgozott összefoglalása.

A jelölt minden tézispontját saját eredménynek ismerem el. A bemutatott tudományos eredmények messzemenően elegendőek az MTA doktori cím megszerzéséhez, így a dolgozat nyilvános vitára bocsátását, és sikeres védelem esetén az „MTA doktora” cím odaítélését feltétlenül javaslom.

A jelölt számára három kérdést fogalmaztam meg. A kérdések elsősorban szakmai érdeklődésből fakadnak, megfogalmazásukkal a nyilvános vitát kívánom segíteni. Véleményemet a kérdésekre adott válaszoktól függetlenül fenntartom.

## Kérdések

1. Melyek az 5. fejezetben alkalmazott szemidefinit programok duális feladatai? Nyerhető-e a problémával kapcsolatban többlet információ ezek tanulmányozásával?
2. Az 5.3.2. fejezetben nem tökéletes detektorok esetét vizsgálja. Kiterjeszhető lenne ez a vizsgálat más módon modellezhető tökéletlen detektorokra is? (Pl. olyan detektor, amelynek egy harmadik, sikertelenséget jelző kimenete is van, v.ö. pl. Wilms et al., Phys. Rev. A. **78** 032116 (2008).)
3. Ki lehetne-e valamiben használni a mérési lehetőségek és mérési eredmények permutációs szimmetriáit a bemutatott algoritmusok hatékonyságának javítására?

Pécs, 2019. június 27.

Dr. Koniorczyk Mátyás  
tudományos munkatárs  
MTA Wigner FKK SZFI  
Kvantumoptikai és  
Kvantuminformatikai Osztály