A bírálóbizottság értékelése

Vértesi Tamás jelölt munkájában olyan elméleti kérdések megválaszolását tűzte ki, amelyek a kvantummechanika alapjainak jobb megértéséhez vezetnek és a kvantummechanika megjelenése óta foglalkoztatják a kutatókat (ld. Eisntein-Podolsky-Rosen paradoxon), de egyben közvetlen összefüggésben vannak a napjainkban gyorsan fejlődő kvantuminformatika vagy általánosabban véve a kvantumtechnológia területén megjelenő alkalmazásokkal.

Jelölt téziseiben olyan eredményeket ismertetett, amelyek jelentősen pontosítják a nemlokális kvantumos korrelációk mértékére vonatkozó tételeket egy sor különböző esetben. Vizsgálataiban szisztematikusan alkalmazott analitikus módszereket, ugyanakkor jelentős áttörést ért el ezen problémák szemidefinit programozással megfogalmazható algoritmikus megoldásaiban is. Így egy sor nagy nemzetközi visszhangot kiváltó munkát tudott publikálni egy olyan területen, amely a Bell-egyenlőtlenségek 1960-as évekbeli felírása óta fokozatosan egyre több kutató figyelmét vonzotta és az utóbbi évtizedekben jelentős tudományterületté nőtte ki magát.

Vértesi Tamás három téma köré csoportosítva adta meg eredményeit.
Az elsőben a Werner-állapotok nemlokalitását járta körül. Ezek az állapotok úgy keletkeznek, hogy egy maximálisan összefonódott, tiszta szinglett kvantumállapothoz valamilyen mennyiségű inkoherens zajt kevernek. Jelölt szisztematikusan pontosította annak a kritikus értéknek a becslését, amelynél több zajt keverve az állapothoz már nem lehet Bell-egyenlőtlenséggel jellemzett nemlokalitásról beszélni. A három ide tartozó tézispontban először két kvantumbit állapotaira élesítette a kritikus p-re vonatkozó egyenlőtlenséget, majd az említett algoritmusok kifejlesztésével és felhasználásával jelentősen javította az ide vonatkozó felső korlátot. Végül többrészű rendszerekre is alkalmazható szisztematikus modellt dolgozott ki, kvantumállapotok Bell-lokális modelljeinek meghatározására és ennek segítségével a két kvantumbit esetére vonatkozó alsó korlátot is megjavította.
A második részben dimenziótanúk előállításával foglalkozott. Itt az a kérdés, hogy egy teljesen ismeretlen, fekete doboznak tekintett fizikai rendszer néhány bemenetén és néhány kimenetén méréseket végezve vajon tudunk-e becslést adni a dobozban működő kvantumrendszer Hilbert-terének a dimenziójára? Maga a dimenziótanú egy egyenlőtlenséget jelent a megmért korrelációkból számolt mennyiségre, amelynek a sértése esetén biztosan a megadottnál nagyobb dimenziójú a rendszer. Jelölt itt is figyelemre méltó szisztematikussággal járta körül a kérdést. Először a legkisebb nemtriviális rendszerre bizonyította be dimenziótanúk létezését. Ezután magasabb dimenziós rendszerekre dolgozott ki kétféle, különböző elven működő numerikus algoritmust. Ezek azonban négynél nagyobb dimenzió esetén csak lassan konvergálnak. A következő tézispontban lépéseket tett annak a bizonyítására, hogy tetszőleges véges dimenzióban léteznek dimenziótanúk. Ezzel a módszerrel a bizonyítás még nem teljes, de az alapjául szolgáló matematikai sejtés plauzibilisnek tűnik és kis dimenziókra sikerült is belátni a teljesülését. A következő tézispontban aszimmetrikus, azaz veszteséges detektorokat is tartalmazó esetre adott analitikus konstrukciót. Ezek, bizonyos feltételek mellett, tetszőleges D dimenzióban működnek. Bár a feltételek egyike még csak sejtés, az eredményt tartalmazó publikáció így is jelentős visszhangot keltett: 98 független hivatkozást kapott. Ezután egy konkrét egyenlőtlenség maximális sérüléséről mutatta ki, hogy végtelen dimenziós Hilbert téren teljesül, ezzel indirekt módon jutott közelebb a véges dimenziós tanúk létezésének a bizonyításához. Sejtése szerint az adott egyenlőtlenség véges dimenzióban nem sérthető

maximálisan, ebből következne a tetszőleges véges dimenziós tanúk létezése. Végül az ide tartozó utolsó tézispontban analitikus módszerekkel bizonyította tetszőleges véges dimenzióban a dimenziótanúk létezését.
A harmadik témakörben azokkal a különleges állapotokkal foglalkozott, amelyekből nem desztillálható összefonódott pár. Ezek az állapotok ilyen értelemben csak alig összefonódottak. Régóta nyitott kérdés azonban, hogy más értelemben hasznosítható-e ezen állapotok összefonódottsága? Peres az ilyen állapotok egy nevezetes alosztályára (PPT, positive partial transpose) vonatkozó sejtése szerint ezekkel nem sérthető semmilyen Bell-egyenlőtlenség. Az elmúlt évtizedben sokat foglalkoztak ennek a sejtésnek a lehetséges bizonyításával illetve cáfolatával. Jelöltnek sikerült három lépésben teljesen cáfolni a sejtést, ez adja az utolsó három tézispontot. Először kettőnél többrészű rendszerekre adott egy megoldást, majd kétrészű, egyenként 3 dimenziós rendszerekre, végül a $d>3$ esetre talált speciális konstrukciót.

A bizottság mind a 12 felsorolt tézispontot új tudományos eredménynek fogadja el. Kiemeljük a már említett, 2.6 tézispontban leírt eredményt, amelyre eddig közel 100 független hivatkozás érkezett. Kiemeljük továbbá a 3.2 tézispont eredményét, amelyben egy fontos, sokat vitatott sejtést sikerült különböző esetekben is cáfolni. A jelölt sok jelentős, nagy érdeklődést kiváltó további eredményt is elért az elmúlt évek során, amelyeket nem tárgyalt a tézispontokban, köztük több közleményre érkezett száznál is több független hivatkozás.