

Záró beszámoló a PD 101461 számú OTKA pályázathoz

Az OTKA posztdoktori kutatások során a kvantuminformáció ú.n. eszközfüggetlen feldolgozásának lehetőségeit vizsgáltam. Ezen keretben a cél olyan protokollok előállítása volt, amelyben a protokollban szereplő készülékek belső működésére, illetve kvantumosságának mértékére következtethetünk a felvett be-kimeneti statisztikából, mintegy fekete doboznak tekintve az eszközöket.

A projekt három éve a kutatási tervemben megfogalmazott céloknak megfelelően zajlott le. A témába külföldi együttműködők is bekapcsolódtak, a projekt időtartama alatt több vendégkutató is érkezett az Atomkiba rövid szakmai konzultációkra.

Az alábbiakban a projektben elért főbb eredményeket ismertetem:

- Az eszközfüggetlen keretben kulcsfontosságú, hogy a kísérletileg előállított többrészi kvantumkorrelációk technológiai kiskapuktól mentesen sértsenek Bell-egyenlőtlenségeket. Ref.[1]-ben Greenberger-Horne-Zeilinger-típusú kvantumállapotokat használtunk, amellyel az eddigieknél lényegesen kisebb detektorhatékonyságot is toleráló Bell-teszteket alkottunk.

- Szemidefinit programozásra (SDP) alapuló módszert fejlesztettünk ki kvantumrendszerek dimenziójának becslésére [2]. A módszer segítségével szisztematikus módon lehet dimenziótanukat előállítani eszközfüggetlen módon, vagyis anélkül, hogy bármely feltevést is tennénk a kísérletben szereplő eszközök (pl. mérőműszerek) működéséről.

- Ugyancsak az eszközfüggetlen keretben, a mérési be- és kimeneti statisztikára alapuló kísérletben, sikerült polarizált fotonok segítségével összefonódott méréseket igazolni [3]. Ilyen típusú méréseknek kulcsfontosságú szerepük van a kvantumteleportáció protokollban.

- Kifejlesztettük az ú.n. SWAP módszert, amelyben kvantumprotokollokat tesztelhetünk az eszközök belső szabadságfokainak pontos ismerete nélkül [4]. Ehhez egy olyan SWAP műveletet konstruáltunk a modellrendszerből származó algebrai relációkkal, amely a tesztelni kívánt fekete doboz rendszer tartalmát átmásolja egy jól kontrollált segédrendszerbe. Ezen új SWAP eszköz segítségével az eddigi legjobb módszereknél nagyságrendekkel jobb eredményt sikerült elérni. Ezen módszert sikeresen alkalmaztuk kettőnél többrészi kvantumkorrelációkra is [5].

- Kéttest-korrelációkon alapuló sokrészecskés Bell-egyenlőtlenségeket konstruáltunk, amelyek képesek nemlokalitást detektálni ezen egyenlőtlenségek sérülése révén. Megmutattuk, hogy ezen korrelációk kísérletileg is hozzáférhetőek a globális spin nagy pontosságú mérése révén. Ehhez ultrahideg atomok, illetve nanostruktúrákba csapdázott atomi rendszerek várhatóan kiválóak lesznek, és utat nyithatnak a sokrészecskés nemlokalitás kísérleti vizsgálata felé [6].

- Asher Peres 15 éves sejtését cáfoltuk meg: egy olyan kétrészecskés nem-desztillálható állapotot konstruáltunk, amely képes a klasszikus fizika által megengedett (úgynevezett lokális) hatásoknál erősebb (úgynevezett nemlokális) hatást előidézni [7]. Ezen nemlokális hatást a Bell-egyenlőtlenségek sérülése révén sikerült kimutatni. Ezen cikkünk előzményeként Ref. [8]-ban háromrészecskés nem-desztillálható állapotról mutattuk ki, hogy sért egy háromrészecskés Bell-egyenlőtlenséget.

Referenciák

- [1] K. F. Pál, T. Vértesi, and N. Brunner, “Closing the detection loophole in multipartite Bell tests using Greenberger-Horne-Zeilinger states,” *Phys. Rev. A* 86, 062111 (2012).
- [2] M. Navascués, G. de la Torre, and T. Vértesi, “Characterization of quantum correlations with local dimension constraints and its device-independent applications,” *Phys. Rev. X* 4, 011011 (2014).
- [3] A. Bennet, T. Vértesi, D. J. Saunders, N. Brunner, and G. J. Pryde, “Experimental semi-device-independent certification of entangled measurements,” *Phys. Rev. Lett.* 113, 080405 (2014).
- [4] T. H. Yang, T. Vértesi, J.-D. Bancal, V. Scarani, and M. Navascués, “Robust and versatile black-box certification of quantum devices,” *Phys. Rev. Lett.* 113, 040401 (2014).
- [5] K. F. Pál, T. Vértesi, and M. Navascués, “Device-independent tomography of multipartite quantum states,” *Phys. Rev. A* 90, 042340 (2014).
- [6] J. Tura, R. Augusiak, A.B. Sainz, T. Vértesi, M. Lewenstein, A. Acín, “Detecting non-locality in multipartite quantum systems with two-body correlation functions”, *Science* 344, 1256 (2014).
- [7] T. Vértesi, N. Brunner: “Disproving the Peres conjecture by showing Bell nonlocality from bound entanglement”, *Nat. Commun.* 5, 5297 (2014).
- [8] T. Vértesi, N. Brunner: “Quantum nonlocality does not imply entanglement distillability”, *Phys. Rev. Lett.* 108, 030403 (2012).