INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Název projektu: Mezinárodní centrum pro informaci a neurčitost

Registrační číslo: CZ.1.07/2.3.00/20.0060

Zpráva z účasti na stáži

Datum konání stáže:	30.6.2011 – 10.8.2011
Navštívené pracoviště:	School of Physics and Astronomy, University of St. Andrews, Skotsko
Zahraniční garant:	dr. Natalia Korolkova
Účastník stáže:	Mgr. Ladislav Mišta, Ph.D.

Stručný popis navštíveného pracoviště

Univerzita ve skotském St. Andrews je třetí nejstarší univerzitou ve Velké Británii. Škola fyziky a astronomie na této univerzitě představuje přední britskou i evropskou výzkumnou instituci zaměřenou na výzkum v oblasti astrofyziky, fyziky pevných látek a fotoniky. Vedoucí výzkumných skupin jsou mezinárodně uznávaní profesoři pocházející z předních evropských vysokých škol. Na škole momentálně působí 30 akademických pracovníků, 50 postdoců a 55 doktorandů.

Skupina teoretické kvantové informace doktorky Natálie Korolkové (http://www.st-andrews.ac.uk/~qoi/quantum_information.htm) se zabývá oblastí kvantové informace systémů s nekonečně-dimenzionálním stavovým prostorem a kvantovými pozorovatelnými se spojitým spektrem, tzv. spojitými proměnnými. Hlavními směry bádání skupiny jsou pak v této oblasti destilace kvantové provázanosti, kvantová provázanost gaussovských a ne-gaussovských stavů a její aplikace, a charakterizace a kvantifikace neklasických korelací v systémech se spojitými proměnnými. V této oblasti skupina tradičně dosahuje kvalitních výsledků na evropské úrovni. V současné době jsou kromě doktorky Korolkové členy skupiny také dva doktorandi Richard Tatham a Darran Milne.

Průběh stáže

Během prvních dvou týdnů stáže jsem se s doktorkou Korolkovou zabýval pojmem nedestilovatelných klasických bezpečných korelací známých též pod termínem nedostupná informace. Jedná se vlastně o korelace, které lze připravit lokálními operacemi pouze s použitím bezpečného klíče, ale ze kterých těmito operacemi nelze klíč získat zpět. Tyto korelace tedy demonstrují nevratnost lokálních manipulací s bezpečnými korelacemi a představují klasickou analogii nedestilovatelné kvantové provázanosti. První a dosud jediný

příklad těchto korelací byl nedávno zkonstruován s pomocí nedestilovatelného kvantově-provázaného stavu tří kvantových bitů v rámci diskrétních náhodných proměnných.
S doktorkou Korolkovou jsme diskutovali možnost existence takovýchto korelací v rámci gaussovsky rozdělených spojitých náhodných proměnných. Středem našeho zájmu bylo zejména využití nedestilovatelných multipartitních gaussovských provázaných kvantových stavů ke konstrukci různých příkladů takovéto nedostupné informace. Příklady této tzv. gaussovské nedostupné informace doposud nebyly nalezeny a nacházejí uplatnění v teoretické kryptografii.

V následujících dvou týdnech stáže jsme studovali koncept neklasických korelací v ne-gaussovských kvantových stavech. Pro účely detekce přítomnosti těchto korelací byly v literatuře navrhnuty různé indikátory jako kvantový diskord nebo měřením indukovaná disturbance a její optimalizovaná verze, která představuje snáze vypočitatelnou horní hranici pro diskord. Kvantový diskord je spjat s minimální průměrnou neurčitostí ensemblu podmíněných kvantových stavů jednoho systému připravených měřením na druhém s ním korelovaném systému. Operacionálně lze diskord interpretovat v kontextu protokolu pro slučování kvantových stavů, a především platí silná domněnka, že je zdrojem zlepšení protokolu pro deterministické kvantové počítání s jedním kvantovým bitem za rámec jakéhokoli klasického protokolu. Z matematického hlediska jsou indikátory neklasických korelací informačně-teoretické entropické veličiny, které jsou tudíž nelineárními funkcemi kvantových stavů. Analýza jejich vlastností je proto komplikovaný matematický problém a jejich analytické vyjádření je v současnosti známo pouze pro speciální podtřídy kvantových stavů, např. pro gaussovské stavy. V našich úvahách jsme se soustředili na určení těchto indikátorů pro specifickou tří-parametrickou třídu ne-gaussovských stavů, tzv. Wernerových stavů pro spojité proměnné. Z našich diskusí zejména vyplynulo, že pro nejjednodušší jedno-parametrickou podmnožinu Wernerových stavů lze nalézt kvantový diskord analyticky, a že tento diskord je dosažen čítáním fotonů. Korelace extrahované tímto ne-gaussovským měřením navíc nelze stejně účinně extrahovat žádným gaussovským měřením což svědčí o tom, že neklasické korelace nesené tímto stavem jsou ryze ne-gaussovské povahy.

Poslední týden stáže jsme věnovali otázce existence spojitě-proměnného Wernerova stavu nesoucího nedestilovatenou kvantovou provázanost. Wernerovy stavy představují základní testovací stavy teorie kvantové provázanosti na nichž jsou ilustrovány fundamentální pojmy této teorie jako například kvantová nelokalita či destilace kvantové provázanosti.
Pokud by se existence nedestilovatelného provázaného spojitě-proměnného Wernerova stavu potvrdila, jednalo by se teprve o druhý příklad ne-gaussovského stavu s touto vlastností. Tento stav by pak byl jak užitečným nástrojem pro testování schopnosti existujících kritérií kvantové provázanosti zachytit nedestilovatelnou provázanost tak by také mohl být využit pro konstrukci kritérií nových. Ve spolupráci se skupinou doktorky Korolkové jsme analytickým výpočtem ověřili řadu kritérií provázanosti, která zatím nevedla ke konkluzivnímu závěru. Proto jsme se rozhodli uchýlit se k numerickému kritériu kvantové provázanosti založenému na ověřování existence symetrických separabilních extenzí studovaného stavu. Matematicky lze tuto úlohu formulovat jako hierarchii semidefinitních programů, které lze efektivně řešit pomocí existujících numerických metod. Analyzovaná jedno-parametrická třída Wernerových stavů numerickým testem první hierarchie prošla což ukazuje na subtilní charakter kvantové provázanosti, pokud je přítomna. Dalším logickým krokem, který byl diskutován, a na kterém v současnosti dále spolupracujeme, je test vyšších hierarchií výše uvedeného kritéria a aplikace numerických postačujících kritérií pro separabilitu.

Publikace rozpracované během stáže
Vzájemné diskuse a výsledky, které z nich vyplynuly, položily základ pro společné vědecké publikace nebo rozvinuly již existující projekty. Jedna publikace se bude věnovat novému typu nedostupné tripartitní gaussovské informace. Mimo to je část výsledků již zahrnuta do e-printu: L. Mišta Jr., and N. Korolkova, *"Gaussian multipartite bound information"*, arXiv:1108.0578 (2011), který byl zveřejněn v průběhu stáže. Další publikace se bude týkat neklasických korelací ve spojitě-proměnném Wernerově stavu a bude zaslána k publikaci do konce tohoto roku.

Navázání kontaktů
Stáž byla velmi dobrou příležitostí k prohloubení a posílení vědecké spolupráce se skupinou doktorky Natálie Korolkové. Již existující témata byla dále rozvinuta a nová témata byla vytvořena a rozpracována. Mimo to byly diskutovány možnosti společného projektu na téma neklasických korelací.

Shrnutí stáže
Stáž plně splnila svůj účel. Byla prohloubena a posílena vědecké spolupráce s pracovištěm na špičkové vědecké instituci. Během stáže jsem se seznámil s řadou nových metod a směrů v dané oblasti výzkumu. Tyto poznatky budou dále předány cílové skupině formou odborných seminářů.

Fotografická dokumentace



Fotografie z diskuse uskutečněné v průběhu stáže. Na snímku dr. Korolková (vpravo) a Mgr. Mišta (vlevo).