



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

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:	6.6.2012 – 13.7.2012
Navštívená pracoviště:	School of Physics and Astronomy, University of St. Andrews, UK (6.6.2012 – 28.6.2012) School of Mathematical Sciences, The University of Nottingham, UK (29.6.2012 – 13.7.2012)
Zahraniční garanti:	dr. Natalia Korolkova (Univ. of St. Andrew's) dr. Gerardo Adesso (Univ. of Nottingham)
Účastník stáže:	Mgr. Ladislav Mišta, Ph.D.

Zpráva o pobytu na University of St. Andrew's

Stručný popis navštíveného pracoviště

Univerzita ve skotském St. Andrews je třetí nejstarší univerzitou ve Velké Británii. Podle posledního hodnocení britských univerzit byla vyhodnocena jako první univerzita ve Skotsku a šestá ve Velké Británii. Škola fyziky a astronomie na této univerzitě se řadí mezi přední britské i evropské výzkumné instituce. Hlavní směry bádání na této škole spadají do oblasti astrofyziky, fyziky pevných látek, fotoniky, biofotoniky a optických manipulací. Na škole působí 12 mezinárodně uznávaných profesorů pocházejících z předních evropských vysokých škol a 64 postdoků a doktorandů.

Doktorka Natálie Korolková je vedoucí skupiny teoretické kvantové informace (http://www.st-andrews.ac.uk/~qoi/quantum_information.htm). Ve své práci se věnuje kvantovému zpracovávání informace s využitím systémů s nekonečně-dimenzionálním Hilbertovým stavovým prostorem, tzv. spojitých kvantových proměnných. V této oblasti se skupina soustředí zejména na charakterizaci, kvantifikaci a využití kvantové provázanosti a obecněji kvantových korelací pro gaussovské a ne-gaussovské spojitě-proměnné kvantové stavy. V této oblasti skupina tradičně dosahuje kvalitních výsledků na evropské úrovni. Momentálně jsou kromě doktorky Korolkové členy skupiny také postdoktorand dr. Svetoslav Ivanov a doktorandi Richard Tatham, Darran Milne a Niall Quinn.

Průběh stáže

V průběhu stáže jsem s doktorkou Korolkovou spolupracoval na odpovědi recenzentům týkající se naší společné práce věnované klasickým nedestilovatelným bezpečným korelacím v gaussovských rozděleních více proměnných. Konkrétně se nám podařilo ukázat, že přítomnost těchto korelací je neoddělitelně spjata s částí narušitelovy informace, kterou nelze vytvořit lokálními operacemi a veřejnou komunikací. To znamená, že pro vytvoření uvažovaného typu těchto nedestilovatelných korelací nám nestačí sdílení bezpečných korelací pouze jednou dvojicí spolupracujících stran, ale že navíc, na rozdíl od přípravy analogického kvantově provázaného stavu, musí sdílet bezpečné korelace ještě další dvojice těchto stran, aby mohla být vytvořena již zmiňovaná „nelokální“ část narušitelovy informace.

Dále jsme se v našich diskusích věnovali problematice gaussovských neklasických korelací, které mohou být přítomny i ve stavech bez kvantové provázanosti. V poslední době jsou tyto korelace intenzivně studovány jak teoreticky tak experimentálně neboť jsou považovány za jeden z možných zdrojů urychlení některých modelů kvantového počítání. Tyto korelace jsou přítomny ve stavech, které nejsou diagonální v žádné bázi tvořené součiny lokálních bázevých vektorů a jejich přítomnost zachycují a kvantifikují tzv. indikátory těchto korelací jako např. kvantový diskord. Během naší spolupráce s dr. Korolkovou jsme našli zajímavé pojetí mezi výše zmiňovanou „nelokální“ informací drženou narušitelem a přítomností neklasických korelací v kvantovém stavu, který je využit ke konstrukci těchto nedestilovatelných bezpečných korelací. Zejména se nám podařilo ukázat, že nutnou podmínkou pro existenci této informace je existence neklasických korelací v odpovídajícím kvantovém stavu. V dalších diskusích jsme se také věnovali analýze role neklasických korelací v námi dříve navrženém protokolu pro distribuci kvantové provázanosti separabilními gaussovskými stavy a jeho experimentální realizaci, na které spolupracujeme se skupinou dr. Ch. Marquarda (Marx-Planck institute for the science of light, Erlangen, Německo). Během mého pobytu jsem také měl možnost diskutovat problematiku vlastností a operacionální interpretace gaussovského kvantového diskordu s prof. M. G. A. Parisem (Univerzita v Miláně, Itálie).

Pobyty jsem rovněž využil pro práci na projektu s Richardem Tathamem, doktorandem dr. N. Korolkové, věnovanému kryptograficky motivované gaussovské míře kvantované provázanosti založené na Shannonově vzájemné informaci. Tato míra vychází z pojmu tak zvané vnitřní informace, což je vzájemná informace mezi proměnnými spolupracujících stran podmíněná proměnnou narušitele minimalizovaná přes všechna stochastická mapování narušitelovy proměnné. Tato míra představuje horní hranici na rychlost generace bezpečného klíče v kryptografii a její nenulovost je nutná a stačí pro nepostradatelnost bezpečných korelací pro vytvoření uvažovaného klasického rozdělení pravděpodobnosti. Při spolupráci během mého pobytu se nám s R. Tathamem podařilo jednak dokázat, že námi uvažovaná veličina skutečně vykazuje některé vlastnosti míry kvantové provázanosti, a také jsme našli výrazné zjednodušení výpočtu uvažované míry pro některé podtřídy dvoumódových gaussovských stavů zahrnující dvoumódové kvantové stavy s třímódovou purifikací.

V rámci pobytu na univerzitě jsem na semináři 21.6. 2012 přednesl 50 minutovou přednášku s názvem *From Gaussian bound entanglement to bound information* věnovanou nedestilovatelné kvantové provázanosti a nedestilovatelným bezpečným klasickým korelacím v gaussovských systémech.

Publikace rozpracované během stáže

Výsledkem naší spolupráce během mé stáže bylo vypracování nové verze našeho společného článku: L. Mišta Jr., and N. Korolkova, “*Gaussian multipartite bound information*”, který byl znovu zaslán do časopisu 11. 8. 2012. Mimoto jsme s R. Tathamem vytvořili předběžnou verzi článku věnovaného výše zmiňované gaussovské míře kvantové provázanosti, který bude zaslán k publikaci do konce tohoto roku.

Prohloubení kontaktů

Díky stáži došlo k prohloubení dlouhodobé vědecké spolupráce se skupinou doktorky Natálie Korolkové. V průběhu stáže došlo k výraznému posunu již existujících témat a také byl rozpracován další společný projekt věnovaný problematice 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 obeznámil s novými směry a metodami v dané oblasti výzkumu. Tyto poznatky budou dále předány cílové skupině formou odborných seminářů.

Fotografická dokumentace



Fotografie ze semináře předneseného dr. L. Mištou 21.6. 2012 s názvem *From Gaussian bound entanglement to bound information*.



Fotografie z diskusí uskutečněných v průběhu stáže s dr. N. Korolkovou (horní snímek vlevo) a dr. L. Mištou (horní snímek vpravo) a prof. M. G. A. Parisem (dolní snímek vpravo).

Zpráva o pobytu na University of Nottingham

Stručný popis navštíveného pracoviště

Univerzita v Nottinghamu byla založena v roce 1881 a podle posledního hodnocení úrovně výzkumu ve Velké Británii RAE jí patří sedmé místo. Kromě Velké Británie má univerzita také pobočky v Číně a Malajsii, na kterých dohromady studuje více než 40 000 studentů.

Škola matematických věd na této univerzitě má celkem 66 akademických pracovníků. Podle údajů z roku 2011 školu dále navštěvovalo 726 studentů pregraduálního studia a 84 studentů doktorského studia. Na škole působí několik výzkumných týmů pracujících v oblasti matematické analýzy, algebry a statistiky, aplikované matematiky, lékařské matematiky a biomatematiky, klasické a kvantové teorie informace a matematické fyziky.

Doktor Gerardo Adesso je vedoucí skupiny kvantových korelací (<http://quantumcorrelations.weebly.com/>). Tato skupina se zabývá výzkumem neklasických korelací, kvantové provázanosti a relativistické kvantové informace v systémech s konečně-rozměrnými i nekonečně-rozměrnými stavovými prostory. V oblasti neklasických korelací patří teoretické výsledky skupiny k evropské špičce. Kromě doktora Adesso skupinu tvoří doktorandi Davide Girolami a Sammy Ragy.

Průběh stáže

V průběhu stáže jsem s doktorem Adesso diskutoval možnosti rozšíření protokolu pro aktivaci neklasických korelací do oblasti systémů s nekonečně-rozměrným stavovým prostorem a kvantových pozorovatelných se spojitým spektrem, tzv. kvantových spojitých proměnných. Tento protokol byl již navrhnut pro konečně-rozměrné kvantové systémy a ukazuje, že všechny stavy takovýchto systémů, které jsou neklasické, tj. nejsou diagonální v žádné bázi tvořené součinem lokálních bázových vektorů, je možné převést na destilovatelné kvantově provázané stavy. Z těchto stavů lze pomocí lokálních operací a klasické komunikace vyextrahovat dokonalé maximálně provázané stavy dvou kvantových bitů, které jsou ideálním nástrojem pro všechny protokoly pro kvantové zpracovávání informace založené na kvantové provázanosti. Z pohledu gaussovských stavů jsou neklasické všechny stavy kromě stavů, které jsou čistým součinem dvou stavů. Aktivační protokol tedy musí takovéto stavy převádět na nedestilovatelné gaussovske stavy. Využitím Wernerovy dekompozice obecného bipartitního gaussovského separabilního stavu na součin dvou stavů a přidání šumu jsme ukázali, že pokud se omezíme pouze na gaussovske stavy a gaussovske operace, tj. operace, které zachovávají gaussovský charakter stavů, pak takový aktivační protokol nutně převádí i všechny neklasické separabilní gaussovske stavy na nedestilovatelné stavy. To tedy znamená, že aktivační protokol pro gaussovske stavy lze vytvořit jedině za cenu použití ne-gaussovských stavů a/nebo operací. V další diskusi jsme vytipovali kandidáty na tyto stavy a operace a dohodli jsme se na krocích, které budou dále provedeny za účelem nalezení ne-gaussovského protokolu pro aktivaci gaussovských neklasických korelací.

Další diskuse s dr. Adesso a dalšími členy jeho skupiny byly věnovány problematice role neklasických korelací v optickém zobrazování a rozšíření protokolu pro fúzi kvantových stavů do oblasti gaussovských spojitých kvantových proměnných. V posledně jmenované oblasti byl vyřešen dílčí problém mapování mezi minimální purifikací bipartitního gaussovského stavu a purifikací odvozenou z Wernerovy dekompozice tohoto stavu, čehož bude využito v našich rozpracovaných projektech.

V závěru stáže jsem se s dr. Adesso a jeho skupinou zabýval otázkami nalezení nutné a postačující podmínky pro existenci „nelokální“ struktury v informaci narušitele v pravděpodobnostním rozdělení nesoucím bezpečné korelace. Předchozí domněnka, že nositelem takové struktury je každé rozdělení získané měřením v početní bázi purifikace neklasicky korelovaného separabilního stavu se nepotvrdila. Ukazuje se, že tato vlastnost je charakteristická pro podtřídu neklasicky korelovaných separabilních stavů, které mají ve svém spektrálním rozkladu směs maximálně provázaného stavu a více stavů, které jsou součinem lokálních bázových vektorů.

V průběhu stáže jsem také 9.7. 2012 na pravidelném kvantovém stochastickém a informačním semináři přednesl 50 minutovou přednášku s názvem *Some news about Gaussian secret correlations* věnovanou problematice bezpečných korelací se spojitými náhodnými gaussovskými proměnnými a jejich souvislosti s neklasickými korelacemi nesenými kvantovými stavy, ze kterých jsou bezpečné korelace odvozeny. Stáže jsem rovněž využil pro návštěvu přednášek a sekce posterů studentské konference QUACS Workshop konané od 1.7. do 3.7. 2012 na Univerzitě v Nottinghamu.

Publikace rozpracované během stáže

Během stáže jsme s doktorem Adessem sepsali důkaz no-go teorému pro aktivaci gaussovských neklasických korelací s využitím gaussovských stavů a operací. Výsledky tohoto společného projektu budou zaslány k publikaci.

Prohloubení kontaktů

Díky stáži byla prohloubena a upevněna vědecké spolupráce se skupinou doktora Gerarda Adessa. V průběhu stáže došlo také k pokroku v rozpracovaných tématech a byly dohodnuty další kroky vzájemné spolupráce

Shrnutí stáže

Výše zmiňovaný obsah mé vědecké stáže dosvědčuje, že došlo k naplnění jejích cílů. Jednak došlo jak k prohloubení a posílení vědecké spolupráce s prestižní institucí a jednak jsem se během stáže seznámil s novými trendy a metodami v dané oblasti výzkumu. Tyto poznatky budou dále předány cílové skupině formou odborných seminářů.

Fotografická dokumentace



Fotografie z diskusí s dr. G. Adessem (vpravo) a dr. L. Mištou (vlevo).



Fotografie z přednášky s názvem *Some news about Gaussian secret correlations* přednesené dr. L. Mištou 9.7. 2012.