

Jméno studenta: Bc. Filip Němec

Název práce: Adiabatické přechody v časově diskretních systémech
Adiabatic transitions in discrete-time systems

Posudek školitele

Diplomová práce Bc. Němce navazuje na výzkumný úkol z roku 2019, v němž uchazeč otevřel téma adiabatického teorému v kvantové mechanice a adiabatického kvantového počítání. Adiabatický teorém se zpravidla vyslovuje a dokazuje v modelu systému se spojitě proměnným Hamiltoniánem. Zadáním diplomové práce bylo však zkoumat, k jakým závěrům lze dospět v málo prozkoumané oblasti systémů časovým vývojem v diskretních krocích, konkrétněji na příkladu kvantové procházky.

Základní motivací samotného zkoumaného systému je existence vázaných stavů v kvantové procházce na přímce s nehomogenitou (poruchou) mincového operátoru. Při změně polohy nebo druhu této poruchy uvězněný chodec typicky následuje nový vlastní podprostor, ale s únikem pravděpodobnosti. Myšlenkou bylo zkoumat, na analytické i numerické úrovni, možnosti snížení tohoto dopadu provedením přechodu postupně přes interval několika kroků.

Toto zadání ve svém jádru bylo splněno, ač se ukázalo, že myšlenka analytického řešení i v nejjednodušším případě je možná příliš ambiciózní. Postup, který student sleduje, dává návod, jak k řešení dojít, ovšem rovnice, které vznikají, jsou, ač algebraické, příliš vysokého řádu pro praktické řešení, nevykazují symetrie, které by řád snížily, a řešení, která dávají, musejí podstoupit další kontroly validity. Jak student shrnuje v poznámce 2.1, tyto skutečnosti poukazují na možnost, že k řešení existovala jiná cesta ústící v přístupnější rovnice, kterou se pouze nepodařilo identifikovat. Tato možnost ovšem zůstává v hypotetické rovině: není možno vyčítat nenalezení řešení, o němž nevíme, zda existuje.

Nelze se však ubránit dojmu, že práce působí úspěchaným dojmem. První náznaky jsou patrné již v úvodu, kde skok od ambiciózního prvního odstavce k velmi pragmatickému druhému zarazí i čtenáře jakkoli neobeznámeného s konkrétní oblastí. Dále o jistém neadekvátnosti vyhrazeného času svědčí poměrně četné typografické nedostatky, jako zbytečně zkrácené stránky 4, 24, 37, 39, pokažená reference „Proposition (92)“ na straně 28, překlepy, které by byla odhalila kontrola pravopisu apod. Některé anglické konstrukce (věty začínající „With the aim...“ na str. 38 nebo „In order to...“ na str. 49) a rovnice (namátkou (131)) obsahují zřejmé chyby, které by neunikly pozornosti v případě možnosti dvou nebo třech dodatečných pročtení před tiskem, na které v důsledku časové tísně před termínem odevzdání nezbylo kdy. Rovněž závěr práce mohl nabídnout mnohem více než reiteraci objevů a příslib publikace zdrojového kódu.

Vlastní výzkum začíná v kapitole 2.3 po specifikaci problému ve 2.1 a přehledu dřívějších výsledků 2.2. Subjektivně nejzajímavější částí je pak kapitola 3.3, ve které se odhalí, že některé druhy adiabatických přechodů mezi dvěma situacemi s uvězněným stavem i přes vzájemně vysoký překryv vlastních podprostorů vedou k jevu zcela opačnému, kterým je vynulování jejich příspěvku k vlnové funkci.

Kritika nedotaženosti se vztahuje i na tyto části, konkrétně kapitola 2.5 je z většiny tvořena bodovým výčtem několika poměrně specifických případů kombinací třech základních typů defektů (rotace, i^* rotace, obojí s pevně zvolenými úhly, i^* Hadamard), které působí dojmem nezávisle objevených zjištění. Podobně kapitola 3.3 na konci zavádí dvě veličiny umožňující kvantifikovat kvalitu přenosu stavu mezi dvěma poruchami, ale jejich diskuse končí vykreslením jejich grafu v jedné specifické konfiguraci druhu defektu a neodvolává se ani na možné srovnání s indikátory přesnosti, o kterých mluvily verze adiabatického teorému v 1.3.

Za kladné body práce považuji po obsahové stránce neočekávané zjištění o možnosti vytlačení lokalizovaného stavu do spojitého spektra, doprovázené odpovídajícím vysvětlením a náznakem zobecnění. Po technické stránce pak poměrně úctyhodný seznam použité literatury.

Myslím, že práce mohla být lepší v několika obsahových ohledech. Například pokud by student zvolil nejprve dle bodu 2 zadání pojetí některého jednoduššího diskrétního systému pro ilustraci možnosti adiabatické limity (například průchod světla posloupností polarizátorů), mohl dospět k alespoň nějaké situaci, která analytické řešení nabízí jistě, a s vyhodnocením numerických výsledků u složitějšího systému kvantové procházky (např. chování objevené v obrázku 18) se pak odvolávat alespoň nepřímo na tu. Také myslím, že by bylo účelné analytické řešení jednoporuchové situace využít k nalezení efektivity *diabatického* přechodu pro referenční srovnání s adiabatikou. Nakonec bych ocenil více rozvedenou kapitolu 3, s diskusí numericky získaných výsledků a nějakým rozšířením na jiné situace než jeden zvolený modelový příklad.

Z těchto důvodů nemohu nabídnout lepší ohodnocení než **C – dobře**.

Otázky na uchazeče

Rád bych požádal, zohlednil-li by Bc. Němec během obhajoby své práce následující vybrané dotazy a připomínky.

1. Na straně 11 mluvíte o „various more precise bounds“ tvaru $O(1/T^n)$. Jakou veličinu tyto odhady popisují? Vůči čemu jsou přesnější?
2. Jak interpretovat rovnice $d/ds \langle \varphi(s) | \varphi(s) \rangle = 0$, resp. $d/ds \langle \varepsilon_0(s) | \varepsilon_0(s) \rangle = 0$ na straně 12 a výraz $\langle \varepsilon_i(s) | B(s) | \varepsilon_j(s) \rangle$ o stranu dříve (kde B je číselná funkce)?
3. Jaký je rozdíl v zavedení veličin v rovnicích (128), (129) oproti jejich variantám bez vlnky o stranu dříve?
4. Jaký je význam čekání po dobu 40 kroků v textu na straně 38 dole, jehož jediným výstupem je obrázek 7?
5. Strana 46, poznámka 2: „...in Figure 16 and Figure 17, we find agreement.“ Co je srovnáváno, co se zde shoduje?

V Praze dne 9. 6. 2021

Ing. Václav Potoček, Ph.D.
školitel