

Oponentský posudek doktorské práce

Název: Aplikace duálních kvaternionů na vybrané problémy

Autor: Mgr. Jitka Prošková

Oponent: Doc. RNDr. Zbyněk Šír, Ph.D., MÚ MFF UK, mail: zbynek.sir@mff.cuni.cz

Shrnutí:

Předložená práce je věnována teorii a aplikacím duálních kvaternionů. Jedná se o osmidimensionální asociativní reálnou algebru, která je (jak autorka zdůrazňuje) zejména vhodná k popisu přímých eukleidovských shodností třídimensionálního prostoru. Kapitola 1 je věnována úvodu do problematiky, historickému přehledu a současnému stavu poznání. Kapitola 2 obsahuje základní definice a vlastnosti kvaternionů a duálních kvaternionů včetně toho, jak parametrizují příslušné grupy shodností. Kapitoly 3-5 jsou věnovány každá vždy jedné aplikaci duálních kvaternionů. Specificky kapitola 3 je věnována využití kvaternionů při změně souřadnic v geodesii, kapitola 4 jejich využití při popisu sekundární protei- nové struktury a kapitola 5 při popisu racionálních pohybů, zejména pro řešení problému G^1 a G^2 Hermitovské interpolace. Konečně kapitola 6 je shrnutím celé práce.

Obecné hodnocení:

Celkový dojem z předložené práce je příznivý. Uspořádání, které autorka zvolila je velmi vhodné. Historickou část o vývoji kvaternionové algebry považuji za zdařilou. Rovněž část, která shrnuje nezbytné základní znalosti z dané tematiky, je sepsána přehledně. Je nepochybné, že autorka danému tématu rozumí a nenalezl jsem žádné závažné chyby či opomenutí.

Vlastní přínos autorky spočívá zejména ve třech uvedených aplikacích. Je třeba ocenit různorodost oblastí, ve kterých se jí podařilo duální kvaterniony aplikovat. Navíc uvádí řadu dalších problémů, na které by tento aparát bylo možno použít (elektromagnetismus, robotika, navigace, bioinformatika atd.). Celkově tedy autorka prokázala široký přehled o studované problematice a schopnost své znalosti tvůrčím způsobem aplikovat. Zdá se však, že uvedené aplikace jsou převážně výpočetně-algoritmické. Jen vyjíměčně se v práci objeví nějaký důkaz.

Na různých místech práce je možno pozorovat určitou nevyváženost ve výkladu. Jako příklad uvedme kapitolu 2. Všechny algebry v kapitole 2 by bylo vhodnější definovat a popisovat jednotným způsobem. V předložené verzi je každá z nich popsána poněkud jinak (někdy částečně literární stylem). Například definice 2.33 pro sčítání duálních kvaternionů působí zbytečně v kontextu předchozího výkladu. Práce má dobrou grafickou i formální úpravu. Na druhou stranu si tróufnu tvrdit, že užitá odborná angličtina vykazuje řadu nedostatků. Volba určitého a neurčitého členu případně jeho vynechání působí dosti náhodně. Narazíme na občasné gramatické chyby v předepsaném slovosledu (viz např. Def. 2.26) a dále na poněkud kostrbaté formulace a užití doslova přeložených polomatematických obrátů z češtiny (např. „according to“ namísto „with respect to“ a podobně). Přes tyto výtky je dlužno uznat, že je autorčina angličtina srozumitelná a je vždy jasné, co se snaží vyjádřit.

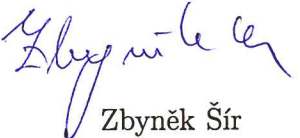
Konkrétní připomínky a náměty pro diskuzi během doktorské zkoušky:

- Proč jsou v definici 2.1 uvedena právě pravidla pro ij , ji ? Jsou opravdu potřeba? Jsou z nich ostatní součiny odvoditelné? Jaká je formálně opravdu přesná definice algebry kvaternionů?
- Jaká je geometrická motivace pro užití tvaru (2.30) pro duální úhel a jak to souvisí s duálními vektory?
- Jak je definována odmocnina ve formuli (2.41). Je pro duální čísla definována jednoznačně?
- Jsou správně všechny indexy ve formulích (5.22) a (5.23)?
- Jak se v reprezentaci s pomocí duálních kvaternionů rozpozná pohyb podél křivky? Bylo by možné využít duální kvaterniony k popisu repérů s minimální rotací? (rotation minimizing frame)

Hodnocení a doporučení:

Předložená práce vykazuje určité slabiny, ale obsahuje několik originálních vědeckých výsledků, které byly úspěšně publikovány. Celkově tedy vytčené cíle práce byly splněny. Proto jsem přesvědčen, že autorka splnila všechny požadavky na práci disertační a doporučuji ji k obhajobě.

V Praze, 13. 11. 2017


Zbyněk Šír

OPONENTSKÝ POSUDOK DIZERTAČNEJ PRÁCE

APPLICATION OF DUAL QUATERNIONS ON SELECTED PROBLEMS

Mgr. Jitka Prošková

Dizertačná práca, ktorú predložila Mgr. Jitka Prošková, je venovaná sumarizácii poznatkov o elegantnom matematickom aparáte – Cliffordova kvaterniónová algebra a teória duálnych kvaterniónov, s následným skúmaním možností ich praktického využitia na riešenie aplikačných úloh z rôznych vedných oblastí. Hlavnou témou práce je hľadanie vhodnej optimalizácie riešenia vybraného problému pomocou zavedenia duálnych kvaterniónov namiesto štandardne používaných techník riešenia využívajúcich klasickú teóriu kvaterniónov. Klasické metódy často vedú k zložitejším výpočtom, rôznym singularitám a menej presným výsledkom.

Práca je členená do šiestich kapitol vrátane úvodu a záveru, a obsahuje bohatý zoznam použitej literatúry a zoznam publikácií autorky. Rozsah práce je primeraný.

Význam predloženej práce spočíva najmä v sumarizácii doteraz získaných poznatkov a následnom porovnaní výhod a nevýhod teórie kvaterniónov a duálnych kvaterniónov. Ďalším dôležitým aspektom je poukázanie na zjednodušenie symbolických zápisov a možnosti celostného prístupu k riešeniu konkrétnych úloh vedúcich na matematické modelovanie transformácií priestoru, ako všeobecného pohybu objektov v priestore. Uvedené príklady využitia aparátu duálnych kvaterniónov v oblasti geodézie, štrukturálnej biológie a geometrického modelovania sú nesporne obohatením nielen aplikovanej matematiky, ale aj týchto disciplín. Poukazujú na možnosti minimálnej globálnej nesingulárnej parametrickej reprezentácie súvislého pohybu hmotného bodu v priestore, či zjednodušenie a zefektívnenie niektorých algoritmov geometrického modelovania, ako napr. skinning. Autorka upozorňuje tiež na nevyužitú možnosť aplikácie algebry duálnych kvaterniónov v rôznych vedných oblastiach, ktoré by viedli k zjednodušeniu symbolických zápisov, ako napr. v elektromagnetizme zápis Maxwellových rovníc do jednej rovnice, alebo k presnejšiemu výsledku, napr. v navigácii, v robotike, bioinformatike, a i. Takéto upozornenie na existenciu a sprístupnenie základných pravidiel pomerne opomínaného symbolického aparátu duálnych kvaterniónov je samo osebe prínosom v oblasti aplikovanej matematiky.

Autorka zvolila vhodný postup riešenia pri spracovaní témy svojej dizertačnej práce, kde najprv načrtla kontinuálny vývoj poznatkov v danej oblasti a zosumarizovala doterajšie teoretické poznatky, ktoré následne aplikovala na riešenie vybraných úloh z niektorých zaujímavých aplikácií v iných vedných disciplínach. Uviedla tiež výhody využitia duálnych kvaterniónov oproti štandardným používaným metódam, čím bol stanovaný cieľ predloženej práce splnený.

Na práci si cením najmä prezentovaný historický prehľad o vývoji algebry kvaterniónov, taktiež súhrn poznatkov z teórie duálnych kvaterniónov, ktorý je metodicky dobre postavený na klasickej kvaterniónovej algebre. Doktorandka tým potvrdila svoje schopnosti samostatnej vedeckej práce, schopnosť naštudovať nové poznatky a systematicky prehľadne ich spracovať, sledovať aktuálny vývoj v danej oblasti a všetky poznatky využiť pri riešení problémov v rôznych iných oblastiach a aplikáciách, čo si vyžaduje istú odbornú erudíciu aj z iných vedných disciplín. Výsledky svojho bádania tiež dostatočne početne publikovala v zborníkoch domácich aj zahraničných konferencií a v renomovaných odborných a vedeckých časopisoch.

Práca je napísaná v anglickom jazyku, kultivovaným štýlom, bez gramatických chýb a štylisticky na primeranej úrovni. Neobsahuje žiadne závažné odborné chyby ani terminologické nedostatky.

Autorke by som napokon mierne vytkla stutočnosť, že v práci neuviedla aspoň jednu aplikáciu využitia duálnych kvaterniónov v niektorej z aktuálne dominantných oblastí, v ktorých uvedenie formalizmu kvaterniónovej algebry predstavuje dominantnú súčasť súčasného smerovania výskumu. Napr. pri štúdiu mechanických sústav a návrhu robotických manipulátorov, resp. v kinematike pri klasifikácii trajektórie súvislého pohybu v priestore a pri dôkaze jednoznačnosti existencie racionálneho pohybu minimálneho stupňa s danou racionálnou trajektóriou pomocou matematického modelu vytvoreného na báze duálnych kvaterniónov. Zaujímavá by bola tiež aplikácia v medicínskej diagnostike, na segmentáciu objektov z ultrazvukového obrazu vytvoreného ultrasonograficky. Potešujúce je, že autorka sa stručne zmienila a citovala niektoré aktuálne publikované najnovšie výsledky v týchto oblastiach.

Odporúčam autorke pri obhajobe práce spomenúť aj isté nevyhnutné nevýhody vyplývajúce z pojmovej zložitosti použitého aparátu, vyjadriť sa k možným úskaliam výpočtov a vysvetliť isté nejasnosti, ku ktorým môže viesť použitie duálnych kvaterniónov v matematických modeloch rôznych aplikačných problémov, ako sú napr. náročnosť implementácie, výpočtová zložitosť, chyby výpočtu spôsobené použitím numerických metód riešenia nelineárneho systému rovníc, nejednoznačnosť pri výbere vlastných čísel a vlastných vektorov, a pod.

Záverom chcem jednoznačne vyjadriť, že predloženú dizertačnú prácu, ktorú vypracovala doktorandka Mgr. Jitka Prošková, považujem za prínosnú a spĺňajúcu všetky požiadavky štandardne kladené na dizertačné práce, a preto túto prácu odporúčam na obhajobu.

V Bratislave, dňa 4. 10. 2017



doc. RNDr. Daniela Velichová, CSc.
Ústav matematiky a fyziky, SjF STU v Bratislave
Nám. slobody 17, 812 31 Bratislava, SR
daniela.velichova@stuba.sk