Posudok na habilitačnú prácu

Martin Plešinger: Maticové a tenzorové výpočty. Analýza a aplikace

Aktuálnosť témy, obsah a štruktúra práce

Predložená habilitačná práca je rozdelená do štyroch samostatných kapitol, ktoré korešpondujú s odbornými záujmami uchádzača. Každá kapitola obsahuje matematickú formuláciu problému, stručné zhrnutie histórie riešenia problému, vlastný prínos uchádzača a výhľad do budúcnosti. Prvá kapitola je venovaná úplnému problému najmenších štvorcov („Total Least Squares Problem“, TLS), jeho klasifikácii a riešeniu vo formulácii tzv. „core“ problému (redukcia na „jadro“ problému). V druhej kapitole sa uchádzač zaoberá regularizačnými metódami pre tzv. nekorektne postavené úlohy („ill-posed problems“), ktoré sa vyskytujú napr. pri spracovaní zašumených digitálnych údajov (číslicová filtrácia obrazov, odhad úrovne šumu a pod.). Tretia kapitola pojednáva o tenzorových výpočtoch vrátane základných operácií medzi tenzormi, avšak hlavný dôraz je kladený na rôzne formy rozkladu tenzorov. Štvrtá kapitola je stručným úvodom do krylovovských metód s dôrazom na súvislosť Golubovej – Kahanovej bidiagonalizácie, Lanczosovej tridiagonalizácie a „core“ problému. Po stručnom závere nasleduje podrobný prehľad odbornej literatúry a ako príloha súbor publikovaných článkov vo vysoko renomovaných časopisoch spolu s doložiteľnými, veľmi kvalitnými citáciami prevažne triedy WOK („Web of Knowledge“). Štyri články sú venované problematike TLS a po jednom článku je názorne ilustrovaný vlastný prínos uchádzača k problematike ďalších troch kapitol.

Všetky témy, ktoré sú zahrnuté do habilitačnej práce, sú aktuálne a sú v strede záujmu numerických matematikov z významných svetových univerzít a výskumných pracovísk. I keď sa na prvý pohľad môže zdať, že spomínané štyri kapitoly navzájom nesúvisia, opak je pravdou. Napr. Golubova-Kahanova bidiagonalizácia je alternatívna cesta, ktorou možno dospieť k formulácii „core“ problému v úlohách TLS; tou prvou je rozklad príslušných matíc na singulárne čísla a vektory. Takýchto súvislostí je viac a ukazujú, že uchádzač má nielen solídne vedomosti zo spomenutých štyroch oblastí, ale že vidí aj veľmi hlboké súvislosti medzi nimi, čo je nepochybne známkou zrelej a tvorivej osobnosti.

Spôsob spracovania a dokumentovania výsledkov

Habilitačná práca je napísaná veľmi prehľadne, bez formálnych chýb a s výbornou, do detailov premyslenou grafickou úpravou. Matematická argumentácia je presná, tvrdenia sú uvedené síce bez dôkazov, ale s presnými citáciami prác, kde možno nájsť všetky potrebné detaily. Vysoko treba oceniť jasne sformulovaný vlastný vedecký prínos uchádzača ku každej diskutovanej problematike, ako aj jeho výhľad do budúcnosti, ktorý často obsahuje zmienku o pripravovanom rukopise nového článku s novými poznatkami v danej oblasti. Po formálnej stránke spĺňa predložená práca všetky požiadavky kladené na vedeckú prácu.

Doložené publikované články sú publikované najčastejšie tímom 2 – 3 autorov, pričom uchádzač uvádza, že všetci spoluautori pracovali na publikáciách rovnakým dielom.

Vlastný prínos uchádzača v habilitačnej práci

Vlastný prínos uchádzača sa dá zhrnúť do nasledujúcich bodov:

1. Úplná klasifikácia TLS problémov s viacerými pravými stranami z hľadiska existencie a jednoznačnosti TLS riešenia.
2. Zavedenie tzv. „core" problému pre TLS úlohy s viacerými pravými stranami a odvodenie základných vlastností „core" problému. Redukcia TLS úlohy na „core" problém je možná buď použitím rozkladov príslušných matíc na singulárne čísla a vektory (SVD rozklad) alebo algoritmom pásového zovšeobecnenia Golubovej – Kahanovej bidiagonalizácie.
3. Nájdenie súvislosti medzi klasickou Golubovou–Kahanovou bidiagonalizáciou a úrovňou šumu resp. jeho šírením v nekorektne postavených úlohách z oblasti spracovania číslicových signálov a obrazov.
4. Algoritmus na riešenie Ljapunovových maticových rovníc s parametrom pomocou metódy konjugovaných gradientov (CG) s predpodmienením v tenzorovej formulácii.
5. Podrobná analýza vlastností (najmä spektrálnych) tzv. klinových matíc, ktoré vznikajú pri redukcii TLS úlohy s viacerými pravými stranami na „core" problém pomocou pásového zovšeobecnenia Golubovej–Kahanovej bidiagonalizácie.

Pripomienky a otázky

Habilitačná práca veľmi dobre dokumentuje vlastný prínos uchádzača v štyroch vyššie spomenutých oblastiach numerickej matematiky, ktoré však navzájom úzko súvisia. Po formálnej stránke nemám k práci žiadne pripomienky.

Z hľadiska výhľadu do budúcnosti mám nasledujúce otázky:

1. Problematika „core" problému pre lineárne aproximačné úlohy, ktoré pracujú s tenzormi rádu *k* (spomínaný rukopis [70]): Aký je súčasný stav riešenia tejto problematiky? Je „core" problém v rámci úlohy TLS jednoznačne a úplne charakterizovaný Tuckerovým jadrom a Tuckerovým rozkladom?
2. Regularizačné metódy, spomínaný rukopis [60]: Ako sa šíri šum v reziduách iteračnej metódy LSQR? V čom je táto analýza porovnateľná s analýzou iteračnej Golubovej-Kahanovej bidiagonalizácie v článku BIT 2000, a v čom je naopak odlišná?

Záver

Po zohľadnení vyššie uvedených skutočností **odporúčam** predloženú habilitačnú prácu Ing. Martina Plešingera, PhD., na obhajobu vo vedeckom odbore „Aplikovaná matematika".

Gabriel Okša

Bratislava, 21.11.2017

Doc. Ing. Gabriel Okša, CSc.
Matematický ústav SAV