Posudek práce

předložené na Matematicko-fyzikální fakultě
Univerzity Karlovy

❑ posudek vedoucího ☑ posudek oponenta
❑ bakalářské práce ☑ diplomové práce

Autor: Bc. Michal Ciesla
Název práce: Properties and evolution of an average solar pore
Studijní program a obor: Astronomy and Astrophysics
Rok odevzdání: 2026

Jméno a tituly oponenta: RNDr. David Korda, Ph.D.
Pracoviště: Astronomický ústav AV ČR
Kontaktní e-mail: david.korda@asu.cas.cz

Odborná úroveň práce:
❑ vynikající ☑ velmi dobrá ❑ průměrná ❑ podprůměrná ❑ nevyhovující

Věcné chyby:
☑ téměř žádné ❑ vzhledem k rozsahu přiměřený počet ❑ méně podstatné četné ❑ závažné

Výsledky:
☑ originální ❑ původní i převzaté ❑ netriviální kompilace ❑ citované z literatury ❑ opsané

Rozsah práce:
❑ veliký ☑ standardní ❑ dostatečný ❑ nedostatečný

Grafická, jazyková a formální úroveň:
☑ vynikající ❑ velmi dobrá ❑ průměrná ❑ podprůměrná ❑ nevyhovující

Tiskové chyby:
☑ téměř žádné ❑ vzhledem k rozsahu a tématu přiměřený počet ❑ četné

Celková úroveň práce:
❑ vynikající ☑ velmi dobrá ❑ průměrná ❑ podprůměrná ❑ nevyhovující

Slovní vyjádření, komentáře a připomínky oponenta:

1. Aktuálnost a náročnost tématu

Předložená diplomová práce se věnuje statistickému studiu vlastností a časového vývoje slunečních pór z pozorovacích dat. Sluneční póry jsou struktury bez vyvinuté penumbry o velikosti několika megametrů a životnosti v řádu hodin. Autor k jejich studiu přistupuje s využitím ergodického teorému: aplikací průměrování souboru nad nezávislými realizacemi téhož fyzikálního jevu potlačuje náhodný šum sluneční granulace a odkrývá dlouhodobé chování studovaných struktur. Téma je vysoce aktuální, neboť mnoho základních otázek o slunečních pórech a jejich magnetické struktuře zůstává otevřených.

2. Softwarová realizace a metodika zpracování dat

Jádrem práce je vývoj robustní konzolové aplikace AverageSolarPore v jazyce C#, která zajišťuje celou komplexní datovou pipeline — od automatického stažení dat přes aplikaci fyzikálních korekcí až po sledování pór a finální statistické vyhodnocení.

Navzdory omezenému času se autor rozhodl vybudovat celý tento systém v C# prakticky „na zelené louce“, neboť chybí specializované knihovny. Z pohledu softwarového inženýrství je to úctyhodný výkon. Z pohledu efektivity vědecké práce to však autora donutilo znovu implementovat algoritmy a postupy, které jsou v komunitě slunečních fyziků standardně dostupné například v Pythonu (který autor dle svých vlastních slov nemá v oblibě) nebo v rámci dřívějších prací (např. Švanda et al. 2025). Mnohé kroky mohly být realizovány řádově rychleji s využitím existujících knihoven a ušetřený čas mohl být věnován hlubší analýze a interpretaci výsledků.

Na druhou stranu je třeba vysoce ocenit, že díky tomuto přístupu se autor prokazatelně ponořil mnohem hlouběji do technických detailů samotných algoritmů. Mnohé matematické a korekční vztahy si musel sám detailně spočítat a odvodit, což svědčí o jeho samostatnosti a pochopení vnitřního fungování procesů zpracování dat.

3. Formální úroveň a struktura textu

Práce je sepsána v anglickém jazyce na velmi dobré jazykové úrovni a s kvalitním grafickým doprovodem. Struktura textu však přímo odráží autorův přístup. Velká část práce je formulována spíše ve stylu detailní dokumentace zdrojového kódu a softwarové architektury než jako převážně fyzikální studie. Čtenář je podrobně seznamován s jednotlivými procedurami, někdy až do detailu implicitních hodnot nastavení, což sice dokládá autorovu softwarovou zručnost, ale poněkud to zastiňuje samotný vědecký záměr práce, kterým měl být primárně výzkum slunečních pór.

4. Hlavní vědecké výsledky a jejich diskuse

I přes dominantní softwarovou složku práce přináší velmi zajímavé fyzikální výsledky:
1) Statistické prokázání bipolární povahy pór (detekce difuzní opačné polarity vzdalující se rychlostí 64 m/s).
2) Detekce stabilního nenulového magnetického pozadí (~10 G) stejné polarity v okolí póry.
3) Potvrzení systémového proudění plazmatu (sestupné proudy v póře a horizontální výtok v okolí detekovaný helioseismicky).

Je však patrné, že kvůli množství času strávenému vývojem kódu již autorovi nezbylo dostatek prostoru na hlubší interpretaci a detailnější dopracování těchto výsledků. Prezentované fyzikální závěry jsou často pouze konstatovány nebo stručně srovnány s vybranými modely, ale zasloužily

by si podstatně hlubší analýzu a diskusi. Tyto rozbory budou bezpochyby součástí případné budoucí publikace těchto výsledků. V této souvislosti působí poněkud nepatřičně některá zjednodušující tvrzení v textu — například autorovo konstatování v části 6.3.6, že pouhým vizuálním zhodnocením ostrosti hran obrazu průměrné póry a bez další analýzy potvrdil rozměrovou invarianci pór.

5. Závěr

Práce Michala Ciesly má mírně nevyvážený poměr mezi softwarovým vývojem a samotnou fyzikální interpretací, což je však vyváženo faktem, že autor vybudoval kompletní a funkční infrastrukturu pro zpracování dat zcela samostatně. Z hlediska objemu a kvality odvedené práce text i vyvinutý software vysoce překračují standardní nároky kladené na diplomové práce. Práce jednoznačně prokazuje schopnosti autora v oblasti aplikované informatiky i jeho vhled do fyziky sluneční fotosféry.

Práci doporučuji k obhajobě a navrhuji hodnocení výborně (případně velmi dobře v závislosti na průběhu obhajoby a schopnosti autora reagovat na položené fyzikální a metodické dotazy).

Případné otázky při obhajobě a náměty do diskuze:

1) Co Vás vedlo k rozhodnutí vyvíjet celou pipeline v jazyce C# od nuly, namísto využití dostupných knihoven v Pythonu, které by Vám ušetřily významné množství času? Pokud byste práci dělal znovu, zvolil byste stejnou cestu?

2) U manuálního výběru pór uvádíte kritérium, že poloha musí být „dostatečně daleko od okraje disku“. Odpovídá toto vymezení konkrétní hodnotě heliocentrického úhlu, nebo šlo o čistě subjektivní vizuální posouzení? Jaký vliv má geometrická projekce na samotné skládání pór přes sebe?

3) Jakým způsobem jste definoval a hledal okamžik maximální velikosti póry? Je tato hodnota dobře definovaná i pro zašuměná data?

4) V sekci 6.3.4 diskutujete nález stabilního magnetického pozadí (~10 G) stejné polarity v širším okolí průměrné póry. Nemůže se jednat pouze o systematickou chybu při výpočtu vektoru magnetického pole? Při výpočtu vertikální složky pole mimo střed disku je nutné vyřešit nejednoznačnost orientace vektoru ve slabých polích. Některé metody mohou vytvářet oblasti konstantní korekce. Náhodná složka pole mimo póru se při průměrování vyhladí a zbyde přibližně konstantní hodnota, například +10 G. Zkoušel jste průměrovat náhodné oblasti klidného Slunce blízko středu disku zvlášť pro kladnou a zápornou polorovinu, abyste tento vliv vyloučil?

5) Vzhledem k tomu, že pouze 7,8 % aktivních oblastí ve zkoumaném období bylo klasifikováno jako izolované póry a manuální filtrace tento počet zredukovala na pouhých 13 (respektive 11) použitelných případů: jaké strategie byste navrhl pro zvýšení velikosti vzorku v budoucí práci? Pomohla by například přímá automatická detekce pór a skvrn z primárních pozorování namísto spoléhání se na pravděpodobně nekompletní katalogy NOAA?

6) Časová normalizace úspěšně zarovnává fázi vzniku a růstu. Samotný rozpad je však v textu popsán jako odlišný u každé z pór. Jak je možné, že klesající fáze výsledné průměrné póry na obrázku 6.1 je tak hladká, pokud je tato fáze natolik individuální? Při malém vzorku pouhých 13

kusů by i jediná výrazně odlišná póra mohla křivku zásadně narušit. Jak moc se liší jednotlivé realizace vývoje plochy a hodnoty maximálního toku?

7) Pro výpočet cestovních časů helioseismických vln uvádíte volbu šestihodinových průměrů. Jakým způsobem bylo toto průměrování realizováno? Jednalo se o nezávislé, navazující šestihodinové úseky, nebo o klouzavý průměr s jemnějším časovým krokem?

Práci
☑ doporučuji
❑ nedoporučuji
uznat jako diplomovou.

Navrhuji hodnocení stupněm:
☑ výborně ❑ velmi dobře ❑ dobře ❑ neprospěl

Místo, datum a podpis oponenta: Ondřejov, 21. 05. 2026, _____