Recenzja rozprawy doktorskiej pt. „Monitoring nieregularności jonosferycznych w oparciu o obserwacje astrofizyczne systemem LOFAR."
Autor rozprawy: mgr inż. Paweł Flisek

Tematem pracy są obserwacje zaburzeń astrofizycznych sygnałów radiowych o niskich częstościach przez ziemską jonosferę. Autor informuje nas, że warto monitorować jonosferę i rozwijać wiedzę o niej, ponieważ wpływa ona na dokładność pozycjonowania satelitarnego oraz jakość obserwacji pulsarów na niskich częstościach. Innym celem było sprawdzenie czy LOFAR z sukcesem uzupełnia istniejące obserwacje jonosferyczne oparte na sygnałach statelitarnych.

Praca ma formę klasycznej rozprawy: zawiera pięć rozdziałów, załącznik, listę akronimów, bibliografię oraz streszczenia w języku polskim i angielskim. Praca rozpoczyna się bardzo elementarnym wprowadzeniem do fizyki fal radiowych, a następnie mamy zwięzły opis jonosfery i technik jej monitorowania. W czwartym rozdziale opisano lofarowe obserwacje niejednorodności jonosferycznych, które porównano z danymi z sieci nawigacji satelitarnej. W piątym rozdziale zanalizowano modulacje promieniowania pulsarów.

Praca doktorska jest chwalebnym przykładem zastosowania stacji teleskopu LOFAR w badaniach naukowych. Instrument ten umożliwił obserwacje jonosfery z nieosiągalną wcześniej rozdzielczością kątową i widmową. Praca doktoranta umożliwiła lepszy wgląd w scyntylacje i porównanie ich z danymi nawigacji na wyższych częstotliwościach. Praca dowodzi programistycznej sprawności doktoranta i jest krokiem w kierunku połączenia jonosferycznych pomiarów LOFARA i GNSS. Kandydat opublikował na ten temat pracę w „Journal of Space Weather and Space Climate".

Autor zastosował właściwe metody badawcze, stosowne do ograniczeń nakładanych przez fizykę plazmy i możliwości instrumentu badawczego. Uwzględnił szereg obserwabli, takich jak indeks scyntylacji, indeks gęstości elektronów, względne prędkości plazmy obliczone z krzywizy łuków w widmach drugiego rzędu. Porównał uzyskane dane z podobnymi na wyższych częstotliwościach, i wysnuł wnioski na temat skali nieregularności na różnych szerokościach geograficznych i pozycjach względem owalu zorzowego.

Tym niemniej podjęte działania nie przekładają się chyba bezpośrednio na poprawę satelitarnej nawigacji. Co prawda autor w podsumowaniu dwukrotnie wspomina o uzyskaniu „cennych informacji", jednak słabo uwypukla powody, dla których uważa je za cenne. Podobnie jest z obserwacjami pulsarów - nie widać w jaki bezpośredni sposób przeprowadzone obserwacje jonosfery miałyby się przełożyć na poprawę obserwacji pulsarów, które są już skutecznie obserwowane Lofarem od ponad dekady (np. Noutsos et al. 2015).

Praca jest dość lakoniczna w części interpretacyjnej: przywoływana jest skala Fresnela oraz niestabilność Perkinsa - terminy takie warto by wyjaśnić w pierwszym rozdziale - zamiast tego skupia się on na szkolnym opisie fal. Skąd się wziął wzór 4.7? (Ani wyprowadzenia ani referencji.) Co reprezentują x i y we wzorze 4.8?

Na rys. 1.4 refrakcja jest skontrastowana z odbiciem, ale rozpraszanie na rys. 1.6 jest „rozwinięciem refrakcji". Dlaczego nie rozwinięciem odbicia?

Odmienianie łacińskich nazw własnych bez wcześniejszego spolszczenia razi uszy i rani serce czytelnika (np. str. 20: „scyntylacji Cassiopei A", str. 39: „Cassiopeję

A"). Można było użyć reguł obowiązujących np. w biologii. Zniesmaczają określenia „zdetrendowane" i „symultaniczne".

Praca zawiera zbyt liczne błędy i literówki, jakby była pisana w pośpiechu: „Pulsary są gwiazdami neuronowymi", „do zderzania się z cząsteczkami naturalnymi", „ta sama gęstość elektronów powoduje różne opróżnienie dla różnych częstotliwości", „interwał czasowy t1 a t2" „plikiem tekstowym zwierającym wartości", „przestawia rysunek".

Autor często unika nazywania przedstawianych wielkości wprost, na przykład na str. 32: „gdzie p i phi są kolejno obserwacjami kodowymi i fazowymi...", Czy p i ϕ to wspomniane nad równaniem 3.1 pseudoodległości? Podobnie na str. 39: „Rysunek 4.1 przedstawia obserwacje wykonane...", a w podpisie „Obserwacje scyntylacyjne zarejestrowane". Znowu „obserwacje" zamiast podania jaka wielkość fizyczna jest zilustrowana.

Na str 43: „w stosunku do linii kierunku (...) line of sight" Czy jest jakiś powód, dla którego uniknięto tutaj zwrotu „linii widzenia"? A gdzie indziej (str. 55) używa się „linii widoku". Ale już na str. 58 - są „linie widzenia".

Str. 52: Co to jest „jednominutowa epoka"?

Str. 53: „Większe względne do linii widoku prędkości nieregularności powodują zmniejszenie indeksu S4 (...), gdyż zbyt szybko poruszająca się nieregularność może nie powodować silnego rozpraszania widocznego na widmach S4." Dlaczego szybko poruszająca się „może nie powodować"?

Kartki nr 54 i 55 w moim egzemplarzu pracy są zamienione miejscami.

Str. 54: „Widma dopplerowskie nie wykazały podwójnych łuków, co sugeruje, że obserwowane są wolno poruszające się nieregularności mieszczące się wskali Fresnela." Przydałoby się bardziej szczegółowe wyjaśnienie o co chodzi (m. in. kiedy/dlaczego widujemy łuki pojedyncze, podwójne.)

Str. 55: podpis do rys. 4.19 „(a) na epokę i (b)." (nie rozumiem)

Str. 56: „a następnie wzrost indeksu S4 do poziomu 0.3." Bliżej chyba do 0.2, albo może 0.23, a i to tylko w dwóch wąskich pikach.

Str. 57: „(...) zauważono łuki w widmach (...) na okres, gdy linia widoku Cassiopei A weszła w zasięg owalu zorzowego 4.21"

Te łuki były widoczne podczas wchodzenia, czy po wejściu? (dziwny zwrot „na okres gdy weszła") Odniesienie do „4.21" bardzo niechlujne.

Str. 59: „aby możliwe było ich dokładne przeanalizowanie 4.24" Takich znienacka wtrąconych odniesień do rysunków jest w pracy sporo.

Str. 60: „Po godzinie 19:30 UT zaobserwować można prędkości znacznie większe".

A może nawet już po 18:45 - czy przerwa w danych w okolicy godziny 19:00 (rys. 4.25) oznacza brak danych czy brak łuków?

Str.66: „Skala nieregularnosci (...) jest bardziej precyzyjna do określenia" „Zgodnie z twierdzeniem" - z którym twierdzeniem? (z powyższym twierdzeniem, twierdzeniem Fresnela/Pitagorasa - o co chodzi w tym zdaniu?).

Generalnie praca zdradza pewnie niedoskonałości językowe, które utrudniają zrozumienie tekstu (czasami musiałem się zastanawiać, czy dane zdanie wynika z poprzedniego, czy rozpoczyna nową kwestię).

„w dobowym czasie rzeczywistym" - nie jestem pewien jak to rozumieć.

Str. 72: „oprócz korekty sygnału pulsara ze względu na ośrodki międzygwiazdowe", „Każda faza posiada długość czasową"
Dziwny język.

Str. 76.: „sama natura powstawania emisji radiowej w okolicach gwiazdy neutronowej powoduje fluktuacje sygnału w sensie niewielkich zmian strumienia (...)"
Albo wielkich zmian strumienia (włącznie z zanikiem).

Str. 78: Rys 5.7: „Widmo (...) zawierające łuk"
Gdzie ten łuk? (nie mogę go dojrzeć)

Str. 79: „Podobne fluktuacje sygnału zaobserwowane zostały również na innych pulsarach J1509+5531 i J1921+2153" Szkoda, że nie podano tradycyjnych nazw tych i innych pulsarów (na epokę 1950.0), skoro funkcjonują one od dekad. Raczej bym napisał, że zostały zaobserwowane „dla innych pulsarów", niż „na innych pulsarach".

Str. 91: Lista akronimów jest niealfabetyczna.

Str. 5: „Radioteleskop Lofar (...) w przeciwieństwie do innych, wcześniej budowanych instrumentów, zaprojektowany został do rejestracji sygnałów radiowych w zakresie częstotliwości od 10 MHz do 250 MHz. Ten fakt..." Który fakt - chodzi o szeroki zakres czy o niską częstotliwość?

Reasumując, praca doktorska ma podawać „oryginalne rozwiązanie problemu naukowego". Tutaj celem są „wspólne i komplementarne badania jonosfery z pomiarami GNSS". Jest to bardzo ogólne postawienie problemu, ale problem ten zaiste został rozwiązany. Pomocniczą hipotezą badawczą jest stwierdzenie, że „jonosfera wywiera zauważalny wpływ na obserwacje pulsarów w postaci scyntylacji sygnału". Hipoteza ta wygląda na dość skromną i czy nie jest przypadkiem oczywista? Wreszcie celem było też „dostarczenie niedostępnych wcześniej analiz niestabilności w strukturze plazmy i ich fizyki." Znów brakuje mi „żeby wykazać to i tamto". Tutaj jednak za sukces należy uznać uzyskanie nowego, szczegółowego obrazu scyntylacji w niskim zakresie widma elektromagnetycznego.

W pracy brakuje mi jasnego wskazania co już wiadomo o jonosferze, a czego nie wiadomo i gdzie w tym obrazie plasują się opisane badania. Innymi słowy: dlaczego prowadzone są takie badania - na jakie ciekawe pytania z fizyki jonosfery autor chce swoimi badaniami odpowiedzieć. Dobrze byłoby gdyby autor podczas obrony rozwiał moje obawy, że jest to trochę „sztuka dla sztuki".

Do powyższych wątpliwości należy dodać trochę powierzchowną formę pracy doktorskiej: sporo miejsca poświęca ona sprawom elementarnym, a niewystarczająco dużo - bardziej zaawansowanym zagadnieniom związanym z tematem (np. skoro kluczowa dla interpretacji jest skala Fresnela - to warto by szerzej opisać stosowne zjawisko, wskazać tę skalę i omówić jej rolę w późniejszych interpretacjach). Praca doktorska jest lakoniczna w warstwie interpretacji fizycznej. Jak wykazałem powyżej, edytorsko też pozostawia trochę do życzenia.

Można mieć pewne wątpliwości co do oryginalnego rozwiązania problemu naukowego - np. tworzenie oprogramowania „S4 pipeline" raczej wygląda na rozwiązanie problemu inżynieryjnego, podczas gdy wiele analiz danych wygląda raczej standardowo. Tym niemniej, za rozwiązanie takiego problemu można uznać samo uzyskanie nowego, lepszego wglądu w jonosferyczne scyntylacje.

Docenić również należy znaczny nakład pracy doktoranta, użycie stacji teleskopu

LOFAR w celach badawczych, rozwinięcie odpowiedniego oprogramowania, publikację w recenzowanym żurnale. Zaletą jest, że autor nie ograniczył się wyłącznie do stabilnych radioźródeł i przyjrzał się efektom jonosferycznym w pulsarach, oraz że w badaniach podjął się analizy różnych obserwabli (np. widm drugiego rzędu).

Uważam, że rozprawa spełnia wymogi określone w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (tekst jednolity: Dz.U.2024.1571 ze zm.).

Toruń, 31 marca 2025

Jarosław Dyks