

**WNIOSEK
o finansowanie projektu badawczego**

Tytuł projektu:

Badanie zjawisk astrofizycznych o krótkich skalach czasowych

6. Słowa kluczowe:

gwiazdy zmienne, błyski gamma, poświaty błysków gamma, błyski optyczne, teleskopy automatyczne, kamera CCD

7. Streszczenie projektu

(streszczenie może być upowszechnione przez Komitet po zakwalifikowaniu projektu do finansowania)

Tematem pracy doktorskiej, której przygotowaniem jest celem niniejszego projektu, jest badanie zjawisk astrofizycznych o krótkich skalach czasowych przy pomocy aparatury eksperymentu "Pi of the Sky", ze szczególnym uwzględnieniem poszukiwania optycznych odpowiedników błysków gamma. Apartura „Pi of the Sky” składająca się ze specjalnie skonstruowanych kamer CCD wyposażonych w obiektywy fotograficzne, umożliwi dokonywanie pomiarów fotometrycznych wielu tysięcy obiektów jednocześnie z częstością co 10s.

Przeprowadzona analiza oraz otrzymane wyniki zostaną spisane w formie rozprawy doktorskiej. Część wyników będzie prezentowana na konferencjach międzynarodowych i opublikowana w recenzowanym czasopiśmie.

D. OPIS PROJEKTU BADAWCZEGO, METODYKA BADAŃ ORAZ CHARAKTERYSTYKA OCZEKIWANYCH WYNIKÓW

1. Cel naukowy projektu - jaki problem wnioskodawca podejmuje się rozwiązać, co jest jego istotą, co uzasadnia podjęcie tego problemu w Polsce, jakie przesłanki skłaniają wnioskodawcę do podjęcia proponowanego tematu?

Celem projektu jest badanie zjawisk astrofizycznych o krótkich skalach czasowych przy pomocy aparatury "Pi of the Sky". Eksperyment ten został zaprojektowany w sposób umożliwiający wykonywanie pomiarów fotometrycznych z rozdzielczością czasową od 10 sekund do roku. Szczególna uwaga zostanie poświęcona poszukiwaniu optycznych odpowiedników błysków gamma.

Dzięki obserwowaniu dużego pola widzenia, przekrywającego się z polem widzenia satelity rejestrującego błyski gamma (m.in. Swift, Integral, HETE), możliwa jest obserwacja miejsca gdzie wydarzył się rozbłysk gamma przed, w trakcie i po detekcji promieni gamma. Wczesne obserwacje poświat optycznych błysków gamma mogą być kluczowe dla wyjaśnienia i zrozumienia mechanizmów ich powstawania [3].

Obserwowanie szerokiego pola widzenia umożliwia jednoczesne pomiary dużej liczby gwiazd i badanie innych szybkozmiennych zjawisk astrofizycznych, takich jak wybuchy gwiazd kataklizmicznych, np. rozbłyskowych. Przegląd nieba o niespotykanej dotąd rozdzielczości czasowej daje też nadzieję na odkrycie nowych zjawisk.

Prowadzenie badań przy użyciu małych automatycznych teleskopów może być kluczowe dla rozwiązania wielu zagadnień astrofizycznych. Nie wymaga to wielkich nakładów finansowych jak ma to miejsce w przypadku budowy dużych teleskopów czy innych urządzeń badawczych. Wyniki uzyskane przez eksperyment ASAS [1] skłaniają do dalszego rozwoju tego kierunku badań.

2. *Istniejący stan wiedzy w zakresie tematu badań -jaki oryginalny wkład wniesie rozwiązanie postawionego problemu do dorobku danej dyscypliny naukowej w świecie i w Polsce, czy w kraju i w świecie jest to problem nowy czy kontynuowany i w jakim zakresie weryfikuje utarte poglądy i dotychczasowy stan wiedzy?*

Tradycyjna astronomia obserwacyjna zajmuje się badaniem zmienności blasku obiektów o długich skalach czasowych, zaczynających się na poziomie godzin. W ostatnich latach rozwój technologii umożliwił znaczny postęp w tej dziedzinie i otworzył możliwości do badania zmienności blasku obiektów na poziomie sekund. Dotychczas badano w ten sposób tylko pojedyncze, znane już wcześniej skąd inąd obiekty. Aparatura eksperymentu "Pi of the Sky" umożliwiła równoczesne badanie zmian blasku wielu tysięcy gwiazd z rozdzielczością czasową od kilku sekund do roku. Możliwa będzie obserwacja szybkozmiennych gwiazd, gwiazd kataklizmicznych, rozbłyskowych, poszukiwanie poświat błysków gamma, a być może wykrycie nowej klasy zjawisk.

Szczególnie wiele wysiłku zostanie włożone w poszukiwanie poświat optycznych błysków gamma. Rozbłyski gamma są jedną z najbardziej interesujących zagadek współczesnej astrofizyki. Ze względu na absorpcję promieni gamma w ziemskiej atmosferze ich obserwacja jest możliwa tylko z satelitów. Od czasu ich odkrycia w 1967 roku wiele pytań dotyczących ich natury i pochodzenia znalazło odpowiedzi, między innymi przy wielkim udziale polskiego uczonego prof. Bohdana Paczyńskiego [2]. Jednak wciąż wiele z nich pozostaje bez odpowiedzi, w szczególności nie jest obecnie dokładnie wiadome co jest przyczyną ich powstawania, choć postawiono kilka wiarygodnych hipotez. Odkrycie optycznych poświat błysków gamma w 1997 roku było przełomowym dla badań tych błysków, gdyż pomiar widma optycznego umożliwił ustalenie odległości obiektów astronomicznych oraz przynosi wiele informacji o zachodzących tam procesach.

Obserwacje optyczne błysków gamma nie są sprawą prostą ze względu na to, że nigdy nie wiadomo kiedy i gdzie wydarzy się błysk. Duże teleskopy mają w tym przypadku bardzo utrudnione zadanie ponieważ informacja o błysku i jego pozycji jest przekazywana z satelitów z opóźnieniem, pozycja jest często na tyle niedokładna że uniemożliwia lokalizację źródła optycznego. Istotną poprawę sytuacji przyniósł tutaj setelita Swift specjalnie zaprojektowany do badania błysków gamma. Jednak nawet jego alerty przychodzą z typowym opóźnieniem 40-100s. Natomiast bardzo wczesna obserwacja optycznego odpowiednika może być kluczowa dla zrozumienia przyczyny ich powstawania i weryfikacji modeli [3].

Błyski gamma dzielą się na dwie klasy długie ($T > 1$ s) oraz krótkie ($T < 1$ s), tylko dla tych pierwszych udało się zaobserwować optyczne odpowiedniki. Aparatura "Pi of the Sky" dzięki dużemu polu widzenia i stworzeniu własnych narzędzi algorytmicznych do wykrywania błysków daje szansę na wczesną obserwację błysku optycznego, nawet przed detekcją promieni gamma. Być może uda się także zaobserwować optyczne odpowiedniki krótkich błysków gamma.

3. *Metodyka badań - co stanowi podstawę naukowego warsztatu wnioskodawcy i jak zamierza rozwiązać postawiony problem, na czym będzie polegać analiza i opracowanie wyników badań, jakie urządzenia (aparatura) zostaną wykorzystane w badaniach, czy wnioskodawca ma do nich bezpośredni dostęp i umiejętność obsługi?*

Realizacja niniejszego projektu jest możliwa dzięki aparaturze eksperymentu "Pi of the Sky" [4]. Prototypowy system składa się z dwóch kamer CCD o matrycy 2000×2000 pikseli, wyposażonych w obiektywy Carl Zeiss Planar T* o $f=50\text{mm}$, $f/d=1.4$. Kamery pokrywają pole widzenia $33^\circ \times 33^\circ$ i mogą być kierowane w dowolny punkt nieba. Aparatura ta została zainstalowana w Las Campanas Observatory w Chile i w ciągu roku pracy zebrała ponad 10^{10} pomiarów fotometrycznych. Ich analiza pod kątem wyszukiwania i badania zjawisk astrofizycznych o krótkich skalach czasowych będzie częścią pracy doktorskiej będącej przedmiotem wniosku.

Obecnie konstruowany jest pełny system „Pi of the Sky” składający się z 16 kamer o podobnych parametrach. Wyposażone będą w obiektywy Canon EF $f=85\text{mm}$, $f/d=1.0$, co zwiększy zasięg w stosunku do systemu prototypowego o ok. 1.5 magnitudo. Już pierwsze kilka miesięcy pracy przyniesie większą ilość danych niż przyniósł dotychczas system prototypowy. Ich analiza również będzie włączona do pracy doktorskiej mgr Sokołowskiego.

Mgr Sokołowski brał czynny udział w budowie detektora i tworzeniu systemu komputerowego do jego automatycznej kontroli, modułu do sterowania kamerami CCD przez interfejs USB2.0, a także odczytu danych z tych kamer do pamięci komputera i ich fizycznej analizy on-line i off-line. Oprogramowanie eksperymentu zostało napisane w C++ i działa pod kontrolą systemu operacyjnego Linux. Komunikacja między poszczególnymi modułami systemu została zrealizowana na bazie standardu CORBA [5]. Bazą danych która zostanie wykorzystana do skatalogowania danych eksperymentalnych będzie prawdopodobnie PostgreSQL [6], DB2 [7] lub ORACLE [8]. Programy do analizy fizycznej będą też wykorzystywać standardowy pakiet ROOT [8].

Algorytmy identyfikacji błysków zostaną wykorzystane do wykrycia na zdjęciach nieba błysków optycznych o pochodzeniu astrofizycznym, zostaną wyznaczone krzywe zmian blasku tych błysków i ich koincydencja przestrzenne i czasowa ze znanymi błyskami gamma i innego rodzaju źródłami promieniowania kosmicznego. Zdjęcia nieba zebrane w czasie obserwacji błysków gamma przez satelity będą przeanalizowane w celu wykrycia na nich poświat optycznych błysków gamma. Pomiaru fotometryczne wszystkich obserwowanych gwiazd zostaną skatalogowane do bazy danych. Specjalnie zaprojektowany algorytm dokona identyfikacji interesujących obiektów zmiennych na podstawie krzywych zmian blasku przechowywanych w bazie danych.

4. Co będzie wymiernym, udokumentowanym efektem podjętego problemu - zakładany sposób przekazu i upowszechnienia wyników (publikacje naukowe oraz referaty na konferencjach w kraju i zagranicą, monografie naukowe, rozprawy doktorskie, i habilitacyjne, nowe patenty i "know-how", nowe metody i urządzenia badawcze).

Uzyskane wyniki fizyczne będą przedstawione na odpowiednich konferencjach poświęconych fizyce i astronomii, m.in. na konferencji "The multi-messenger approach to high energy gamma-ray sources" w Barcelonie (lipiec 2006).

Opisana analiza powinna zakończyć się spisaniem rozprawy doktorskiej w języku angielskim oraz co najmniej jedną publikacją w renomowanym czasopiśmie fizycznym.

Bibliografia:

- [1] G. Pojmański, "The All Sky Automatic Survey", Acta Astronomica 50, p. 177, 2000
<http://www.astrouw.edu.pl/~gp/asas>
- [2] B. Paczyński, astro-ph/9505096
- [3] B. Paczyński, "Optical Flashes Preceding GRBs", astro-ph/0108522, 2001
- [4] A. Burd, K. Nawrocki, **M. Sokolowski**, G. Wrochna et al.
„Pi of the Sky - all-sky, real-time search for fast optical transients”
New Astronomy, Volume 10, Issue 5 (April 2005), pages 409-416.
- [5] CORBA, <http://www.mico.org/>
- [6] PostgreSQL, <http://www.postgresql.org/>
- [7] DB2, <http://www-306.ibm.com/software/data/db2/>
- [8] ORACLE, <http://www.oracle.com/index.html>
- [9] ROOT package, <http://root.cern.ch/>