

Abstract (in Polish)

Odkrycie supermasywnych czarnych dziur w centrach galaktyk jest jednym z najważniejszych odkryć w astronomii. W szczególności te układy, w których materia gromadzi się na czarnej dziurze lub odpływa – Aktywne Jądra Galaktyk (AGN) – służą jako laboratoria ekstremalnych warunków fizycznych dla procesów ewolucyjnych galaktyk macierzystych wokół czarnej dziury. Emisja kontinuum AGNów może się znacznie różnić w skalach czasowych od kilosekund do lat; badanie tej zmienności kontinuum może wyjaśnić charakterystyczne skale czasowe, które zapewniają wgląd w przepływ akrecji lub fizykę dżetów. Podobieństwa w szerokopasmowych właściwościach widmowych i czasowych między galaktykami Seyferta, a rentgenowskimi układami podwójnymi czarnych dziur (BHXRBS) sugerują, że obie klasy systemów mają podobne procesy akrecji, skalowane pod względem masy, jasności i skali czasowej. Jednak cykle pracy AGN są znacznie dłuższe w porównaniu z BHXRBS, a proces akrecji prawdopodobnie ma charakter epizodyczny. Obserwujemy niektóre galaktyki Seyferta, które przechodzą ekstremalne zmiany strumienia rentgenowskiego/optycznego i typu widma optycznego, napędzane silnymi zmianami akrecyjnymi. Obiekty te prawdopodobnie przechodzą zmianę między różnymi stanami akrecji. Obserwacje tych transjentów na różnych długościach fal umożliwiają badanie ich ewoluującej struktury przepływu akrecyjnego i zrozumienie ich przejściowego zachowania. Wciąż bez odpowiedzi pozostają pytania dotyczące akrecji zarówno w trwałym, jak i szybko ewoluującym AGNach, takie jak sposób, w jaki AGN wykazuje zmiany strukturalne w przepływie akrecji w funkcji parametrów systemu, jak szybka korona rentgenowska, dysk i obszar szerokich linii (BLR) może ewoluować w odpowiedzi na zmiany w globalnym przepływie akrecji, jaki jest typowy dla zakresu zmienności czasowej AGN, i czy supermasywne i masywne czarne dziury wykazują identyczne przepływy akrecji i mechanizmy zmienności. Przeprowadziłam badania, aby odnieść się do tych zagadnień w mojej pracy doktorskiej.

Pierwszym projektem w mojej pracy doktorskiej dotyczy badań detekcji sygnałów okresowych/quasi-okresowych (QPO) w krzywych blasku AGN zdominowanych przez czerwony szum przy użyciu wybranych narzędzi statystycznych (funkcja autokorelacji i minimalizacja dyspersji faz). Starania mające na celu zlokalizowanie sygnałów okresowych (ściśle lub quasi-okresowych) zarówno w galaktykach Seyferta, jak i blazarach obejmowały badania z wykorzystaniem krzywych blasku obejmujących widmo elektromagnetyczne. Jednak statystycznie solidne wykrywanie oscylacji ściśle lub quasi-okresowych (SPO lub QPO) pozostaje wyzwaniem ze względu na ograniczoną jakość danych. W szczególności trudne jest oddzielenie „wąskopasmowych” sygnałów SPO/QPO od „kontinuum” czerwonego szumu. Periodogram może być wykorzystany do identyfikacji sygnałów QPO. Jednak alternatywne metody statystyczne są generalnie stosowane do wykrywania sygnałów okresowych/QPO w AGNach w danych z rzadko rozmieszczonymi punktami, są to metody takie jak funkcja autokorelacji (ACF), minimalizacja dyspersji faz (PDM), analiza falkowa, dopasowanie sinusoidalne itp. Ogólnie rzecz biorąc, QPO stwierdzone w AGN przy użyciu tych alternatywnych metod nie są powtarzalne w dodatkowych obserwacjach i opierają się na niewłaściwym użyciu narzędzi statystycznych lub niewłaściwej kalibracji „prawdopodobieństwo fałszywego alarmu”. Biorąc pod uwagę dostęp społeczności do dużych baz danych monitorowania krzywych blasku za pomocą programów do monitorowania dużych obszarów, naszym celem

jest zapewnienie wskazówek osobom poszukującym QPO w dużej ilości danych i ulepszenie statystycznie znaczących & solidnych detekcji QPO. Przeprowadzamy symulacje Monte Carlo, aby empirycznie przetestować wykonalność wykrywania QPO w obecności czerwonego szumu. Symulujemy równomiernie próbkowane krzywe zmian blasku czystego czerwonego szumu, aby oszacować prawdopodobieństwo fałszywych alarmów; fałszywe alarmy w obu narzędziach mają tendencję do występowania w skalach czasowych dłuższych niż (z grubsza) jedna trzecia czasu trwania krzywej blasku. Symulujemy QPO zmieszane z czystym czerwonym szumem i określamy prawdziwą dodatnią czułość wykrywania; w obu narzędziach zależy to silnie od względnej siły QPO w stosunku do szumu czerwonego i od stromości nachylenia funkcji PSD szumu czerwonego. Odkryliśmy, że bardzo duże wartości szczytowej mocy QPO w stosunku do czerwonego szumu (zwykle $\sim 10^{4-5}$) są potrzebne do 99.7% wskaźnika prawdziwych dodatnich detekcji. Biorąc pod uwagę, że prawdziwe pozytywne wykrycia przy użyciu ACF lub PDM są na ogół rzadkie, dochodzimy do wniosku, że wyszukiwanie okresów oparte na ACF lub PDM należy traktować z najwyższą ostrożnością, gdy jakość danych nie jest dobra. Rozważamy wykonalność wykrywania QPO w kontekście bardzo nachylonych, okresowo samosoczewkujących układów podwójnych supermasywnych czarnych dziur.

Moja drugi projekt w tej pracy doktorskiej koncentruje się na AGNach przechodzących ekstremalne zmiany strumienia rentgenowskiego/optycznego i typu widma optycznego, napędzane przez silne zmiany akrecyjne. Badamy naturę rozbłysku kontinuum w galaktyce Seyferta dla różnych długości fali; przegląd rentgenowski całego nieba eROSITA wykazał, że jego strumień rentgenowski wzrósł o ~ 6 w ciągu sześciu miesięcy; jednoczesne optyczne monitorowanie fotometryczne z ATLAS wykazało jednoczesny wzrost o współczynnik 4. Uzupełniliśmy dane eROSITA i ATLAS, uruchamiając program monitorowania wielu długości fal (XMM-Newton, NICER; spektroskopia optyczna) w celu zbadania ewolucji dysku akrecyjnego, obszaru szerokich linii i korony rentgenowska. Podczas kampanii strumień promieniowania rentgenowskiego i optycznego w kontinuum opadł w ciągu \sim sześciu miesięcy. Nasza kampania obejmuje dwie obserwacje XMM-Newton, jedną wykonaną w pobliżu szczytu tego rozbłysku, a drugą, gdy rozbłysk zmniejszył jasność. Nadmiar miękkiego promieniowania rentgenowskiego z obu obserwacji XMM-Newton był podobny do prawa potęgowego (wyraźnie nietermiczny); korzystając z prostego prawa potęgowego, indeks fotonów zmienia się od stromej wartości $\Gamma \sim 2.7$ w szczycie rozbłysku do względnie płaskiej wartości $\Gamma \sim 2.2$ później. Z powodzeniem wymodelowaliśmy szerokopasmowy optyczny/UV/rentgenowski SED zarówno w czasie szczytu rozbłysku, jak i po rozbłysku, z modelami obejmującymi emisję dysku termicznego w zakresie optycznym/UV i komptonizację termiczną w miękkim promieniowaniu rentgenowskim. W kontekście modelu AGNSED tempo akrecji spada o ~ 2.8 , a promienie gorących i ciepłych regionów komptonizujących rosną od stanu rozbłysku do stanu po rozbłysku. Dodatkowo, z optycznych obserwacji spektralnych odkryliśmy, że szeroka linia emisyjna He II $\lambda 4686$ znacznie zanika wraz z zanikaniem kontinuum optycznego/UV/rentgenowskiego, a szeroki strumień linii He II podążał za ewolucją w kontinuum > 54 eV i jest zgodny z promieniem wewnętrznym BLR. Prawdopodobnym wyjaśnieniem rozbłysku jest to, że nagły, silny wzrost lokalnego tempa akrecji w tym źródle objawił się wzrostem emisji dysku akrecyjnego i termicznej emisji komptonowskiej w miękkim promieniowaniu rentgenowskim, po czym nastąpił spadek akrecji i komptonizowanej jasności.