

Znaczenie obserwacji prowadzonych przy użyciu bardzo małych i małych teleskopów

Tomasz A.J. Banyś^{1*}, Tomasz Kisiel²

¹ Katedra Prawa Rzymskiego, Wydział Prawa i Administracji, Uniwersytet Łódzki,
ul. Kopcińskiego 8/12, 90-232 Łódź

² Katedra Luminescencji i Biofotoniki, Instytut Fizyki, Wydział Matematyczno-Przyrodniczy,
Akademia Jana Długosza, Al. Armii Krajowej 13/15, 42-200 Częstochowa

* TBanys@wpia.uni.lodz.pl

Abstract

A wide network of small educational observatories, such as the Pope Silvester II's Astronomical Observatory in Bukowiec, Community Astronomical Observatory in Koszecin or observatories of the Astrobases project located in the Kuyavian-Pomeranian Voivodeship, could have much more significance than the public outreach and educational projects, or local scientific observations. Small telescopes are excellent instruments also for full-scale astronomical observations, while remaining an interesting alternative to bigger instruments due to being very cost-effective and they allow such stations to enter ongoing international collaborative projects. The authors propose their definition of a very small and small telescope and present a number of observational projects that utilise such instruments in order to show their possible applications in practice.

Streszczenie

Szeroka sieć małych obserwatoriów dydaktycznych, takich jak Obserwatorium Astronomiczne im. Papieża Sylwestra II w Bukowcu, Gminne Obserwatorium Astronomiczne w Koszęcinie czy funkcjonujące w województwie kujawsko-pomorskim Astrobazy, miałyby znaczenie daleko wykraczające poza popularyzację astronomii oraz projekty dydaktyczne i edukacyjne, a nawet obserwacyjne, funkcjonujące obecnie na szczeblu lokalnym. Małe teleskopy nadają się również doskonale do prowadzenia pełnowartościowych obserwacji astronomicznych, stanowiąc przy tym interesującą alternatywę dla większych instrumentów obserwacyjnych z uwagi na bardzo dobrą relację jakości do ceny oraz umożliwiają takim placówkom włączenie się do już funkcjonujących projektów na szczeblu międzynarodowym. Autorzy wysuwają propozycję definicji bardzo małych i małych teleskopów oraz przedstawiają przegląd

projektów obserwacyjnych wykorzystujących tego rodzaju instrumenty w celu wskazania możliwości ich praktycznego zastosowania.

Wstęp

Dwudziesty pierwszy wiek przyniósł z sobą znaczący wzrost udziału w astronomii programów badawczych wykorzystujących bardzo małe i małe teleskopy, a uzyskane przez nie wyniki wyraźnie wskazują na przydatność małych teleskopów, jako instrumentów badawczych w astronomii. Prekursorem w dziedzinie wykorzystania małych teleskopów (obiektywów) do uprawiania współczesnej astronomii byli J. E. Gaustad wraz z zespołem, którzy skutecznie wykorzystali do przeglądu nieba obiektyw od aparatu Canon o ogniskowej 52 mm [1], oraz R. Reynolds z zespołem, którzy prowadzili udane obserwacje spektrometryczne przy użyciu 60 cm teleskopu [2]. Od tego czasu znaleziono zastosowanie nawet dla wykorzystywanych głównie w fotografii artystycznej obiektywów typu rybie oko (8 mm) [3], a obiektywy o typowych dla fotografii parametrach (ogniskowa 80 mm, $f/1.9$) wykorzystywane są z powodzeniem do wykrywania planet [4]. Nic zatem dziwnego, że postuluje się coraz szersze wykorzystanie niewielkich instrumentów optycznych [5], zdaniem autorów słusznie.

Chcąc opisać obserwacje prowadzone przy użyciu bardzo małych i małych teleskopów należałoby pokusić się o próbę zdefiniowania pojęcia małego, jak i bardzo małego teleskopu. W literaturze przyjmuje się umownie, że małymi teleskopami są instrumenty o aperturze poniżej 2 m, choć wskazuje się na płynność tej definicji [6], autorzy zdecydowali się sprecyzować stosowane w nauce pojęcia.

W tym celu należy wskazać, co należałoby rozumieć pod pojęciem bardzo małych teleskopów. Mając praktycznie ciągłe spektrum możliwych do uzyskania w praktyce apertur trzeba zastanowić się, jakie czynniki ograniczają zdolność rozdzielczą. W praktyce jest ona ograniczona zarówno przez dyfrakcję fali światła na szczelinie będącej obiektywem, jak i parametr związany z atmosferą, tzw. seeing.

Opisując turbulencje atmosfery Fried wprowadził parametr r_0 pozwalający na, upraszczając, określenie skali minimalnego rozmiaru turbulencji. Dokonując przekształceń wynikających z rozważań nad modelem turbulencji Kołmogorowa można za Hardym wprowadzić jego ścisłą definicję:

$$r_0 = [0.425k^2 \sec \int C_n^2(z) dz]^{-3/5} \quad (1)$$

gdzie: $C_n^2(z)$ – stała struktury dla indeksu refrakcji,

$k = 2\pi/\lambda$ – liczbą falową,

ζ – kątem zenitalnym teleskopu.

Czynnik r_0 wyraża się w jednostkach długości i na ogół przyjmuje on wartość pomiędzy 5 cm a 20 cm dla idealnego seeingu.

Można zatem uznać ten przedział wielkości za graniczny dla bardzo małych teleskopów, ponieważ dla apertur poniżej rozmiaru r_0 głównym czynnikiem ograniczającym zdolność rozdzielczą będzie dyfrakcja, natomiast efekty turbulencji można pominać. W efekcie można zdefiniować górną granicę 20 cm, jako wartość największej apertury bardzo małych teleskopów.

Dla większych rozmiarów teleskopów efekt seeingu będzie zróżnicowany w zależności od apertury. Jeżeli wielkość apertury wynosić będzie niewiele ponad r_0 , to na linii widzenia teleskopu znajdzie się mała liczba komórek konwekcyjnych, czego efektem będzie drgający obraz gwiazdy.

Jeśli natomiast rozmiar teleskopu będzie wystarczający, by na jego linii patrzenia znalazła się statystycznie znacząca liczba komórek konwekcyjnych, efekt seeingu pochodzący od każdej z nich ulegnie uśrednieniu. Skutkować to będzie stabilnym obrazem gwiazdy, aczkolwiek w znaczącym stopniu rozmytym – tym bardziej, im mniej spokojna jest atmosfera. Można więc przyjąć co najmniej jeden więcej rząd wielkości dla skali apertury. W efekcie za wielkość graniczną uznalibyśmy $10r_0$ (2 m), powyżej której można by mówić o dużych teleskopach.

Zarówno bardzo małe, jak i małe teleskopy posiadają szereg cech, które czynią je z perspektywy osoby chcącej zajmować się naukowo astronomią przydatnymi instrumentami badawczymi. Podstawową zaletą obu grup jest szersze pole widzenia, które umożliwia szybkie dokonywanie przeglądu nieba, jak również zdecydowanie ułatwia mniej zorientowanym obserwatorom odnalezienie poszukiwanych obiektów na niebie. W tym zakresie wydaje się, że najmniejsze spośród bardzo małych teleskopów mogą konkurować z lornetkami, w szczególności z uwagi na możliwość zdecydowanie łatwiejszego, niż w wypadku tych drugich podłączenia instrumentu do toru wizyjnego, umożliwiającego rejestrację wyników badań. Jednakże bardzo małe teleskopy posiadają dodatkowo dwie zalety, jakimi są względna przenośność, umożliwiająca teoretycznie prowadzenie obserwacji przy ich pomocy poza terenem obserwatorium, a przede wszystkim stawiająca mniejsze wymagania co do zastosowanego w obserwatorium montażu, oraz zdecydowanie niższa cena, plasująca je w zasięgu budżetu zdecydowanej większości prywatnych obserwatoriów, klubów astronomicznych czy jednostkowych miłośników astronomii. Niewątpliwie ma znaczenie także ich dostępność; pełne spektrum gotowych modeli bardzo małych teleskopów znajduje się bowiem w ofercie każdego producenta sprzętu astronomicznego.

Jak każde jednak narzędzie, mniejsze teleskopy są bardziej przydatne przy jednych, a zdecydowanie mniej przy innych rodzajach projektów obserwacyjnych. Wśród możliwych pól ich zastosowania można wymienić obserwacje gwiazd zmiennych, obserwacje tranzytów, mikrosoczewkowanie, obserwacje fotometryczne, poszukiwanie supernowych, poszukiwanie asteroidów oraz komet, czy wreszcie obserwacje zakryciowe. Nadają się również doskonale, z racji wspomnianego wcześniej szerokiego pola widzenia, do obserwacji przeglądowych nieba. Jako ograniczoną należy natomiast ocenić ich przydatność w zakresie wykrywania rozbłysków gamma z racji znacznie mniejszej siły tych rozbłysków w widzialnej części spektrum. Z powodu konieczności prac adaptacyjnych raczej nie są wykorzystywane do obserwacji heliofizycznych, choć teoretycznie ich wykorzystanie byłoby, w ograniczonym

zakresie, możliwe. Nie nadają się natomiast do prowadzenia obserwacji spektrograficznych z uwagi na niewielką ilość zbieranego światła, której nie da się zapewnić metodą interferometryczną.

Bardzo małe teleskopy potwierdziły swoją przydatność w szczególności przy obserwacjach przeglądowych, takich jak monitorujące i katalogujące jaśniejsze gwiazdy zmienne projekty All Sky Automated Survey (ASAS), które były w pierw prowadzone przy pomocy 7 cm teleskopu, a następnie przy użyciu teleskopu 10 cm (ASAS-N) [5]. Ilość skatalogowanych w ten sposób gwiazd jest imponująca (wedle strony projektu w katalogu ASAS-3 ujęto ponad 15 mld krzywych zmian jasności) [7]. Instrumenty tej klasy nadają się również do poszukiwania planet pozasłonecznych metodą obserwacji tranzytów; B. Paczyński przytacza szereg zaobserwowanych tranzytów (TrES-1 [8], XO-1b [9], TrES-2 [10], HAT-P-1b [11], WASP-1b oraz WASP-2b [12]) przy pomocy teleskopów 10-centrymetrowych [5]; trzeba jednakowoż wskazać, że w wypadku poszukiwania planet pozasłonecznych konieczne jest potwierdzenie wyników obserwacji przy pomocy większego teleskopu.

Trzeba podkreślić, że oba wskazane rodzaje projektów nadają się z powodzeniem do przeprowadzenia przez małe obserwatoria astronomiczne, wyposażone w bardzo małe teleskopy, takie jak wskazane na wstępie Astrobazy. W szczególności celowe wydaje się łączenie obserwatoriów posiadających bardzo małe teleskopy w sieci naukowe, umożliwiające wymianę i weryfikację wyników obserwacji. W związku z powyższym, na etapie planowania i budowy tego rodzaju obiektów szczególny nacisk powinien zostać położony na zapewnienie odpowiedniej infrastruktury w tym zakresie, przede wszystkim w postaci odpowiednio szybkiego łącza internetowego oraz niezbędnego sprzętu sieciowego.

Małe teleskopy natomiast stwarzają szersze możliwości wykorzystania, co przekłada się na liczbę projektów je wykorzystujących. John Huchra wymienia tutaj takie projekty, jak Two Micron All-Sky Survey – 2MASS (2 x 1.3 m), ROTSE (0.45 m), KAIT (0.76 m), LOTIS (4 x 0.111 m), WHAM (0.6 m) oraz LINEAR (1 m) [6]. Zwłaszcza ten ostatni przyniósł spektakularne rezultaty, głównie w zakresie wykrywania asteroidów i komet – wykrywając do 15 września 2011 r. 231082 obiekty, w tym 2423 asteroidy i 279 komet [13]. Projektem wykorzystującym małe teleskopy jest też OGLE (początkowo 1 m [14], a następnie 1.3 m [15]). Z powodzeniem do prowadzenia obserwacji fotometrycznych i spektroskopicznych jest też używany 50 cm teleskop Carl Zeiss należący do Obserwatorium Astronomicznego UJ [16]. Należy też wspomnieć o ukraińskim projekcie UNIT (prowadząca różnego rodzaju obserwacje przeglądowe sieć oparta początkowo o dwa teleskopy: 0.2794 m i 0.3556 m, a następnie rozbudowana o kolejny teleskop 0.80 m) [17].

Wspólną cechą bardzo małych i małych teleskopów jest również możliwość wykorzystania ich we wstępnej części bardziej złożonych projektów obserwacyjnych, przede wszystkim do ustalenia listy obiektów, na które warto przeznaczyć ograniczony przydział czasu obserwacyjnego na większych teleskopach.

Zdaniem autorów, nic również nie stoi na przeszkodzie, by budować sieci obserwacyjne o charakterze modułowym, składające się z obu rodzajów teleskopów, co umożliwi wykorzystanie posiadanego przez małe obserwatoria sprzętu do prowadze-

nia jak największej liczby projektów obserwacyjnych. Poprzez zbudowanie lub przyłączenie do sieci obserwacyjnej, użytkownicy małych teleskopów mogą brać znaczący udział w krajowych i międzynarodowych astronomicznych projektach badawczych.

Literatura

- [1] J. E. Gaustad, P. R. McCullough, W. Rosing, D. Van Buren, *A Robotic Wide-Angle Ha Survey of the Southern Sky*, *The Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, t. 113, z. 789, s. 1326-1348 (2001).
- [2] R. J. Reynolds, S. L. Tufte, M. Haffner, K. Jaehnig, J. W. Percival, *The Wisconsin H-alpha Mapper (WHAM): A brief review of performance characteristics and early scientific results*, *Publications of the Astronomical Society of Australia*, t. 15, z. 1, s. 14-18 (1998).
- [3] L. Shamir, R. J. Nemiroff, *A seemingly optical transient recorded by all-sky cameras* [w:] *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, t. 118, z. 846 (2006), s. 1180-1185.
- [4] T. G. Beatty, J. Pepper, R. J. Siverd, J. D. Eastman, A. Bieryla, D. W. Latham, L. A. Buchhave, E. L.N. Jensen, M. Manner, K. G. Stassun, B. Scott Gaudi, P. Berlind, M. L. Calkins, K. Collins, D. L. DePoy, G. A. Esquerdo, B.J. Fulton, G. Fűrész, J. C. Geary, A. Gould, L. Hebb, J. F. Kielkopf, J. L. Marshall, R. Pogge, K.Z. Stanek, R. P. Stefanik, R. Street, A. H. Szentgyorgyi, M. Trueblood, P. Trueblood, A. M. Stutz, *KELT-2Ab: A Hot Jupiter Transiting the Bright ($V = 8.77$) Primary Star of a Binary System*, *Astrophysical Journal Letters* t. 756, l. 39 (2012).
- [5] B. Paczyński, *Astronomy with small telescopes*, *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, t. 118, z. 850, s. 1621-1625 (2006)
- [6] J. Huchra, *Small Telescopes in the New Millennium*, Terry D. Oswalt (ed.), *The Future of Small Telescopes in the New Millennium Vol. I*, Dordrecht-Boston-London 2003.
- [7] Za podstroną projektu z katalogami dostępną pod adresem (dostęp z dn. 28 lutego 2013 r.) <http://www.astrow.edu.pl/asas/?page=catalogues>
- [8] R. Alonso, T. M. Brown, G. Torres, D. W. Latham, A. Sozzetti, G. Mandushev, J. A. Belmonte, D. Charbonneau, H. J. Deeg, E. W. Dunham, F. T. O'Donovan, [R. P. Stefanik, *TrES-1: The Transiting Planet of a Bright K0V Star*, *Astrophysical Journal Letters* t. 613, l. 153 (2004).
- [9] P. R. McCullough, J. E. Stys, J. A. Valenti, C. M. Johns-Krull, K. A. Janes, J. N. Heasley, B. A. Bye, C. Dodd, S. W. Fleming, A. Pinnick, R. Bissinger, B. L. Gary, P. J. Howell, T. Vanmunster, *A Transiting Planet of a Sun-like Star*, *Astrophysical Journal*, t. 648, s. 1228-1238 (2006).
- [10] F. T. O'Donovan, D. Charbonneau, G. Mandushev, E. W. Dunham, D. W. Latham, G. Torres, A. Sozzetti, T. M. Brown, J. T. Trauger, J. A. Belmonte, M. Rabus, J. M. Almenara, R. Alonso, H. J. Deeg, G. A. Esquerdo, E. E. Falco, L. A. Hillenbrand, A. Roussanova, R. P. Stefanik, J. N. Winn, *TrES-2: The First Transiting Planet in the Kepler Field*, *Astrophysical Journal Letters* t. 651, l. 61-64 (2006).
- [11] G. A. Bakos, R. W. Noyes, G. Kovacs, D. W. Latham, D. D. Sasselov, G. Torres, D. A. Fischer, R. P. Stefanik, B. Sato, J. A. Johnson, A. Pal, G. W. Marcy, R. P. Butler, G. A. Esquerdo, K. Z. Stanek, J. Lazar, I. Papp, P. Sari, B. Sipocz, *HAT-P-1b: A Large-Radius, Low-Density Exoplanet Transiting one Member of a Stellar Binary*, *Astrophysical Journal*, t. 656, s. 552-559 (2006).
- [12] A. C. Cameron, F. Bouchy, G. Hebrard, P. Maxted, D. Pollacco, F. Pont, I. Skillen, B. Smalley, R. A. Street, R.G. West, D.M. Wilson, S. Aigrain, D.J. Christian, W.I. Clarkson, B. Enoch, A. Evans, A. Fitzsimmons, M. Fleenor, M. Gillon, C.A. Haswell, L. Hebb, C. Hellier, S.T. Hodgkin, K. Horne, J. Irwin, S.R. Kane, F.P. Keenan, B. Loeillet, T.A. Lister, M. Mayor, C. Moutou, A.J. Norton, J. Osborne, N. Parley, D. Queloz,

- R. Ryans, A.H.M.J. Triaud, S. Udry, P.J. Wheatley, *WASP-1b and WASP-2b: Two new transiting exoplanets detected with SuperWASP and SOPHIE*, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, t. 375 (3), s. 951–957 (2007).
- [13] Dane za stroną programu LINEAR (dostęp z dn. 28 lutego 2013 r.): <http://www.ll.mit.edu/mission/space/linear/>; zob. też Jenifer B. Evans, Frank C. Shelly, and Grant H. Stokes, *Detection and Discovery of Near-Earth Asteroids by the LINEAR Program*, *Lincoln Laboratory Journal*, t. 14, z. 2 (2003), s. 199-220.
- [14] A. Udalski, M. Szymański, J. Kałużny, J. Kubiak, M. Mateo, *The Optical Gravitational Lensing Experiment*, *Acta Astronomica*, t. 42, z. 4 (1992), s. 254.
- [15] A. Udalski, M. Kubiak and M. Szymański, *Optical Gravitational Lensing Experiment. OGLE-2 – the Second Phase of the OGLE Project*, *Acta Astronomica*, t. 47, z. 3, s. 320-321 (1999).
- [16] M. Siwak, S. Zola, T. Szymanski, M. Kurpinska-Winiarska, M. Winiarski, D. Koziel-Wierzbowska, W. Waniak, M. Drahus, *A photometric and spectroscopic study of WW And – an Algol-type, long period binary system with an accretion disc*, *New Astronomy*, t. 17, z. 8, s. 692, (2012)
- [17] B. E. Zhilyaev, M. V. Andreev, Ya. O. Romanyuk, A. V. Sergeev, V. K. Tarady, *Ukrainian Synchronous Network of small Internet Telescopes as rapid action instrument for transient objects*, *Proceedings of the Conference "Near-Earth Astronomy - 2007, 3-7 września 2007*, Rosja; V. Tarady, O. Sergeev, M. Karpov, B. Zhilyaev, V. Godunova, *Observations with small and medium-sized telescopes at the Terskol Observatory*, referat na konferencji *400 Years of Astronomical Telescopes*, ESTEC Noordwijk w Holandii, 29 września-2 października 2008 r.