



# **Od medycyny po Wi-Fi**

**Techniczne zastosowania  
astronomii w służbie społeczeństwa**



**REDAKCJA:**

— Bethany Downer, Michael Burton, Ewine van Dishoeck, Pedro Russo

**WSPÓŁPRACA:**

— Tony Beasley, Dmitry Bisikalo, Georgia Bladon, Michael Burton, Ana Gomez de Castro, Lars Lindberg Christensen, Gabriele Giovannini, Jan Mathijs van der Hulst, Christoph Keller, Antonio Mário Magalhães, Marissa Rosenberg, Frans Snik

**POLSKIE WYDANIE:**

— Elżbieta Kuligowska (tłumaczenie), Krzysztof Czart (redaktor merytoryczny), Bożena Wyrzykowska (korekta językowa), Jacek Drażkowski (skład)

Wydanie angielskie:

Międzynarodowa Unia Astronomiczna (IAU)  
Kwiecień 2019

Wydanie polskie:

Polskie Towarzystwo Astronomiczne (PTA)  
Sierpień 2019

Druk wersji polskiej został dofinansowany ze środków MNiSW w ramach projektu IAU100.



Ministerstwo Nauki  
i Szkolnictwa Wyższego

Zadanie „Narodowy konkurs na nazwę planety pozasłonecznej wraz z innymi działaniami IAU100” jest finansowane w ramach umowy 779/P-DUN/2019 ze środków Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego przeznaczonych na działalność upowszechniającą naukę.



*„Zachowanie wiedzy jest łatwe. Transfer wiedzy jest również łatwy. Ale tworzenie nowej wiedzy nie jest ani łatwe, ani opłacalne w krótkich okresach czasu. Badania podstawowe okazują się opłacalne dopiero na dłuższą metę, ale, co ważne, są one siłą, która wzbogaca kulturę każdego społeczeństwa o rozum i podstawową prawdę.”<sup>1</sup>*

– Ahmed Zewail, laureat Nagrody Nobla  
w dziedzinie chemii (1999)



# Wprowadzenie

Astronomia zawsze miała znaczący wpływ na otaczający nas świat. Wczesne kultury identyfikowały obiekty niebieskie z systemami wierzeń i odczytywały ich widoczny ruch na niebie jako proroctwa dotyczące przyszłych wydarzeń. Astronomia służyła również do mierzenia czasu, wyznaczania pór roku i nawigacji po rozległych oceanach. Teraz, gdy nasze zrozumienie świata wciąż postępuje, widzimy siebie i nasze spojrzenie na świat jako jeszcze ściślej związane z całym Wszechświatem. Odkrycie, że podstawowe pierwiastki znajdowane w gwiazdach oraz w otaczającym je gazie i pyłe są tymi samymi pierwiastkami, które składają się na nasze ciała, jeszcze bardziej pogłębiło odczuwalny związek pomiędzy nami a kosmosem. Astronomia pomaga nam także poszerzać horyzonty i myśleć w większych skalach. Nasz związek z Wszechświatem i podziw, jaki on sam w nas wzbudza, są być może powodem, dla którego dostępne dziś

piękne zdjęcia astronomiczne są tak popularne w naszej kulturze.

Astronomia i pokrewne jej dziedziny stoją obecnie na czele nauki i technologii. Odpowiadają nam na podstawowe pytania, kierują inżynierów na całkiem nowy poziom wiedzy i pomagają we wprowadzaniu rozmaitych innowacji. Z tego powodu plan strategiczny Międzynarodowej Unii Astronomicznej (IAU) kładzie nacisk zarówno na technologię i umiejętności, jak i naukę i badania oraz kulturę i społeczeństwo.

Niniejsza broszura ma na celu ukazanie niektórych technicznych zastosowań, które były wspierane i napędzane przez badania i rozwój naukowy z zakresu nauk astronomicznych. Astronomia odgrywa zauważalną rolę w naszym codziennym życiu – od medycyny po ochronę portów lotniczych.

Dzieci z Etiopii są instruowane w zakresie obsługi teleskopu w ramach wydarzenia „100 Godzin Astronomii” Międzynarodowej Unii Astronomicznej (2019 rok).

Źródło: Mekbeb Tamrat



# Medycyna

***Zastosowania astronomii w medycynie są dość rozległe i obejmują zarówno ulepszone metody diagnozowania, jak i rozwój w zakresie technik przetwarzania obrazów.***

Jednym z najbardziej udanych i pełnych transferów technologii między tymi dziedzinami wiąże się z techniką interferometrii, która jest stosowana przez astronomów w celu uzyskania obrazów radiowych nieba w wysokiej rozdzielczości. Interferometria radiowa symuluje działanie hipotetycznej bardzo dużej anteny poprzez elektroniczne łączenie ze sobą sygnałów pochodzących z wielu małych radioteleskopów rozmieszczonych w dużych odległościach od siebie. Technika łączenia danych uzyskiwanych z wielu teleskopów w celu wytworzenia jednego wspólnego obrazu znana jest jako „synteza apertury”. Została opracowana przez radioastronoma i laureata Nagrody Nobla, Sir Martina Ryle’a. Jednym z ważnych zastosowań syntezy apertury jest także rezonans magnetyczny (MR), używany w celu zwiększenia szczegółowości obrazowania i skrócenia czasu skanowania w diagnozowaniu medycznym. Obrazowanie metodą rezonansu magnetycznego (MRI) wykorzystuje potężne magnesy i impulsy o częstotliwości radiowej w celu wywołania polaryzacji i wzbudzenia pojedynczych protonów budujących

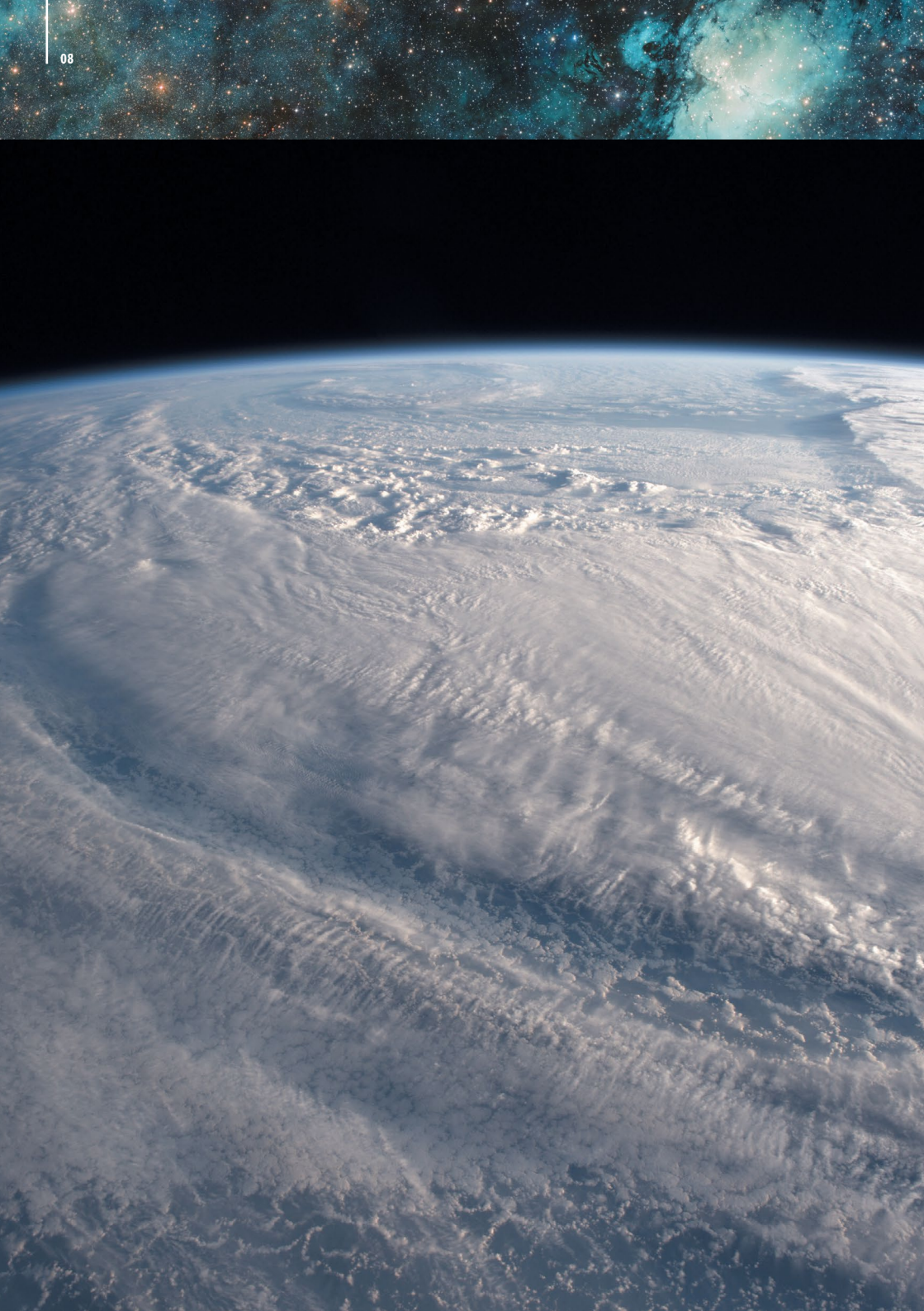
cząsteczki wody zawarte w ludzkich tkankach. Gdy te impulsy zostaną wyłączone, protony „relaksują się”, emitując fale radiowe o pewnej częstotliwości. Fale te są odbierane przez odbiorniki pracujące w maszynie MRI, a następnie rejestrowane i przetwarzane do postaci obrazu podobnego do obrazów interferometrycznych znanych z astronomii.

Konstrukcja teleskopów zdolnych do pomiaru promieniowania wytwarzanego przez niektóre zjawiska kosmiczne o największych energiach znalazła z kolei zastosowanie w diagnostyce obrazowania medycznego z pomocą technik tomografii komputerowej (tzw. skanów CAT).

Innym ważnym przykładem tego, w jaki sposób badania astronomiczne przyczyniły się do rozwoju świata medycyny, jest rozwój czystych obszarów roboczych. Produkcja teleskopów kosmicznych wymaga wyjątkowo sterylnej środowiska, bowiem konieczne jest tu uniknięcie pyłów lub innych cząstek, które mogłyby zasłaniać lub całkowicie blokować zwierciadła i inne instrumenty instalowane na teleskopach<sup>2</sup>. Protokoły pomieszczeń czystych, filtry powietrza i specjalistyczne ubrania, które zostały opracowane w tym właśnie celu, są obecnie szeroko stosowane również w szpitalach i laboratoriach farmaceutycznych<sup>3</sup>.

Produkcja teleskopów kosmicznych i sztucznych satelitów przyczyniła się do rozwoju medycyny poprzez poprawę standardów i rozwój tzw. czystych miejsc pracy.

Źródło: NASA / Dominic Hart





# Zmiana klimatu

***Technologie i metody badawcze opracowane pierwotnie na potrzeby astronomii dostarczają nam również cenne metody badań w zakresie otoczenia Ziemi i zmian klimatu.***

Badając planetę Wenus przy użyciu technik astronomicznych, naukowcy przyczyniają się do lepszego poznania klimatu naszej własnej planety. Wenus, cechująca się rozmiarami i składem chemicznym zbliżonym do Ziemi, daje nam unikalną możliwość obserwacji i badań ewoluującego systemu klimatycznego podobnego do klimatu Ziemi. Współcześnie atmosfera wenusjańska jest ponad 90 razy grubsza niż ziemska. Uważa się powszechnie, że planeta ta doświadczyła niekontrolowanego efektu cieplarnianego w następstwie wzrostu temperatury powierzchni i podwyższonych poziomów wody w atmosferze. Klimatolog James Hansen wykorzystał modele transferu radiacyjnego, które pozwoliły mu na obliczenie transferu promieniowania elek-

tromagnetycznego w atmosferze Wenus, i skutecznie zastosował te same techniki obliczeniowe do modelowania wpływu obecności śladowych ilości gazów i aerozoli w atmosferze ziemskiej na klimat Ziemi.<sup>4,5</sup>

W ostatnim czasie rozwój technik polarymetrycznych opracowywanych celem badań atmosfer egzoplanet doprowadził również do powstania pakietu instrumentów SPEX (ang. Spectropolarimeter for Planetary EXploration) – przyrządów służących do badań wpływu cząstek zawartych w atmosferze ziemskiej na nasze zdrowie i ziemski klimat.<sup>6</sup> Inicjatywa ta doprowadziła także do przeprowadzenia dużej obywatelskiej kampanii naukowej iSPEX, której celem były pomiary zanieczyszczenia powietrza<sup>7</sup>. Ta technologia jest też obecnie komercjalizowana w zakresie naziemnych pomiarów zanieczyszczeń powietrza i została dodatkowo przystosowana do pracy na specjalnej platformie satelitarnej obserwującej Ziemię.

Zdjęcie Ziemi, które w 2014 roku wykonał astronauta ESA Alexander Gerst z pokładu Międzynarodowej Stacji Kosmicznej (ISS).

Źródło: ESA / NASA



# Przetwarzanie danych

*Techniki przetwarzania danych astronomicznych przyczyniły się do rozwoju ulepszonych metod obliczeniowych, w tym obliczeń gridowych i rozproszonych oraz dużych inicjatyw astronomicznych w dziedzinie naukowych projektów obywatelskich.*

W ciągu ostatnich dziesięcioleci ilość danych uzyskiwanych przez astronomów ogromnie wzrosła. Nowe teleskopy i misje kosmiczne znacząco przyczyniły się do opracowania nowych narzędzi i metod analizy tych napływających szerokim strumieniem informacji. Do ich przetwarzania są potrzebne ogromne ilości zasobów obliczeniowych. Przetwarzanie sieciowe (ang. grid computing), w ramach którego komputery obliczeniowe są fizycznie rozproszone na duże odległości, ale połączone ze sobą w ramach wspólnej sieci, jest wydajną metodą udostępniania i wykorzystywania ogromnych ilości zgromadzonych zasobów. Astronomowie zbierają w tempie wykładniczym coraz to większe ilości danych, co często określane jest jako era „dużych zbiorów danych” (tzw. big data) i diametralnie zmienia nasz sposób prowadzenia badań naukowych.

Poszukiwania inteligentnych cywilizacji pozaziemskich przez radioastronomów przyczyniły się również do rozwoju obliczeń reali-

zowanych w ramach sieci komputerowych – czyli łączenia ze sobą ogromnej liczby maszyn rozmieszczonych na całym świecie w celu praktycznej realizacji obliczeń społecznościowych, umożliwiających wspólne rozwiązywanie złożonych problemów naukowych.

Dwa pierwsze publicznie dostępne projekty przetwarzania rozproszonego zostały zainicjowane w celu rozwiązania problemu matematycznego (GIMPS, 1996) i kryptograficznego (distributed.net, 1997). Trzecim (i najbardziej znanym) projektem jest inicjatywa SETI@home, która rozpoczęła się w roku 1999. SETI, czyli Poszukiwania Inteligencji Pozaziemskiej (ang. Search for Extra-Terrestrial Intelligence) – szuka oznak obecności innych inteligentnych form życia poprzez próby odebrania hipotetycznie wysyłanych przez nie w kosmos sygnałów radiowych. SETI@home jest pierwszym z wielu nowych projektów „nauki obywatelskiej”, które wspólnie przyczyniają się do tworzenia wartościowych inicjatyw naukowych w sposób, który nigdy wcześniej nie był możliwy. Projekt ten jest kontynuowany do dziś i ma już ponad 1,7 miliona zaangażowanych użytkowników-wolontariuszy, którzy wnoszą moc obliczeniową swoich prywatnych komputerów domowych na potrzeby SETI@home.

Centrum danych w siedzibie Europejskiego Obserwatorium Południowego (ESO) w Garching koło Monachium w Niemczech archiwizuje i dystrybuuje dane pochodzące z teleskopów ESO.

Źródło: ESO



# Służba czasu

***Położenie Ziemi i gwiazd na niebie odgrywa kluczową rolę w pomiarach czasu — od najbardziej starożytnych kalendarzy po współczesne usługi nawigacji satelitarnej i pomiarów lokalizacji.***

W historii ludzkości opracowano wiele kalendarzy, związanych najczęściej z daną kulturą bądź regionem. Samo pojęcie czasu powstało na drodze obserwacji pozornego ruchu Słońca, Księżycy i gwiazd oraz rytmu nocy i dni. Pojęcie dnia było pierwotnie związane z ruchem Słońca, a koncepcja miesiąca pochodzi z obserwacji zmieniających się faz i pozycji Księżycy. Z kolei idea godziny może być prześledzona wstecz aż do starożytnych Egipcjan, którzy swego czasu podzielili dzień na 10 równych części, z dodatkową częścią następującą przed i po nim, tak aby umożliwić dodatkowy czas na wschód i zachód Słońca.

Dzisiaj dokładne określanie czasu odbywa się z pomocą precyzyjnych zegarów atomowych, w których częstotliwość przejść zachodzących na poziomie atomowym jest używana jako standard w pomiarach upływu czasu. Czas na świecie oparty jest na międzynarodowym czasie atomowym, który jest

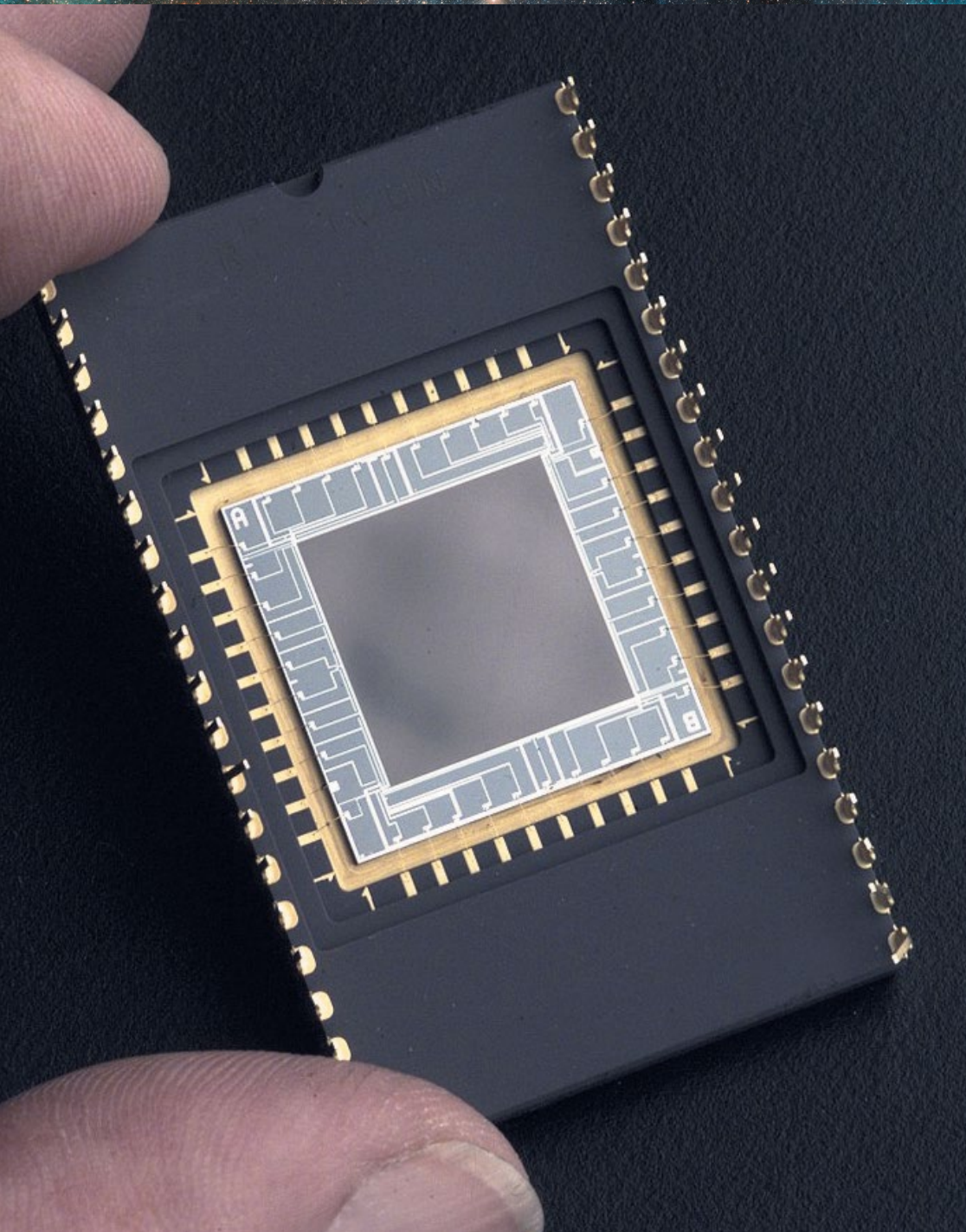
odmierzany przez kilkaset zegarów atomowych zlokalizowanych w różnych instytucjach na całej kuli ziemskiej.

Zadanie łączenia ze sobą czasu podawanego przez wszystkie te zegary atomowe z całego świata jest realizowane przez Międzynarodowe Biuro Wagi i Miar oraz Międzynarodową Służbę Ruchu Obrotowego Ziemi i Systemów Odniesienia. Usługa ta odpowiada za utrzymywanie synchronizacji zegarów z ruchem Ziemi wokół Słońca i obrotem Ziemi wokół jej własnej osi. Ruchy te są mierzone bardzo dokładnie przy użyciu silnych i odległych źródeł astronomicznych — radiogalaktyk i kwazarów, które służą jako swoisty punkt odniesienia, zwany czasem efemeryd.

Możliwość tak dokładnego odmierzenia czasu jest niezbędna z punktu widzenia prawidłowego działania satelitów Globalnego Systemu Pozycjonowania (GPS), które mają na swych pokładach precyzyjne zegary atomowe dostrojone do czasu efemeryd. Dokładna znajomość czasu i pozycji tych satelitów umożliwia wykorzystanie nadawanych przez nie sygnałów do precyzyjnego określenia naszej pozycji na powierzchni Ziemi.

Satelity Globalnego Systemu Pozycjonowania (GPS) działają w dużej mierze dzięki naszej zdolności w zakresie precyzyjnych pomiarów czasu. Każdy satelita jest wyposażony w zegar atomowy, który jest dostrojony do tzw. czasu efemeryd.

Źródło: Los Angeles Air Force Base



# Obrazowanie

*Niektóre z najbardziej użytecznych przykładów transferu technologii między astronomią a przemysłem obejmują postępy w obrazowaniu i komunikacji.*

Film fotograficzny znany jako Kodak Technical Pan jest szeroko stosowany przez specjalistów z zakresu spektroskopii medycznej i przemysłowej, jak również zawodowych fotografów i artystów. Został jednak pierwotnie stworzony po to, aby astronomowie zajmujący się Słońcem mogli rejestrować zmiany w strukturze powierzchni naszej gwiazdy.

W 2009 roku Willard S. Boyle i George E. Smith otrzymali Nagrodę Nobla w dziedzinie fizyki za opracowanie kolejnego urządzenia, które może mieć szerokie zastosowanie w przemyśle<sup>8</sup>. Czujniki do przechwytywania obrazu, pierwotnie opracowane na potrzeby obserwacji obrazów astronomicznych, znane jako CCD (ang. Charge Coupled Devices), zostały po raz pierwszy zastosowane w astronomii w 1976 roku. Te detektory szybko zastąpiły tradycyjne klisze stosowane nie tylko w teleskopach, ale także w osobistych aparatach fotograficznych, kamerach internetowych czy współczesnych urządzeniach mobilnych. Dalsze ulepszenia i wzrost popularności matryc CCD przypisuje się decyzji NASA o zastosowaniu superczułej technologii CCD

w wyposażeniu Kosmicznego Teleskopu Hubble'a<sup>9</sup>. Dziś matryce CCD są preferowanym i najczęściej wybieranym detektorem w obserwatoriach astronomicznych na całym świecie, zarówno w kosmosie, jak i na Ziemi. Mogą służyć do obserwacji w zakresie fal elektromagnetycznych od podczerwieni po promienie rentgenowskie. Detektory CCD są wdrażane w teleskopach amatorskich, co znacząco poprawiło efektywność obserwacji astronomicznych prowadzonych z terenów miejskich.

Astronomia przyczyniła się do rozwoju różnych języków programowania, które znacznie ułatwiają przetwarzanie obrazów, m.in. takich jak IDL czy IRAF. Języki te znajdują również szerokie zastosowanie w medycynie<sup>10</sup>.

Niektóre instrumenty astronomiczne trafiły też do portów lotniczych. Technologia pierwotnie opracowana na potrzeby obserwacji odległych źródeł promieniowania gamma jest stosowana w dzisiejszych skanerach pasów bagażowych na lotniskach. Chromatograf, urządzenie używane do oddzielania i analizowania związków chemicznych, zostało niegdyś skompresowane i ulepszone na potrzeby misji marsjańskich. Ta mniejsza i lżejsza wersja służy nam dziś do analizowania i obrazowania bagażu pod kątem obecności narkotyków czy materiałów wybuchowych.

Detektory CCD (Charge Coupled Devices) były pierwotnie stosowane w astronomii, z czasem jednak przeniknęły do naszych osobistych aparatów fotograficznych i nowoczesnych telefonów komórkowych.





# Wi-Fi

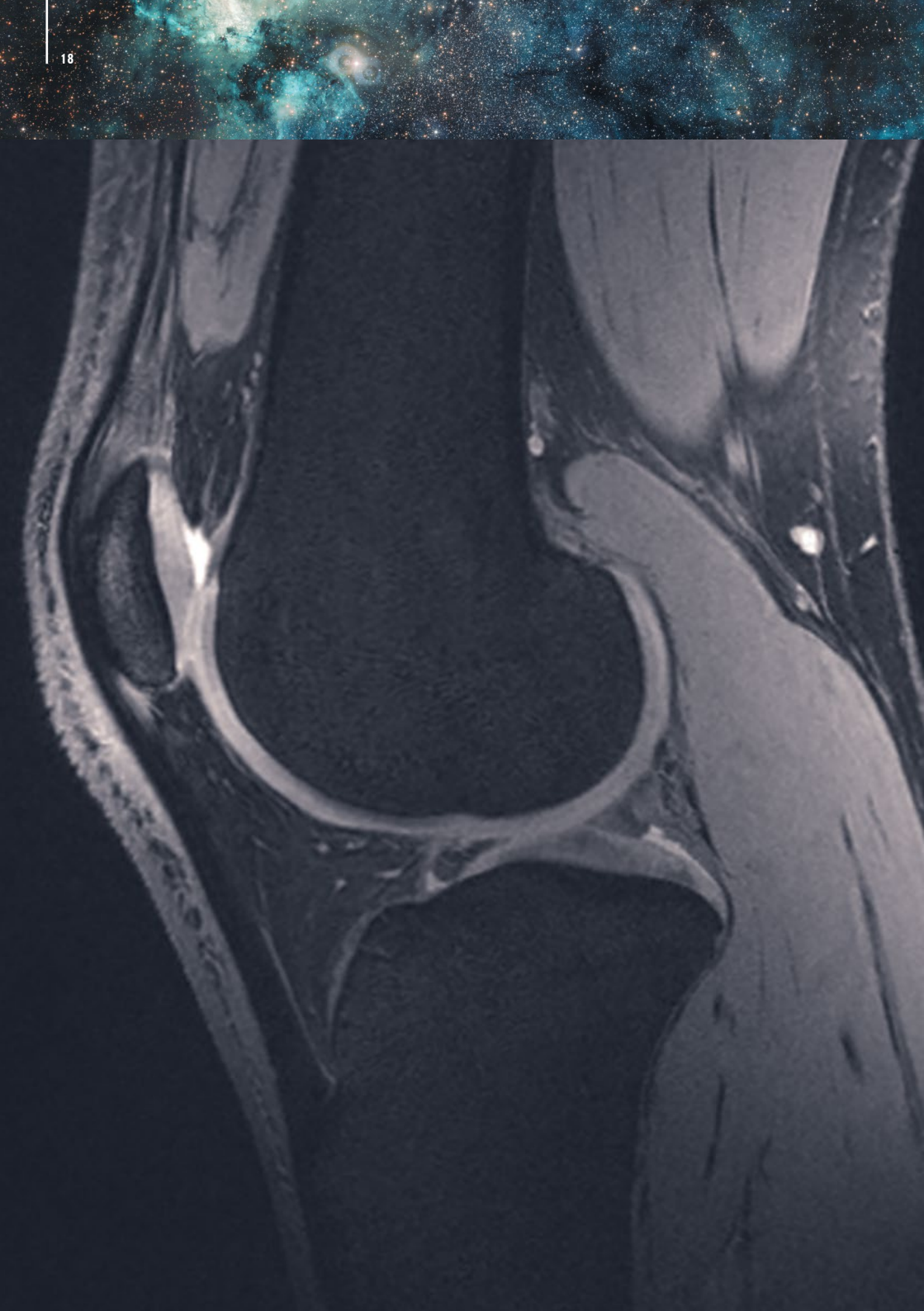
*W dziedzinie komunikacji istnie bogactwo przydatnych narzędzi, urządzeń i metod przetwarzania danych zapewniła nam radioastronomia. Poza tym, istnieje wiele dobrze prosperujących firm komunikacyjnych założonych przez radioastronomów.*

Radioastronomii przypisuje się również wkład w wynalezienie technologii Wi-Fi. Zespół naukowców z Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO) w Australii wynalazł nową technikę bezprzewodowego przesyłania informacji, korzystając przy tym z technik opracowanych pierwot-

nie do analizy emisji radiowej pochodzącej z obszarów czarnych dziur<sup>11</sup>. Naukowcy wynaleźli mikroczip, który umożliwił wykorzystanie fal radiowych w złożonych środowiskach, w których odbicie sygnału od wielu kolejno napotykanym powierzchni może zakłócać przesył informacji. Patenty przyznane tym wynalazcom utorowały firmom z całego świata drogę do opracowania technik i metod wymiany informacji opartych na protokole Wi-Fi między sieciami i urządzeniami przenośnymi. Współczesne życie zależy w dużej mierze od przepływu danych, a nauka – w tym radioastronomia – będzie zapewne nadal produkować tego rodzaju technologie z korzyścią dla całej ludzkości.

Radioteleskop o średnicy czaszy 45 metrów znajdujący się w Obserwatorium Radiowym Nobeyama w Japonii.

Źródło: Nobeyama Radio Observatory (NRO), NAOJ



# Literatura

- 1 Edwards, Kieran Jay., et al. Astronomy and Big Data A Data Clustering Approach to Identifying Uncertain Galaxy Morphology. 2014.
- 2 Gruman, J. B., Image Artifacts-Telescope and Camera Defects, 2011 [[http://stereo.gsfc.nasa.gov/artifacts/artifacts\\_camera.shtml](http://stereo.gsfc.nasa.gov/artifacts/artifacts_camera.shtml)]
- 3 Clark, H., Modern-day cleanroom invented by Sandia physicist still used 50 years later, 2012 [[https://share.sandia.gov/news/resources/news\\_releases/cleanroom\\_50th](https://share.sandia.gov/news/resources/news_releases/cleanroom_50th)]
- 4 Hansen, J.E.; S. Matsushima, The atmosphere and surface temperature of Venus: A dust insulation model, *Astrophys. J.* 150: 1139-1157, 1967
- 5 Hansen, J.E., et al., GISS Analysis of Surface Temperature Change, *J. Geophys. Res.* 104(D24): 20997-31022, 1999
- 6 Snik, F. et al., SPEX: the spectropolarimeter for planetary exploration. Proceedings Volume 7731, Space Telescopes and Instrumentation 2010: Optical, Infrared, and Millimeter Wave; 77311B, 2010
- 7 Snik, F. et al., Mapping Atmospheric Aerosols with a Citizen Science Network of Smartphone Spectropolarimeters. *Geophysical Research Letters*, vol. 41, no. 20, pp. 7351-7358, 2014
- 8 Boyle, W.S., Smith, G.E., Charge Couple Semiconductor Devices. *Bell System Technical Journal* 49, p. 587, 1970
- 9 Kiger, P. & English, M., Top 10 NASA Inventions, 2011 [<http://www.howstuffworks.com/innovation/inventions/top-5-nasa-inventions.htm>]
- 10 Shasharina, S. G. et al. GRIDL: high-performance and distributed interactive data language, High Performance Distributed Computing, HPDC-14. Proceedings. 14th IEEE International Symposium, 291-292, 2005
- 11 J. P. Hamaker, J. D. O'Sullivan, J. E. Noordam, Image sharpness, Fourier optics, and redundant-spacing interferometry, *J. Opt. Soc. Am.* 67, 1122-1123, 1977

Znana z astronomii technika łączenia danych z wielu teleskopów w celu uzyskania pojedynczego obrazu, znana jako „synteza apertury”, znalazła także zastosowanie w rezonansie magnetycznym (MR) w celu zwiększenia szczegółów obrazowania i skrócenia czasu skanowania w diagnostyce medycznych.

Źródło: ESA



[www.iau.org](http://www.iau.org)

