

NAJJAŚNIEJ... NAD LATARNIĄ. ZANIECZYSZCZENIE ŚWIATŁEM Z PERSPEKTYWY ORBITY

Typowy satelita do obserwacji Ziemi spędza nad oświetloną, dzienną stroną planety tyle samo czasu, co nad nocną. Archiwa danych satelitarnych zdominowane są jednak obrazami uzyskanymi za dnia. Tymczasem dane pozyskane nocą odkrywają przed nami zupełnie inny, fascynujący świat.

Uściślając, chodzi o obserwacje w zakresie promieniowania widzialnego (czyli światła), tego samego, które trafiając do naszych oczu, wywołuje wrażenia wzrokowe. W ciągu dnia źródłem światła dla obserwacji satelitarnych jest Słońce. Nocą Ziemia skrywa się we własnym cieniu i zapada mrok. W warunkach naturalnych egipskie ciemności nocy przełamuje blask Księżyca, zorze polarne, wyładowania atmosferyczne i światła pożarów. Od końca XIX wieku mrok rozjaśnia także światło antropogeniczne, pochodzące z coraz jaśniejszego, elektrycznego oświetlenia publicznego.

Wyjątkowość nocnych światel Ziemi urzekła wszystkich, którym dane było spojrzeć na Błękitną Planetę z orbity – począwszy od Gagarina, przez Hermaszewskiego, aż po współczesnych załogantów Międzynarodowej Stacji Kosmicznej (ang. International Space Station, ISS). Od ponad dekady astronauta fotografują Ziemię nocą, zapewniając nam namiastkę tego, czego sami doświadczają 14 razy na dobę - bo tyle razy w ciągu 24 godzin stacja kosmiczna przelatuje przez cień Ziemi.

Co może zaskakiwać, astronauta nie posługują się wyrafinowanym sprzętem teledetekcyjnym, a zwykłymi cyfrowymi lustrzankami firmy Nikon. W zależności od modelu aparatu i zastosowanego obiektywu, rozdzielczość przestrzenna zdjęć może wynieść nawet 10 m/piksel. Niemniej wciąż są to tylko fotografie, więc jakość zdjęć nie jest porównywalna z typowymi sensorami teledetekcyjnymi. Zdjęcia wykonywane są „z ręki”, a więc bywają mniej lub bardziej poruszone, matryce CMOS aparatów bardzo „szumią”, do tego sprzęt nie jest kalibrowany radiometrycznie - ani przed wyniesieniem na orbitę, a nawet na niej.

Czytaj też: [Niezwykłe wykorzystanie światła Księżyca w teledetekcji satelitarnej](#)

Niekwestionowaną zaletą fotografii cyfrowych z ISS jest ich kolor. Lustrzanki zapisują obraz w składowej czerwonej, zielonej i niebieskiej (RGB), przez co możliwe jest zgrubne identyfikowanie typów oświetlenia. Lampy rtęciowe dają światło o odcieniu zielonkawym, lampy sodowe (najpopularniejsze) świecą na pomarańczowo, a światło białe zdradza obecność lamp halogenowych lub LED. Taka pobieżna klasyfikacja kolorystyczna w połączeniu z wysoką rozdzielczością przestrzenną zdjęć pozwala wykrywać, w jakich obszarach miasta instalowane jest intensywnie białe oświetlenie LED.



Dlaczego kolor światła ma tak duże znaczenie? Nieprawidłowa emisja światła nocą powoduje tzw. zanieczyszczenie świetlne. Dobowy rytm życia organizmów, w tym także ludzi, sterowany jest obecnością światła. Zanieczyszczenie świetlne powoduje, że ludzie niejako są zmuszeni doświadczać dnia nocą, co niekorzystnie odbija się na ich zdrowiu fizycznym (np. otyłość) i psychicznym (np. zaburzenia snu). Najbardziej szkodliwe dla organizmu jest światło białe, a właśnie takim charakteryzuje się większość źródeł oświetlenia bazujących na LED. Zanieczyszczenie światłem, wzmacniane przez LED, pogarsza jakość życia. Obserwacje satelitarne pomagają w monitorowaniu tego problemu.

Dla wysokorozdzielczych i barwnych nocnych obserwacji z ISS nie ma obecnie alternatywy. Satelitarne obserwacje Ziemi polegały na danych fotograficznych w takim stopniu w latach 60. i 70. minionego wieku. Wykonywane wtedy barwne fotografie (analogowe) w ramach misji załogowych Mercury, Gemini i Apollo stały się kamieniem węgielnym programu Landsat, który zapoczątkował teleelekcyj satelitarną w dzisiejszym jej rozumieniu. Czy fotografie z ISS odegrają podobną rolę w budowie „nocnego Landsata”?

Czytaj też: [O życiu na ISS na Śląskim Festiwalu Nauki](#)

Żadna z agencji kosmicznych nie informuje o realnych zamiarach budowy wielospektralnego instrumentu do nocnych obserwacji Ziemi. Powstają jednak urządzenia o prostszej funkcjonalności – rejestrujące nocne światła w jednym, szerokim zakresie widma (niestety, często pomijające składową niebieską, tak istotną do wykrywania LED). Są to argentyńskie satelity SAC-C i SAC-D (piksel 300 m), izraelski EROS-B (piksel 70 cm) i dwa nanosatelity zaprojektowane w standardzie cubesat: chiński Luojia 1-01 (piksel 130 m) i amerykański ASTERIA (piksel 30 m).



Delta Nilu na nocnym zdjęciu wykonanym z pokładu ISS. Fot. NASA [nasa.gov]

Z drugiej strony na orbicie znajdują się także instrumenty meteorologiczne, zdolne rejestrować nocne światła Ziemi. Niestety, również tylko w szerokim zakresie panchromatycznym, a do tego z niską rozdzielczością przestrzenną (około 1 km/piksel). Jednym z takich detektorów jest już technologicznie przestarzały OLS, pracujący na wojskowych satelitach DMSP. Jego miejsce stopniowo zajmuje nowoczesny VIIRS, instalowany na najnowszej generacji cywilnych satelitach serii NOAA. W odróżnieniu do OLS (fotometr), VIIRS to jedyny precyzyjnie kalibrowany radiometr w gronie wymienionych „nocnych” obserwatoriów Ziemi.

Skalibrowane obserwacje VIIRS pokazały, że Ziemia nieustannie jaśnieje na skutek rosnącego zanieczyszczenia światłem. W skali globalnej, w latach 2012-2016 terenów oświetlonych przybywało w tempie 2,2% rocznie, a średnia jasność takich obszarów zwiększała się o 1,8% na rok. W tym samym czasie w Polsce tereny oświetlone pojaśniały średnio o około 15%, a maksymalnie nawet o 30% (obszary metropolitalne). Problem rozprzestrzeniania się niepożądanego światła nocą będzie narastał, w coraz większym stopniu negatywnie wpływając na środowisko naturalne i stan psychofizyczny człowieka. Niektóre kraje dojrzały już do tego, by wdrażać narodową politykę redukcji zanieczyszczenia światłem.

Ewentualny przyszły „nocny” Landsat byłby doskonałym narzędziem monitorowania skuteczności działań podejmowanych w celu ochrony środowiska i ludności przed skutkami zanieczyszczenia świetlnego. Póki co, rolę takiego satelity muszą pełnić cyfrowe fotografie z ISS. Ocena ich przydatności do monitoringu zanieczyszczenia światłem jest przedmiotem bieżących badań naukowców Centrum Badań Kosmicznych PAN. Opracowanie metod kompensowania fotograficznej natury tych obrazów pozwoli na szersze zastosowanie istniejącej „nocnej” informacji satelitarnej nie tylko w ochronie środowiska, ale przede wszystkim w planowaniu przestrzennym. Wszak w przyszłych *smart cities* także oświetlenie powinno być *smart*.

dr Andrzej Kotarba

Centrum Badań Kosmicznych PAN

Centrum Badań Kosmicznych PAN było organizatorem 5. edycji Ogólnopolskiej Konferencji na temat Zanieczyszczenia Światłem. Wybrane materiały z konferencji ukazały się w tym roku w formie monografii: „Zanieczyszczenie światłem. Źródła, obserwacje, skutki”. Treść całej publikacji udostępniona jest w pełni za darmo [na stronie internetowej](#).