

## [Akceptuje](#)

W ramach naszej witryny stosujemy pliki cookies w celu świadczenia państwu usług na najwyższym poziomie, w tym w sposób dostosowany do indywidualnych potrzeb. Korzystanie z witryny bez zmiany ustawień dotyczących cookies oznacza, że będą one zamieszczone w Państwa urządzeniu końcowym. Możecie Państwo dokonać w każdym czasie zmiany ustawień dotyczących cookies. Więcej szczegółów w naszej [Polityce Prywatności](#)

[Portal](#) [Informacje](#) [Katalog firm](#) [Praca](#) [Szkolenia](#) [Wydarzenia](#) [Porównania międzylaboratoryjne](#)  
[Kontakt](#)



[Laboratoria](#)  
[.net](#)  
[Innowacje](#)  
[Nauka](#)  
[Technologie](#)

[Logowanie](#) [Rejestracja](#) [pl](#)

Newsletter

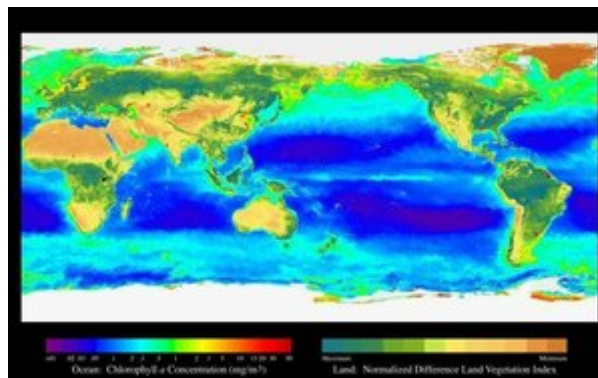
zapisz się



[Strona główna](#) > [Start](#)

## Co nam mówi kolor oceanu? □

Teledetekcja satelitarna to gałąź nauki, która zajmuje się wykonywaniem pomiarów na odległość, przy wykorzystaniu czujników promieniowania elektromagnetycznego, będących na wyposażeniu sztucznego satelity. □ ...czyli jak nauczyć satelitę widzieć. □



Gdy pół wieku temu wystrzelono na orbitę okołozemską pierwszego satelitę meteorologicznego, mało kto przypuszczał, jak bardzo te „latające blaszane puszki” zmienią sposób, w jaki naukowcy

badają naszą planetę. Tylko nieliczni wizjonerzy sądzili, że nastąpił przełom. Nie mieli jednak racji. To był początek rewolucji.

Minęło 50 lat... Dziś nikt chyba nie wyobraża sobie życia bez sztucznych satelitów. Prawie każde dziecko wie, że satelity przesyłają nasze maile, pomagają znaleźć drogę samochodom, dzięki nim możemy oglądać telewizję zza oceanu, a rządowi agenci, tacy jak z filmów, mogą śledzić położenie wrogich obiektów wojskowych. Jednak, o czym już wie niewielu, tamten satelita sprzed pół wieku rozpoczął nową erę nie tylko dla żołnierzy i producentów telewizyjnych, ale również dla naukowców. Rozpoczęła się era satelitarnej teledetekcji.

Tele - czyli daleko

No właśnie. Ale czym właściwie jest satelitarna teledetekcja? Odpowiedź kryje się w samej nazwie. „Tele” oznacza daleko lub odległy, „detekcja” to wykrywanie czegoś, rejestrowanie. Teledetekcja, jak zatem łatwo się domyślić, jest wykonywaniem pomiarów na odległość, czyli wówczas, gdy nie mamy styczności z badanym obiektem.

Każdy zdrowy człowiek ma swój własny zestaw przyrządów teledetekcyjnych. Są nimi oczy, które we współpracy z mózgiem dostarczają nam niezliczonej ilości informacji o otaczającym nas świecie, bez bezpośredniego kontaktu z oglądanymi przedmiotami. Informacja przekazywana jest za pośrednictwem pewnej frakcji fal elektromagnetycznych, zwanych światłem, które odbijają się od badanego obiektu, a następnie rejestrowane są przez czopki i pręciki w ludzkim oku. Mózg po zdekodowaniu i przeanalizowaniu tej informacji potrafi powiedzieć ze zdumiewającą dokładnością, czy oglądany przez nas przedmiot jest śliski, twardy, chropowaty, a może gładki, mimo że nigdy owego przedmiotu nie dotknęliśmy.

A czy np. nos to również przyrząd teledetekcyjny? Odpowiedz brzmi: nie! Mimo że nasz węch pozwala nam z dużej odległości uzyskać informacje o obiekcie będącym źródłem zapachu, to jednak nie jest to klasyczna teledetekcja, gdyż musi nastąpić bezpośredni, fizyczny kontakt między cząsteczkami chemicznymi unoszącymi się w powietrzu a naszymi receptorami węchowymi. W tym przypadku nośnikiem informacji są cząsteczki chemiczne, które oderwały się od powierzchni „obwąchiwanego” obiektu, a cząsteczki chemiczne są obiektami materialnymi, inaczej niż fale elektromagnetyczne.

O delfinach i nietoperzach

Są różne rodzaje teledetekcji. Najprościej podzielić ją na aktywną i pasywną. Aktywną, gdy wysyłamy jakiś sygnał w kierunku badanego obiektu, aby potem odebrać go, gdy odbiwszy się od obiektu, wróci do nas (przykładem takich urządzeń mogą być radar, lidar i sonar). Pasywną zaś, gdy rejestrujemy sygnał, który wprawdzie odbił się od badanego obiektu, ale to nie myśmy go wysłali. Tak działają fotometry, radiometry czy kamery lotnicze.

Ludzkie oczy są przykładem wykorzystania teledetekcji pasywnej. A czy istnieją stworzenia, które posługują się teledetekcją aktywną? Ależ oczywiście. Najbardziej znane przykłady to nietoperze i delfiny, które wykształciły doskonałą, wysoce efektywną formę akustycznego systemu aktywnego rejestrowania otaczającego je środowiska.

Chociaż klasyczna definicja teledetekcji mieści w sobie wspomniane przeze mnie akustyczne metody pomiarowe, to jednak współcześnie przyjęło się stosować termin teledetekcja głównie wtedy, gdy nośnikiem informacji o badanym obiekcie są fale elektromagnetyczne. Specjalne czujniki, rejestrujące promieniowanie elektromagnetyczne w różnych zakresach częstotliwości, są umieszczane na pokładach samolotów oraz właśnie satelitów. I to w tym zawężonym zakresie stosuje się dzisiaj zazwyczaj termin teledetekcja.

Oczy satelitów

Podsumujmy: teledetekcja satelitarna to gałąź nauki, która zajmuje się wykonywaniem pomiarów na odległość, przy wykorzystaniu czujników promieniowania elektromagnetycznego, będących na wyposażeniu sztucznego satelity. Większość pomiarów wykonywanych przez satelity bazuje na

teledetekcji pasywnej. Ponadto gros tych pomiarów odbywa się w zakresie widzialnym promieniowania elektromagnetycznego. Można zatem śmiało powiedzieć, że satelity zostały wyposażone w „oczy”. Ale aby zmysł wzroku mógł działać, nie wystarczą oczy, czyli czujniki. Potrzeba jeszcze mózgu, który zinterpretuje zarejestrowane światło. Tym mózgiem są oczywiście komputery. Ale nawet sam mózg na nic się zda, jeśli nie jest nauczony, jak interpretować trafiające do niego sygnały, a więc jeśli nie posiada odpowiedniego programu. Nasze mózgi uczą się same, ale komputery nie (a przynajmniej jeszcze nie do tego stopnia).

Od wczesnego dzieciństwa nieświadomie trenujemy nasz mózg w sztuce poprawnego rozpoznawania obiektów i ich cech dzięki zmysłowi wzroku. Ten trening jest na tyle skuteczny, że jako dorośli ludzie potrafimy w ułamku sekundy, jednym rzutem oka ocenić, czy fragment chodnika, po którym zaraz przejedzie koło naszego roweru, jest bardzo śliski i grozi wywrotką, czy może jest bezpieczny i możemy spokojnie jechać obraną trasą dalej. Potrafimy całkiem trafnie ocenić niektóre właściwości fizykochemiczne obiektu, tylko dzięki oczom i wytrenowanemu latami mózgowi.

Jak nauczyć satelitę widzieć w taki sposób? Jak wytrenować komputery interpretujące zarejestrowane widma świetlne? Odpowiedzią na to pytanie jest fizyka. Jedyny sposób, to poznać zjawiska fizyczne, które towarzyszą odbiciu światła od badanej powierzchni. Fizyka pozwala zrozumieć i opisać odpowiednimi modelami procesy, które zachodzą, gdy światło spotyka się z jakąś powierzchnią. Jeśli nasze zrozumienie tych zjawisk fizycznych będzie poprawne, a co za tym idzie – stworzone przez nas modele matematyczne będą opisywać rzeczywistość wystarczająco dokładnie, to będziemy mogli napisać programy komputerowe, które uzbroją elektronowe mózgi interpretujące światło, które widzą satelity.

Monitoring koloru oceanów

Istnieje już całkiem spora liczba modeli optycznych i opartych na nich algorytmów numerycznych, które pozwalają komputerom na ziemi wydobyć z zarejestrowanego przez satelity teledetekcyjne światła sporą ilość przydatnych informacji. Oczy satelitów obserwują i monitorują niemal bezustannie całą naszą planetę. Na lądzie potrafią wykryć rodzaj gleby, oszacować jej nawodnienie czy nawet odróżnić różne rodzaje roślin uprawnych. Mnie jednak najbardziej interesują pomiary, które wykonują satelity obserwując morza i oceany. Wszak to oceany mają zasadniczy wpływ na klimat naszej planety. Monitorowanie procesów zachodzących w oceanie jest szczególnie ważne zwłaszcza dziś, w dobie zagrożenia globalnymi zmianami klimatycznymi. A nie znamy lepszego sposobu na ciągły monitoring powierzchni wszechoceanu niż użycie satelitów.

Oczy teledetekcyjnych satelitów z początku widziały tylko w kilku kolorach. W języku technicznym mówimy, że ich czujniki rejestrują światło w kilku kanałach spektralnych. Jednak gdy zdobytą w ten sposób informację złożymy w całość, otrzymujemy coś w rodzaju wielokolorowego zdjęcia obserwowanego fragmentu oceanu. Optycy zajmujący się tą dziedziną nauki nazywają to kolorem oceanu (ang. ocean color). To właśnie interpretacja owego „zdjęcia” może dostarczyć wiele kluczowych informacji o właściwościach fizykochemicznych morskiej wody, a nawet o zachodzących w niej procesach biologicznych. W ciągu ostatniej dekady czujniki teledetekcyjne „widzące” kolor oceanu w zaledwie kilku kanałach spektralnych zastępowały nowsze, tzw. czujniki multispektralne, które rejestrowały światło w kilkunastu bądź nawet kilkudziesięciu zakresach częstotliwości. Komputerowa analiza tak otrzymanych „multikolorowych” zdjęć oceanu wymagała nowych modeli biooptycznych i nowych algorytmów liczących, ale uzyskane tą drogą informacje były dokładniejsze i pełniejsze. Odpowiednio zaprogramowany model biooptyczny potrafił, na podstawie danych satelitarnych, obliczyć na przykład, ile chlorofilu znajduje się w wodzie lub ile tlenu wyprodukuje w ciągu doby fitoplankton w niej żyjący.

Czy „kąt widma” pomoże?

Obecnie do użytku w teledetekcji satelitarnej wprowadzana jest kolejna generacja czujników rejestrujących światło wychodzące z morza. Są to tzw. czujniki hiperspektralne, zdolne do mierzenia fal elektromagnetycznych w nawet kilkuset bardzo wąskich kanałach spektralnych. Można śmiało

rzec, że na naszych oczach rodzi się nowy, hiperspektralny kolor oceanu. Ujmując to językiem spektroskopii mówimy, że czujniki hiperspektralne dostarczają nam praktycznie ciągłego widma promieniowania elektromagnetycznego opuszczającego morską toń. Jednak wraz z wprowadzaniem nowej generacji detektorów konieczne stało się opracowanie nowych metod analizy danych teledetekcyjnych. Metod, które pozwolą na uzyskanie z sygnału satelitarnego większej liczby informacji niż dotychczas, informacji pełniejszych, lepszych i bardziej precyzyjnych.

Jedną z takich metod analizy sygnałów hiperspektralnych jest metoda określana angielską nazwą Spectral Angle Mapper, w skrócie SAM, czyli metoda mapowania kąta spektralnego lub inaczej kąta widmowego. Metoda ta jest dość skomplikowana i nie będę tu przytaczał jej szczegółów. Dla zainteresowanych wspomnę tylko bardzo ogólnie, że z matematycznego punktu widzenia opiera się ona na analizie wektorowej w wielowymiarowej przestrzeni. Dla mniej zainteresowanych tematem dość powiedzieć, że wyniki, które uzyskuje się stosując SAM na lądzie, wydają się obiecujące. Ale czy ta metoda będzie się sprawdzać w znacznie trudniejszym z optycznego punktu widzenia środowisku, jakim jest woda?

Na to pytanie odpowiedzieć ma seria eksperymentów przeprowadzanych wspólnie przez Instytut Oceanografii Uniwersytetu Gdańskiego oraz Instytut Oceanologii Polskiej Akademii Nauk. To przedsięwzięcie otrzymało roboczą nazwę eksperyment TANK (czyli zbiornik). Istotą eksperymentu jest próba przetestowania metody kąta spektralnego w kontrolowanych warunkach laboratoryjnych. W tym celu czarny, matowy zbiornik o średnicy 120 cm i wysokości 140 cm wypełniony został czystą słoną wodą, do której stopniowo dodawano coraz większe stężenia roztworów zawierających określoną monokulturę fitoplanktonu. Światło opuszczające nasz zbiornik było rejestrowane czujnikami hiperspektralnymi, takimi jak te, w które wyposażane są nowoczesne satelity. Zgromadzone w ten sposób widma promieniowania poddałem analizie testowaną metodą Spectral Angle Mapper. Rezultaty były zdumiewająco dobre. Metoda pozwalała bezbłędnie odróżnić widma pochodzące od różnych stężeń danego gatunku fitoplanktonu. Wykazałem, że w kontrolowanych warunkach metoda SAM potrafi rozróżnić pomiędzy sygnałami wychodzącymi z wody zawierającej ten sam gatunek morskiego planktonu, ale różne jego ilości. To bardzo obiecujące wyniki.

Teraz nadszedł czas na drugi etap eksperymentu. Czy testowana metoda będzie w stanie rozróżnić stężenia fitoplanktonu, gdy w badanej wodzie zamiast jednego gatunku znajdować się będzie ich kilka naraz? Cóż, o tym dopiero przyjdzie mi się przekonać. Bowiem praca naukowca nigdy nie jest skończona, zawsze jest tylko w pół drogi.

SatBałtyk - Bałtyk i satelity

Opisany eksperyment nie służy jedynie zaspokojeniu ciekawości naukowej. Wyniki takich badań jak te są niezwykle przydatne. Dzięki nim mamy możliwość rozwijania metod satelitarnego monitoringu mórz i oceanów. I to nie tylko tych dalekich. Opracowane przez polskich naukowców metody z powodzeniem mogą czuwać nad bezpieczeństwem ekologicznym naszego rodzimego morza. Tak właśnie dzieje się w ramach dużego projektu naukowego o nazwie SatBałtyk .

Polscy naukowcy z czterech współpracujących instytutów powołują do życia nowoczesny system satelitarnej kontroli środowiska Morza Bałtyckiego, jednocześnie rozwijając najnowsze metody teledetekcji satelitarnej. To olbrzymie przedsięwzięcie przyniesie nie tylko zysk naukowy, ale także pomoże dbać o stan „zdrowia” naszego morza, a to jest gra naprawdę warta świeczki.

Autor: Mgr Marcin Bukowski, Instytut Oceanologii Polskiej Akademii Nauk, Zakład Fizyki Morza, Pracownia Teledetekcji Morza, Studium Doktoranckie IOPAN.

Źródło:

**Informacje dnia:** [Gwałtowne przerwanie gry komputerowej w złości to ważny sygnał Uniwersytet Wrocławski, PAP i Fundacja PAP podpisały umowę 10 polskich zespołów w zawodach Shell Eco-marathon Poland 2026](#) [Prawie 1,2 mld ludzi na świecie cierpi na zaburzenia psychiczne AGH uruchomiła laboratorium UE Katowice i Śląski Uniwersytet Medyczny uruchamiają nowe kierunki](#) [Gwałtowne przerwanie gry komputerowej w złości to ważny sygnał Uniwersytet Wrocławski, PAP i Fundacja PAP podpisały umowę 10 polskich zespołów w zawodach Shell Eco-marathon Poland 2026](#) [Prawie 1,2 mld ludzi na świecie cierpi na zaburzenia psychiczne AGH uruchomiła laboratorium UE Katowice i Śląski Uniwersytet Medyczny uruchamiają nowe kierunki](#) [Gwałtowne przerwanie gry komputerowej w złości to ważny sygnał Uniwersytet Wrocławski, PAP i Fundacja PAP podpisały umowę 10 polskich zespołów w zawodach Shell Eco-marathon Poland 2026](#) [Prawie 1,2 mld ludzi na świecie cierpi na zaburzenia psychiczne AGH uruchomiła laboratorium UE Katowice i Śląski Uniwersytet Medyczny uruchamiają nowe kierunki](#)

## **Partnerzy**