

O POJĘCIU I DEFINICJI TELEDETEKCJI

(Artykuł dyskusyjny)

Słowo „teledetekcja” składa się z dwóch członów: greckiego *tele* oznaczającego daleko i wskazującego na związek znaczeniowy z odległością oraz łacińskiego *detectio* — wykrywanie. Tak więc termin teledetekcja oznacza zdalne wykrywanie.

Nazwa detektor — powszechnie stosowana w radiotechnice — oznacza przyrząd wykrywający w obwodzie elektrycznym prądy wytworzone przez fale elektromagnetyczne.

Fale elektromagnetyczne — jak wiadomo — są postacią promieniowania elektromagnetycznego. Promieniowanie to jest właściwością wszystkich ciał, uzależnioną od ich temperatury, rodzaju powierzchni, składu fizykochemicznego i innych czynników. Każde ciało o temperaturze wyższej od zera bezwzględnego (-273°C) stanowi źródło promieniowania. Oprócz promieniowania własnego pochłania i odbija promieniowanie innych ciał. Stopień absorpcji, reemisji i emisji promieniowania zależy od natury danego ciała i warunków, w jakich się ono znajduje.

Przez odpowiedni dobór i stosowanie detektorów uczulonych na wybrany zakres promieniowania elektromagnetycznego możliwe jest zdalne wykrywanie określonych ciał lub zjawisk. Może ono dotyczyć określonych obiektów znajdujących się w otoczeniu innych przedmiotów. Oprócz wykrywania obiektów (przedmiotów) będących źródłem promieniowania elektromagnetycznego możliwe jest także badanie niektórych cech fizykochemicznych, biologicznych lub geometrycznych tych obiektów. Zdalne badanie właściwości obiektów, zjawisk lub procesów fizycznych na podstawie emisji ich promieniowania następuje przez rejestrowanie energii tego promieniowania i interpretacje zapisu.

Zbieranie informacji o obiektach (zjawiskach) materialnych na podstawie zapisu energii promieniowania tych obiektów podporządkowane jest ogólnemu prawu równowagi, które ma postać:

$$\text{materia} + \text{energia} + \text{informacja} = \text{constans}$$

Równanie to da się odczytać w sposób następujący. Materia emituje promieniowanie, które jest nośnikiem informacji o tejże materii, jednakże stan materii, jej wypromieniowanie oraz informacja w nich zawarta pozostają w równowadze.

Jeżeli potrafilibyśmy zarejestrować i właściwie zinterpretować całą energię promieniowania danego ciała (obiektu, zjawiska), to zdobylibyśmy pełną informację o badanym obiekcie, zjawisku lub procesie fizycznym. Takie właśnie dążenie wydaje się być celem szeroko pojętej teledetekcji.

Synonimami teledetekcji w innych językach są: w angielskim — *remote sensing*, we francuskim — *télé-détection*, w niemieckim — *Fernerkundung*, w rosyjskim — *дистанционные методы, дистанционное зондирование, исследование на расстоянии*.

Definicja teledetekcji nie jest jednoznacznie sformułowana. Według opracowania Sekretariatu ONZ [1] „teledetekcja jest zespołem metod pozwalających określić naturę albo stan obiektów położonych na powierzchni Ziemi, identyfikować zjawiska, które występują na tej powierzchni, poniżej niej lub nad nią, za pomocą obserwacji dokonywanych z pokładu statku powietrznego lub satelity”.

Inne, zbliżone definicje zdalnego badania Ziemi podaje M. Grzegorzczak [2]. Ujmują one jednakże prowadzenie zdalnego wykrywania i badania wyłącznie w odniesieniu do fragmentów Ziemi z odległości lotu samolotu albo balonu (setki i tysiące metrów) lub odległości lotu sztucznego satelity (setki kilometrów). Zakres widma promieniowania elektromagnetycznego, stosowany w detektorach umieszczonych na statkach powietrznych lub satelitach w celach badania Ziemi, jest ograniczony. Mieści się on w przedziale ultrafiolet — mikrofałe.

W przypadkach prowadzenia teledetekcji z mniejszych odległości (jednostki lub ułamki metrów), a także w innych zakresach fal elektromagnetycznych, wymienione definicje nie będą oddawały istoty rzeczy. Wynika stąd potrzeba opracowania ogólniejszej definicji teledetekcji, tym bardziej że spotykamy się coraz częściej z badaniami teledetekcyjnymi również w skali mikro.

Uogólniona definicja teledetekcji, zgodnie z intencją i celem zdalnego (bezkontaktowego) wykrywania i badania przedmiotów (obiektów), zjawisk i procesów fizycznych, nie powinna ograniczać ani odległości obserwacji, ani też położenia badanego przedmiotu na Ziemi. Oczywiście przedmiotem badania teledetekcyjnego są obrazy obiektu (zjawiska), które mogą dotyczyć jego powierzchni, ale w niektórych przypadkach także warstw lub procesów zachodzących poniżej lub ponad tą powierzchnią.

Ze względu na powszechność stosowania detektorów rejestrujących promieniowanie elektromagnetyczne, a równocześnie znikome obecnie zastosowania zjawisk mechanicznych (grawitacja, fale akustyczne) w teledetekcji te ostatnie nie będą miały wpływu na formułowanie definicji. Należy jednak zaznaczyć, że przy wzroście znaczenia zjawisk mechanicz-

nych w metodach zdalnego wykrywania, a szczególnie gdy nastąpi odkrycie ogólnej teorii łączącej harmonijnie teorie powszechnej grawitacji z kwantową teorią materii, propozycja definicji teledetekcji podana dalej zapewne ulegnie zmianie.

Materiałem wyjściowym opracowywanej obecnie definicji teledetekcji powinny być pojęcia struktury materii, niektóre charakterystyki promieniowania elektromagnetycznego (rys. 1) oraz ogólny sens teledetekcji, polegający na zdalnym zbieraniu informacji o materii.

W uproszczonym modelu struktury materii wyróżnimy jedynie atomy i molekuly. Posiadają one — poza energią potencjalną — energię kinetyczną związaną z ogromnym bogactwem ruchów elektronów i jąder atomowych. W atomie wiruje jądro i obiegające je elektrony. Kilka atomów tworzy molekułę, która sama wiruje, a także wszystkie jej elementy. Prócz energii rotacyjnej cząsteczki mają energię wibracyjną lub tranzytową. Atom lub molekula dysponuje określoną wartością energii, tzn. znajduje się na określonym poziomie energetycznym (prawo Bohra). Poziomów energetycznych jest nieskończenie wiele, a więc jest także nieskończenie wiele przejść pomiędzy poziomami energetycznymi. Przejście z wyższego poziomu energetycznego na niższy oznacza utratę porcji energii czyli kwantu promieniowania. Energia kwantu E jest proporcjonalna do częstotliwości promieniowania ν i wynosi:

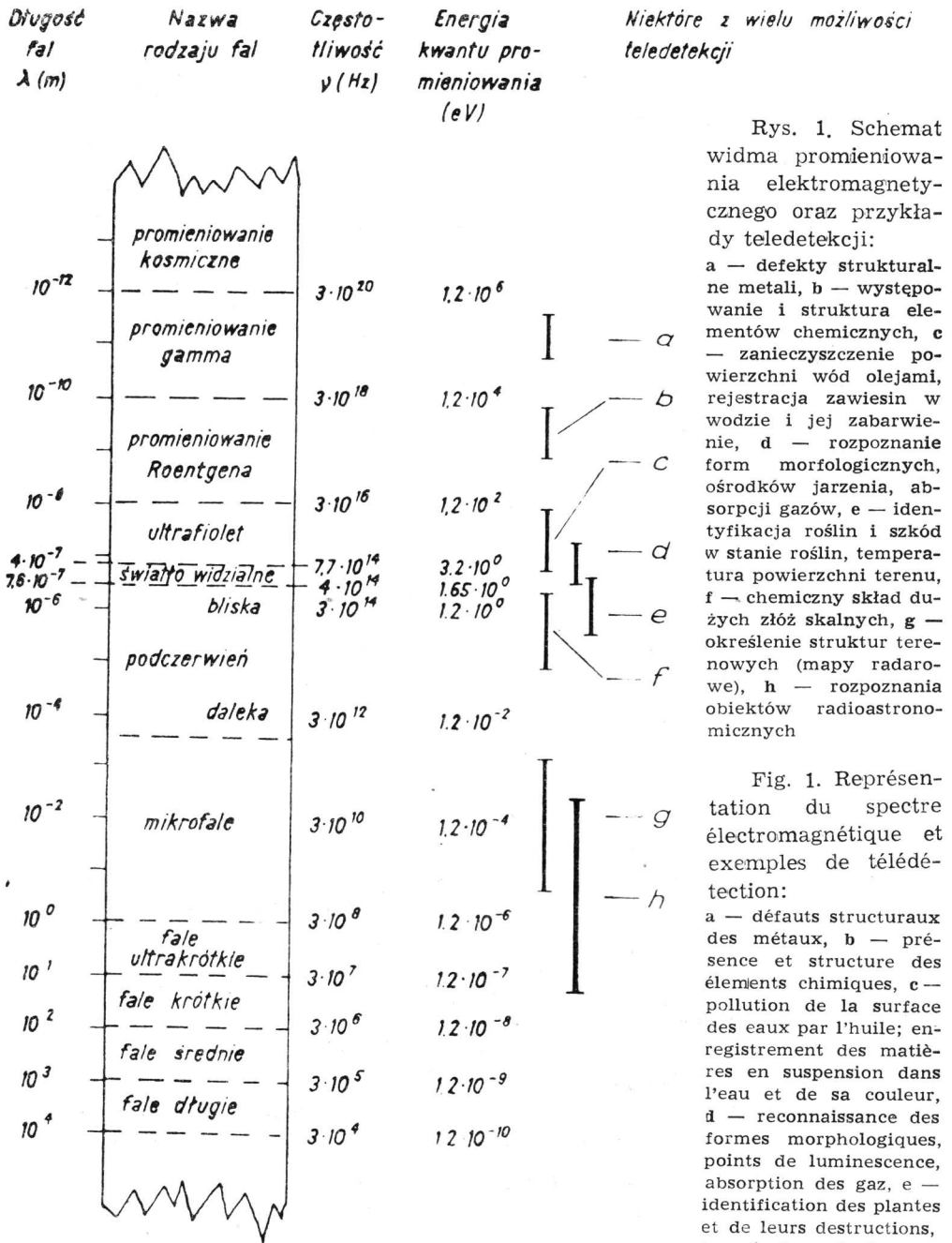
$$E = h \cdot \nu,$$

gdzie:

h — stała Plancka = $6,6 \cdot 10^{-34}$ Js.

Emisja promieniowania przez atomy lub molekuly następuje wtedy, gdy zostały one przeniesione do wyższego poziomu energetycznego, czyli wzbudzone. Istnieją różne sposoby wzbudzania; jednym z nich jest absorpcja promieniowania. Równowaga między materią a promieniowaniem nie polega jedynie na absorpcji i emisji. Jest ona podporządkowana prawu rozkładu energii w widmie promieniowania (prawo Plancka). Oznacza to, że przy stanach wzbudzania, którym odpowiadają przejścia przez wiele poziomów energetycznych, oddziaływanie między atomami lub molekułami daje ciągłe widmo promieniowania. Emitowane promieniowanie nie zawiera już pojedynczych kwantów o częstotliwości ν , lecz ciągłe promieniowanie zawierające wiele częstotliwości ν_i .

Zakres emitowanych częstotliwości promieniowania (rys. 1) jest charakterystyczny dla każdego ciała oraz zależy od warunków, w jakich się ono znajduje. Przy dostatecznym stopniu rozpoznania niektórych właściwości ciała, jak na przykład częstotliwość i energia promieniowania, oraz umiejętności określenia wpływu innych czynników (stopnia absorpcji, „szumów” otoczenia) jest możliwe wykrywanie występowania danych obiektów (ciał). Jeżeli detektor zostanie połączony z urządzeniem do rejestrowania promieniowania, a forma zapisu tego promieniowania okaże



Rys. 1. Schemat widma promieniowania elektromagnetycznego oraz przykłady teledetekcji:

a — defekty strukturalne metali, b — występowanie i struktura elementów chemicznych, c — zanieczyszczenie powierzchni wód olejami, rejestracja zawiesin w wodzie i jej zabarwienie, d — rozpoznanie form morfologicznych, ośrodków jarzenia, absorpcji gazów, e — identyfikacja roślin i szkód w stanie roślin, temperatura powierzchni terenu, f — chemiczny skład dużych złóż skalnych, g — określenie struktur terenowych (mapy radarowe), h — rozpoznania obiektów radioastronomicznych

Fig. 1. Représentation du spectre électromagnétique et exemples de télédétection:

a — défauts structuraux des métaux, b — présence et structure des éléments chimiques, c — pollution de la surface des eaux par l'huile; enregistrement des matières en suspension dans l'eau et de sa couleur, d — reconnaissance des formes morphologiques, points de luminescence, absorption des gaz, e — identification des plantes et de leurs destructions, température de la surface de terrain, f — composition chimique de grands gisements rocheux, g — détermination des structures de terrain (cartes de radar), h — détection des objets radioastronomiques

się przydatna do interpretacji, to zebrana i badana informacja będzie stanowić materiał wyjściowy lub rezultat działania teledetekcyjnego.

Na rys. 1 pokazano niektóre z wielu interdyscyplinarnych możliwości teledetekcji w zależności od podstawowych charakterystyk promieniowania elektromagnetycznego, którymi są długość (λ) i częstotliwość (ν) fali oraz energia promieniowania. Odległość, z jakiej prowadzi się teledetekcję, oraz położenie obiektu, zjawiska lub wykrywanego procesu fizycznego nie są tutaj najważniejsze, tym bardziej że bada się i interpretuje obraz przedmiotu, nie zaś sam przedmiot.

Tak więc ogólniejsza definicja teledetekcji może brzmieć następująco:

Teledetekcja jest zespołem metod pozwalających określić naturę lub stan obiektów i zjawisk oraz ich współzależność z otoczeniem na podstawie rejestracji energii promieniowania badanych przedmiotów i właściwej interpretacji zapisu tego promieniowania.

Określenie natury obiektów dotyczy struktury chemiczno-fizycznej lub biologicznej, a określenie stanu — charakterystyk geometrycznych (topograficznych) lub fizycznych, bądź fizjologicznych.

Rejestracja promieniowania odbywa się dla określonego zakresu widma. Funkcję detektora może spełniać: oko ludzkie, aparat fotograficzny, kamera telewizyjna, kamera termowizyjna, radiometr, spektrometr itp. Detektory te są wyposażone w odpowiedni materiał do rejestracji natężenia promieniowania elektromagnetycznego. Wynik rejestracji natężenia promieniowania elektromagnetycznego może mieć postać: zapisu na siatkówce oka, fotogramu, obrazu telewizyjnego, termogramu, radiogramu, spektrogramu itp. Istnieją także inne postacie zapisu promieniowania elektromagnetycznego oraz zapisy pochodne (przekształcone względem wyjściowych), które znajdują zastosowanie w zależności od celu zdalnego badania oraz wyposażenia aparaturowego do interpretacji obrazów. Pod pojęciem obrazu rozumiemy nie tylko fotogram, spektrogram lub inną z wymienionych postaci rejestracji natężenia promieniowania, lecz także zbiór cech charakterystycznych, które mogą być przedstawione jako zbiory n liczb rzeczywistych.

Klasyfikacja i selekcja cech charakterystycznych obrazów wyrażonych zbiorami liczb są dogodnie w automatyzacji interpretacji. Wtedy rozpoznanie obiektów następuje w procesie tworzenia i rozwiązywania algorytmów. To zautomatyzowane rozpoznanie można przeprowadzać z odpowiednimi ograniczeniami, przez co uzyskuje się rezultaty z określonym stopniem zaufania. Na przykład według danych LARS [3] dokładność automatycznego (komputerowego) rozpoznania obrazów ERST 1 i właściwego sklasyfikowania badanych elementów na 107 działkach próbnych wynosi: 99,40% dla zielonej roślinności, 98% dla gleb i 96,70% dla wody.

Zautomatyzowane rozpoznawanie obrazów ułatwia i przyspiesza pracę interpretera, który opracowuje syntezę rezultatów badania teledetekcyjnego.

Teledetekcja znajduje zastosowanie nie tylko w odniesieniu do obiektów czy fragmentów Ziemi, lecz także do obiektów znajdujących się znacznie bliżej detektorów, jak to ma miejsce na przykład w defektoskopii metalurgicznej, w rentgenografii lekarskiej czy w rozwijającym się nowym dziale mikrobiologii — biostereometrii. Oprócz badania cech obiektów i ich współzależności zachodzi bowiem potrzeba bezkontaktowego badania kształtu, wymiarów i położenia obiektów. Są to typowe cele działalności fotogrametrycznej. Tak więc tradycyjne określenia fotointerpretacji [7] oraz fotogrametrii [8] mieszczą się w pojęciu „teledetekcja” [9]. Również zakres promieniowania elektromagnetycznego stosowany w fotointerpretacji jest zawarty w zakresie stosowanym w teledetekcji (rys. 1), a także pojęcia optyki geometrycznej, na której bazują dotychczas fotogrametria i fotointerpretacja, wchodzą w zakres optyki kwantowej (nieliniowej).

Niektóre osiągnięcia optyki kwantowej, zwłaszcza holografii [4, 5, 6, 10], pozwalają przypuszczać, że stanie się ona także jedną z metod teledetekcji.

Pojęcie teledetekcji będzie rozumiane dwojako:

1) w sposób obecnie przyjęty powszechnie, czyli jako wykrywanie i badanie obiektów i zjawisk na Ziemi z odległości lotu statku powietrznego lub sztucznego satelity Ziemi;

2) w sposób ogólniejszy, obejmując obecne pojęcie fotogrametrii, fotointerpretacji i teledetekcji, a bazując na fizycznej istocie zdalnego wykrywania niezależnie od odległości, z której ono jest prowadzone. Dotyczy to pojęć zarówno w skali makroskopowej, jak i mikroskopowej, a także wykrywania, rozpoznawania i wnioskowania o obiektach, zjawiskach i procesach fizycznych na podstawie odpowiedniej interpretacji ich obrazów uzyskanych sposobem bezkontaktowym.

LITERATURA

- [1] *Background Paper by the Secretary-General assising United Nations Documents and other pertinent Data related to the Subjekt of Remonte Sensing of the Earth by Satellites*, A/AC. 105/98, 20 01 1972.
- [2] GRZEGORCZYK M., 1975: *Zdalne badanie środowiska ziemskiego z przestrzeni kosmicznej*, [w:] *Prawo a ochrona środowiska*, pod red. L. Łustacza, Ossolineum, Wrocław—Warszawa—Kraków—Gdańsk.
- [3] LARS-Purdue 1973, Focus Number 2, Cover Type Classification, The Laboratory for Applications of Remonte Sensing, Purdue University, West Lafayette, Indiana, USA.
- [4] LEHMANN M., 1970: *Holography — Technique and Practice*, Focal Press, London, New York.

- [5] OSTROWSKI J. I., 1973: *Geografija i jejo primienienije*, Izd. Nauka, Leningrad.
- [6] PIEKARA A., 1968: *Nowe oblicze optyki*, PWN, Warszawa.
- [7] SMIRNOW L. J., 1970: *Teoretyczne podstawy fotointerpretacji*, PWN, Warszawa.
- [8] ŚWIĄTKIEWICZ A., 1977: *Fotogrametria*, PWN, Warszawa.
- [9] ŚWIĄTKIEWICZ A., 1977: *Fotogrametria i teledetekcja w inżynierii rolnej i wodnej*, [w:] *Zeszyty naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu nr 6*, Rozprawy.
- [10] VIENOT I., ŚMIGIELSKI P., ROYER H., 1975: *Holografia optyczna*, Wyd. Naukowo-Techniczne, Warszawa.

ANDRZEJ ŚWIĄTKIEWICZ

ABOUT AN IDEA AND DEFINITION OF REMOTE SENSING
(Article for discussion)

S u m m a r y

Etymological and semantic idea of the word „teledetection” in reference to the essence of detection and information collecting about matter on the basis of recording of radiation energy and proper interpretation of this radiation record were discussed in this paper.

Critical approach was applied in reference to the definition of teledetection worked out by the UN Secretariat.

Suggestion of more general definition of teledetection was made on the basis of some principles of matter structure and characteristics of electromagnetic radiation as well as the meaning of guided detection and collecting of information.

ANDRZEJ ŚWIĄTKIEWICZ

NOTION ET DÉFINITION DE LA TÉLÉDÉTECTION
(Article discussif)

R é s u m é

Dans cette étude est discuté la notion étymologique et sémantique du mot „télé-détection”. Il se rattache essentiellement à la détection à distance et au recueil des informations sur la matière grâce à l'enregistrement de l'énergie du rayonnement et son interprétation précise.

Une attitude critique a été prise à l'égard de la définition de la „télé-détection” élaborée par le Secrétariat de l'ONU.

Des propositions plus générales ont été formulées en ce qui concerne sa définition qui englobe certaines notions de structure de la matière, la caractéristique du rayonnement électromagnétique, aussi que le sens de détection à distance.