FOTOINTERPRETACJA W GEOGRAFII
24 PROBLEMY TELEGEOINFORMACJI
WARSZAWA 1994

Katarzyna Dąbrowska-Zielińska*

Określanie wilgotności gleby z danych rejestrowanych przez satelity NOAA i ERS-1**

*Determination of soil moisture on the basis of data registered by NOAA and ERS-1 satellites****

The study is based almost entirely on the images taken by the scanner AVHRR from aboard of the meteorological satellites of the NOAA series. In the last years the images from ERS-1 SAR in microwaves have been used for soil moisture investigation.

Although the spatial resolution of the images from the meteorological satellites is quite limited, of the order of 1 km directly under the satellite, this resolution turned out to be sufficient for the assessment of the state of plants and estimation of soil moisture, especially on the scale of regions, mesoregions or whole countries. Low resolution of the meteorological images is compensated for their accessibility and price.

Numerous of information, necessery for the assessment of plant condition and soil moisture cannot be obtained uniquely from the data registered with the satellite photo-graphs. That is why it is necessery to make use of an additional source of information, constituted by the results of observations of the state of atmosphere, registered within the meteorological stations. The author tried to make use of these meteorological data which are commonly gathered in meteorological stations or which can relatively easily be deduced from other, more easily accessible data.

The scanner AVHRR, records the electromagnetic radiation reflected and emitted from the surface of the earth, records its intensity in various parts of the spectrum in the form of accumulated values. These values are not directly useful in the study of objects located at the surface of the earth and so it is necessary to turn them into the information on the magnitude of spectral reflection and radiation temperature of the considered objects. In this case the damping influence of atmosphere on the intensity of radiation, on especially of the long wave radiation, should be accounted for. the decisive role in absorption of radiation by the atmosphere is played by water vapour, whose quantity in the atmosphere changes both in time and in space. That is why, in order to account for the presence of water vapor in the atmosphere and to assess quantitatively its influence on the measurements of temperature of objects, a detailed analysis was carried out as presented in Dąbrowska-Zielińska et all (1994).

Thermaly energy of plants is function of their temperature. Temperature of plants is regulated in the process of heat exchange with the environment through radiation, convection and transpiration. Monteith and Szeicz (1962) defined the temperature of plants as the temperature of equilibrium between the input of energy from solar radiation and the losses which arise in heat production between the plants and the air.

Temperature of grasses, registered by the radiometer AVHRR/NOAA, was used for calculation of the magnitude of evapotranspiration by introduction of the method of heat balance. The data necessary in this method were acquired by the present author from the satellite images and the meteorological stations.

---

* Dr Katarzyna Dąbrowska-Zielińska, Instytut Geodezji i Kartografii, Ośrodek Teledetekcji i Informacji Przestrzennej, ul. Jasna 2/4, 00-950 Warszawa, Tel.: (48 22) 26 42 21 w. 338, Fax: (48 22) 27 03 28.

** Artykul ten stanowi skrót referatu wygłoszonego na XV Ogólnopolskiej Konferencji Fotointerpretacji i Teledetekcji, Warszawa, 21 września 1994 roku.

*** *Paper presented of the XV Polish Conference of Photo-interpretation and Remote Sensing, held in Warszaw on September 21st, 1994.*

The studies conducted imply that by using the data obtained from the satellite images, complemented with the results of meteorological observations, the magnitude of evapotranspiration can be estimated with the accuracy of approximately 10%. Since the estimation is performed at the instant when the satellite is passing, the evapotranspiration calculated is the current or instantaneous one. It is possible that the estimation is not very accurate, but it refers to all the areas represented in the images through individual pixels. Thus, there is no need whatsoever of extrapolating the results of estimation of evapotranspiration, so changeable both in time and in space. This is namely related to the capacity of the authentic estimation of availability of water for the plants, and not only of the hypothetical value, based most frequently upon the geometric extrapolation of measurements made as a rule in few points within the territory of the whole country. The calculated actual evapotranspiration was then used to determine the soil moisture in the root zone of plants. The ratio of sensible to implicit heat density was adopted as the indicator of soil moisture, this indicator was afterwards used in estimation of the biomass of grasses.

The radar images taken by the satellite ERS-1/SAR were also made use of in the study of soil moisture.

The study carried out indicates that there is a strong relation between the indicator of backward dispersion, which characterizes the intensity of the signal reaching back the radar, and the moisture of soil covered with plants. Still, the relations mentioned can be considered within the framework of classes of plant coarseness. These classes were distinguished through the values of Leaf Area Index (LAI), determined with the help of data registered by AVHRR/NOAA (Dąbrowska-Zielińska et al., 1994).

In the analyses carried out soil moisture was replaced by the moisture indicator being the difference between the plant temperature registered in thermal infrared and the temperature of the environment. High agreement was obtained between this indicator and the coefficient of backward dispersion. That is why conjunction of data gathered from the satellites NOAA and ERS-1 provides more complete information on the conditions of plant growth (Dąbrowska- Zielińska et al., 1994).

Summarizing, the author would like to propose that when both the satellite images and the results of meteorological observations are available then there exists the possibility of monitoring the soil and plant conditions. The data obtained will be introduced into the plant crop yield forecasting models.

Jednym z głównych czynników decydujących o wielkości produkcji roślinnej jest wilgotność gleby. Przy wystarczającej ilości wody roślinność rozwija się optymalnie. Trudny dostęp do wody lub jej brak odbija się niekorzystnie na wzroście roślin i zmniejsza ich plony. Oszacowanie wielkości plonów z wyprzedzeniem jest niezmiernie ważne ze względu na konieczność uzupełnienia brakujących pasz, lub zawierania kontraktów na ich export. Główny Urząd Statystyczny, informując o wielkości produkcji pasz zielonych, wykorzystuje dane zbierane z określonych punktów terenowych. Dane te przenoszone są na cały obszar produkcji traw. Metoda ta jest pracochłonna ze względu na liczbę punktów pomiarowych. Również prognoza plonów oparta jedynie na pomiarach parametrów meteorologicznych nie jest w pełni dokładna, ponieważ brakuje istotnej informacji dotyczącej samych roślin. W tej sytuacji wydaje się, że niedostatki stosowanych dotychczas metod mogą być uzupełnione za pomocą teledetekcji satelitarnej, która jest w stanie dostarczyć danych niezbędnych do szacowania wielkości plonów z trwałych użytków zielonych. Dane te mogą być zbierane ze stosunkowo dużą częstotliwością i to w dodatku z dużych obszarów.

Metody określania wilgotności gleb są metodami punktowymi co przy ogromnej zmienności przestrzennej tego zjawiska sprawia, że ekstrapolacja wyników na duże obszary jest wielce problematyczna. Pracochłonność tradycyjnych metod określania wilgotności gleb czyni je nieprzydatnymi w przypadku konieczności wykonywania pomiarów z dużą częstotliwością, odpowiadającą czasowej zmienności wartości wilgotności gleb w ciągu okresu wegetacyjnego. Od wielu lat prowadzone są próby zastosowania teledetekcji do określania wilgotności gleby. Wiadomo, że najbardziej przydatne w określaniu uwilgocenia gleb są metody wykorzystujące promieniowanie mikrofalowe. Charakterystyczną cechą tego zakresu promieniowania jest fakt, że wnika ono w powierzchniową warstwę gleby na głębokość zależną od jej wilgotności, zatem analiza odbicia promieniowania mikrofalowego od gleby może dostarczyć bezpośrednich informacji o jej wilgotności. Z metodami opierającymi się o rejestrację promieniowania mikrofalowego wiąże się duże nadzieje, zwłaszcza wobec wprowadzenia na orbitę satelity ERS-1, którego sensor uczulony jest na milimetrowy zakres spektrum elektromagnetycznego. Trzeba również dodać, że rejestracja mikrofalowa nie jest uzależniona od warunków atmosferycznych, w tym zachmurzenia, jednak satelita ERS-1 rejestruje tę samą powierzchnię Ziemi co 35 dni, a więc dla badań nad zmiennością uwilgotnienia gleb na terenach rolniczych jest to zbyt rzadko. Pozyskane informacje mogą uzupełniać pomiary w podczerwieni termalnej gdy niebo pokryte jest chmurami.

W badaniach wilgotności gleb do tej pory stosowane są metody wykorzystujące długofalowe promieniowanie podczerwone. W przypadku gleb niepokrytych roślinnością dobre wyniki można otrzymać wykorzystując zjawisko bezwładności cieplnej gruntów, które to zjawisko zależy głównie od ilości wody w glebie. Jest to tak zwana metoda inercji termalnej, wykorzystująca różnice pomiędzy maksymalną i minimalną temperaturą powierzchni gruntów w ciągu doby. W przypadku pokrycia terenu roślinnością różnica tych wartości nie odzwierciedla wilgotności gleby (Price, 1985). Z przeprowadzo-

nych wcześniej prac (Dabrowska-Zielinska, 1989) wiadomo, że nie istnieje bezpośrednia zależność pomiędzy wilgotnością gleby pokrytej roślinnością a radiacyjną temperaturą roślin. Natomiast temperatura ta może być wykorzystana do oszacowania ewapotranspiracji, która może być zasadniczym wskaźnikiem szacunku wielkości plonów, gdyż na jej podstawie można wnioskować o niedoborach wilgotności w strefie korzeniowej roślin.

Czteroletnie badania, w trakcie których poszukiwana była relacja między parametrami charakteryzującymi rozwój roślin łąkowych i stosunkami wilgotnościowymi w glebie a informacjami o tych roślinach i ich podłożu zarejestrowanymi na zdjęciach satelitarnych, wskazują, że takie relacje rzeczywiście istnieją. Można zatem, wykorzystując zdjęcia satelitarne ocenić stan roślin a także szacować wielkość spodziewanych plonów z dokładnością nawet większą niż jest to możliwe do otrzymania za pomocą dotychczas stosowanych metod prognostycznych.

W badaniach wykorzystano niemal wyłącznie zdjęcia wykonane skanerem AVHRR z pokładów satelitów meteorologicznych serii NOAA. W ostatnim roku zostały wprowadzone zdjęcia pochodzące z pomiarów wykonanych w zakresie mikrofal przez SAR z pokładu satelity ERS-1.

Wprawdzie rozdzielczość przestrzenna zdjęć z satelitów meteorologicznych jest niewielka, rzędu 1 km w punkcie podsatelitarnym, ale jak się okazało wystarczy ona do oceny stanu roślin i szacowania wilgotności gleby, zwłaszcza w skali regionalnej. Ten mankament zdjęć meteorologicznych jest dyskontowany ich dostępnością i ceną.

Wielu informacji niezbędnych w ocenie stanu roślin i szacowania wilgotności gleby nie można pozyskać wyłącznie z danych zarejestrowanych na zdjęciach satelitarnych. Stąd konieczne jest korzystanie z dodatkowego źródła informacji jakim są wyniki obserwacji stanu atmosfery rejestrowane na stacjach meteorologicznych. W badaniach tych starano się korzystać z tych danych meteorologicznych, które są powszechnie zbierane na stacjach meteorologicznych, lub które można stosunkowo łatwo wyprowadzić z innych bardziej dostępnych danych

Skaner AVHRR, dokonując rejestracji promieniowania elektromagnetycznego odbijanego i emitowanego z powierzchni Ziemi, zapisuje jego natężenie w różnych przedziałach widma w postaci wartości zwanych zliczeniami. Te wartości nie są bezpośrednio przydatne w badaniach obiektów znajdujących się na powierzchni Ziemi i stąd trzeba je zamienić na informacje o wielkości odbicia spektralnego i temperaturze radiacyjnej określanych obiektów. W tym przypadku trzeba uwzględnić wpływ atmosfery na tłumienie promieniowania, a zwłaszcza promieniowania długofalowego. Decydującą rolę w tym tłumieniu odgrywa para wodna, której ilość w atmosferze zmienia się zarówno w czasie jak i przestrzeni. Stąd też aby uwzględnić obecność pary wodnej w atmosferze i ocenić liczbowo jej wpływ na pomiary temperatury obiektów została przeprowadzona szczegółowa analiza w pracy K.Dąbrowskiej- Zielińskiej (1994).

Energia cieplna roślin jest funkcją ich temperatury. Temperatura roślin regulowana jest w procesie wymiany ciepła z otoczeniem poprzez wypromieniowanie, konwekcję oraz transpirację. J.L.Monteith i G.Szeicz (1962) zdefiniowali temperaturę roślin jako temperaturę równowagi między przychodem energii z radiacji słonecznej i stratami jakie powstają przy wytworzeniu się ciepła jawnego i utajonego pomiędzy rośliną a powietrzem.

Temperatura traw rejestrowana przez radiometr AVHRR/NOAA została zastosowana do obliczenia wielkości ewapotranspiracji wprowadzając metodę bilansu cieplnego. Dane niezbędne w tej metodzie pozyskano ze zdjęć satelitarnych i stacji meteorologicznch.

Z przeprowadzonych badań wynika, że wykorzystując dane wyprowadzone ze zdjęć satelitarnych i uzupełniając je wynikami obserwacji meteorologicznych, można szacować wielkość ewapotranspiracji z dokładnością około 10%. Ponieważ szacunku tego dokonuje się na moment przelotu satelity, a więc jest to ewapotranspiracja aktualna. Być może, że szacunek ten nie jest dokonany z dużą dokładnością, ale odnosi się on do wszystkich obszarów przedstawionych na zdjęciu za pomocą poszczególnych pikseli. Nie ma więc potrzeby dokonywania jakichkolwiek ekstrapolacji wyników oceny ewapotranspiracji tak zmiennej nie tylko w czasie, ale i przestrzeni. A więc, umożliwia ocenę autentycznej dostępności roślin do wody, a nie przypuszczalnej, opartej o geometryczną ekstrapolację pomiarów dokonywanych z reguły w kilku punktach na obszarze całego kraju. Z obliczonej ewapotranspiracji aktualnej określono wilgotność gleb w strefie korzeniowej roślin. Za wskaźnik wilgotności gleby przyjęto iloraz gęstości ciepła jawnego do utajonego. Wskaźnik ten wykorzystano następnie do szacowania wielkości biomasy traw.

Do badań nad wilgotnością gleby zostały również wykorzystane zdjęcia radarowe wykonane przez satelitę ERS-1/SAR.

Z przeprowadzonych badań wynika, że istnieje duży związek pomiędzy współczynnikiem wstecznego rozpraszania, który charakteryzuje intensywność sygnału dochodzącego do radaru a wilgotnością gleby pokrytej roślinnością. Jednak relacje te mogą być rozpatrywane w ramach klas szorstkości roślinności. Klasy te zostały wyróżnione poprzez wartości „Współczynnika Powierzchniowego Liści" (LAI) określonego za pomocą danych rejestrowanych przez AVHRR/NOAA (Dąbrowska-Zielińska i in., 1994).

W prowadzonych analizach, wilgotność gleby została

zastąpiona przez wskaźnik wilgotności stanowiący różnicę pomiędzy temperaturą roślin rejestrowaną w podczerwieni termalnej a temperaturą otoczenia. Uzyskano dużą zgodność pomiędzy tym wskaźnikiem a współczynnikiem wstecznego rozpraszania. Stąd też połączenie danych uzyskanych z satelity NOAA i ERS-1 daje pełniejsze informacje o warunkach wzrostu roślin (Dąbrowska-Zielińska i in., 1994).

Rekapitulując należy stwierdzić, że przy dostępności zdjęć satelitarnych i wyników obserwacji meteorologicznych istnieje możliwość monitorowania warunków glebowo-roślinnych. Uzyskane dane zostaną wprowadzone do modeli prognoz plonów.

Literatura

Dąbrowska-Zielińska K., 1989: Określenie ewapotranspiracji i wilgotności gleb w strefie korzeniowej roślin metodami i teledetekcyjnymi. *Prace Instytutu Geodezji i Kartografii*, T. 36, z. 1-2.

Dąbrowska-Zielińska K., Gruszczyńska M., Janowska M., Stankiewicz K., 1994: Use of ERS-1 SAR data for soil moisture assessment. *Proceedigs ERS-1 Users Meeting*, Toledo, Spain.

Monteith J.L., Szeicz G., 1962: Radiative temperature in the heatbalance of natural surfaces. *Quart. Journal Royal Meteorological Society*, 88: 496-50.

Price J.C., 1985: On the analysis of thermal infrared imagery: the limited utility of apparent thermal inertia. *Remote Sensing of Environment*, Vol. 18, No 1, ss. 59-73.

Maszynopis złożono w Redakcji: 1994.10.24.

ZAKŁAD TELEDETEKCJI ŚRODOWISKA
WYDZIAŁ GEOGRAFII I STUDIÓW REGIONALNYCH
UNIWERSYTETU WARSZAWSKIEGO

PROWADZIMY SZKOLENIE W ZAKRESIE PODSTAW TELEDETEKCJI, JEJ WYKORZYSTANIA W BADANIACH ŚRODOWISKA GEOGRAFICZNEGO ORAZ PRZY SPORZĄDZANIU RÓŻNEGO RODZAJU EKSPERTYZ Z ZAKRESU OCHRONY ŚRODOWISKA

❐

PROWADZIMY BADANIA ŚRODOWISKA I JEGO DYNAMIKI METODAMI I ŚRODKAMI TELEDETEKCJI LOTNICZEJ I SATELITARNEJ, WSPERAJĄC JE BADANIAMI NAZIEMNYMI. SPECJALIZUJEMY SIĘ W BADANIACH STRUKTURY ŚRODOWISKA I JEGO WYKO-RZYSTANIA, W BADANIACH RZEŹBY, GLEB, WÓD ŚRÓDLĄDOWYCH, SZATY ROŚLINNEJ, STRUKTURY FUNKCJONALNEJ MIAST ORAZ INFRASTRUKTURY TECHNICZNEJ TERENÓW ROLNICZYCH

❐

DO PRZEDSTAWIANIA WYNIKÓW BADAŃ WYKORZYSTUJEMY GEOGRAFICZNE SYSTEMY INFORMACYJNE

❐

WYKONUJEMY RÓWNIEŻ OPRACOWANIA KARTOGRAFICZNE — MAPY PRZYRODNICZE TERENÓW CHRONIONYCH

❐

POLECAMY NASZE USŁUGI

ZAINTERESOWANYM INSTYTUCJOM PAŃSTWOWYM, SAMORZĄDOWYM I PRYWATNYM

ZAKŁAD TELEDETEKCJI ŚRODOWISKA, WYDZIAŁ GEOGRAFII I STUDIÓW REGIONALNYCH UW
KRAKOWSKIE PRZEDMIEŚCIE 30 00-927 WARSZAWA
TEL. 62-00-381 WEW. 654, FAX: 261-965