

Vergleich von Algorithmen zur Modellierung von hydrologischen Parametern mit Hilfe von flugzeuggetragenen Radarsensoren (ESAR)

I. Hajnsek, T. Busche, C. Schmullius und P. Ergenzinger

Einleitung

Der Bodenwasserhaushalt und die Topographie der Erdoberfläche stehen im Fokus verschiedener Disziplinen, insbesondere der Agrar-, Bio-, und Geowissenschaften. Gefordert wird nicht nur ein Kenntnis des kleinräumigen Bodenwassergehaltes und der Oberflächentopographie an einigen wenigen Standorten, sondern quantitative Aussagen dieser Zustandsgrößen über flächendeckende Gebiete. Einen sinnvollen Beitrag leistet die Radarfernerkundung, die sich der elektromagnetischen Reflexions- und Emissionseigenschaften der Erdoberfläche bedient, um hydrologische Landoberflächenparameter zu gewinnen.

In der Radarfernerkundung wird das rückgestreute Radarsignal (σ) durch die dielektrischen und geometrischen Eigenschaften des Bodens bestimmt. Der Begriff der Rauigkeit (s) wird als Standardabweichung der Höhenvariationen (rms-Höhe) definiert. Zur Invertierung von Bodenfeuchte und Rauigkeit von spärlich bis vegetationslosen landwirtschaftlichen Flächen sind theoretische Modelle, empirische Modelle und semi-empirische Modelle bekannt. In der Literatur zeigen vor allem die semi-empirischen Modelle vielversprechende Ergebnisse, die mit dem Elbe-Radardatensatz auf ihre Zuverlässigkeit, Genauigkeit und Übertragbarkeit getestet werden sollen. In dieser Arbeit wurden zwei semi-empirische Algorithmen verglichen, Oh et al. (1992) [1] und Dubois et al. (1995) [2], die es ermöglichen aus dem Rückstreusignal die Bodenfeuchte [m_v] und die Oberflächenrauigkeit [k_s] von spärlich bedeckten bis vegetationslosen landwirtschaftlichen Flächen zu extrahieren.

Datensatz und Untersuchungsgebiet

Das flugzeuggetragene Experimentelle Synthetic Aperture Radar (SAR)-System der DLR wurde am Institut für Hochfrequenztechnik entwickelt. Zur Modellierung und Invertierung von Bodenfeuchte und Rauigkeit an der Erdoberfläche wurde das C- und L-band verwendet. Das Untersuchungsgebiet liegt im Bereich der mittleren Unterelbe und erstreckt sich von Fluss-km 465 bei Cumlosen bis Fluss-km 485 bei Lenzen. Das Gebiet hat eine Größe von 15 km Länge und 5,4 km Breite. Die Überflüge und die dazu gehörigen Geländekartierungen fanden im April und August 1997 statt. Während der Flugzeugkampagne wurden von 18 landwirtschaftlichen Flächen Geländeaufnahmen zur Bodenfeuchte und Rauigkeit an der Erdoberfläche durchgeführt.

Methode

Die verwendeten empirischen Modelle beruhen auf Regressionsanalysen von Rückstreuintensitäten, die in bestimmten Gültigkeitsbereichen einsetzbar sind. Nach [2] müssen die Radarwerte im L-Band die Bedingung $hh/vv < 1$ und $hv/vv > -11$ dB erfüllen. Die Invertierung der Dielektrizitätskonstante aus dem Rückstreusignal beruht auf der Ratio der kopolarisierten Frequenz, hingegen wird die Rauigkeit mit der Ratio der

kreuzpolarisierten Frequenz berechnet. Als Ergebnis der Modelle erhalten wir den Real-Teil der Dielektrizitätskonstante. Die Konvertierung von der Dielektrizitätskonstante in die volumetrische Bodenfeuchte erfolgte nach einer polynomialen Beziehung.

Ergebnisse und Diskussion

In folgenden werden die wichtigsten Ergebnisse kurz zusammengefaßt:

- Mit Ausscheidung der Werte im Radarbild nach den Gültigkeitsbedingungen von [1,2] sind weniger als ca. 40 % der Werte, die ein Testfeld bilden zur weiteren Verwendung gültig.
- Beim linearen Vergleich zwischen gemessener und invertierter Bodenfeuchte (m_v) aus dem OH-Modell sowie aus dem DUBOIS-Modell erhalten wir eine eindeutige Unterbewertung der invertierten Werte.
- Beim linearen Vergleich zwischen gemessener und invertierter Rauigkeit (k_s) erhalten wir im OH-Modell wie im DUBOIS-Modell eine Überbewertung der Ergebnisse.

Ein Grund für die hohe Anzahl der ausgeschiedenen Werte der Testflächen liegt in der Annahme der Modelle, daß nur Oberflächenstreuung, auf den vegetationslosen landwirtschaftlichen Flächen wirkt. Zu beobachten ist aber, daß auf den Testflächen eine Überlagerung von mehreren Rückstreumechanismen auftreten. Nicht nur Oberflächenstreuung, sondern auch Volumenstreuung, bei sehr trockenen Boden wie auch Mehrfachstreuung und Streuung an der Vegetation sind präsent. Die geringen Korrelationen der invertierten Werte liegen wahrscheinlich in der ungenauen Systemkalibrierung des Radarsensors, die nach [2] eine relative Kalibrierung von weniger als 0,5 dB und eine absolute Kalibrierung von weniger als 2 dB erreichen sollte. Die relative Kalibrierung beim ESAR für das verwendete L-Band liegt bei 1 dB und die absolute bei 3 dB. [2] gibt an, daß bei einer Abweichung der vorgegebenen Kalibrierung ein Fehler um mehr als 5 % hervorrufen kann. Die Abweichungen zwischen den gemessenen und invertierten Werten liegen bei vielen Testflächen höher als 5 %.

Ausblick

Nach neueren Arbeiten liefern komplexe Radardatensätze ein vielversprechendes Ergebnis, hierbei werden nicht nur die Intensitäten sondern auch die Phaseninformationen zur Bestimmung von Bodenfeuchte und Rauigkeit an der Erdoberfläche verwendet. Die kürzlich erschienene theoretische Arbeit von Papathanassiou (1999) Forschungsbericht der DLR eröffnet erstmalig die Möglichkeit die Phaseninformation und deren Höhe zu bestimmen. Dies bedeutet, daß sowohl der Vegetationstyp wie auch seine Höhe und Dichte ermittelt werden kann. Allerdings muß die Genauigkeit der Höhen noch empirisch verifiziert werden. Damit werden weitere wertvolle Informationen als Input für die hydraulische Modellierung erhalten.

Referenzen

[1] Y. OH, K. SARABANDI and F.T. ULABY(1992): "An Empirical Model and an Inversion Technique for Radar Scattering from Bare Soil Surfaces", IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, vol. 30 no.2, pp. 370-381. [2] P. C. DUBOIS, J.J. VAN ZYL and J. ENGMAN (1995): "Measuring Soil Moisture with Imaging Radar", IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, vol. 33, no. 4, pp. 915-926.