

7/1
Dr. F. LEBERL¹ und Dr. A. F. H. GOETZ², Jet Propulsion Laboratory, California
Institute of Technology, Pasadena, Kalifornien

Entwicklungstendenzen der digitalen Bildtechnik³

Zusammenfassung

Die digitale Bildtechnik greift seit Bestehen des erdumkreisenden LANDSAT-Satelliten rasch in den Geowissenschaften um sich. Digitalverfahren entwachsen ihren Kinderschuhen, gewinnen an Komplexität, erschließen sich neue Anwendungsgebiete und führen zu überzeugenden praktischen Resultaten. Der vorliegende Aufsatz versucht, die nähere Zukunft der digitalen Bildtechnik, im besonderen der Bildverarbeitung, zu analysieren.

1. Einleitung

Der heutige Stand der digitalen Bildverarbeitung ist im wesentlichen das Ergebnis von zwei ursprünglich voneinander unabhängigen Entwicklungen: im Rahmen des amerikanischen Raumforschungsprogrammes wurden ab etwa 1964 Aufnahmen des Mondes und von Planeten elektronisch zur Erde übermittelt. Die Aufnahmen eigneten sich ideal für Verarbeitung im Computer und führten am Jet Propulsion Laboratory (JPL) zur Errichtung eines digitalen Bildverarbeitungssystems, das im wesentlichen auf die Erfordernisse der schwarz-weißen Einzelbilder der Oberfläche von Planeten abgestimmt war (Programmsystem "VICAR"). Ziel dieses Systems war die Verbesserung der Bildqualität und -geometrie als Vorbereitung für eine klassische Photointerpretation.

Unabhängig davon begann etwa 1966 an der Purdue Universität in Indiana der Aufbau eines Systems zur digitalen Verarbeitung von Multispektralbildern der Erdoberfläche, mit dem Ziel, klassische Photointerpretation durch den Computer ausführen zu lassen (Programmsystem "LARSYS").

¹ Forschungsbeauftragter des U. S. National Research Council

² Leiter der Abteilung für Planetologie und Ozeanographie

³ Auszug aus "Übersicht über den gegenwärtigen Stand der digitalen Bildverarbeitung", von F. Leberl und A. F. H. Goetz, zur Veröffentlichung eingereicht bei der "Österreichischen Zeitschrift für Vermessungswesen und Photogrammetrie".

Obwohl die anfänglich unverträglichen Zielstellungen der Bildverarbeitungsgruppen des JPL und der Purdue Universität einander in den letzten Jahren näherwachsen, so besteht doch derzeit noch die Frage, ob digitale Bildverarbeitung zur Automatisierung der Photo-interpretation, oder aber nur als Vorbereitung dazu dienen soll. Diese und andere Fragen über die Entwicklung der digitalen Bildtechnik werden im folgenden besprochen. Drei gesonderte Abschnitte werden der digitalen Bildformung, der Verarbeitung von Digitalbildern und den Anwendungsbereichen dieser Technologie gewidmet.

2. Entwicklungstendenzen in der digitalen Bildformung

Die meist gebräuchliche Herstellung von Digitalbildern geschieht derzeit elektromechanisch-optisch. Diese Verfahren sind in der Thermal- und Multispektralzeilenabtastung, sowie in abtastenden Mikrodensitometern verwirklicht.

Videokameras, Bilddissektoren, Kathoden- und Elektronenstrahlgeräte gehören zur Klasse der elektronischen Verfahren, welche erst analoge Videosignale produzieren, die auf einfache Weise in Digitalform umgewandelt werden können.

Die zukunftsreichste Entwicklung der digitalen Bildformung ist der "Solid State Array". Dies ist eine lineare oder zwei-dimensionale Anordnung von lichtempfindlichen Elementen. Gegenwärtig ist dieses Aufnahmegerät noch nicht voll wettbewerbsfähig. Jedoch wird erwartet, daß es in Zukunft im Kontrastbereich, Geometrie und Auflösung andere Verfahren übertreffen wird.

3. Entwicklungstendenzen in der Verarbeitung von Digitalbildern

Die folgenden Stichworte fassen die gegenwärtigen Entwicklungstendenzen in der digitalen Bildverarbeitung zusammen: Parallelrechner, Hybridsysteme, Bildkorrelation, Klassifizierung, Form- und Texturerkennung, on-line Verarbeitung in Echtzeit.

Die Einführung von Parallelrechnern ("Associative Array Processor") stellt eine wesentliche Kostenverringerung der digitalen Bildverarbeitung dar. Hier wird in der zentralen Recheneinheit in jedem Moment nicht nur eine einzige Operation ausgeführt, sondern eine große Anzahl von Operationen kann simultan geschehen, so daß Vektor- und Matrizenrechnungen ungemein beschleunigt werden. Dies ist gerade in der Verarbeitung von Bildern von großem Vorteil.

In der Frage der analogen versus digitalen Bildverarbeitung neigt man dazu, die ursprünglichen Gegensätze zugunsten einer hybriden Entwicklung verwischen zu lassen. Analogverfahren sind bekanntlich schneller und einfacher, aber auch weniger flexibel und genau als digitale Methoden. Hybridsysteme könnten die Vorteile beider Konzepte vereinigen.

Die Bildkorrelation (oder Bildregistrierung) bringt überlappende Bilder mit dem Ziel zur Deckung, Mosaik herzustellen, Veränderungen in multitemporalen Bildern zu erkennen oder Parallaxen zu messen. Die meisten Bildverarbeitungssysteme verfügen über einfache Programme zur Bildkorrelation. Anstrengungen zur Entwicklung eines digitalen Gegenstückes zu photogrammetrischen Bildkorrelatoren sind aber jüngsten Datums. Bisher erreichte Genauigkeiten der Parallaxmessung sind vergleichbar mit der von topographischen photogrammetrischen Analoggeräten.

Verwandt mit dem Problem der Bildkorrelation ist die digitale Herstellung von Orthophotos durch Verschmelzen eines Bildes mit einem digitalen Höhenmodell. Beim astrogeologischen Zentrum des U.S. Geological Survey wird diese Verschmelzung zur Erzeugung künstlicher LANDSAT-Stereobildpaare verwendet. Man hofft, damit die Photointerpretation zu erleichtern.

Neben dem geometrischen ist das spektrale Orthophoto besonders für thermale Spektralaufnahmen wichtig. Hier sind die Grauwerte eines Bildes wegen der Hangneigung des Geländes korrigiert. Diese Korrektur ist ein wesentliches Element der Verfeinerung der automatischen Klassifizierung. Eine weitere Verbesserung der Klassifizierung kann erwartet werden, wenn es gelingt, sie nicht nur auf einer Spektralanalyse, sondern auch auf der Erkennung von Form und Textur aufzubauen. Die Planung zukünftiger Satellitenfernerkundung geht derzeit auch in die Richtung einer on-line Vorverarbeitung der aufgenommenen Daten direkt im Satelliten. Man zielt auf eine Datenkomprimierung der Spektralaufnahmen ab, indem man entweder die Herstellung von Eigenbildern (Principal Component Transformation) oder aber eine automatische Klassifizierung beabsichtigt.

4. Tendenzen in der Anwendung der digitalen Bildverarbeitung

Nur langsam gewinnt die digitale Bildverarbeitung Boden in kommerzieller Anwendung. Eine Beschleunigung der Verbreitung dieser Technologie für operationelle Zwecke ist aber wahrzunehmen. Jedoch sollte nicht die Tatsache aus dem Auge verloren werden, daß LANDSAT ein experimenteller Satellit ist. Verarbeitet werden aber in der Mehrzahl LANDSAT-Aufnahmen. Noch ist es nicht die Regel, daß eine analoge Photographie digitalisiert und im Computer verarbeitet wird. Eine Intensivierung dieser Verfahrensweise wird noch einen weiteren Schritt zur Verringerung des Digitalisierungs- und Verarbeitungsaufwandes erfordern. Aber mit der Verbreitung von neuen Sensoren, wie Abtastern, Videokameras und Solid State Arrays, und neuen erdumkreisenden Satelliten (SEASAT, ROCKSAT) werden zunehmend andere als LANDSAT-Aufnahmen eine Rolle spielen.

Die digitale Bildverarbeitung hat Bedeutung für die meisten Zweige der Geowissenschaften. Selbst die Photogrammetrie wird wohl in Zukunft ein Gebraucher dieser Technologie werden. Im weiteren Sinne kann ja ein Teil der photogrammetrischen Aufgaben heute schon der digitalen Bildverarbeitung zugerechnet werden.

5. Schluß

Eine Übersicht über Entwicklungstendenzen in der digitalen Bildtechnik wird in drei Abschnitte gegliedert: Bildformung, Verarbeitung und Anwendungen. In dem vorliegenden Bericht wird die Erwartung geäußert, daß die Solid State Arrays in Zukunft eine beherrschende Rolle für die digitale Bildformung erlangen können. Die Verarbeitung dieser Bilder wird durch Entwicklungen der Parallelrechen- und Hybridsysteme der Bildkorrelation, der automatischen Klassifizierung, der Form- sowie Textureerkennung und einer on-line Verarbeitung in Echtzeit an Gewicht gewinnen. Impulse zur Anwendung der neuen Technik in allen Zweigen der Geowissenschaften können aus der Verbreitung von unkonventionellen Sensoren, sowie einer Verringerung des Aufwandes für Digitalisierung und Computerverarbeitung erwartet werden.