

Ökologische Informatik

Vielfältige Forschung mit Bezug zur Geoökologie

Die Ökologische Informatik wird in der internationalen Forschung als ein neues Forschungsgebiet in der Ökologie definiert. Die Diskussion über ihre Abgrenzung von anderen ökologischen Forschungsrichtungen fand ihren vorläufigen Höhepunkt auf der Third International Conference of Ecological Informatics (ISEI) vom 26. bis 30. August 2002 in Rom, Italien. Man fand eine Definition, wonach die Ökologische Informatik ein interdisziplinäres Rahmenwerk ist, welches die Anwendung der neuesten Informatiktechnologien auf Prinzipien der Informationsverarbeitung in und zwischen allen Komplexitätsstufen eines Ökosystems fördert. Die Ökologische Informatik hilft so in den bedeutenden Themen der Ökologie, wie Nachhaltigkeit, Biodiversität und globale Erwärmung, transparente Entscheidungsprozesse zu erreichen.

Von Michael Neumann



Dr. Michael Neumann

Institut für Ökologie
Arbeitsgruppe Limnologie
Friedrich-Schiller-Universität Jena

Carl-Zeiss-Promenade 10
07745 Jena

Tel.: 03641 / 64-2742

Fax: 03641 / 64-3325

E-Mail: m.neumann@uni-jena.de

Michael Neumann hat an der Technischen Universität Braunschweig Geoökologie studiert, bei Prof. D. Dudgeon an der Hong Kong University gearbeitet und bei Prof. G. Ruppel als DBU-Stipendiat promoviert. In Kooperation mit der Uni Würzburg (Prof. F. Puppe) entwickelte er ein Wissensbasiertes System zur biologischen Indikation der Pflanzenschutzmittel-Belastung in kleinen Agrarbächen. Zurzeit arbeitet er an Wissensmanagement-Systemen und an *qualitative reasoning* Modellen in der Fließgewässerregeneration bei Prof. S. Halle in Jena.

Rückblick

Die Ökosystemanalyse begann vor über 40 Jahren mit statistischen Ansätzen, die es aber nur ermöglichten, stationäre Zustände zu repräsentieren. Anwendungen fanden sich in der Ökosystemklassifizierung, z.B. bei eutrophierten Seen (Sakamoto, 1966). In den 70er und 80er Jahren ermöglichten langzeitige multivariate Datenreihen die Repräsentation von Übergangsstadien, und gleichzeitig steuerte die Mathematik Differenzialgleichungen für Simulationen bei. Dies ermöglichte Szenarien durch Abbildung der Nahrungsketten und Nährstoffkreisläufe (Jørgensen, 1976; Straskraba & Gnauck, 1983). In den letzten Jahren hat die Informatiktechnologie die Ökosystemanalyse stark beeinflusst und ermöglicht inzwischen eine Ökosystemvorhersage. Multivariate nichtlineare Ansätze wurden durch Hochleistungsberechnungsverfahren, komplexe multivariate Datenbanken und biologisch-motivierte Rechenverfahren ermöglicht (Chon, 1996; Lek, 1996).

Ökologische Informatik

Die besonderen Merkmale der Ökologischen Informatik sind Datenintegration über Skalen und Komplexitätsstufen des Ökosystems hinweg, Rückschlüsse von Datenmustern auf ökologische

Prozesse und adaptive Simulation und Vorhersage von Ökosystemen. Dabei kommen die grundlegenden Verfahren aus der Informatiktechnologie zur Anwendung: Datenakquisition, Datenabruf und Visualisierung sowie Systemanalyse, Synthese und Vorhersage. Wichtige Technologien sind Hochleistungsberechnungsverfahren, objektorientierte Datenrepräsentation, Internet, Wissensbasierte Systeme, Zellulare Automaten, Fuzzy-Logic, Neuronale Netzwerke, Agentenmodelle, etc. (Recknagel, 2003).

Verknüpfungspunkte hat die Ökologische Informatik mit dem Forschungsgebiet Bioinformatik. Hier werden statistische Verfahren, Sequenzierungsalgorithmen und Stammbaumrekonstruktionsverfahren auf die unteren Skalenebenen angewendet: vom Molekül über das Genom und die Zelle bis zur Morphogenese (Schütt & Hofstädter, 1992). Die Ökologische Informatik wendet adäquate Methoden und Techniken auf höhere Skalenebenen (siehe **Abb. 1**) in der Ökosystemforschung an. Ein weiteres verwandtes Arbeitsgebiet stellt die seit etwa 1993 definierte Umweltinformatik dar. Sie ist eine Teildisziplin der Angewandten Informatik, die mit Methoden und Techniken der Informatik diejenigen Informationsverfahren analysiert, die einen Beitrag zur Untersuchung, Behebung, Vermeidung oder Minimierung von Umweltbelastungen und Umweltschäden leisten können (Page & Hilty, 1995).

In Rahmen dieses Schwerpunktes wurden sehr unterschiedliche und vielfältige Beiträge zusammengestellt. Den Anfang macht der Beitrag von Friedrich Recknagel. Er definiert noch einmal das Themengebiet der Ökologischen Informatik, verdeutlicht die Zusammenhänge und stellt durch Beispiele mögliche Anwendungen vor. Durch das Trainieren verschiedener Neuronaler Netzwerke war es möglich, Algenblüten durch gemessene Umweltparameter vorherzusagen.

Bezug zur Geoökologie

Die Geoökologie überschneidet sich in vielen ihrer typischen Arbeitsbereiche sowohl mit der Ökologischen Informatik als auch mit der Umweltinformatik. Der Beitrag von Ralf Seppelt zeigt deutlich, wie stark diese Überschneidungen bereits im Curriculum des Studiums zu finden sind. Ziel ist es, Kenntnis über die richtige, effiziente und zielorientierte Anwendung von EDV zu vermitteln. Weiterhin stellt er eine Verbindung der geoökologischen Forschung zu Datenakquisition, Unsicherheitsanalysen, Nichtlinearen Dynamiken und Landschaftskomplexität, den typischen Methoden der Informatik, her.

Der Beitrag von Thomas Schauer setzt sich kritisch mit der Frage auseinander, ob ein digitales Abbild unseres Planeten zur Lösung ökologischer Probleme beitragen



Abb. 1: Die Skalenebenen in der Biologie und der Ökologie und ihre Zugehörigkeit als Forschungsobjekte zur Bioinformatik oder zur Ökologischen Informatik

kann. Seiner Meinung nach hat sich die Wissenschaft wieder in ihren „Elfenbeinturm“ zurückgezogen. Probleme sieht er vor allem bei der notwendigen Interaktion und der drohenden Informationsflut.

Wissensbasierte Systeme

Wissensbasierte Systeme (Expertensysteme) können in der Ökologie helfen, Informationen und Wissen erfolgreicher zu verarbeiten. Expertensysteme spiegeln bei Entscheidungen das Wissen von Experten wider. Der Vorteil ist die Verwaltung von qualitativem Wissen (Puppe, 1993) und die Verarbeitung des in der Ökologie häufig vorliegenden unvollständigen oder unsicheren Wissens. Das Expertensystem LIMPACT (Neumann *et al.*, 2003a; Neumann *et al.*, 2003c) ist beispielsweise in der Lage, in Fließgewässern mit landwirtschaftlichem Einzugsgebiet die Belastung durch Pflanzenschutzmittel in vier Belastungsklassen einzuordnen. Eingangsdaten sind dabei nur die Abundanzdaten der benthischen Makroinvertebraten-Fauna zu vier Terminen im Jahresverlauf. Das System ist im Internet unter www.limpact.de verfügbar. Der Einsatz eines Wissensbasierten Systems war hier sinnvoll, da eine statistische Methode auf Grund der lückenhaften Datensätze nicht eingesetzt werden konnte. Ein weiterer Vorteil für die Ökologie war das Extrahieren von neuem ökologischem Wissen (Neumann & Baumeister, 2003).

Wissensmanagement-Systeme

In umfangreichen und langfristigen ökologischen Forschungen fallen große Mengen Daten und Wissen an. Diese liegen oft informell, als Datenblätter, Textdokumente oder Expertenwissen vor. Durch den Einsatz von Wissensmanagement-Systemen (z.B. Online Content Management) ist es möglich, das erarbeitete Wissen nachträglich zu sammeln, zu strukturieren und damit im Ganzen nutzbar zu machen. Von Vorteil ist, dass die an den Projekten beteiligten Wissenschaftler, als Experten ihres Forschungsgebietes, über das Internet beim Aufbau des Systems beteiligt werden können.

Der Beitrag von Carsten Neßhöver erörtert hierzu die Vorteile und Probleme des Wissensmanagements in der Ökologie. Er hat selber ein Online Content Management System im Bereich der Biodiversitätsforschung (www.biodiv-net.de) aufgebaut. Gerade bei der Aktivierung der verschiedenen Wissensformen sieht er die größten Schwierigkeiten.

Ein weiteres Beispiel ist das Wissensmanagement System ILMAX (Neumann *et al.*, 2003b). Das Graduiertenkolleg „Funktions- und Regenerationsanalyse belasteter Ökosysteme“ an der Friedrich-Schiller-Universität Jena befasst sich seit 1996 mit der Frage, wie belastete Ökosysteme auf einen Wegfall der Störung reagieren. Durch das System ILMAX wird nun versucht, das gesamte vorliegende Wissen zu sammeln und zu strukturieren.

Qualitative reasoning und Simulationsmodelle

Wissensmanagement-Systeme, wie das System ILMAX, stellen für die Ökosystemforschung ein neues und innovatives Werkzeug dar. Sie sind in idealer Weise geeignet, informales ökologisches Wissen zu repräsentieren und als Simulationswissen z.B. für *qualitative reasoning* nutzbar zu machen. Für die Regeneration von Fließgewässerökosystemen sollen durch einen Europäischen Workshop (www.qrser.de) *qualitative reasoning* eingesetzt und qualitative Simulationsmodelle erarbeitet werden.

Der Beitrag von Frank Hansen zum Abschluss des Schwerpunktes zeigt, wie die Methoden der Ökologischen Informatik klassische quantitative Simulationsmodelle erweitern können. In seinem Arbeitsgebiet, der Bekämpfung von Wildtiererkrankungen, schafft er es durch komplexere Modelle auf Individuenebene, die Rolle einzelner weit wandernder Füchse für die Verbreitung einer Krankheit zu erkennen.

Insgesamt konnte im Rahmen dieses Schwerpunktes die Ökologische Informatik als sehr breites und vielfältiges Arbeitsgebiet dargestellt werden. Die Überschneidungen mit der geoökologischen Forschung sind unverkennbar, und das Integrieren der Methoden in das Curriculum

kann als zukunftsorientierte Strategie nur begrüßt werden. Die ausgewählten Beiträge dieses Schwerpunktes repräsentieren trotz ihrer Vielfältigkeit nur einen kleinen Ausschnitt der Forschung in der Ökologischen Informatik. Allen Autoren wird für ihre Beteiligung und für den Beitrag aus ihrem jeweiligen Arbeits- und Forschungsgebiet gedankt.

Literatur

- Chon T. S. (1996): Patternizing communities by using an artificial neural network. *Ecological Modelling* 90, 69-78.
- Jörgensen S. E. (1976): A eutrophication model for a lake. *Ecological Modelling* 2, 147-162.
- Lek S. (1996): Application of neural networks to modelling nonlinear relationships in ecology. *Ecological Modelling* 90, 39-52.
- Neumann M. & J. Baumeister (2003): A rule-based vs. a model-based implementation of the knowledge system LIMPACT and its significance for maintenance and discovery of ecological knowledge. *Proceedings of the 3rd Conference of the International Society for Ecological Informatics (ISEI3)*, Rome, Italy, 26-30 August 2002 submitted.
- Neumann M., J. Baumeister, M. Liess, R. Schulz (2003a): An expert system to estimate the pesticide contamination of small streams using benthic macroinvertebrates as bioindicators, Part 2: The knowledge base of LIMPACT. *Ecological Indicators*, in press.
- Neumann M., J. Baumeister, F. Puppe (2003b): ILMAX: A System for Managing Experience Knowledge in a long-term Study of Stream Ecosystem Regeneration as an application of Ecological Informatics. *Proceedings of the First International NAISO Symposium on Information Technologies in Environmental Engineering (ITEE'2003)*, Gdansk, Poland, June 24 – June 27, 2003 submitted.
- Neumann M., M. Liess, R. Schulz (2003c): An expert system to estimate the pesticide contamination of small streams using benthic macroinvertebrates as bioindicators, Part 1: The database of LIMPACT. *Ecological Indicators*, in press.
- Page B. & L. M. Hilty (1995): Bd. 13.3 *Umweltinformatik*. Oldenbourg, München; Wien.
- Puppe F. (1993): *Systematic Introduction to Expert Systems*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- Recknagel, F. (ed.) (2003): *Ecological Informatics. Understanding Ecology by Biologically-Inspired Computation*. Springer-Verlag, Heidelberg, New York. ISBN 3-540-43455-0
- Sakamoto M. (1966): Primary production by phytoplankton community in some Japanese lakes and its dependence on lake depth. *Archiv für Hydrobiologie* 62, 1-28.
- Schütt D. & Hofestädt R. (1992): *Bioinformatik und Umweltinformatik – Neue Aspekte und Aufgaben der Informatik*. *Informatik – Forschung und Entwicklung* 7, 4.
- Straskraba, M. & A. Gnauck (1983): *Aquatische Ökosysteme – Modellierung und Simulation*. Fischer, Stuttgart.