



Doctoral Thesis

Entwicklung eines "Spatial Decision Support"-Systems (SDSS) für die Holzernteplanung in steilen Geländebeziehungen

Author(s):

Lüthy, Denise

Publication Date:

1998

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-001976361> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

**Entwicklung eines „Spatial Decision Support“-
Systems (SDSS) für die
Holzernteplanung
in steilen
Geländebeziehungen**

ABHANDLUNG

zur Erlangung des Titels einer
Doktorin der Technischen Wissenschaften
der
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE
ZÜRICH

Vorgelegt von
DENISE LÜTHY
dipl. Forsting. ETH
geboren am 29. Juni 1963
von Muhen (AG) und Breganzona (TI)

Angenommen auf Antrag von

Prof. Dr. H.R. Heinimann, Referent

Prof.e.m. Dr. H. Löffler, Korreferent

Diss. ETH No. 12618

vdf, 1998

Kurzfassung

Problem. Im Rahmen der Pflege und Bewirtschaftung von Gebirgswäldern nimmt die Ernte und Bereitstellung von Rohholz eine wichtige Stellung ein. Die Produktionskosten werden stark vom Aufwand in der Holzernte und der Kostenbelastung durch kapitalintensive Investitionen (Maschinen und Erschliessung) bestimmt. Die Auswahl von Holzertesystemen und ihre optimale Zuordnung im Raum nimmt dabei eine Schlüsselrolle ein. Die Entscheidung zugunsten einer bestimmten Technologie bedingt, dass man sich sowohl über die technisch-ökonomischen wie die räumlichen Verhältnisse ein Bild machen kann. Hierzu fehlen jedoch computergestützte Analyse- und Beurteilungsmethoden mit denen nachvollziehbare Lösungswege gebildet werden können, sowie nutzbare Instrumente für das Aufzeigen von Zusammenhängen zwischen Produktions-, Gelände- und Transportverhältnissen.

Ziel der Arbeit. Ziel der Arbeit ist die Entwicklung eines *Spatial Decision Support Systems* (SDSS)-Prototypen, mit dem mittel- bis langfristige Entscheide im Bereich der Holzernte- und Erschliessungsplanung unterstützt werden können. Damit soll eine GIS-unterstützte Grundlage für eine rationale Entscheidungsfindung bei der Auswahl von Holzertesystemen für nicht befahrbare, steile Gelände und für unterschiedliche waldbauliche Nutzungsarten realisiert werden.

Methoden und Lösungsansatz. Obwohl die technische Realisierbarkeit des Prototypen im Vordergrund steht, sollen die Entscheide nicht durch

die Maschine vorweg genommen werden, sondern aufgrund *computerunterstützter* Varianten bewusst vom Menschen gefällt werden. Daher wird ein SDSS-Ansatz für die Entscheidungsunterstützung gewählt. Das System wird nach den Prinzipien für den Aufbau von DSS-Systemen nach Sprague (1987) entwickelt und innerhalb einer GIS-Umgebung (ARC/INFO) realisiert. Ein stichprobenbasiertes Modell für die Evaluation der Gelände- und Transportverhältnisse (Heinmann 1986, 1992) liegt der Beurteilung der räumlichen Zuordnung gewählter Holzernteverfahren zugrunde. Hierzu mussten Extraktionsalgorithmen für die Herleitung von Gelände- und Zugänglichkeitsdaten aus digitalen Höhenmodellen entwickelt und in die GIS-Umgebung implementiert werden. Dieser Teil bildet die raumbezogene Beurteilungskomponente des entwickelten *Decision Support Systems*. Als weitere Entscheidungskomponenten wurden Modelle für die Beurteilung ökonomischer Auswirkungen eingebettet. Zur Unterstützung der Entscheidungsträger wurden ferner Darstellungsmöglichkeiten der Resultate in Form von zwei- und dreidimensionalen Abbildungen, Diagrammen und Tabellen implementiert.

Ergebnisse. In der aktuellen Version liegt ein lauffähiger SDSS-Prototyp vor. Dieser konnte an einem Fallbeispiel im Alpengebiet (Wilderswil, Kt. Bern) ausgetestet und für tauglich befunden werden. Stärken und Schwächen des entwickelten Systems, insbesondere die technischen Grenzen und Möglichkeiten einer Implementierung innerhalb einer GIS-Umgebung, werden dabei ausführlich besprochen. Im speziellen werden Probleme bei der Extraktion von Geländemerkmale (z.B. Erzeugung von Hanglinien, Manipulation identischer Geometrien unterschiedlicher Objekte), bei der Einbettung von Prozeduren innerhalb eines relationalen Datenbanksystems, bei der Datenmodellierung (z.B. kontrollierte Redundanz, Verschlüsselung von Identifikationsnummern), und bei der Ergebnispräsentation (z.B. Diagramme, Tabellen, dreidimensionale Perspektiven) aufgezeigt. Zusammenfassend kann folgendes festgehalten werden: Mit dem SDSS-Prototypen kann die Entscheidungsfindung durch die Bildung von Handlungsalternativen unterstützt werden. Eine transparente Darstellung der Zusammenhänge zwischen Produktions-, Gelände- und Transportverhältnissen erleichtert dabei die Erarbeitung verschiedener Erschließungs- und Holzerntekonzepte. Holzerntekosten und -produktivitäten (Analyse der Effizienz) sowie die Wirksamkeit von Erschließungen (Analyse der Effektivität) können abgeschätzt und beurteilt werden.

Die entwickelte SDSS-Lösung ermöglicht, Routineabläufe wie die Extraktion von Gelände- und Zugänglichkeitsdaten (Ermittlung von Hanglängen, -neigungen und Transportrichtungen) oder die Verarbeitung bestimmter Berechnungsvorgänge in den Geländeevaluationsmodellen (Zuordnung der Verfahren, Produktivitäts- und Kostenabschätzungen) zu automatisieren. Obwohl der Zugriff auf die verwendeten Vektor- und TIN-Geländemodelle komplex ist, zeigte

sich, dass diese für die Beschreibung steiler Geländebeziehungen besonders geeignet sind.

Die Datenkomponente wurde so konzipiert, dass möglichst auf bereits vorhandenes digitales Datenmaterial zugegriffen sowie mit unterschiedlichen Stichprobenkonzepten gearbeitet werden kann. Dabei konnte festgestellt werden, dass fehlendes Datenmaterial oder mangelhafte Definitionen die Erfassungsarbeiten erschwerten bzw. ihre Automatisierung verunmöglichten (z.B. Objekterkennung für die Extraktion der Transportgrenzen).

Es wurde eine benutzerfreundliche, problemspezifische Dialogführung realisiert, damit der Datenzugriff und die Darstellung der Resultate in der GIS-Umgebung erleichtert werden können. Dies ermöglicht, dass sich die Anwenderinnen und Anwender nicht mehr mit systemtechnischen, sondern vielmehr mit den eigentlichen fachspezifischen Problemen auseinandersetzen können.

Bei der Datenorganisation und der Modellentwicklung hat sich gezeigt, dass die vorhandene GIS-Umgebung die vorgeschlagenen Lösungsansätze stark beeinflusst (unterstützte Datenstrukturen, verfügbare Prozeduren). Generell gilt es zu beachten, dass die Integration externer Programmteile v.a. für die Darstellung von Diagrammen, vorformatierten Berichten oder für bestimmte Rechenprozeduren effizienter wäre.

In einem weiteren Entwicklungsschritt sollten die Modelle für die Geländeevaluation mit empirischen Daten in mehreren Testgebieten validiert werden. Die Genauigkeitsangaben der extrahierten Informationen sowie die Handhabung der Zeitkomponente in den Modellen sollten vertiefter untersucht werden. Eine Verbesserung der Prozesszeiten liesse sich v.a. durch eine weitere Optimierung der Datenorganisation, des Datenzugriffs, der implementierten Algorithmen sowie durch die Integration externer Berechnungsprozeduren erzielen. Verteilte Systeme sowie die Benutzerunterstützung wurden nicht näher untersucht. Die aktuelle Version des SDSS-Prototypen unterstützt die Entscheidungsfindung auf der überbetrieblichen Ebene und ist daher auf grossräumige Verhältnisse ausgerichtet. Eine Verfeinerung des Geländeevaluationsmodells für die Betriebsebene sollte ins Auge gefasst werden.

Summary

Problem. Timber harvest and extraction rank among the most important factors in tending and management of mountain forests. Production costs are determined mainly by the degree of difficulty of harvest and by capital-intensive investments such as equipment and access development. Consequently, the choice of harvest systems and their optimum assignment in space play a crucial role. Before embarking on a certain technology, one has to have a clear picture of the techno-economic and spatial conditions respectively. However, there is a marked deficit in such computer-aided analyses and assessment methods that make it possible to find objective and reproducible solutions. Nor are there any instruments available to show correlations between production, terrain, and transport conditions.

Goal. The aim of this project is to develop a prototype of Spatial Decision Support System (SDSS) in order to aid medium to long term decision finding in the field of harvest and general access development planning. This allows the development of a GIS aided base for rational decision finding in the choice of harvest systems for non-trafficable, steep terrain, and of diverse silvicultural utilization practices.

Methods and Solution Approach. Though technical applicability of the prototype was a major aspect, decisions should not be precluded by the machine but clearly be taken by man with the help of computer aided variants. For this reason, an SDSS approach has been chosen as decision aid. The sy-

stem was developed following Sprague's (1987) principles for the creation of systems and realised within a GIS (ARC/INFO) environment.

A random sampling model for the evaluation of terrain and transport conditions (Heinimann 1986, 1992) served as a base for the judgement of the spatial assignment of selected harvest methods, in particular cable yarding systems. For this purpose, such extraction algorithms had to be developed which allowed the deduction of terrain and off-road data from digital terrain models, and their subsequent implementation into the GIS environment. This part constitutes the assessment component of the Decision Support System. Models for the evaluation of economic impact were included as additional decision components. Various forms of presentation of the results i.e. two and three dimensional views, diagrams and tables respectively were implemented in support of the decision makers.

Results. The current version is a workable SDSS prototype. It was tested in a case study in the Swiss Alps (Wilderswil, canton of Berne) and found to be practicable. Strong and weak points of the system are being discussed in detail, particularly its technical limits and possibilities of implementation in a GIS environment. Special emphasis was put on specific problems with the extraction of terrain features (e.g. generation of in-clines, manipulation of identical geometries of different objects) the inclusion of procedures within a relational database management system (RDBMS), the modeling of the data (e.g. controlled redundancy, encoded information in identifiers), and the presentation of the results (charts, tables, three dimensional views). In conclusion the following can be stated:

By creating alternative scenarios the SDSS prototype can support decision making. Its transparent presentation of correlations and connections between production, terrain and transport conditions facilitates the development of various accessibility and harvest concepts. It allows the assessment and evaluation of harvest costs and of wood productivity (analysis of efficiency) as well as of the effectivity of access development.

The resulting SDSS-solution allows automatisisation of routine activities, such as the extraction of terrain and accessibility data (quantification of slope lengths, slope gradients and operating directions) or the processing of certain calculation modules in the terrain evaluation models (assignment of methods, assessment of production costs and productivity). In spite of the complexity of the access to the various contours and triangulated irregular network models DTM (digital terrain model) they proved to be particularly suited for the description of conditions in steep terrain.

The data component was developed in such a way that on one hand, digital material already existing could be incorporated and, on the other hand, various

sampling concepts could be applied. Missing data material or inaccurate definitions hindered the data management or made it altogether impossible, e.g. pattern recognition for the extraction of transport limits.

With reference to the conduction of dialogue, special care was taken to make it userfriendly and problem oriented, in order to facilitate data manipulation and presentation of the results in a GIS environment. Thus users do not have to deal with system specific technicalities, but can rather focus their attention on the actual subject related problems.

During the organisation of the data and the development of the models it became apparent that the suggested approach is strongly influenced by the GIS environment actually present (supported data structures, available functionalities). Admittedly, it would be much more efficient to integrate external program parts, particularly for the presentation of diagrams, preformatted reports or for specific calculation procedures.

In a future state of development, the terrain evaluation models must be substantiated with empirical data from various test areas. Accuracy of the extracted information as well as the manipulation of the time component in the models must be examined in more detail. A substantial improvement of the processing performance could be achieved by optimisation of the data organisation and manipulation, and of the implemented algorithms, as well as the integration of external calculation procedures. Multi-server systems and user support were not included in this project. The current version of the SDSS-prototype aids decision finding on a level above the forest district offices, and consequently, it is intended for large area conditions. A point worth considering is the adaptation of the terrain evaluation model to the level of forest district office.

Translation: M. Sieber