

## NUMERISCHE AUSWERTUNG DES INFORMATIONSGEHALTES DER PFLANZENSOZIOLOGISCHEN KARTEN MIT DEM COMPUTER

DUILIO LAUSI (TRIESTE)

Résumé. - On expose les bases théoriques et méthodologiques pour obtenir, à l'aide de l'électronique, des cartes thématiques basées sur les connaissances déjà synthétisées dans une carte de la végétation représentant des types phytosociologiques. L'application de la cartographie thématique se révèle fondamentale dans les problèmes de la conservation de la nature et du paysage.

Zusammenfassung. - In der vorliegenden Arbeit wird die theoretische und methodologische Grundlage besprochen, um thematische Karten mit Hilfe des Computers herzustellen. Diese thematischen Karten sollen auf den Vegetationskenntnissen begründet sein, die in einer synsystematischen Typen enthaltenden Vegetationskarte synthetisiert wurden. Die Verwendung solcher thematischer Karten ist wesentlich für die Probleme von Naturschutz und Landschaftspflege.

Riassunto. - Viene discussa la base teorica e la metodologia per ottenere, mediante il calcolatore elettronico, carte tematiche basate sulle conoscenze già sintetizzate in una carta della vegetazione mediante unità cartografiche basate sui tipi vegetazionali della sinsistemica fitosociologica. Ai fini applicativi la cartografia tematica è fondamentale per la conservazione della natura e del paesaggio nei problemi di sfruttamento delle risorse biologiche e di pianificazione territoriale.

Summary. - The theoretical basis and methodology to obtain landscape ecological maps by computer are discussed. These maps should be based on the vegetation knowledge already synthesized in a map representing phytosociological units. The application of these maps are fundamental for the conservation of nature and landscape problems.

### VORAUSSETZUNGEN

Eine Karte der realen Vegetation, die sich auf phytosoziologische Daten stützt, die mit der Braun-Blanquet-Methode gewonnen wurden, ist diejenige unter den verschiedenen mit anderen Methoden erarbeiteten Karten, die den höchsten ökologischen Informationsgehalt enthält, sowohl was die Vegetation an sich als auch die Ökosysteme betrifft, die die funktionellen Einheiten eines bestimmten geographischen Gebietes bilden.

In der Tat, was nämlich das floristisch-statistische Kriterium der Methode anbelangt, so gibt es zwei eng zum untersuchten Gebiet gehörende Informationsquellen: die Flora und die Vegetation. Da die Pflanzen die besten biologischen Indikatoren der Umweltfaktoren darstellen, und da die Vegetation der charakteristischste Teil eines Ökosystems ist, so kann letzteres genau durch die Pflanzengesellschaften abgegrenzt werden.

Die Annehmbarkeit dieser Abgrenzung wird allgemein anerkannt aufgrund der aprioristischen Annahme, dass die Vegetation aus natürlichen Einheiten besteht, die entlang mehr oder weniger breiter Grenzfelder einander berühren und die zu pflanzensoziologischen Einheiten oder Vegetationstypen abstrahiert werden und mit anderen schon bekannten Einheiten verglichen werden können.

Aus der Herstellung der Typen, aus ihrem Vergleich und ihrer Klassifizierung erwächst noch eine weitere Informationsquelle: das Klassifikationssystem der Pflanzengesellschaften, das in Europa bereits einen hohen Grad an Komplexität und Feinheit der gespeicherten Informationen erreicht hat.

Dieses System ermöglicht es, dass bestimmten Arten und Vegetationstypen ein hoher Informationsgehalt und ein hoher prädiktiver Wert zugeordnet werden kann, sowohl was den aktuellen Zustand der Vegetation als auch ihre Dynamik betrifft. In diesem Zusammenhang können also auch die Pflanzengesellschaften als biologische Indikatoren gelten.

Eine Vegetationskarte, die auf pflanzensoziologische Typen gegründet ist, stellt eine Synthese von Elementen der Vergangenheit und der Gegenwart des Lebens und der Umwelt dar. Es ist möglich, aus dieser Synthese Informationen zu erhalten und Vergleiche aufzustellen, die verallgemeinert werden können: alle diese Ansprüche sind notwendig für jede wissenschaftliche Methode.

Die pflanzensoziologische Kartographie synthetisiert also in graphischer Form eine grosse Anzahl von Informationen: floristische, vegetationselle und ökologische, die in einem vieldimensionalen Raum korreliert sind.

Die weitere Verarbeitung einer so grossen Anzahl von Daten setzt die Anwendung numerischer Analysetechniken voraus, sowie die Benutzung vom Computer. Solche numerische Verarbeitungen ermöglichen nicht nur eine Quantifizierung qualitativer Eigenschaften, die einen grossen Vorteil bei der Kommunikation und beim Vergleich der Ergebnisse darstellen, sondern auch andere kartographische Synthesen bezüglich anderer Themen direkt von der pflanzensoziologischen Basiskarte automatisch ausgehend.

Da eine pflanzensoziologische Karte das Ergebnis einer Untersuchung ist, die danach strebt, theoretisch Vegetationsphänomene eines bestimmten Gebietes zu verallgemeinern, ist sie ein grundlegendes Instrument nicht nur zur Kenntnis eines Gebietes, sondern auch die Basis für alle möglichen Integrationen mit pedologischen, klimatischen, geomorphologischen, anthropischen Faktoren u. a. m.

Es ist selbstverständlich, dass das Interpretieren einer solchen Karte eine spezifische Kompetenz voraussetzt und dass die Karte als solche keine urmittelbaren Antworten auf bestimmte Themen geben kann.

Es entstehen daher grössere Schwierigkeiten, wenn eine Vegetationskarte praktischen oder technischen Anforderungen entsprechen und verschiedenartige Fragen beantworten soll, wie z.B.: Ausnutzung der biologischen Hilfsquellen, Umwelterhaltung, Bodenschutz, Landesplanung, usw.

Da eine pflanzensoziologische Karte monodisziplinär ist, kann sie nicht graphisch die verschiedenen Situationen darstellen, die mit den obenerwähnten Fragen zusammenhängen. Dafür sind thematische Karten nötig, auf die die betreffenden Informationen der Vegetationskarte übertragen werden müssen.

Eine ad hoc realisierte Karte über irgendein Thema ohne eine pflanzensoziologische Untersuchung ist immer nicht befriedigend. So entsteht das Problem, solche thematischen Karten ohne Informationsverlust aufgrund einer pflanzensoziologischen Karte zu realisieren.

#### AUTOMATISCHE ERZEUGUNG VON THEMATISCHEN KARTEN AUFGRUND EINER PFLANZENSOZIOLOGISCHEN KARTEN: EIN BEISPIEL.

Bei einigen bisher veröffentlichten pflanzensoziologischen Karten wurde das Problem der graphischen Darstellung einiger allgemein interessanten Punkte für die Praxis teilweise dadurch gelöst, dass man verkleinerte Karten zu der Basiskarte hinzufügte, die sich hauptsächlich, ausser der potentiellen Vegetation, mit der Bodennutzung, dem Wasserhaushalt, usw., befassten. Sie werden am Rand der Vegetationskarte gedruckt und sind hauptsächlich dazu geeignet, die Karte in grossen Zügen über andere Themen zu vervollständigen bzw. bemerkenswerte Tatsachen des Gebietes herauszustellen. Aber, durch ihre geringe Grösse sind sie bei technischer Anwendung nicht genügend. Wenn man mehr Details braucht und keine Information verlieren will, muss die thematische Karte zum Massstab der Vegetationskarte vergrössert werden. Eine solche Arbeit bringt wiederum Schwierigkeiten mit sich und ist zeitraubend. Ausserdem, wenn man technische Notwendigkeiten berücksichtigen will, muss man wieder eine neue Synthese durchführen, auf der Grundlage der Information, die aus den kartographischen Typen herauszuholen ist und wieder kartographisch dargestellt werden kann.

Der erste Versuch (Fig. 1 und 2) einer automatischen Ableitung durch Computer einer thematischen Karte - Ausgangspunkt: die Informationen einer pflanzensoziologischen Karte - wurde durchgeführt, indem die Vegetationskarte des friaulanischen Gebietes, das von Erdbeben 1976 betroffen worden war (LAUSI, PIGNATTI u. POLDINI, 1978), einer numerischen Analyse unterworfen wurde, die eine quantitative Synthese des Grades an Künstlichkeit und Natürlichkeit der Vegetation ermöglichte; d.h. eine quantitative Abschätzung der Distanz der realen von der potentiellen Vegetation.

Eine Karte der realen Vegetation enthält nämlich auch die Informationen über die menschliche Tätigkeit, die in der Zeit gewirkt hat und die natürlichen Vegetationstypen verändert oder ersetzt hat. Klare Hinweise über das Bild der Anthropisierung können einem rationelleren Programm der Bodennutzung dienen.

#### METHODIK

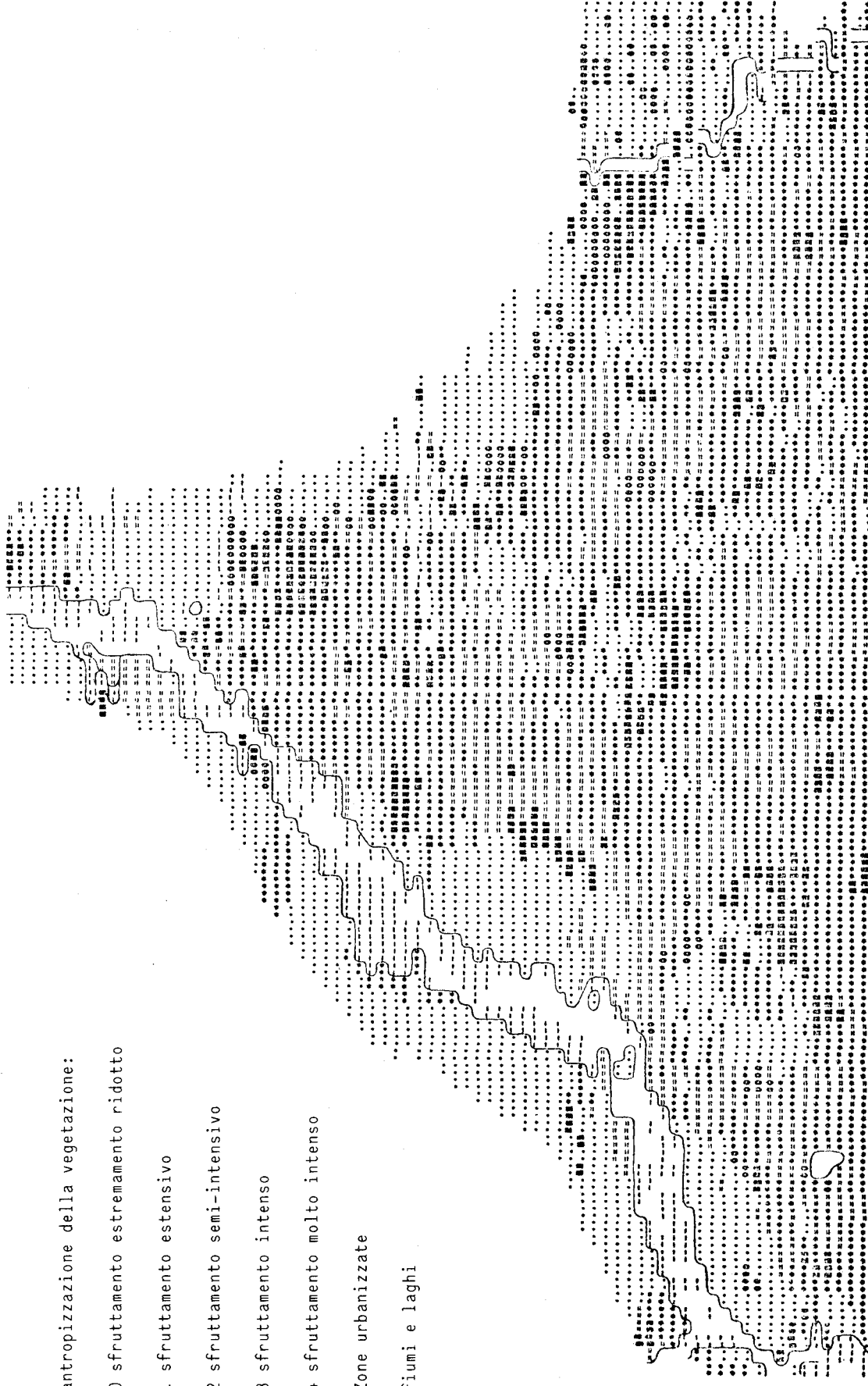
Die Methode besteht in der Übersetzung der Raumverteilung der dargestellten pflanzensoziologischen Typen einer Vegetationskarte in eine dem Computer zugängliche Form (Digitalisierung).

Das System der Übertragung, das wir angewandt haben, ist das gitterförmige System, wobei die Karte in eine Matrix verwandelt wird, auf der jedes Element der Matrix, sowohl die geographische Position durch Kennzahlen von Zeilen und Spalten als auch die dazugehörigen Informationen durch eine bestimmte Kodierung erhält.

Das Gitternetz muss solche Dimensionen haben, dass alle Vegetationstypen registriert werden können und räumlich die Originalkarte so genau wie möglich wiedergeben (Fig. 1).

Die so erhaltene Matrix (Fig. 1) stellt die Grunddatenbank für alle weiteren Verarbeitungen dar, die die Korrelation der ableitbaren Informationen der Vegetationskarte mit anderen biotischen Daten





Gradi di antropizzazione della vegetazione:

- 0 sfruttamento estremamente ridotto
- ..... 1 sfruttamento estensivo
- ##### 2 sfruttamento semi-intensivo
- ##### 3 sfruttamento intenso
- ##### 4 sfruttamento molto intenso
- ##### Zone urbanizzate
- fiumi e laghi

Fig. 2. - Automaticamente eruzge te matice Karte der Anthropisierung der Vegetation (Aus : LAUST, PIGNATTI u. POLDINI, 1978)

(wie z.B. Dynamik und Vegetationsstruktur, primäre Produktivität, Aufforstungsprojekte, usw.), mit abiotischen Daten (wie z.B. Höhe, Neigung, Klima, Pedologie, Bodenstabilität, usw.) oder mit den anthropischen Aspekten der Landesplanung (Urbanisierungspläne, Strassenzüge, usw.) ermöglichen. Ein Beispiel einer thematischen Karte, die mit dieser Methode gewonnen wurde, ist in Fig. 2 dargestellt. Sie zeigt das Ausmass der menschlichen Tätigkeit auf die Vegetation. Dazu wurden alle Vegetationstypen in 5 numerische Bewertungskategorien (von 0 bis 4) aufgegliedert, mit ansteigendem menschlichem Eingriff auf die Vegetation. Diese Kategorien werden hauptsächlich durch die Natürlichkeit der Struktur und der Artenkombination in der Vegetation gekennzeichnet und ausserdem von der Menge der Arten, die der lokalen Flora fremd sind.

Die Kategorien in Fig. 2, die den hemerobiotischen Grad der Vegetation interpretieren, entsprechen mit leichten Abweichungen denen der verschiedenen Autoren (SUKOPP, 1962; VAN DER MAAREL, 1975; WESTHOFF, 1968, 1971; DUGRAND, 1974):

Bewertungsgrad der Anthropisierung : natürliche Vegetation: 0 - naturnahe Veg.: 1 - halbnatürliche Veg.: 2 - extensive Landwirtschaft: 3 - intensive Landwirtschaft: 4.

Diese Kategorien sind schon sehr stark standardisiert und ermöglichen quantitative Vergleiche zwischen verschiedenen Gebieten, sowohl was die Flora als auch die Vegetation betrifft.

Ausserdem, können sie leicht zur Anwendung den Technikern bekanntgegeben werden, jedoch kann die Zuteilung eines Vegetationstypus zu einer bestimmten Kategorie nur von einem Pflanzensoziologen durchgeführt werden, aufgrund zahlreicher Informationen, die zu dieser Bewertung notwendig sind, vor allem was den Grad an Natürlichkeit eines Vegetationstypus betrifft.

Der graphische Ausdruck der Karte der Anthropisierung von Fig. 2 wurde direkt und schnellstens vom Computer gegeben. In dieser Karte bleibt der quantitative Charakter sichtbar, d.h. die Häufigkeit (Frequenz) der neuen Klassifizierungskategorien innerhalb der Karte oder eines beliebigen Ausschnitts derselben.

Wenn man die Grenzen der räumlichen Verteilung dieser Kategorien graphisch erhalten will, ist es einfach nötig, einen Plotter dem Computer anzuschliessen.

Durch die Frequenz der natürlichen, halbnatürlichen und weiteren Ersatzgesellschaften, die zu bestimmten Typen der potentiell-natürlichen Vegetation zugeordnet werden können, ist es möglich mit der verwendeten skalermässigen Einschätzung (Parameter), eine Gesamtbewertung (ein Index) der Künstlichkeit bzw. der Natürlichkeit der ganzen Vegetation eines Gebietes zu erhalten.

Der Index des Künstlichkeitsgrades (K) wird folgendermassen berechnet: 
$$K = \sum_{i=0}^4 (f_i \cdot i) / 4$$

wo i der Bewertungsgrad ist (von 0 bis 4) und  $f_i$  die relative Frequenz des i-Grades ist. Der Index der Natürlichkeit (N) ist das Komplement von K:  $N = 1 - K$

Zum Beispiel, sind, für die thematische Karte in Fig. 2, die Gesamtwerte der Künstlichkeit bzw. der Natürlichkeit der Vegetation des Gebietes:  $K = 54,35\%$  und  $N = 45,65\%$ .

Mit den beschriebenen Verfahren ist es theoretisch möglich auch jede beliebige räumliche Korrelation zwischen Geländefaktoren und Verbreitung und Beschaffenheit der Pflanzengesellschaften zu untersuchen, sowie eine Auswertung von pflanzensoziologischen Vegetationskarten für verschiedene Aufgaben der Praxis durchzuführen.

#### LITERATUR

DUGRAND (R.) (Ed.) 1974.-Atlas regional: Languedoc-Roussillon. Paris.

LAUSI (D.), PIGNATTI (S.) u. POLDINI (L.) 1978.-Carta della vegetazione dell'Alto Friuli, zona colpita dai terremoti del maggio-settembre 1976. Collana del Progr. Fin. "Promozione della Qualità dell'Ambiente". C.N.R., Roma.

MAAREL (E.) VAN DER 1975.-Man-made natural ecosystem in environmental management and planning. In: DOBBEN (W.H.) VAN u. LOWE-MC CONNELL (R.H.) (Ed.): Unifying concepts in ecology, p. 263-274, Junk.

SUKOPP (H.) 1972.-Wandel von Flora und Vegetation in Mitteleuropa unter dem Einfluss des Menschen. Ber. Landwirtschaft 50: 112-139.

WESTHOFF (V.).-Die ausgeräumte Landschaft, biologische Verarmung und Bereicherung der Kulturlandschaften. In: BUCHWALD (K.) u. ENGELHARDT (W.) (Ed.): Handbuch für Landschaftspflege und Naturschutz, Bd. 2: 1-10. Bayer. Landwirtschaftsverlag, München. 1968.

WESTHOFF (V.) 1971.-The dynamic structure of plant communities in relation to the objectives of conservation. In: DUFFEY (E.) u. WATT (A.S.) (Ed.): The scientific management of animal and plant communities for conservation: 3-14. Blackwell, Oxford.