ZBIGNIEW PRUSINKIEWICZ, TADEUSZ CALIŃSKI

UNTERSUCHUNGEN ÜBER ANWENDBARKEIT DER STATISTICHEN METHODEN IN DER BODENSYSTEMATIK

Lehrstuhl der Bodenkunde, Universität Copernicus, Toruń und Lehrstuhl der Biometric, Landwirtschaftliche Hochschule, Poznań

EINLEITUNG

Jede bodensystematische Arbeit erfordert:

1. Schätzung des Wesentlichkeitsgrades der kennzeichnenden Merkmale der ustersuchten Böden und Wahl der diagnostisch wichtigsten Kennzeichen.
2. Normalisierung der ausgewählten diagnostischen Kennzeichen.
3. Ordnen der untersuchten Bodenindividuen nach dem Prinzip der grössten Ähnlichkeitsgrades mit Berücksichtigung aller ausgewählten diagnostischen Kennzeichen.
4. Eingliederung der geordneten Individuensammlung in homogene Gruppen (Klassen), welche die ähnlichsten Individuen vereinigen.

Die obenerwähnten Aufgaben waren in bisherigen bodentaxonomischen Arbeiten fast ausschliesslich subiektiv gelöst. Die subiektiven Momente kann man jedoch durch Anwendung entsprechender statistischer Methoden entweder ganz ausschalten, oder mindestens sehr begrenzen. Die vorliegende Arbeit enthält die Ergebnisse von durchgeführten Untersuchungen über Anwendbarkeit der statistischen Methoden auf dem Gebiete der Bodentaxonomie.

UNTERSUCHUNGSMATERIAL

Die Untersuchungen wurden an 20 Waldbodenprofilen des Białowieża Nationalparkes (Volksrepublik Polen) durchgeführt. Aus den charakteristischen Horizonten aller Bodenprofile wurden Proben entnommen und vielseitigen Laboranalysen unterzogen. Besondere Aufmerksamkeit wurde dabei den Humusproben aus den obersten Bodenhorizonten gewidment. Es ist nähmlich anzunehmen, dass der Humus das meist spezifische Produkt der Pedogenese (gemeinsam sowohl für Mineralböden, wie auch für organische Torfböden) darstellt. Eben deswegen sind die organischen Bodensubstanzen zur Durchführung Bodensystematischer Arbeiten nach den statistischen Verfahren besonders gut geeignet.

Jede Humusprobe wurde durch folgende 13 analytische Daten und Kennzeichen charakterisiert:

— Prozentgehalt von Gesamt-Kohlenstoff und -Stickstoff sowie Bituminen, Huminsäuren und Hymatomelansäuren in der organischen Bodensubstanz.

— Prozentgehalt von Kohlenstoff, Stickstoff, Wasserstoff und Sauerstoff in den aus den untersuchten Bodenproben extrahierten Huminsäuren.

— C : N-Verhältnis in der organischen Bodensubstanz.

— C : N-, C : H- und C : O-Verhältnis in Huminsäuren.

Die Ergebnisse der durchgeführten Analysen sind in Tab. 1 dargestellt. Die erhaltene Werte wurden statistischer Bearbeitung unterzogen.

SCHÄTZUNG DER WESENTLICHKEITSGRADES DER KENNZEICHNENDEN MERKMALE UND WAHL DER DIAGNOSTISCH WICHTIGSTEN KENNZEICHEN

Jedes "natürliche" System muss auf "wesentlichen", d.h. der Natur der untersuchten Objekte entsprechenden Kriterien aufgebaut werden. Es ist zu betonen, dass die "wesentlichen" Bodenkennzeichen gleichzeitig gut untereinander korreliert sind. Unwesentliche (zufällige) Merkmale dagegen weisen in der Regel nur niedriege Korrelationswerte auf.

Um den Wesentlichkeitsgrad der in Tab. 1 herangeführten Merkmale zu bestimmen, wurden zuerst die sogenannten spearman'schen Rangkorrelationskoeffizienten [4] für jedes Merkmalpaar berechnet. Dieser Koeffizient stellt eine direkte Annähung des gewöhnlichen Korrelationskoeffizienten dar.

Der spearman'sche Koeffizient kann als Masszahl für die Uebereinstimmung zwei, in Bezug auf 2 verschiedene Merkmale durchgeführten, Ordnungen der gegebenen Individuensammlung dienen.

Die Berechnugsweise dieses Koeffizienten ist folgende: Es seien jedem Objekt der untersuchten Individuensammlung zwei Zahlen beigeschrieben: die erste — ist die Rangzahl des Objektes in dieser Sammlung im Bezug auf ein Merkmal; die zweite Zahl dagegen stellt eine solche Rangzahl desselben Objektes im Bezug auf ein zweites Merkmal dar. Es sei δ_i der Unterschied zwischen diesen Zahlen für Individuum "i". Dann erhalten wir den spearman'schen Rangkorrelationskoeffizienten nach der Gleichung

$$\varrho_{j,j'} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^{n} \delta^2_{i(j,j')}}{n^3 - n}.$$

Tabelle 1

Humusanalysen aus den obersten Horizonten der untersuchten Bodenprofilen

Labor-Nr	Horizont	Tiefe cm	C total	N total	C:N	Bituminen	HuminsSuren	Hymatomelan-sSuren	Chemische Zusammenzetzung der HuminsSuren(aschefrei)						
									C	N	H	O	C:N	C:H	C:O
			%			%									
1	A_1	0-5	29,13	2,410	12,10	1,63	36,39	11,74	54,11	3,48	3,14	29,28	15,53	17,26	1,38
9	AoF	4-0	7,11	0,476	15,00	4,60	21,22	0,46	52,10	4,47	5,96	37,47	11,66	8,74	1,39
10	A_1	3-8	6,97	0,486	14,31	4,67	33,60	3,19	51,84	5,44	1,99	40,73	9,53	26,08	1,27
12	A_1	2-5	2,36	0,112	21,07	7,66	23,45	4,80	55,29	4,07	3,27	37,38	13,60	16,91	1,48
22	A_1	0-5	44,14	2,595	17,01	3,29	61,69	6,26	56,64	4,00	3,96	35,40	14,16	14,50	1,60
24	T_1	0-5	40,94	1,648	24,84	4,70	10,41	0,11	55,26	4,07	3,57	37,10	13,58	15,46	1,49
25	AoF+H	10-5	43,02	1,022	38,35	7,01	18,95	3,68	54,21	2,52	2,41	41,06	21,43	22,39	1,32
27	T_1	10-15	46,53	1,680	27,70	9,14	35,45	2,44	57,45	3,37	4,28	34,90	17,05	13,44	1,65
36	T_1	5-10	39,04	2,170	17,97	4,80	57,69	12,46	53,18	4,00	3,38	39,45	13,29	15,76	1,35
37	A_1	3-5	2,14	0,142	15,07	6,79	36,09	0,43	59,09	3,62	2,19	35,10	16,31	27,02	1,68
41	A_1	0-5	3,14	0,242	13,00	5,19	28,48	5,37	45,30	4,48	3,74	46,48	10,11	12,10	0,97
42	T_1	0-15	41,34	2,580	16,02	3,85	70,06	4,82	54,97	4,10	3,37	37,55	13,40	16,29	1,46
47	A_1	15-20	2,40	0,142	16,90	3,15	9,08	0,53	50,11	4,98	4,93	39,98	10,06	10,17	1,25
48	A_1	0-3	14,23	0,856	16,62	4,97	33,60	3,86	53,33	4,48	2,27	39,92	11,90	23,50	1,34
49	A_1	15-20	18,58	1,194	15,57	3,00	62,31	5,64	53,95	4,07	2,51	39,46	13,25	21,46	1,37
52	AoF	5-0	44,97	1,126	39,94	7,05	40,95	5,25	59,64	2,35	3,95	34,06	25,41	15,11	1,75
55	A_1	2-4	1,67	0,105	16,00	24,59	53,79	4,07	55,78	3,62	2,81	37,79	15,41	19,82	1,48
59	A_1	0-3	4,01	0,267	15,02	6,30	25,11	2,06	55,92	4,64	2,67	36,78	12,05	20,97	1,52
64	A_1	0-3	8,04	0,333	24,14	7,33	32,67	2,99	59,27	3,66	3,53	33,53	16,80	16,77	1,77
68	T_1	5-15	33,62	1,260	26,68	4,08	5,18	0,38	55,53	3,33	4,71	36,42	16,66	11,78	1,52
Merkmals Nr:			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

Da der spearman'sche Koeffizient die Werte von -1 bis $+1$ annehmen kann wird er genau so wie der gewöhnliche Korrelationskoeffizient interpretiert.

Die berechnete Werte des spearman'schen Koeffizienten für jedes Paar der 13 analysierten Merkmale sind in Tab. 2 zusammengestellt worden.

Als Masszahl für den Wesentlichkeitsgrad der untersuchten Merkmale dient die folgende Formel:

$$J_j = \frac{\sum_{j' \neq j}^{K-1} |\varrho_{j,j'}| \cdot 100}{K-1};$$

in unserem Falle $K = 13$.

Der in solcher Weise berechnete Wesentlichkeitsgrad kann theoretisch Werte von 0 bis 100 annehmen. Ein solches Kennzeichen, dessen Wesentlichkeitsgrad nicht weit von 100 abweicht, würde die Systematisierung der Bodenindividuen ohne Rücksicht auf andere Merkmale ermöglichen.

Es wurde empirisch festgestellt, dass Merkmale deren Wesentlichkeitsgrad J unter 30 herabsinkt

$$J < 30$$

keine diagnostische Bedeutung besitzen. Diese Merkmale müssen aus weiteren Operationen ausgeschaltet werden. Bei dieser Voraussetzung wurden 9 von 13 in dieser Arbeit untersuchten Merkmalen als bodensystematisch wesentliche Kennzeichen anerkannt. Die vier weiteren Merkmale die in Tab. 1 mit den Nummern 5, 6, 9 und 12 bezeichnet worden sind, wurden bei weiteren Berechnungen nicht mehr berücksichtigt.

NORMALISIERUNG DER KENNZEICHEN

Um die sämtlichen analytischen Daten — die gewöhnlich in verschiedenen Masseinheiten ausgedrückt werden — zu einem einheitlichen Mass zu bringen, wird in der Regel eine Normalisierung nötig.

Wenn man durch x_{ij} den Wert des Kennzeichens "j" (wie gesagt, 9 wesentliche Kennzeichen sind in Betracht genommen) im Bodenindividuum "i" bezeichnet, dann erhält man den normalisierten Wert:

$$U_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{s_j}$$

wobei

$\bar{x}_j$ — das arithmetische Mittel,

s_j — die Standardabweichung bezeichnet.

Es besteht die Möglichkeit auch andere Formeln zur Kennzeichennormalisierung anzuwenden.

Tabelle 2

Spearmansche Korrelationskoeffizienten zwischen untersuchten Merkmalen der humosen Bodenproben

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Wesentlichkeitsgrad
1		0,868	0,577	-0,150	0,233	0,217	0,242	-0,470	0,293	-0,257	0,459	-0,256	0,238	36
2			0,227	-0,489	0,369	0,346	0,068	-0,283	0,198	-0,134	0,231	-0,189	0,106	30
3				0,392	-0,194	-0,170	0,469	-0,574	0,320	-0,427	0,641	-0,238	0,423	39
4					-0,089	-0,162	0,487	-0,323	-0,146	-0,328	0,424	0,188	0,391	30
5						0,712	0,213	-0,144	-0,281	-0,091	0,082	0,288	0,148	24
6							-0,153	-0,091	-0,161	0,283	-0,033	0,113	-0,252	22
7								0,620	0,007	-0,899	0,755	0,096	0,956	41
8									-0,111	0,474	-0,952	0,032	-0,530	38
9										-0,326	0,050	-0,985	0,201	27
10											-0,579	0,195	-0,981	41
11												0,053	0,650	41
12													-0,067	23
13														41

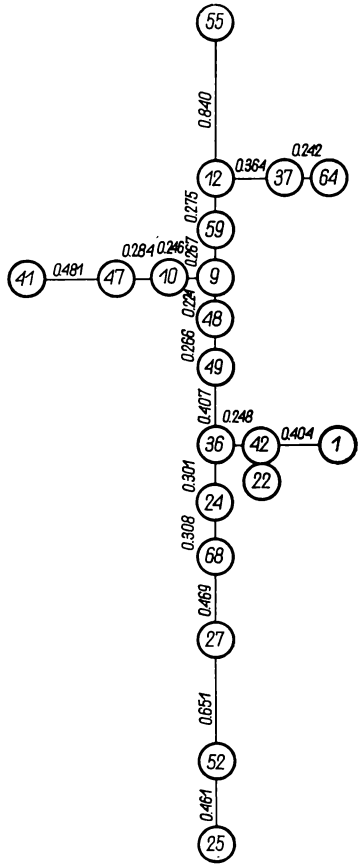
ORDNEN DER SAMMLUNG

Das Ordnen der Sammlung den Bodenindividuen im Bezug auf 9 normalisierte diagnostische Kennzeichen wurde nach der Methode der sog. Wrocław — Taxonomie durchgeführt [3, 5]. Zu diesem Zweck wurde für jedes Bodenindividuenpaar sein gegenseitiger "Abstand" aus der folgenden Formel berechnet:

$$d_{ii'} = \frac{\sum_{j=1}^{k} |u_{ij} - u_{i'j}|}{k}$$

für Individuenpaar i, i'; k = 9. Die Resultate wurden in Tab. 3 zusammengestellt (die sog. "Abstandstabelle" nach Czekanowski [1]).

Auf Grund dieser Tabelle wurde dann der kürzeste Dendrit konstruiert (Abb. 1). Dieser Dendrit stellt eine graphische systematisierung



25, 52 — Eisenhumusgleypodsole, 27, 68, 24 — Hochmoortorfböden, 22, 42, 36 — Niedermoortorfböden, 1 — Anmoor, 49 — „Schwarze Walderde", 48, 10 — Pseudogley, 9 — Braunerde, 47, 41 — Parabraunerden, 59 — Podsolbrauerde, 37, 64, 12, 55 — sandige Kryptopodsole

Tabelle 3

Die "Abstände" zwischen den untersuchten Bodenindiwiduen (auf Grund der 9 diagnostischen Kennzeichen berechnet)

	9	10	12	22	24	25	27	36	37	41	42	47	48	49	52	55	59	64	68
1	0,845	1,001	1,046	0,529	0,636	1,079	0,939	0,426	1,042	1,267	0,404	1,017	0,729	0,462	1,402	1,605	1,014	1,147	0,612
9		0,246	0,439	0,910	0,670	1,000	1,078	0,650	0,598	0,537	0,731	0,362	0,224	0,406	1,462	1,169	0,267	0,720	0,757
10			0,678	1,152	0,907	1,250	1,413	0,796	0,837	0,518	0,971	0,284	0,344	0,565	1,699	1,396	0,469	0,946	1,000
12				0,978	0,647	1,048	0,911	0,823	0,364	0,805	0,859	0,598	0,540	0,615	1,246	0,840	0,275	0,421	0,741
22					0,412	1,124	0,665	0,387	0,961	0,446	0,182	1,126	0,832	0,611	1,128	1,678	0,921	1,017	0,585
24						0,773	0,506	0,301	0,917	1,198	0,306	0,992	0,584	0,478	0,959	1,487	0,726	0,824	0,308
25							0,735	0,851	1,160	1,489	1,032	1,364	0,945	0,913	0,461	1,713	1,201	1,062	0,653
27								0,775	0,826	1,665	0,797	1,499	1,069	0,984	0,651	1,450	1,050	0,695	0,469
36									1,029	1,079	0,248	0,881	0,471	0,407	1,238	1,569	0,842	1,064	0,572
37										0,964	1,038	0,795	0,731	0,785	1,031	0,916	0,367	0,242	0,771
41											1,265	0,481	0,615	0,859	1,951	1,523	0,650	1,149	1,294
42												1,008	0,663	0,481	1,260	1,587	0,834	1,115	0,564
47													0,436	0,555	1,784	1,335	0,488	0,982	1,038
48														0,266	1,354	1,271	0,398	0,795	0,680
49															1,292	1,334	0,581	0,871	0,523
52																1,906	1,336	0,853	0,790
55																	0,988	1,090	1,411
59																		0,534	0,785
64																			0,691
68																			

der 20 Bodenindividuen dar, mit gleichzeitiger Berücksichtigung aller 9 analysierten diagnostischen Kennzeichen.

Die Konstruktion des Dendrits beruht auf dem konsequenten Verbinden jedes Individuums mit einem Anderen, das ihm am ähnlichsten ist. Die Lage jedes Bodenindividuums im Dendrit ist eindeutig bestimmt und unveränderlich ohne Rücksicht auf den Anfangspunkt von welchem wir die Konstruktion des Dendrits beginnen.

GLIEDERUNG DER GEORDNETEN BODENINDIVIDUENSAMMLUNG IN HOMOGENE GRUPPEN (KLASSEN)

Bei der Wahl der Kriterien für die Einteilung des Dendrits in homogene Klassen müsste man sich nach zwei Grundsätzen richten, die schon früher Faliński [2] für die Pflanzensoziologische Systematik vorgeschlagen hat:

(*a*) einer Klasse gehören nur solche Individuen an, bei welchen der Abstand jedes beliebigen Paares einen, als Homogenitätskriterium angenommenen Grenzwert nicht überschreitet;

(*b*) in Anlehnung an Grundsatz (*a*) wird die Individuensammlung so gegliedert, dass jede Gruppe die möglichst höchste Individuenzahl enthält.

Die Anwendung von Homogenitätskriterien der I-, II- und höheren Ordnung lässt eine hierarchische Klassifikation schaffen, die aus taxonomischen Einheiten I-, II- usw. Ordnung aufgebaut wird.

Da die Menge der zur Zeit zu Verfügung stehenden Analysendaten für eine einwandfreie Gliederung des Dendrites noch unzureichend war, hat man auf solche Bearbeitung des Untersuchungsmaterials vorläufig noch verzichtet. Entsprechende Untersuchungen sind im Gange.

DISKUSION UND SCHLUSSFOLGERUNGEN

Alle Bodenprofile, die in dieser Arbeit durch Humusproben aus den allerobersten Bodenhorizonten repräsentiert sind, wurden bereits früher allseitigen morphologischen, chemischen und physikalischen Untersuchungen untergezogen [6]. Das ermöglicht jetzt die meritorische Bewertung der erhaltenen Resultate. In dieser Hinsicht wurde festgestellt, dass die angewandten statistischen Methoden eine konsequente und überzeugende Systematisierung der untersuchten Böden gewährleisten.

Es konnte weiter die Beobachtung gemacht werden, dass die nach statistischen Methoden erhaltene Bodensystematik die natürlichen Bodenverhältnisse im Białowieża Nationalpark sehr gut wiederspiegelt. Sehr befriedigend fiel auch der Versuch der Bewertung des Wesentlich-

keitsgrades der kennzeichnenden Merkmale, auf Grund der spearman'schen Rangkorrelationskoeffizienten aus.

Man muss dabei hervorheben, dass einzeln genommen, kein Kennzeichen eine gute Grundlage für den Aufbau einer befriedigenden Bodensystematik gewähren kann. Die Wahl der Homogenitätskriterien welche die Art der Gliederung des Dendrits in homogene Klassen bestimmen, verlangt noch weiterer Untersuchungen.

Zusammenfassend muss man feststellen, dass die angewandten statistischen Methoden eine weitgehende Objektivisierung der Arbeit auf dem Gebiete der Bodensystematik ermöglichen, weil sie eine gleichzeitige Berücksichtigung vieler diagnostischen Merkmale erlauben. Jedes Vermehren der Zahl diagnostisch wesentlicher Kennzeichen wird uns dem Ziele nähern, welches für jeden Bodensystematiker der Aufbau eines natürlichen Bodensystems ist.

SCHRIFTTUM

[1] Czekanowski J.: Zur Differentialdiagnose der Neandertalgruppe. Korrespondenzblatt der Deutschen Gesellschaft für Anthropologie, XL, S. 44—47, 1909.
[2] Faliński J.: Zastosowanie Taksonomii Wrocławskiej do fitosocjologii. Acta Soc. Botanic. Poloniae, v. XXIX, 1960, 333—361.
[3] Florek K., Łukaszewicz J., Perkal J., Steinhaus H., Zubrzycki S.: Taksonomia Wrocławska. Przegląd Antropolog. XVII, Poznań 1952, 193—211.
[4] Kendall M. G.: Rank Correlation Methods. London 1955.
[5] Prusinkiewicz Z., Caliński T.: Badania nad możliwością systematyzowania gleb w oparciu o wielocechową "Taksonomię Wrocławską" (im Druck).
[6] Prusinkiewicz Z., Kowalkowski A.: Studia gleboznawcze w Białowieskim Parku Narodowym (im Druck).

Z. PRUSINKIEWICZ, T. CALIŃSKI

AN ATTEMPT AT APLICATION OF STATISTICAL METHODS TO SOLVING OF PROBLEMS IN SOIL SYSTEMATICS

Department of Soil Science, Copernicus University, Toruń
Department of Biometry, College of Agriculture, Poznań

Summary

A set of statistical methods is applied to solving soil systematics problems. A dendritic (nonlinear) arrangement of soils based on the best correlated ("most significant") features is described. An example on 20 soils from Białowieża National Park (Poland) is given.

The arrangement of the soils in a dendritic system, based on chemical humus analysis, reflects satisfactorily the natural conditions ot the investigated terrain.

Z. PRUSINKIEWICZ, T. CALIŃSKI

UN ESSAI D'APPLICATION DE MÉTHODES STATISTIQUES POUR LA SOLUTION DES PROBLÈMES DE LA SYSTÉMATIQUE DE SOLS

La chaire de Pédologie de l'Université de Kopernik à Toruń
et la chaire de Biometric d'Ecole Superieure d'Agriculture à Poznań

Résumé

Des méthodes statistiques ont été appliquées pour la solution du problème de la systématique de sols. La façon d'arrangement "dendritique" des sols, basée sur les caractéres corrélant le mieux entre eux (les plus considérables) est décrite. On procéda à titre d'exemple à l'étude de 2P sols du Parc National de Białowieża (Pologne). On constate, que l'arrangement de ces sols dans une composition "dendritique", basée sur les resultats des analyses chimiques de l'humus, correspond bien aux conditions naturelles du terrain exploré.

Z. PRUSINKIEWICZ, T. CALIŃSKI

PRÓBA ZASTOSOWANIA METOD STATYSTYCZNYCH DO ROZWIĄZYWANIA ZAGADNIEŃ TAKSONOMII GLEBOZNAWCZEJ

Katedra Gleboznawstwa Uniwersytetu im. M. Kopernika, Toruń
i Katedra Biometrii WSR, Poznań

Streszczenie

Zastosowano zestaw metod statystycznych do rozwiązywania zagadnień taksonomii gleboznawczej. Opisano sposób dendrytowego (nieliniowego) porządkowania gleb w oparciu o cechy najlepiej wzajemnie skorelowane (najbardziej istotne). Dla przykładu opracowano systematycznie 20 gleb Białowieskiego Parku Narodowego.

Stwierdzono, że uporządkowanie tych gleb w układzie dendrytowym na podstawie wyników chemicznych analiz próchnicy glebowej dobrze odzwierciedla stosunki przyrodnicze Parku Narodowego.

З. ПРУСИНКЕВИЧ, Т. ЦАЛИНЬСКИ

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ К РЕШЕНИЮ ПРОБЛЕМОВ ПОЧВЕННОЙ СИСТЕМАТИКИ

Кафедра Почвоведения Университета им. Коперника, Торунь
и Кафедра Биометрии Познанской сельскохозяйственной Академии

Резюме

Авторами разработан и проверен состав статистических методов пригодных к решению основных проблемов почвенной систематики. В качестве диагностических признаков были применены хорошо взаимо коррелированные (= существенные) особенности исследованных почв. Расстановка почвенных индивидуов получалась „дендритная" (нелинейная). Проверка предлагаемых методов на 20 образцах взятых из почв Беловежского народного заповедника (Польша) показала, что систематика почв получена статистическим путём хорошо отражает естественные условия заповедника.