

## Zur Anwendung von Computern für die Determination in der Entomologie

Von

ANDREJ L. LOBANOV, WJATSCHESLAW F. SCHILOW und LEONID M. NIKRITIN

Mit 7 Tabellen und 3 Abbildungen im Text

### Summary

25

On the use of computer determining methods in entomology

In this article the present situation of a computer-system for diagnostics of the systematical position of biological objects is examined. There different stages are shown, in which the research in this field of diagnostics have developed. In concrete examples of the list of scheme of destination for two groups of beetles the rules of preparation are shown how to inform the computer-systems and peculiarities of its working method are examined. It is reported about a Soviet system of such way, that is realized in a small computer. The importance of a computer-diagnosis for entomology is shown by it.

In diesem Artikel wird die gegenwärtige Eignung der Computer-Systeme für die Diagnostik der systematischen Stellung biologischer Objekte untersucht. Es werden die Etappen umrissen, in denen sich die Forschung auf diesem Gebiet der biologischen Diagnostik entwickelt. An konkreten Beispielen der Aufstellung von Bestimmungstabellen für zwei Käfergruppen werden die Regeln der Vorbereitung der Information für Computer-Systeme gezeigt und Besonderheiten ihrer Arbeit untersucht. Es wird über ein sowjetisches System solcher Art berichtet, welches an einem kleinen Computer realisiert wurde. Hervorgehoben wird die Bedeutung einer Computerdiagnose für die Entomologie.

Das Problem der genauen und schnellen Bestimmung der Artzugehörigkeit von Organismen hat eine erstrangige Bedeutung für viele Zweige der biologischen Forschung. Einen besonders wichtigen Platz nimmt es in der Entomologie ein, da die Entomologen, mit Tausenden von Taxa zu tun haben. Bei ständig anwachsendem Umfang der Arbeiten über Ökologie und Pflanzenschutz nimmt die Wichtigkeit einer Vervollkommnung der exakten Determinationsmethoden mit jedem Jahr zu (ATMAR u. a., 1973; BELSON und DUNN, 1970; HALL und BENNETT, 1973; RISBY und YERGEY, 1976; ROHLF und SOKAL, 1967). Wir können sogar konstatieren, daß sich ein eigenständiger Zweig der Biologie, die biologische Diagnostik, herausgebildet hat und daß Arbeiten zu allgemeinen Fragen dieses Zweiges erschienen sind (KLAUSNITZER u. a., 1979; LOBANOV, 1972; PANKHURST, 1978; SVIRIDOV, 1973, 1975; VOSS, 1952). Das Eindringen der Computer und der Computer-Methoden in alle Wissenschaftsbereiche hat selbstverständlich auch die biologische Determination berührt. Die ersten Versuche zur Anwendung von Computern für die Bestimmung biologischer Objekte wurden Mitte der 60er Jahre in der UdSSR und den USA gemacht (KISKIN u. a., 1965; LEDLEY, 1965).

In den darauffolgenden Jahren wurden die Computer-Methoden schnell vervollkommenet. Eine erste Bilanz der Wissenschaftler aus den USA, England und einigen anderen Staaten wird in dem großen Sammelband der Arbeiten des Symposiums „Biological identification with computers“ gezogen. Funktionierende automatisierte, biologische diagnostische Systeme wurden auch in Arbeiten sowjetischer Wissenschaftler beschrieben (LOBANOV, 1975; MÖLS und RAITVIIR, 1974).

Bei der Entwicklung von Computer-Systemen zur Determination der taxonomischen Stellung von Organismen kann man 4 Hauptetappen umreißen. Wir grenzen sie voneinander ab auf Grund der Analyse des Grades der Teilnahme von Mensch und Computer bei den Prozessen der Vorbereitung der diagnostischen Information.

Als erste Etappe, die bereits in der Praxis vollzogen ist und die weder theoretisches Interesse noch eine Perspektive hat, zählen wir die Einführung einer auf herkömmliche Weise, also per Hand, aufgestellten Bestimmungstabelle in den Computer. In diesem Fall nimmt der Computer weder bei der Vorbereitung der Information, noch bei der Umwandlung dieser Information in eine Bestimmungstabelle teil, sondern stellt nur einen Automaten dar, der die Benutzung dieser Tabelle beschleunigt.

Die zweite Etappe zeichnet sich durch die Teilnahme der Computer bei der Aufstellung der Bestimmungstabelle, bei der Auswahl und der Optimierung der Information aus. Für gewöhnlich leitet der Rechner in Systemen dieses Niveaus bei einem Ruf-Antwort-Modus den Gang der Bestimmung, indem er eine schrittweise Optimierung durchführt und die Strategie des kürzesten Determinationsweges, der größten Zuverlässigkeit der Bestimmung oder eine gemischte Strategie auswählt. Die Information über die Merkmale der Taxa wird auf dieser Etappe von dem Forscher selbst gesammelt und geordnet. Die überwiegende Anzahl an Arbeiten über die Anwendung von Computern in der biologischen Diagnostik gehört zu dieser Etappe.

Die dritte Etappe wird durch die Teilnahme der Computer im Prozeß der Einordnung und Formalisierung der Information über die Taxa gekennzeichnet. Als hauptsächliches Informationsmaterial für den Rechner können hier gewöhnliche textliche Beschreibungen der Taxa dienen oder sogar primäre Aufzeichnungen über die Resultate morphometrischer Forschungen einzelner Exemplare verschiedener Arten. Die Bedeutung dieser Etappe wird oftmals noch unterschätzt, obwohl heute gerade der Mangel an überprüfter, geordneter und formalisierter diagnostischer Information einen Engpaß darstellt, der die breite Einführung der Computer in die Praxis der biologischen Diagnostik aufhält. Wenn früher die hohen Kosten einer Computer-Ausstattung und der Maschinenzeit einen bremsenden Faktor darstellten, so wird auf dem heutigen Niveau der Computer-Technik die Verbreitung automatisierter, diagnostischer Systeme verhindert durch die objektiv bedingte Überforderung der professionellen Systematiker, deren Anzahl in den meisten Ländern sehr gering ist und denen es dadurch unmöglich wird, den gewaltigen Umfang an Arbeiten zur Anreicherung solcher Informationssysteme, die entsprechend aufbereiten wurden, zu bewältigen. Bei dieser Arbeit wird die EDV (Elektrische Datenverarbeitung) einfach unersetzlich. Eine Art des Heran-gehens an dieses Problem wird in der Monografie von MÖLS und RAITVIR (1974) betrachtet.

Die letzte Etappe der Entwicklung automatisierter diagnostischer Systeme in der Entomologie ist die unmittelbare Bestimmung der Insekten mit einem speziellen Empfängerblock der Computer ohne Teilnahme des Menschen im Prozeß der Bestimmung. Solches Heran-gehen, das auf die Muster-Erkennungs-Technik basiert, hat unbestreitbar die größte Perspektive, da es Prozesse der Vorbereitung der diagnostischen Information per Hand, die Suche und Formulierung der Merkmale, völlig ausschaltet. Die Regeln der Unterordnung verschiedener Arten werden vom Computer selbst im Prozeß seiner Lehre an einer bestimmten Auswahl von Exemplaren mit bekannter taxonomischer Zugehörigkeit aufgestellt. Bei der Determinierung ohne Zerstörung des Exemplares dient für die Einführung der Merkmale eine Televisionskammer oder eine Abtastvorrichtung. Das Gerät ist in der Lage verschiedene visuelle Parameter — Größe, Form, Färbung usw. — automatisch zu erkennen. Für die Massendetermination im Dienst des Pflanzenschutzes können Methoden angewandt werden, die mit einer Zerstörung des Exemplares verbunden sind — mit einer Verbrennung oder einer Zerreibung und Extraktion von Stoffen aus dem Körper. Die folgende Analyse der erhaltenen Gase oder Flüssigkeiten mit Hilfe von Chromatografie, Spektrografie oder anderer Methoden gibt quantitative Charakteristika, die von dem Computer für die Bestim-

mung der Taxa verwendet wird. Die Schwierigkeiten, die verbunden sind mit der Variabilität der Merkmale bei den Insekten, mit der Unmöglichkeit der Vorlage einer repräsentativen Auswahl bei seltenen Arten und einigen anderen Komplikationen erlauben es jedoch nicht, zu hoffen, daß in nächster Zeit eine vollständig automatisierte Bestimmung der Insekten über den Rahmen von Labor-Experimenten hinausgeht.

Obwohl es gerade die Zoologen mit der größten Vielfalt der untersuchten Objekte zu tun haben, werden die Methoden der Computer-Determination von ihnen sehr selten ausgearbeitet und angewandt. Eine Analyse der Anzahl von Publikationen über die Anwendung der Computer in der biologischen Diagnostik zeigt, daß diese Richtung hauptsächlich durch Anstrengungen der Botaniker, Mikrobiologen und Paläontologen entwickelt wird.

Betrachten wir die Besonderheiten der Computer-Systeme, die gegenwärtig am verbreitetsten sind und die zur zweiten der vier von uns umrissenen Etappen der Entwicklung solcher Systeme gehören. Die betrachteten Systeme erfüllen eine oder einige von folgenden Funktionen:

1. Überprüfung und Beurteilung der vom Systematiker vorbereiteten diagnostischen Information.
2. Optimierung des Diagnoseprozesses in diagnostischen Ruf-Antwort-Systemen.
3. Die Aufstellung optimierter textlicher Bestimmungstabellen.
4. Analyse der Parameter fertiger Bestimmungstabellen.

Die Besonderheiten dieser Funktionen werden an Hand von Beispielen der Aufstellung zweier Bestimmungstabellen für Käfer mit Hilfe des Computer-Systems „Diagnostika-3“, welches von einem der Autoren (LOBANOV, 1975a) ausgearbeitet wurde und an dem sowjetischen Computer „NAIRI“ realisiert wurde, betrachtet. Die Hauptfrage der Theorie diagnostischer Schlüssel werden ausführlich in der Literatur behandelt (LOBANOV, 1972, 1975b; OSBORNE, 1963 und PANKHURST, 1978), dort kann man auch eine Deutung der Begriffe finden. Wir wollen nur die Aufmerksamkeit auf die Bedeutung lenken, die wir den

Tabelle 1

Liste der Merkmalsreihen zur Tabelle 2 für die Arten der Gattung *Drusilla* (Coleoptera, Staphylinidae)

- I. Reihe: Kopfoberfläche
  - 1) glatt, glänzend, fein spärlich punktiert
  - 2) glatt, glänzend, grob dicht punktiert
  - 3) chagriniert, glänzend, grob dicht punktiert
  - 4) chagriniert, matt, ohne deutliche Punktierung
- II. Reihe: Punktierung des Halsschildes
  - 1) wie auf dem Kopf
  - 2) gröber als auf dem Kopf
- III. Reihe: Körperlänge
  - 1) weniger als 4,5 mm
  - 2) mehr als 4,5 mm
- IV. Reihe: Körperfarbe
  - 1) Kopf, Halsschild und Abdomen schwarz oder dunkelbraun; Flügeldecken, Fühler und Beine anders gefärbt
  - 2) braun oder rotbraun, wenigstens das 4. Abdomentergit dunkler
  - 3) einfarbig dunkelbraun, Fühlerbasis und Beine heller
- V. Reihe: Ausbuchtung am 8. Abdomentergit
  - 1) bei ♀ und ♂ vorhanden
  - 2) fehlt bei ♀ oder schwach ausgeprägt
- VI. Reihe: Aedeagusspitze
  - 1) spitzwinklig
  - 2) stumpfwinklig

Tabelle 2

Vielläufige numerische polytome Tabelle (taxonomische Matrize) für die Arten der Gattung *Drusilla*

Nr.	Art	I	II	III	IV	V	VI
1	<i>D. akinini</i>	1	2			2	0
2	<i>D. alutaceus</i>	4		2	2	0	0
3	<i>D. canaliculata</i>	2,3	0	2	2,3	1,2	
4	<i>D. caucasica</i>	2	0	2	2	1	2
5	<i>D. ganglbaueri</i>		1	0	2	2	0
6	<i>D. gracilis</i>		2	2	2	2	0
7	<i>D. heydeni</i>		1	1	1	2	0

Begriffen geben, die eine unterschiedliche Deutung zulassen. Die Eigenschaft ist ein Erkennungselement (z. B. Farbe der Flügeldecken, Anzahl der Fühlerglieder). Das Merkmal ist ein bestimmter Zustand des Erkennungselementes (rote Flügeldecken, 11 gliedrige Fühler). Eine Reihe von Merkmalen (Merkmalsreihe) ist die Gesamtheit geordneter, zu vergleichender, einander ausschließender Merkmale.

Die Vorbereitung der Information für das Computer-System durch den Systematiker beginnt mit der Aufstellung einer Liste der Taxa, die in die Bestimmungstabelle aufgenommen werden sollen und der Bildung einer Reihe von Merkmalen, die notwendig sind zur Unterscheidung aller ausgewählten Taxa. An die Merkmalsreihen werden folgende Anforderungen gestellt: die Anzahl der Merkmale darf nicht zu hoch sein, die Formulierung der Merkmale muß kurz sein und den Zustand eines möglichst einfachen Erkennungselementes beschreiben. Es ist wünschenswert, daß sich der Text eines Merkmals auf eine Zeile beschränkt und ihre gesamte Anzahl in einer Reihe 7–9 nicht überschreitet (Optimum = 2–5). Danach stellt der Systematiker eine Liste der erhaltenen Reihen auf und numeriert sie (Tab. 1). Schließlich wird nach Durchsicht einer genügend repräsentativen Serie von Exemplaren (in unserem Falle — jeder Art) und nach der Auswertung der Literaturangaben eine Charakteristik jedes Taxon nach jeder Merkmalsreihe aufgestellt. Die einfachste Form der Darstellung der Resultate dieser Arbeit ist die taxonomische Matrize (Tab. 2). Die Charakteristik des Taxon stellt eine Aufzählung der Nummern der Merkmale dar, die die Vertreter dieses Taxon besitzen können. Die Variabilität der Arten und die Transgression der Merkmale erschweren die Arbeit der Computer keinesfalls, es ist deshalb nicht notwendig, diesen Erscheinungen durch Komplikation der Merkmale auszuweichen. Die Unbeständigkeit der Merkmale der Art *Drusilla canaliculata* (Tab. 2) wird dadurch zum Ausdruck gebracht, daß in den Reihen 1, 4 und 5 mit Komma abgetrennt verschiedene Merkmale aufgeführt werden, die diese Art besitzen kann. In den Fällen, wo der Systematiker nur über eine unvollständige Information verfügt (z. B. unzureichende Angaben in der Literatur über solche Arten, deren Exemplare für ihn nicht erreichbar sind) oder wenn er weiß, daß irgendeine Reihe nur für das Einordnen einer geringen Anzahl von Taxa notwendig ist und er deshalb keine Zeit für die Aufstellung von Charakteristiken der anderen Taxa zu dieser Reihe verschwenden will, braucht er die Charakteristiken einzelner Taxa zu einigen Reihen (Reihe 6 in Tab. 2) nicht anzugeben. Im Verlauf dieser Arbeit können Ergänzungen und Veränderungen in der Liste der Reihen und Merkmale vorgenommen werden. Die fertige Tabelle wird dem Operator für die Einführung in den Computer übergeben. Der Computer vergleicht die Charakteristiken aller Taxa. Bei einer Transgression der Merkmale oder einer ungenügenden Anzahl von Merkmalsreihen kann es passieren, daß einige Taxa nicht zu erkennen sind. In diesen Fällen gibt der Computer Listen solcher nicht zu trennenden Gruppen heraus. In dem oben genannten Beispiel (Tabelle 2) können bei Fehlen der 6. Reihe die Arten *D. canaliculata* und *D. caucasica* nicht in jedem Fall klar unterschieden werden. Bei Vorhandensein nicht unterscheidbarer Gruppen werden die Matrize und die Liste dem

Systematiker zur Vervollständigung zurückgegeben. Nach Hinzufügen von Merkmalsreihen, die eine vollständige Trennung gestatten, kann das Programm erneut in den Computer eingegeben werden. Der Computer analysiert die Notwendigkeit des ganzen Satzes von Merkmalsreihen für die Determinierung des gegebenen Satzes von Taxa und gibt eine Liste von Reihen heraus, die aus der taxonomischen Matrize ausgeschlossen werden können, ohne ihre diagnostische Qualität zu verschlechtern. Der Systematiker braucht sich mit diesem Angebot nicht einverstanden zu erklären wenn er meint, daß die durch diese Reihen beschriebenen Eigenschaften in schwierigen Fällen für die Determination benötigt werden. Damit ist die Arbeit der Systematiker beendet.

Die Information, die in Tab. 1 und 2 enthalten ist, ist ausreichend für die Erfüllung der nächsten beiden Funktionen des Computers — die Realisierung des diagnostischen Ruf-Antwort-Systems und die Aufstellung eines optimierten Text-Schlüssels. Die Anwendung von Computern für die Ruf-Antwort-Bestimmung in der „on-line“-Datenverarbeitung kann nur rentabel sein bei Realisierung im Rechner eines zeitgeteilten Systems und bei Vorhandensein von entfernten Endanschlußgeräten (Display-Einheiten oder leiser Zeilenschnelldrucker) an den Stellen, wo die Bestimmungen vorgenommen werden — in Laboratorien oder Museen. Außerdem sind solche Systeme nur angebracht bei einem genügend großem Kreis von Benutzern. Und dies wird wiederum erfüllt bei der Voraussetzung, daß eine

Tabelle 3

Vom Computer aufgestellte Bestimmungstabelle für die Arten der Gattung *Drusilla*

1 — Kopf glatt, glänzend, fein spärlich punktiert . . . . .	2
— Kopf glatt, glänzend, grob dicht punktiert . . . . .	4
— Kopf chagriniert, glänzend, grob dicht punktiert . . . . .	<i>D. canaliculata</i>
— Kopf chagriniert, matt, ohne deutliche Punktierung . . . . .	<i>D. alutaceus</i>
2 — Kopf, Halsschild und Abdomen schwarz oder dunkelbraun, Flügeldecken, Fühler und Beine anders gefärbt. . . . .	3
— Körper braun oder rotbraun, wenigstens 4. Abdominaltergit dunkler. . . . .	5
3 — Punktierung des Halsschildes wie auf dem Kopf. . . . .	<i>D. heydeni</i>
— Punktierung des Halsschildes gröber als auf dem Kopf. . . . .	<i>D. akinini</i>
4 — Aedeagusspitze spitzwinklig . . . . .	<i>D. canaliculata</i>
— Aedeagusspitze stumpfwinklig . . . . .	<i>D. caucasica</i>
5 — Punktierung des Halsschildes wie auf dem Kopf. . . . .	<i>D. ganglbaueri</i>
— Punktierung des Halsschildes gröber als auf dem Kopf. . . . .	<i>D. gracilis</i>

Tabelle 4

Dichotome Bestimmungstabelle für die Arten der Gattung *Drusilla*; vom Systematiker per Hand aufgestellt

1 — Oberfläche des Kopfes und des Halsschildes ohne deutliche Punktierung, matt, dicht chagriniert . . . . .	<i>D. alutaceus</i>
— Oberfläche des Kopfes und des Halsschildes immer mit deutlicher Punktierung, glänzend . . . . .	2
2 — Kopf grob und dicht punktiert . . . . .	3
— Kopf fein und spärlich punktiert . . . . .	4
3 — Aedeagusspitze spitzwinklig. Hinterer Rand des VIII. Tergits nur bei ♂ tief ausgeschnitten . . . . .	<i>D. canaliculata</i>
— Aedeagusspitze stumpfwinklig. VIII. Tergit mit tiefem Ausschnitt bei ♀ und ♂. . . . .	<i>D. caucasica</i>
4 — Kopf, Halsschild und Abdomen schwarz oder dunkelbraun; Flügeldecken, Beine und Fühler anders gefärbt. . . . .	5
— Der ganze Körper braun oder rotbraun, Abdomenende oder nur 4 Tergiten dunkler . . . . .	6
5 — Kopf und Halsschild gleichmäßig stark punktiert . . . . .	<i>D. heydeni</i>
— Halsschild gröber als Kopf punktiert . . . . .	<i>D. akinini</i>
6 — Kopf und Halsschild gleichmäßig stark punktiert . . . . .	<i>D. ganglbaueri</i>
— Halsschild gröber als Kopf punktiert . . . . .	<i>D. gracilis</i>

bedeutende Anzahl von Arten mit Hilfe der Computer bestimmt werden kann. Da die Systematiker unter den Entomologen bis jetzt noch nicht einmal die Insektengruppen, die eine praktische Bedeutung haben, mit der notwendigen Information ausgestattet haben, so muß man sich heute nur auf die Generation einer textlichen Bestimmungstabelle beschränken.

Bei Vorhandensein der notwendigen Bedingungen wird die Ruf-Antwort-Bestimmung mit Hilfe des Computer in vielen Systemen wie folgt realisiert. Für die Einführung des Dialogs wird gewöhnlich eine Display-Einheit benutzt, die eine Fernschröhre zum Anzeigen der Information und eine alphanumerische Tastatur für die Einführung besitzt. Der Operator, der die Bestimmung durchführt, gibt die Bezeichnung der Bestimmungstabelle an und erhält vom Computer die Antwort über die Bereitschaft zur Diagnose. Wenn der Operator schon sicher ist, daß sein Exemplar zu einer bestimmten systematischen Gruppe gehört, die kleiner ist als der ganze Umfang der Bestimmungstabelle, so kann er die Bezeichnung dieser Gruppe angeben und der Computer stellt aus der ursprünglichen Bestimmungstabelle die gewünschte auf. Dies verkürzt die Zeit der Diagnose.

Danach geht der Computer alle Merkmalsreihen durch, die bei Beginn der Diagnose verwendet werden können, wählt aus ihnen einige Reihen, die den größten diagnostischen Wert haben, aus und zeigt ihre Texte auf dem Bildschirm an. Der Begriff „diagnostischer Wert der Merkmalsreihe“ (LOBANOV, 1974) beinhaltet ein oder mehrere Kriterien, nach denen das gegebene diagnostische Computer-System den Prozeß der Bestimmung optimiert. Im System „Diagnostika-3“ ist solch ein Kriterium die mittlere Länge des Bestimmungsweges, daß heißt die Anzahl von Merkmalen des zu bestimmenden Objektes, die der Operator in den Computer einführen muß, um eine Diagnose zu erhalten. Der Computer wählt immer jene Reihen aus, deren Anwendung schneller zur Diagnose führen. Es ist eine komplexe Optimierung möglich, die die Kriterien der Zuverlässigkeit der Diagnose und der schnellsten Bestimmung von häufig anzutreffenden Arten in sich vereinigt (SVIRIDOV, 1975). Bei ihrer Anwendung erhöht sich jedoch wesentlich die Anzahl der Informationen, die vom Systematiker bei der Aufstellung der Bestimmungstabelle gefordert werden. Nach Erhalten der Information über die wertvollsten Reihen entscheidet der Operator, ob er eine von ihnen benutzt oder ob er vom Computer noch einen Satz von Reihen anfordert. So kann der Operator die Anwendung einer bestimmten Reihe umgehen, wenn für ihn entweder die Formulierung der Merkmale nicht deutlich genug ist, oder die Untersuchung des Merkmals

Tabelle 5

Liste der Merkmalsreihen zur Tabelle 6 für die mittelasiatischen Untergattungen der Gattung *Aphodius* (Coleoptera, Scarabeidae)

- Reihe: Größe des Scutellum
  - 1) groß
  - 2) klein
- II. Reihe: Lage des Scutellum
  - 1) vertieft
  - 2) nicht vertieft
- III. Reihe: Form des Clypeus
  - 1) halbkreisartig
  - 2) abgeschnitten
  - 3) flach ausgebuchtet
  - 4) tief und schmal ausgeschnitten
  - 5) tief und breit ausgeschnitten
- IV. Reihe: Zähnen auf dem Clypeus
  - 1) vorhanden
  - 2) nicht vorhanden

- V. Reihe: Länge der Tharsen
  - 1) lange
  - 2) kurze
- VI. Reihe: Halsschildspitze
  - 1) gekantet
  - 2) nicht gekantet
- VII. Reihe: Halsschildbasis
  - 1) gekantet
  - 2) nicht gekantet
- VIII. Reihe: Oberfläche des Clypeus
  - 1) glatt
  - 2) gekörnt
- IX. Reihe: Borsten an der Spitze der Hinterschienen
  - 1) gleich lang
  - 2) unterschiedlich lang
- X. Reihe: Struktur der Flügeldecken
  - 1) mit walzenartiger Erhebung im 7. und 9. Zwischenraum
  - 2) ohne walzenartige Erhebung im 7. und 9. Zwischenraum
- XI. Reihe: Wangenlappen
  - 1) kleine
  - 2) mittelgroße
  - 3) große
- XII. Reihe: Grundfarbe der Flügeldecken
  - 1) schwarz
  - 2) rot
  - 3) gelb
  - 4) rotbraun
  - 5) gelbbraun
  - 6) dunkelbraun
- XIII. Reihe: Vorhandensein und Farbe von Flecken auf Flügeldecken
  - 1) schwarze
  - 2) rote
  - 3) unscharfe graue
  - 4) ohne Flecken
- XIV. Reihe: Behaarung der Flügeldecken
  - 1) vorhanden
  - 2) nicht vorhanden
- XV. Reihe: Form der Krallen
  - 1) borstenförmig
  - 2) nicht borstenförmig
- XVI. Reihe: Oberfläche der Flügeldecken
  - 1) glänzend
  - 2) matt
- XVII. Reihe: Stirnnaht
  - 1) ohne Hügel
  - 2) mit 1 Hügel
  - 3) mit 2 Hügeln
  - 4) mit 3 Hügeln
  - 5) keine Naht vorhanden
- XVIII. Reihe: Vertiefung auf der Halsschildspitze
  - 1) vorhanden
  - 2) nicht vorhanden
- XIX. Reihe: Form der hinteren Ecken des Halsschildes
  - 1) abgeschnitten
  - 2) stumpf
- XX. Reihe: Form des Scutellums
  - 1) länglich
  - 2) Länge und Breite gleich

Tabelle 6  
Vielläufige numerische polytome Tabelle (taxonomische Matrize) für die mittelasiatischen Untergattungen der Gattung *Aphodius*

Nr.	Untergattung	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1	<i>Colobopterus</i>	1	1	3	2	2	2	1	1
2	<i>Teuchestes</i>	1	2	3	2	2	2	1	1
3	<i>Lunaphodius</i>	2	2	4	2	2	2	1	1
4	<i>Erytus</i>	2	2	3	2	1	2	1	1
5	<i>Mendidaphodius</i>	2	2	4	1, 2	2	2	1	1, 2
6	<i>Plagiogonus</i>	2	2	4	2	2	2	1, 2	1
7	<i>Acrossus</i>	2	2	1	2	2	2	2	1
8	<i>Agolius</i>	2	2	3	2	2	2	2	1
9	<i>Biralus</i>	2	2	3	2	2	2	2	1
10	<i>Alocoderus</i>	2	2	5	2	2	1	1	1
11	<i>Calaphodius</i>	2	2	3	2	2	2	2	1
12	<i>Aphodalicus</i>	2	2	3	2	2	2	2	1
13	<i>Volinus</i>	2	2	1, 3	2	2	2	1	1
14	<i>Melinopterus</i>	2	2	1, 3	2	2	2	1	1
15	<i>Nobius</i>	2	2	2, 3, 5	2	2	2	1	1
16	<i>Phaeaphodius</i>	2	2	5	2	2	2	1	1
17	<i>Amidorus</i>	2	2	5	2	2	2	1	1
18	<i>Pseudacrossus</i>	2	2	3	2	2	2	1	1
19	<i>Trichonotulus</i>	2	2	3	2	2	2	1	1
20	<i>Orodaliscus</i>	2	2	3	1, 2	2	2	1	1
21	<i>Esymus</i>	2	2	3	2	2	2	1	1
22	<i>Mecinodes</i>	2	2	3	1	2	2	1	1
23	<i>Sugrames</i>	2	2	3	1	2	1, 2	1	2
24	<i>Aphodius s. str.</i>	2	2	3	2	2	1, 2	1	1
25	<i>Loraphodius</i>	2	2	3	1, 2	2	2	1	1
26	<i>Agrilinus</i>	2	2	3	2	2	1	1	1
27	<i>Bodilus</i>	2	2	3	2	2	2	1	1
28	<i>Nialus</i>	2	2	3	2	2	2	2	1
29	<i>Calamosternus</i>	2	2	3	2	2	2	1	1
30	<i>Orodalus</i>	2	1, 2	3	2	2	2	1	1
31	<i>Mendidius</i>	2	2	3	1	2	1, 2	1	2

bei dem zu bestimmenden Objekt mit irgendwelchen Schwierigkeiten verbunden ist, oder aber das Exemplar beschädigt ist. Gerade darin besteht einer der wichtigsten Vorteile der Diagnose mit Hilfe der Computer. Bei den Bestimmungstabellen, die gegenwärtig benutzt werden, wird bei Auftreten solcher Schwierigkeiten die Bestimmung abgebrochen oder führt zu einem falschen Ergebnis. Mit Hilfe der Tastatur gibt der Operator dem Computer an, welche Reihe er ausgewählt hat und welches Merkmal aus dieser Reihe das zu bestimmende Exemplar besitzt. Der Computer geht alle Taxa durch, die in der Bestimmungstabelle enthalten sind und wählt von ihnen jene aus, die dieses Merkmal besitzen können. Für die neue, schon an Umfang verringerte, Serie von Taxa werden Reihen mit maximalen diagnostischen Wert (speziell für diese Serie) ausgewählt und auf dem Bildschirm für den Operator angezeigt. Dieser wählt wiederum die für ihn geeignetste Reihe aus und so wird die Bestimmung fortgeführt bis der Computer die Bezeichnung der zu bestimmenden Art angibt. Im System „Diagnostika-3“ und in einigen anderen Systemen kann der Operator eine zusätzliche Information erhalten — die Anzahl von Merkmalen, die schon bei dieser Diagnose genutzt wurden: die Angabe der Anzahl der Arten, unter denen sich auf dem gegebenen Schritt der Diagnose die zu bestimmende Art befindet; eine vollständige Liste solcher Arten usw.

IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	XIX	XX
1, 2	2	3	1, 2, 5	4	2	2	1, 2	2, 4	0	0	0
1, 2	2	3	1, 2, 3, 5	2, 4	2	2	1, 2	4	0	0	0
2	2	2	5	4	2	2	1	1	0	0	0
2	2	1	4, 5	4	2	2	1, 2	1, 5	0	0	0
2	2	2	4, 5	4	2	2	1	2, 4	0	0	0
2	1	1	5	4	2	2	1	1	0	0	0
2	2	3	1, 3, 5	1, 4	2	2	1	1, 5	0	0	0
2	2	3	1, 3, 4	4	1	2	1, 2	1	0	0	0
2	2	2	4	1	2	2	1	1	0	0	0
2	2	1	1, 3	4	2	2	2	4, 5	0	0	0
2	2	3	3	1	1	2	2	1	0	0	0
2	2	2	3	1	1	2	2	2, 4	0	0	0
2	2	3	3, 5	1	2	2	1, 2	2, 4	0	0	0
2	2	3	3, 5	3, 4	1, 2	2	1, 2	1, 4	0	0	0
2	2	1	3	3	2	2	1, 2	1	0	0	0
2	2	1	3	3	2	2	1, 2	4	0	0	0
2	2	3	1, 4	4	1, 2	2	1, 2	4	0	0	2
2	2	3	1, 4	2, 4	2	2	1	1, 4	0	0	2
2	2	1	1	4	1	2	2	1	0	0	1
2	2	1	1, 4	4	2	2	2	1	0	0	1
2	2	1	3, 5	4	1, 2	2	1, 2	1	0	0	1
2	2	1	3, 5	1	2	2	2	1	0	0	1
1	2	3	3, 5	4	2	1	1	1, 2, 3	0	0	2
1	2	3	1, 2, 5	1, 4	2	2	1	4	1	1	2
1	2	3	1, 6	4	2	2	1	1, 4	2	1	2
1	2	3	1, 4, 6	4	1, 2	2	1	1, 4	2	2	2
1	2	3	3, 4	4	2	2	1, 2	4	2	2	2
1	2	2, 3	1, 3, 6	4	2	2	1, 2	1, 4	2	2	1
1	2	2, 3	1, 3, 5	3, 4	2	2	1	4	2	2	1
1	2	1	3, 6	2, 4	2	2	1	4	0	0	1
1	2	3	1, 3, 5	1, 4	2	2	1	3, 4	0	0	2

Außer dem schon erwähnten Vorteil, der mit einer großen Freiheit bei der Auswahl der Merkmale verbunden ist, ist die maschinelle Diagnose die schnellste (bei Optimierung nach der Länge des Bestimmungsweges) oder die genaueste (bei Optimierung nach Zuverlässigkeit). Eine solche Qualität der Bestimmung können keine einläufigen<sup>1)</sup> Schlüssel garantieren. Mit Zunahme des Umfanges der Bestimmungstabelle (der Anzahl der in ihm enthaltenen Taxa) wachsen die Vorteile einer Bestimmung durch den Computer sehr schnell an. Deshalb liegt kein Grund vor, daran zu zweifeln, daß in Zukunft solche Systeme die herkömmlichen extlichen Bestimmungstabellen verdrängen werden. Mit der Entwicklung der EDV (der Vereinigung einzelner Computer in ein einheitliches System) kann man die diagnostische Information über irgend eine systematische Gruppe in der Gedächtnis nur eines Computers speichern, dem nächsten vom Arbeitsplatz des führenden Systematikers über diese Gruppe. In allen anderen Städten kann man Zugang zu dieser Information über die Verbindungsleitungen des EDV-Netzes erhalten. Dies erlaubt es, den Inhalt der Bestimmungstabellen in Übereinstimmung mit den letzten Angaben aus der Systematik zu halten. Die Leichtigkeit

<sup>1)</sup> Damit werden gewöhnliche textliche Bestimmungsschlüssel im Gegensatz zu vielläufigen politomen Schlüssel (z. B. taxonomische Matrize) gemeint.

der Einführung von Veränderungen in die Information des Maschinensystems ermöglicht es den Benutzern, schon am nächsten Tag Zugang zu der allerneuesten Information zu haben. Die Schwierigkeit, die heute bei der Notwendigkeit von Veränderungen an schon veröffentlichten Bestimmungstabellen überwunden werden müssen, sind allen bekannt. Schließlich darf man nicht bei der theoretischen und methodischen Bedeutung der taxonomischen Matrize, der günstigsten Form der Wiedergabe der Information für Computer-Systeme stehen bleiben (KISKIN und VERESCHTSCHAGIN, 1966). Eine andere Art von Bestimmungstabellen, die ähnlich wie eine taxonomische Matrize aufgebaut werden können, stellen die sogenannten „tabular keys“ (MOORE and LEGNER, 1977; NEWELL, 1970, 1976) dar. Die gewöhnlichen textlichen Bestimmungstabellen sind in ihrer Art das Resultat der Untersuchungen einer Gruppe durch den Spezialisten. In ihnen ist jedoch nur 30% der Information enthalten, über die der Verfasser verfügte. Es ist deshalb nicht verwunderlich, daß bei einer Revision bestimmter Gruppen durch einen anderen Systematiker dieser die Untersuchungen vom Nullpunkt an beginnen muß, da es oft unmöglich ist, die notwendige Information aus der fremden Bestimmungstabelle herauszuholen. Die taxonomischen Matrizen fordern für ihre Aufstellung mehr Zeit, aber sie enthalten fast 100% der Information, die der Verfasser hat. Deshalb sind sie weitaus wertvoller für die folgenden Forscher. Außerdem zwingt die Notwendigkeit einer Formalisierung und einer strengen Abwägung der Eigenschaften bei der Aufstellung solcher Matrizen den Forscher selbst strenger an die Auswahl der Merkmale heranzugehen, optimale textliche Formulierungen zu suchen und hält ihn zur Disziplin an.

Die gegenwärtig verbreitetste Funktion von diagnostischen Computer-Systemen ist die Aufstellung optimierter textlicher einläufiger Schlüssel. Die Mehrzahl der Systeme stellen dichotome Schlüssel dar. Im System „Diagnostika-3“ werden polytome Schlüssel aufgestellt. Ein Vergleich ihrer Merkmale wurde von uns vorgenommen (LOBANOV, 1975 b). In den von unserem System aufgestellten Bestimmungstabellen wurden die der Länge nach optimalen Diagnosen für jedes Taxa fixiert, d. h. die Folgen von Eigenschaften, die man bei der Bestimmung durch das Ruf-Antwort-System in dem Falle erhalten würde, wenn der Operator jedesmal die Merkmalsreihe ausgewählt hätte, die vom Computer an die erste Stelle gesetzt wurde. Es ist nicht verwunderlich, daß die von der Maschine konstruierten Schlüssel kürzer

Tabelle 7

Vom Computer aufgestellte polytome Bestimmungstabelle für die mittelasiatischen Untergattungen der Gattung *Aphodius*

1 — Kleine Wangenlappen . . . . .	12
— Mittelgroße Wangenlappen . . . . .	9
— Große Wangenlappen . . . . .	2
2 — Borsten an der Spitze der Hinterschienen gleich lang . . . . .	6
— Borsten an der Spitze der Hinterschienen unterschiedlich lang . . . . .	3
3 — Halsschildbasis gekantet . . . . .	4
— Halsschildbasis nicht gekantet . . . . .	17
4 — Scutellum groß . . . . .	5
— Scutellum klein . . . . .	21
5 — Scutellum nicht vertieft gelagert . . . . .	<i>Teuchestes</i>
— Scutellum vertieft gelagert . . . . .	<i>Colobopterus</i>
6 — Clypeus glatt . . . . .	7
— Clypeus gekörnt . . . . .	27
7 — Scutellum groß . . . . .	8
— Scutellum klein . . . . .	28
8 — Scutellum nicht vertieft gelagert . . . . .	<i>Teuchestes</i>
— Scutellum vertieft gelagert . . . . .	<i>Colobopterus</i>
9 — Halsschildbasis gekantet . . . . .	10
— Halsschildbasis nicht gekantet . . . . .	

Tabelle 7 (Fortsetzung)

10	— Borsten an der Spitze der Hinterschienen gleich lang . . . . .	<i>Calamosternus</i>
	— Borsten an der Spitze der Hinterschienen unterschiedlich lang . . . . .	11
11	— Stirnnaht ohne Hügel . . . . .	<i>Lunaphodius</i>
	— Stirnnaht mit 1 oder 3 Hügeln . . . . .	<i>Mendidaphodius</i>
12	— Flügeldecken mit schwarzen Flecken . . . . .	<i>Mecinodes</i>
	— Flügeldecken mit roten Flecken . . . . .	<i>Orodalus</i>
	— Flügeldecken mit unscharfen grauen Flecken . . . . .	24
	— Flügeldecken ohne Flecken . . . . .	13
13	— Clypeus flach ausgebuchtet . . . . .	14
	— Clypeus tief und schmal ausgeschnitten . . . . .	<i>Plagiogonus</i>
	— Clypeus tief und breit ausgeschnitten . . . . .	<i>Alocoderus</i>
14	— Flügeldecken schwarz . . . . .	25
	— Flügeldecken gelb . . . . .	26
	— Flügeldecken rotbraun . . . . .	16
	— Flügeldecken gelbbraun . . . . .	15
	— Flügeldecken dunkelbraun . . . . .	<i>Orodalus</i>
15	— Tharsen lang . . . . .	<i>Eritus</i>
	— Tharsen kurz . . . . .	<i>Esymus</i>
16	— Tharsen lang . . . . .	<i>Erytus</i>
	— Tharsen kurz . . . . .	<i>Orodaliscus</i>
17	— Flügeldecken behaart . . . . .	18
	— Flügeldecken nicht behaart . . . . .	<i>Acrossus</i>
18	— Flügeldecken mit schwarzen Flecken . . . . .	<i>Calaphodius</i>
	— Flügeldecken ohne Flecken . . . . .	<i>Agolius</i>
19	— Flügeldecken behaart . . . . .	<i>Aphodaliscus</i>
	— Flügeldecken nicht behaart . . . . .	20
20	— Flügeldecken mit schwarzen Flecken . . . . .	<i>Biralus</i>
	— Flügeldecken ohne Flecken . . . . .	<i>Nialus</i>
21	— Flügeldecken mit schwarzen Flecken . . . . .	<i>Volinus</i>
	— Flügeldecken mit roten Flecken . . . . .	<i>Pseudacrossus</i>
	— Flügeldecken mit unscharfen grauen Flecken . . . . .	<i>Melinopterus</i>
	— Flügeldecken ohne Flecken . . . . .	22
22	— Clypeus halbkreisförmig . . . . .	<i>Melinopterus</i>
	— Clypeus flach ausgebuchtet . . . . .	23
	— Clypeus tief und breit ausgeschnitten . . . . .	<i>Amidorus</i>
23	— Flügeldecken schwarz oder rotbraun . . . . .	<i>Pseudacrossus</i>
	— Flügeldecken gelb oder gelbbraun . . . . .	<i>Melinopterus</i>
24	— Stirnnaht ohne Hügel . . . . .	<i>Nohius</i>
	— Stirnnaht mit 3 Hügeln . . . . .	<i>Phaeaphodius</i>
25	— Flügeldecken behaart . . . . .	<i>Trichonotulus</i>
	— Flügeldecken nicht behaart . . . . .	<i>Orodaliscus</i>
26	— Stirnnaht ohne Hügel . . . . .	<i>Esymus</i>
	— Stirnnaht mit 3 Hügeln . . . . .	<i>Orodalus</i>
27	— Krallen borstenartig . . . . .	<i>Sugrames</i>
	— Krallen nicht borstenartig . . . . .	<i>Mendidius</i>
28	— Scutellum länglich . . . . .	32
	— Länge und Breite des Scutellums gleich . . . . .	29
29	— Hintere Ecken des Halsschildes abgeschnitten . . . . .	30
	— Hintere Ecken des Halsschildes stumpf . . . . .	31
30	— Halsschildspitze mit Vertiefung . . . . .	<i>Aphodius</i> s. str.
	— Halsschildspitze ohne Vertiefung . . . . .	<i>Loraphodius</i>
31	— Halsschildspitze gekantet . . . . .	<i>Agrilinus</i>
	— Halsschildspitze nicht gekantet . . . . .	<i>Bodilus</i>
32	— Halsschildbasis gekantet . . . . .	<i>Calamosternus</i>
	— Halsschildbasis nicht gekantet . . . . .	<i>Nialus</i>

sind, als die vom Systematiker aufgestellten. In der Tab. 3 ist die maschinelle Variante eines Schlüssels für das von uns untersuchte Beispiel dargestellt und in Tab. 4 die Bestimmungstabelle, die für die gleiche Gruppe vom Systematiker per Hand aufgestellt wurde. Die Untersuchung der Dendrogramme dieser Bestimmungstabellen (Abb. 1) zeigt, daß sogar bei solchem geringem Umfang der mittlere Diagnoseweg bei der maschinellen Variante = 2,25 = merklich kürzer ist als bei der herkömmlichen = 3,28.

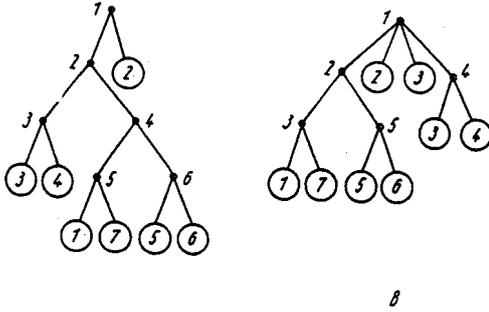


Abb. 1  
Dendrogramm der textlichen Bestimmungstabellen für die Arten der Gattung *Drusilla*; A — für Tab. 4 und B — für Tab. 3 (Die Zahlen in den Kreisen entsprechen den Nummern der Taxa in der Tabelle 2, die Zahlen neben den Verzweigungen — den Nummern der Alternativen in den textlichen Bestimmungstabellen)

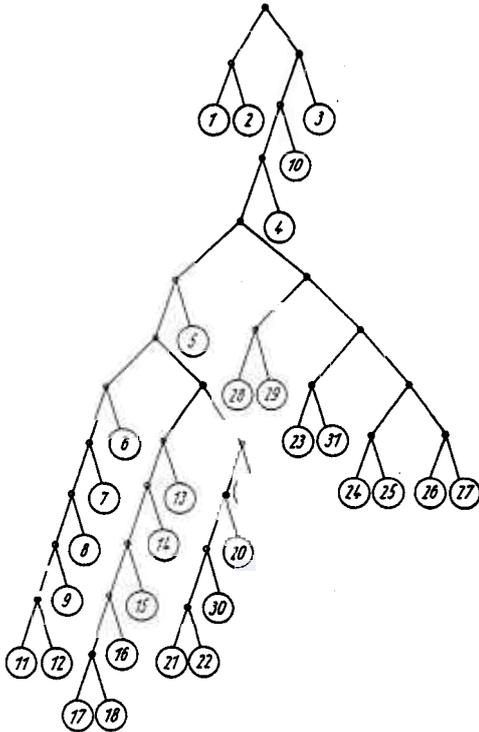


Abb. 2  
Dendrogramm der dichotomen Bestimmungstabellen (NIKRIȚIN 1973) für die mittelasiatischen Untergattungen der Gattung *Aphodius* (Die Zahlen in den Kreisen entsprechen den Nummern der Taxa in Tab. 7)

Zur Demonstration der Vorteile der Computer-Diagnostik wurde von einem der Autoren eine taxonomische Matrize für 31 Taxa aufgestellt (Tab. 5 und 6). Der vom Computer aufgestellte Bestimmungsschlüssel ist in Tab. 7 dargestellt. Bereits früher wurde von dem gleichen Autor eine traditionelle Bestimmungstabelle aufgestellt (NIKRIȚIN, 1973). Ihr Dendrogramm ist in Abb. 2 zu sehen. Abb. 3 zeigt das Dendrogramm des maschinellen Schlüssels. Bei solchem Umfang wird der Unterschied in der mittleren Länge bei der üblichen (per Hand) Variante = 8,67 = und der Computer-Variante = 4,76 = noch eindrucksvoller. Bei der Untersuchung der Dendrogramme ist deutlich das unterschiedliche Herangehen des Menschen und der Maschine an die Aufstellung des Schlüssels zu erkennen. Der Systematiker ist bestrebt, einige Taxa, die sich besonders hervortun, von der allgemeinen Masse abzugrenzen. Der Computer sucht Merkmalsreihen, die es erlauben, die Ausgangsmenge der Taxa in Gruppen von etwa gleichem Umfang aufzuteilen. Beim Vergleich der Texte kann man bemerken, daß in der maschinellen Bestimmungstabelle öfter für den Bestimmenden leichtere Merkmale, die mit der Farbe verbunden sind, verwendet werden. Auf Grund der Variabilität der Taxa vermeiden die Systematiker die Verwendung solcher Merkmale. Der Computer erfaßt schnell Momente, wenn verschwommene Charakteristiken sich nicht überschneiden und verwendet diese Merkmale dann für die Diagnostik.

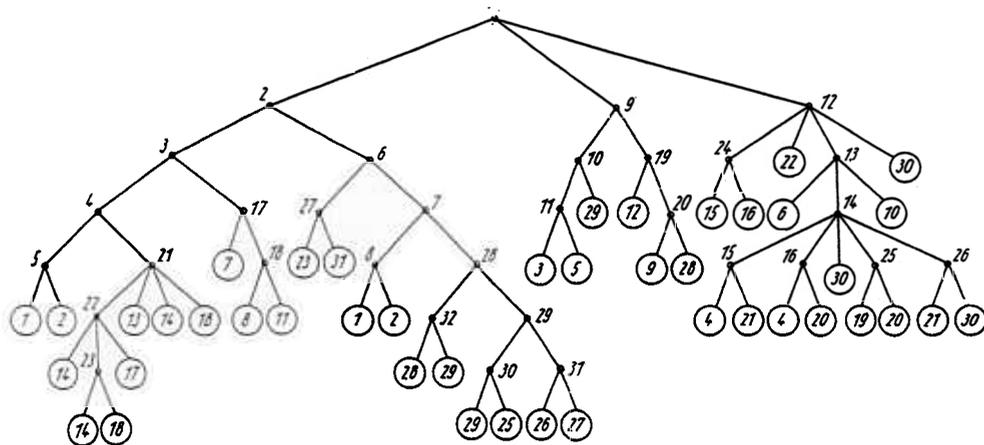


Abb. 3  
Dendrogramm der vom Computer aufgestellten textlichen Bestimmungstabelle der mittelasatischen Untergattungen der Gattung *Aphodius* (Die Zahlen in den Kreisen entsprechen den Nummern der Taxa in Tab. 6, die Zahlen neben den Verzweigungen — den Nummern der Alternativen in der textlichen Bestimmungstabelle)

Die letzte von uns untersuchte Funktion der Maschinensysteme ist die Analyse und Beurteilung der fertigen Bestimmungstabellen. Die von uns angeführte zahlenmäßige Beurteilung der mittleren Längen der Determinationswege für 4 Bestimmungstabellen wurden vom Computer bei ihrer Analyse errechnet. Das entsprechende Programm findet schnell Fehler im Verweisungssystem der Bestimmungstabelle zwischen Thesen und Antithesen üblicher dichotomer Schlüssel heraus. Es existieren Programme zur Beurteilung der Zuverlässigkeit der Schlüssel (MÖLS, RAITVIIR, 1974).

Auf Grund der hier angesprochenen Vorteile werden die automatisierte Diagnose-Verfahren in Zukunft an Bedeutung gewinnen. Je früher die Systematiker-Zoologen beginnen von ihnen angehäuften Information in einer Form darzustellen, die für die Einführung in den

Computer geeignet ist, desto schneller werden solche Systeme zu einem Instrument, das es erlaubt, Kräfte und Zeit sowohl der Systematiker selbst als auch der Spezialisten, die die Resultate ihrer Forschung anwenden, einzusparen.

Allen Kollegen, die uns bei der Vorbereitung des Manuskriptes geholfen haben, möchten wir unseren tiefsten Dank aussprechen.

## Literatur

- ATMAR, J. W., POOLER, J. L., WEBB, F. C., FLACHS, G. M. and ELLINGTON, J. J. (1973): Construction of a device to identify and count insects automatically. — *Envir. Entomol.* **2**, 4: 713—716.
- BELSON, M., and DUNN, R. A. (1970): Pattern recognition of leaf contours. IEEE conference record of the Symposium on feature extraction and selection in pattern recognition **68**.
- DIV. AUTOR. (1975): Biological identification with computers. The Systematics Association, special volume No. 7, 1—336. Academic Press, London.
- HALL, R. C. and BENNETT, G. W. (1973): Pyrolysis-gas chromatography of several cockroach species. — *J. Chromatogr. sci.* **11**: 439—443.
- KISKIN, P. H., PETSCHERSKAJA, I. N. und PETSCHERSKIJ, J. N. (1965): Avtomatisacija diagnostitscheskogo poiska šortov vinograda na EDV „Minsk-1“. — *Vinodelie i vinogradorstvo UdSSR* **1**: 21—22 (russ.).
- KISKIN, P. H. and VERESCHTSCHAGIN, B. V. (1966): Politomitscheskij princip i perspektivy ego ispolzovanija dlja diagnostiki i isutschenija nasekomych. — *Zool. zhurnal* **45**: 282—292 (russ.).
- KLAUSNITZER, B., EBERT, W., JACOB, U. und RICHTER, K. (1979): Zur Anwendung neuerer Methoden der Determination in der Zoologie. — *Biologische Rundschau* **17**: 183—193.
- LEDLEY, R. S. (1965): use of computers in biology and medicine. McGraw-Hill Book Co., New York, 965 S.
- LOBANOV, A. L. (1972): Logitscheskij analiz i klassifikacija suschtschestvujuschich form diagnostitscheskich kljutschej. — *Entomol. obozrenie* **51**: 668—681 (russ.).
- (1974): Ozenka diagnostitscheskich zennostej rjadov priznakov v mnogovchodovyh opredeliteljach, rastschitannyh na ispolzovanie Computer. — *Tezisy dokladov 6 Komi respublikanskoj molodezhnoj naučnoj konferencii*, 125—126 (russ.).
- (1975a): Resultaty eksperimentov s biologitscheskimi diagnostitscheskimi sistemami na base "NAIRI-C". — In: *Biologitscheskie issledovanija na Sewero-wostoke evropejskoj tschasti UdSSR*, 162—165 (russ.).
- (1975b): Matematitscheskij apparat dlja rastscheta ozenki i sravnenija konstruktivnyh parametrov diagnostitscheskich kljutschej. *Zool. zhurnal* **54**, Nr. 4: 485—497.
- MÖLS, T. und RAITVIIR, A. (1974): Morphometrics and the taxonomy of fungi. — *Scripta Mycologica* **6**: 1—160 Tartu.
- MOORE, I. and LEGNER, E. F. (1977): A report on some intertidal Staphylinidae from Sonora, Mexico with four new genera (Coleoptera). — *Pacific Insects*, **17**, No. 4: 459—471.
- NEWELL, I. M. (1970): Construction and use of tabular keys. — *Pacific Insects*, **12**, No. 1: 25—37.
- (1976): Construction and use of tabular keys: Addendum. — *Systematic Zoology* **25**, No. 3: 243—250.
- NIKITIN, L. M. (1973): Zhuki podsemejstva Aphodiinae Srednej Asii. Promotionsarbeit. Leningrad, 1—26 (russ.).
- OSBORNE, D. V. (1963): Some aspects of the theory of dichotomous keys. — *New Phytologist* **62**, No. 2: 144—160.
- PANKHURST, R. J. (1978): Biological identification. London, 1—104.
- RISBY, T. H. and YERGEY, A. L. (1976): Identification of bacteria using linear programmed thermal degradation mass spectrometry. The preliminary investigation. — *J. Phys. Chem.* **80**, No. 26: 2839—2845.
- ROHLF, F. J. and SOKAL, R. R. (1967): Taxonomic structure from randomly and systematically scanned biological images. — *Syst. Zool.* **16**: 246—260.
- SVIRIDOV, A. V. (1973): Problema sootnoschenija biologitscheskoj diagnostiki i sistematiki. — *Zhurnal obschtschej biologii*, **34**, Nr. 6: 900—906 (russ.).
- (1975): Stochastitscheskie modeli i optimisacija osnovnyh charakteristik biodiagnostitscheskich sistem. *Naušchnyje doklady vysschej shkoly, biol. nauki* **3**: 117—125.

- (1976): Materialy po istorii metodov diagnostiki biologitscheskich objektov. — Nautschnye doklady vysshej shkoly, biol. nauki 8: 7—22 (russ.).
- Voss, E. G. (1952): The history of keys and phylogenetic trees in systematic biology. — J. Sci. Lab. Denison Univ. 43: 1—25.

Anschrift der Verfasser:

A. L. LOBANOV und L. M. NIKRITIN  
UdSSR  
107139 Moskau  
Orlikov per. 1/11  
Technologische Allunions-Forschungsinstitut  
für Quarantäne und Pflanzenschutz

Dr. W. Schilow  
DDR-2200 Greifswald  
H.-Hertz-Str. 20B

