

УДК 57.087.1

**Е. В. Мойсейчик, О. В. Созинов,
Д. Г. Груммо**

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ГЕОБОТАНИКЕ: ПРОГРАММА JUICE

Классификация растительности является довольно трудоемкой в обработке и занимает много времени. С целью оптимизации и автоматизации обработки геоботанических данных разработан ряд информационных программ. Наиболее приемлемой для работы по классификации растительности методом Браун – Бланке является программа JUICE, оптимизирующая рутинные этапы обработки данных для флористической классификации растительности и индикации градаций экологических факторов биотопов.

В последние два десятилетия в геоботанической литературе усиленно пропагандируется флористическая классификация растительности, или классификация по Браун – Бланке. Сторонники этого направления приводят действительные и мнимые достоинства этой классификации, одновременно подвергая жесткой критике эколого-фитоценологическую классификацию [5]. Флористическая классификация является общепринятой и широко используется в геоботанических исследованиях в Беларуси [3, 8], России [7] и странах Западной Европы [9, 12].

Эколого-флористическая классификация основана на дедуктивно-индуктивном подходе, при котором главную роль играет процесс установления синтаксонов «снизу» путем группирования сообществ по сходству флористического состава, отражающего экологические условия и стадию сукцессии. Для флористической классификации растительности существуют строго разработанные номенклатурные правила – Кодекс фитосоциологической номенклатуры [2].

Метод классификации по Браун – Бланке основан на процедуре обработки фитосоциологических таблиц и формализован лишь частично. Он достаточно трудоемок и осваивается путем передачи «из рук в руки». Эколого-фитоценологический диапазон выборки описаний должен быть таким, чтобы видовой состав сменился полностью не более одного раза. Также не следует включать в одну таблицу более 70 описаний, т. к. таблицы большого объема неудобны для ручного анализа [5].

Флористическая классификация, как и любая другая искусственная классификация, в своей основе иерархична. Иерархия синтаксонов включает значительное число уровней: это класс, порядок, союз, ассоциация, а также выделяют еще несколько промежуточных градаций. Во флористической классификации растительности более половины ассоциации выделены по доминированию одного вида, и этот доминант является единственным характерным видом данной ассоциации [1].

Сложность, с которой сталкивается флористическая классификация, состоит в том, что каждая растительная ассоциация должна быть отнесена к определенному союзу, порядку и классу, а для этого в ней должны присутствовать характерные виды всех этих единиц классификации. В действительности такая ситуация встречается далеко не всегда. В этом случае выделяют так называемые базовые сообщества (Basalgemeinschaften) класса, порядка или союза [5].

Процесс классификации растительности по Браун – Бланке складывается из нескольких этапов:

- 1) составление валовой неупорядоченной таблицы;
- 2) составление таблицы постоянства;
- 3) составление активной и пассивной таблиц;
- 4) переупорядочение столбцов активной таблицы и установление фитоценозов; аналогичное переупорядочение пассивной таблицы;
- 5) определение постоянства видов в фитоценозах;
- 6) объединение парциальных таблиц, синтаксономический анализ [5].

Валовая неупорядоченная таблица (сводный список) – матрица значений обилия видов в фитоценозах, строки, которой соответствуют видам, а столбцы – геоботаническим описаниям. Валовая таблица является исходной для обработки и занимает наибольшее время в анализе. При составлении таблицы используют данные об экологии видов растений и фитоценозов: описания упорядочивают вдоль ведущего экологического фактора. Далее необходимо упорядочить строки и столбцы и в итоге провести диагонализацию составленной таблицы, т. е. должна просматриваться диагональ из групп ячеек, соответствующих групп близких по экологии видов в группах фитоценозов со сходными местообитаниями [4, 5].

Таблица постоянства составляется следующим образом: вначале рассчитывается постоянство каждого вида в описаниях таблицы, а затем эти строки таблицы переставляются в нужном порядке для выявления дифференцирующих видов.

Единая таблица делится на две части:

- 1) виды среднего постоянства – для диагностики и группировки описаний в фитоценоны;
- 2) прочие виды, составляющие пассивную часть таблицы – виды высокого и низкого постоянства, не играющие роли при группировании описаний в фитоценоны.

Переупорядочение столбцов или выделение фитоценонов сводится к группированию описаний (столбцов) по сходству флористического состава в безранговые типы, которые называются фитоценонами. Когда фитоценоны сгруппированы, таблицу надо перескомпоновать по столбцам и разместить рядом описания, представляющие один и тот же фитоценон (вначале переупорядочивают столбцы активной таблицы, а затем пассивной). После этого обе таблицы объединяют в одну [5].

При определении постоянства видов (составлении парциальной синтетической таблицы) необходимо «свернуть» информацию, генерализировать», дав обобщенную характеристику каждому фитоценону. Для этого нужно рассчитать постоянство видов в выделенных группах описаний в процентах, затем замснить абсолютные оценки постоянства баллами, отражающими классы постоянства: I – меньше 20 %; II – от 21 до 40 %; III – от 41 до 60 %; IV – от 61 до 80 %; V – от 81 до 100 %. Перескомпоновав строки таблицы и поместив вначале виды со сквозным распределением, а затем тяготеющие к первому, первому и второму, второму, второму и третьему, третьему фитоценонам, получим окончательный вариант *парциальной синтетической таблицы* [5].

На последнем этапе *все парциальные таблицы* нужно объединить, причем повторяется процедура переупорядочивания строк и столбцов, но уже на уровне фитоценонов. Важный момент составления *итоговой таблицы* – объединение фитоценонов из «последовательных» и «параллельных» парциальных таблиц. Итоговая синоптическая таблица – материал для синтаксономического анализа, так как теперь, когда фитоценоны выделены и по таблице можно проследить степень их сходства или несходства, остается лишь определить синтаксономические ранги для отдельных фитоценонов и их групп. Важнейшим этапом синтаксономического анализа является установление числа ассоциаций и выбор названия синтаксона, которое по возможности должно отражать внешний облик и экологию фитоценоза (хотя нередко название может быть просто «этикеткой», не раскрывающей его содержания) [5].

Очевидно, что флористический подход классификации синтаксонов (по Брун – Бланке) является довольно трудосложным и сложным в исполнении, что существенно ограничивает скорость обработки и объективизации получаемых данных. В настоящее время существует ряд компьютерных программ по классификации и ординации растительных сообществ, рационализации табличной обработки данных по методу Браун – Бланке. К наиболее распространенным и часто используемым относится программа JUICE. Данная программа разработана в 1996 г. группой чешских геоботаников и математиков Vegetation science group под руководством Lubomír Tichý из Masaryk University (e-mail: tichy@sci.muni.cz) в чешском городе Брно [11].

Программа JUICE предназначена для анализа и классификации больших массивов геоботанических данных как стандартными средствами, так и с помощью оригинального метода классификации COSTAIL и оптимизирована для совместной работы с TWINSPAN и TURBOVEG (широко распространенные программы баз данных для хранения фитосоциологических данных в Европе и США) [13]. Алгоритм JUICE напоминает процедуру, сопровождаемую в традиционном подходе классификации растительности по Браун – Бланке, который улучшен статистическими измерениями.

На первом этапе идет составление списков видов и описаний в виде электронных таблиц. Данный этап можно проводить двумя способами: *ручной ввод* и *импорт готовых таблиц* из других программ (TURBOVEG, формага RTF, Excel таблиц с расширением CVS и баз данных Access). Ручной ввод данных, непосредственно в самой программе, мы используем при введении геоботанических данных малых объемов. Для геоботанических данных больших объемов мы используем импорт данных. Геоботаническая таблица, загруженная в программу JUICE, отображается в главном окне программы, которое разделено на три части:

- 1) раздел обнаруженных видов (левая область таблицы) – *Species names*;
- 2) порядковые номера описаний (ореальный пояс) – *short headers*;
- 3) данные по проективному покрытию (центральная область таблицы) – *table data* (рис. 1).

На втором этапе необходимо провести определение масштабов, т. е. все данные по проективному покрытию видов необходимо перевести в шкалу обилия по Браун – Бланке (*r* – вид чрезвычайно редок, покрытие незначительное; + – вид редок и имеет малое проективное покрытие; 1 – особей вида много, но покрытие невелико или особи разрежены, но покрытие большое; 2 – число особей вида велико, проективное покрытие 5–25 %; 3 – число особей вида любое, проективное покрытие 25–50 %; 4 – число особей вида любое, проективное покрытие 50–75 %; 5 – число особей вида любое, проективное покрытие более 75 %) (рис. 2);

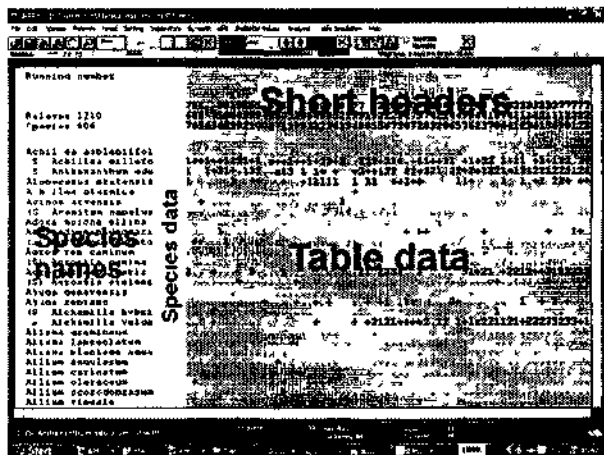


Рис 1 Главное окно программы

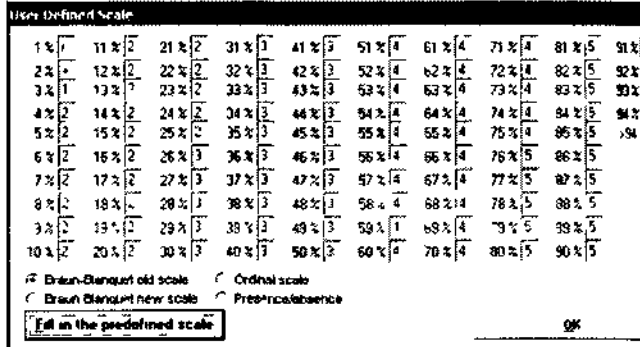


Рис 2 Окно для определения масштаба

На третьем этапе работа с таблицами дает возможность сортировать строки и колонки фитоценологических таблиц по алфавиту, среднему проективному покрытию, выбранным жизненным формам или другими характеристиками вручную или с помощью встроенных алгоритмов (рис 3),

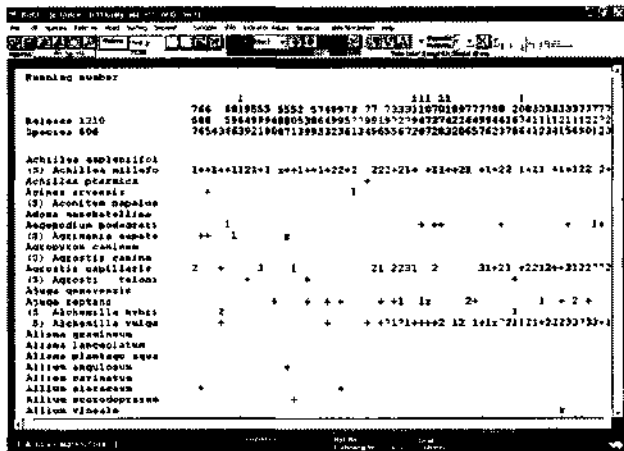


Рис 3 Таблица с отобранными группами

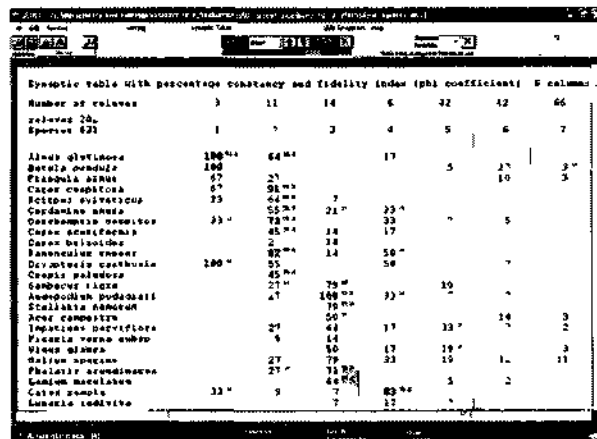


Рис 4 Синоптическая таблица с частотой и привязанностью видов

Редактирование таблиц включает в себя слияние разновидностей, удаление и не удаление разновидностей и описаний, сортировку разновидностей и описаний. Синоптические таблицы с частотой и привязанностью видов (рис 4) или синоптических таблиц категориального постоянства (рис 5) возникают после проведения классификации методами TWINSPLAN или COCTAIL [13]

На 4-м этапе синоптические таблицы подводят итог результатов любой классификации описаний. Они дают краткий обзор классифицируемых единиц растительности в наборе данных. Синоптические таблицы могут содержать несколько типов информации, которая может использоваться для дополнительной сортировки видов растений и анализа диагностических, постоянных и доминирующих видов [13]

Этап 5 – экспорт синоптических таблиц для дальнейшего анализа в программы формата RTF, Excel или CANACO (для дальнейшего анализа в других программах).

Этап 6 – расчет экологических характеристик по шкалам Г Элленберга [10] по отдельным видам и фитоценологическим описаниям в целом для индикации экологических режимов биотопов (при подготовке специализированного текстового файла с индикаторными значениями для видов),

Этап 7 – креативный анализ синоптических таблиц с целью создания продромуса растительности и индикаторных значений (ординация в экологическом пространстве с целью визуализации экологическо-ценотических оптимумов фитоценозов) (рис 6)

Скриншот программы JUCE, отображающей категориальную синоптическую таблицу. В таблице перечислены различные виды растений и их встречаемость в различных категориях (I-VI).

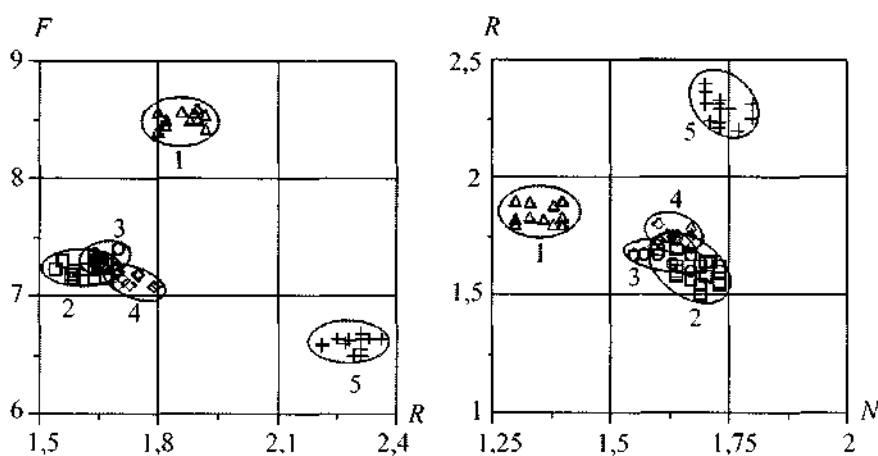
Number of relevés	3	11	14	6	42	42	66	18
relevés 202								
Species 331	1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Poa trivialis</i>		IV	II					
<i>Berchampsia cuspitoba</i>	II	IV		II	I	I		
<i>Equisetum arvense</i>		IV	II	II				
<i>Aegopodium podagraria</i>		II	V	II	I	I		
<i>Urtica dioica</i>		III	V	IV	II	I	I	
<i>Gaum urbanum</i>		III	V	II	I	II	I	
<i>Stellaria nemorum</i>			IV					
<i>Galium aparine</i>		II	IV	II	I	I	I	
<i>Pulsanaria obscurus</i>		II	IV	III	III	IV	I	
<i>Sambucus nigra</i>		II	IV		I			
<i>Geleobdolon montanum</i>		I	IV	II	III	I		
<i>Phalaris arundinacea</i>		II	IV		V			
<i>Oxalis acetosella</i>		II	III		III	I		
<i>Carex sylvatica</i>		I	I	V		I		
<i>Glechoma hederacea</i>			IV	V		I		
<i>Carex remota</i>	II	I	I	V				
<i>Dryopteris filix-mas</i>		I	I	II	V			
<i>Carpinus betulus</i>			II	III	III	V	II	III
<i>Hepatica nobilis</i>			I	I	III	V		I
<i>Dactylis polygama</i>		I	I	II	II	IV	I	
<i>Quercus petraea</i>					I	III	V	III

Рис. 5. Синоптическая таблица категориального постоянства

Итогом работы в программе JUCE и при классификации растительности по методу Браун – Бланке (ручная обработка) является продромус растительности изучаемой территории (полный иерархический список синтаксонов изученной территории или акватории).

К достоинствам программы JUCE следует отнести возможность за довольно короткий промежуток времени обработать большой массив геоботанических данных, а также возможность импорта данных из других форматов (текстовых файлов, формата RTF, Excel таблиц и баз данных Access). Например, нами на обработку геоботанического массива данных объемом 140 описаний (от составления валовых таблиц до получения синоптических таблиц) было затрачено около 20 часов.

Недостатками программы JUCE являются отсутствие графической визуализации полученных данных, самостоятельная ручная обработка синоптических таблиц с целью получения продромуса растительности. Следует также отметить, что вся программа выполнена на английском языке, что вызывает некоторые трудности при работе с программой для русскоязычных исследователей.



Экологические факторы. *F* – увлажнение почвы; *N* – богатство почвы азотом; *R* – кислотность.

Область экологического оптимума очерчена линией, маркерами обозначены экологические индексы, значения которых находятся в пределах доверительного интервала ($P = 95\%$)

Рис. 6. Ординация фитоценозов в экологическом пространстве факторов среды [3]

К достоинствам ручной обработки данных при классификации растительности методом Браун – Бланке следует отнести развитую редукционную методологию, позволяющая сводить континуум к иерархической системе дискретных единиц и высокую информативность синтаксонов, отражающих экологические условия и сукцессионный статус сообществ (а соответственно и их продуктивность и биологическое разнообразие). Однако ручной метод обработки данных является довольно трудоемким, занимающим много времени, осваивается путем передачи из «рук в руки».

Таким образом, для анализа геоботанических данных с целью создания классификации и продромуса растительности рационально использовать автоматический анализ геоботанических данных с помощью программы JUICE, которая позволяет значительно оптимизировать статистическую обработку массивов фитоценотических данных.

Литература

1. *Василевич, В. И.* Эколого-фитоценотическая, или флористическая классификация растительности / В. И. Василевич // Гидрботаника: методология, методы: материалы школы по гидрботанике (п. Борок, 8-12 апреля 2003 г.). – Рыбинск : ОАО «Рыбинский дом печати», 2003. – С. 188–125.
2. *Вебер, Х. Э.* Международный кодекс фитосоциологической номенклатуры. 3-е издание / Х. Э. Вебер, Я. Моравец, Ж.-П. Терийя // Растительность России. – СПб., 2005. – № 7. – С. 3–38.
3. *Груммо, Д. Г.* Ассоциации сосняков на верховых болотах северной Беларуси / Д. Г. Груммо, Н. А. Зеленквич, О. В. Созинов, О. В. Галанина, Т. В. Броска // Ботаника (исследования): сб. науч. тр. Вып. 36 / Ин-т экспериментальной ботаники НАН Беларуси. – Минск : Право и экономика, 2008. – С. 139–158.
4. *Миркин, Б. М.* Словарь понятий и терминов современной фитоценологии / Б. М. Миркин, Г. С. Розенберг, Л. Г. Наумова. – М. : Наука, 1989. – 223 с.
5. *Миркин, Б. М.* Современная наука о растительности: учебник / Б. М. Миркин, Л. Г. Наумова, А. И. Соломещ. – М. : Логос, 2002. – 264 с.
6. *Новаковский, А.* Обзор программных средств, используемых для анализа геоботанических данных / А. Новаковский // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН. – 2005. – № 8 (94). – С. 2–8.
7. *Славгородский, А. В.* Обзор основных классов гидрофильной растительности Окско-донской равнины / А. В. Славгородский // Гидрофильный компонент в сравнительной флористике бореальной Евразии – Рыбинск, 2005. – С. 152–191.
8. *Сцепановіч, І. М.* Эколага-фларыстычны дыягназ сінтаксонаў прыроднай травяністай расліннасці Беларусі / І. М. Сцепановіч. – Мінск : «Кармат», 2000. – 140 с.
9. *Braun-Blanquet, J.* Übersicht der höheren Vegetations-einheiten Mitteleuropas / J. Braun-Blanquet, R. Tüxen. – Comm. S.I.G.M.A., Montpellier, 1943. – № 84. – P. 1–11.
10. *Ellenberg, H.* Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas / H. Ellenberg. – Gottingen, 1992. – 282 s.
11. JUICE [Электронный ресурс]. – 1998. – Режим доступа: <http://www.sci.muni.cz/botany/juice/index.htm>. – Дата доступа: 01.03.2009.
12. *Matuszkiewicz, W.* Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski / W. Matuszkiewicz -- Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, 2005. – 536 p.
13. *Tichy, L.* JUICE program for management, analysis and classification of ecological data / L. Tichy, J. Holt. – Brno, 2006. – 97 p.

Мойсейчик Екатерина Владимировна, студентка 5-го курса факультета биологии и экологии Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, mojsejchik@prochta.ru

Созинов Олег Викторович, доцент кафедры ботаники факультета биологии и экологии Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, кандидат биологических наук, доцент, ledum@list.ru

Груммо Дмитрий Геннадьевич, зам. директора Института экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича ИАН Беларуси, кандидат биологических наук, zm.hruto@gmail.com