

БОТАНИЧЕСКАЯ ИНФОРМАТИКА

УДК 581.9 : 58.08 : 51

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ БИОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СРАВНИТЕЛЬНОЙ ФЛОРИСТИКЕ II. МЕРЫ ВКЛЮЧЕНИЯ ДЕСКРИПТИВНЫХ МНОЖЕСТВ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

Б.И. Сёмкин¹, А.П. Орешко¹, М.В. Горшков²

¹Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, г. Владивосток,

²Тихоокеанский государственный экономический университет, г. Владивосток

Представлено аксиоматическое обоснование мер включения для дескриптивных множеств (дескриптивных наборов). Приведён пример сравнительного анализа конкретных флор острова Сахалин по адвентивной фракции сосудистых растений.

Ключевые слова: сравнительная флористика, сравнительный анализ, математические методы, меры включения, списки видов растений, дескриптивные множества, дескриптивные наборы, биоинформационные технологии, флора Сахалина, адвентивная фракция флоры.

В предыдущей статье (Сёмкин и др., 2009) нами приведена система аксиом мер конвергенций, на основе которой формально определена одна абсолютная мера сходства (пересечения). На основе мер пересечения в данной работе будет построена система аксиом мер включения и рассмотрен класс мер включения, связанный дробно-линейной зависимостью.

Меры включения

Меры включения впервые были определены аксиоматически Б.И. Сёмкиным (1973а) и применены для анализа несимметричных отношений: их представление в виде ориентированных графов (графов включения) использовано при исследовании структурной организации растительного покрова (Сёмкин, 1977; Сёмкин, Комарова, 1977). Некоторые авторы (Песенко, 1982: 139; Андреев, 1987: 65; Кафанов, 1994) ошибочно причисляют меры включения к несимметричным мерам, введённым Дайсом (Dice, 1945). Однако Дайс использовал условные частоты, определённые из таблиц сопряжённости 2×2 . Это означает, что коэффициенты Дайса есть выборочные условные частоты для оценки условных вероятностей. Аналогичные индексы для таблиц сопряжённости 2×2 предложены для оценки полноты и точности информационно-поисковых систем (Cleverdon, 1963; Сэлтон, 1973; 1979; Шульц, 1973). Очевидно, условные вероятности только по записи в теоретико-множественных обозначениях напо-

минают меры включения, но не имеет к ним никакого отношения – это две разные схемы: «вероятностная» и «множественная».

Ряд авторов (Комарова, Сёмкин, 1976а,б; Сёмкин, Комарова, 1977; 1980; Андреев, 1980; Песенко, 1982) утверждает, что меры включения были введены Шимкевичем (Szymkiewicz, 1934), Браун-Бланке (Braun-Blanquet, 1932), Симпсоном (Simpson, 1943), Юрцевым (Юрцев, 1968). Как строго доказано, индексы и коэффициенты, предложенные выше, являются не мерами включения, а симметричными мерами сходства или квазисходства, различия или квазиразличия (Сёмкин, 2007).

Несимметричные меры, названные мерами включения, были предложены Б.И. Сёмкиным (1973а). Им впервые введена аксиома «включения», определяющая максимальные значения меры включения при полном включении одного множества в другое. Это свойство и дало в последующем повод называть такие несимметричные меры мерами включения.

Остановимся на необоснованной критике использования мер включения. Так, Ю.А. Песенко (1982: 139–140) отмечает: «Однако на практике (кроме работ Б.И. Сёмкина, см. также Андреев, 1978; 1979; 1980; Борисовец, Тараканова, 1979; Куликова, и др., 1980) применение мер включения для анализа экологических и зоогеографических материалов свелось к нахождению большего из двух значений мер включения, то есть фактически к вычислению индекса Шимкевича-Симпсона I_{Szs} для каждой пары сравниваемых видовых списков и построению по его значениям ориентированного графа (...). Это признаёт в одной из последних работ и Б.И. Сёмкин, отмечая необходимость проведения симметризации матриц и мер включения путём выбора только максимальной оценки включения [Сёмкин, Комарова, 1980], то есть необходимость перехода к симметричным мерам сходства».

Впоследствии в данной статье мы перечислим совокупность статей, в которых используются меры включения в различных направлениях биологии и биогеографии. Кроме того, отметим, что для дальнейшего применения мер включения при изучении флор и фаун, мы предложили метод построения оптимального ориентированного дерева. Только для этих целей можно быстро построить оптимальное неориентированное дерево с помощью коэффициента Симпсона, а затем на его основе построить оптимальное ориентированное дерево, указав направления ориентированных рёбер и определив их «веса» с помощью матрицы мер включения.

По матрице мер включения можно также построить оптимальное ориентированное дерево, используя для этого другие алгоритмы, не учитывающие меры сходства Симпсона. Симметризация матриц мер включения позволяет получить многие матрицы мер сходства, например, матрицы мер Сёренсена, Жаккара, Кульчинского и др. (Юрцев, Сёмкин, 1980) и представляет собой удачный методический приём, а не отказ от использования мер включения, как считает Ю.А. Песенко.

Если все списки видов растений или животных существенно разновелики, то необходимо рассчитывать только меры включения (Калюжная и др., 1983; Сёмкин, Борзова, 1986; Хорева, 2003), а симметризацию матрицы мер включения производить не имеет смысла. Критике подвергались и сами меры включения (Песенко, 1982; Кафанов, 1994; Кафанов и др., 2004). Отмечая, что «в сравнительной флористике, пожалуй, единственным корректным способом сравнения флор считается анализ мер включения (Юрцев, Сёмкин, 1980)», А.И. Кафанов, Е.Э. Борисовец и И.В. Волвенко (2004: 254) указывают, что «уровни видового богатства или обилия определяюще влияют на структуру ориентированных графов и, следовательно, меры включения». То же отмечает Ю.А. Песенко (1982: 212): «Вершины такого графа соединяются стрелками, указывающими включение меньших по длине списков в более длинные... Таким образом, направление стрелки в графе включения указывает лишь на более длинный список из двух списков, сходных между собой выше заданного порога, а не на какие-то отношения...». Кроме того, Ю.А. Песенко заметил: «при сопоставлении между собой набора видовых списков среднее значение величины включения в конкретный видовой список существенно зависит от его длины – чем он длиннее, тем выше среднее включение. Происходит это вследствие того, что при фиксированном знаменателе (мощность включаемого множества) величина меры включения зависит от числителя – меры пересечения двух сопоставляемых множеств. Чем больше элементов в каждом из них, тем выше вероятность получить большее значение

пересечения. Последнее – составная часть многих мер сходства и меры включения в том числе. Следовательно, поведение пересечения во многом определяет поведение показателей сходства, включения». И ещё: «Так, всевозможные показатели, использующие меры пересечения и включения, в своём большинстве не являются метриками и зависят от длины видového списка» (Кафанов и др., 2004: 255).

Критика направлена на дискредитацию не только мер включения, но и мер пересечения, на основе которых строятся меры сходства и включения. Во-первых, может ли некое конечное множество элементов включаться в конечное множество, содержащее меньшее число элементов? Конечно, нет. Однако мы рассматриваем нечёткие отношения, и в этом случае может иметь место включение как меньшего по числу элементов множества, так и большего по числу элементов множества в меньшее. Это определяется численными значениями меры включения и пороговой величины.

В матрице мер включения всегда должно быть значение меры включения менее обильного в более обильное множество больше чем значение меры включения указанных множеств, взятых в обратном порядке. Это правило позволяет определять «направление включения» по строкам или столбцам матрицы.

Отношения включения определяются выделением подмножеств из совокупностей всех пар сравниваемых объектов. Это производится с помощью задания пороговой величины и сравнение с ней мер включения. В общем случае нельзя сказать, что в более «длинные» списки наблюдается больше включения остальных менее «длинных» списков. Всё зависит от конкретной ситуации. Можно указать большое количество мер различия, основанных на мерах пересечения и мерах включения (Сёмкин, 1973а; 2007). Приведём работы, в которых использовались меры включения для определения несимметричных отношений при сравнении разновеликих по числу элементов множеств.

Меры включения и ориентированные графы нашли широкое использование при сравнительном анализе структурной организации растительного покрова (Комарова, Сёмкин, 1976а,б; Сёмкин, Комарова, 1977,1985; Юрцев, 1978; 1983; Петровский, Королёва, 1979; Юрцев, Сёмкин, 1980; Барина, 1980; Борзова и др., 1981; Полозова, Юрцев, 1981; Гусарова, Сёмкин, 1982; 1986; Максимова, 1982; Максимова и др., 1982; Седельников, 1982; 1987; Пааль, Сёмкин, 1983; Сёмкин, Гусарова, 1983; Соколова, 1984; Морозов и др., 1985; Харитонов, 1986; Сёмкин, Борзова, 1986; Золотухин, 1987; Малышев, 1987; Сёмкин, 1987а,б; Ронгинская, 1988; Шлотгауэр, Столовникова, 1988; Шлотгауэр, 1989; 1990; Шлотгауэр, Варченко, 1990; Кафанов, Жуков, 1993; Дидух, 1997; Пяк, Зве-

рев, 1997; Баранова, 1998; Зверев, 1998; Козьминых, 1998; Малышев и др., 1998; Науменко, 1998; 2003; Петропавловский др., 1999а, б; 2001, 2004; Шлотгауэр и др., 2001; Хорева, 2003; Горобец, 2004; Кожевников, Кожевникова, 2004) и при сравнении населения животных и фаун (Zakharov, 1974; Андреев, 1978; 1979; 1980; Андреев и др., 1978; Андреев, Решетников, 1978; 1981; Борисовец, Тараканова, 1979; Куликова и др., 1980; Сёмкин, Куликова, 1981; Песенко, 1982; Андреев, Козлов, 1983; Калюжная и др., 1983; Комаров, 1983; Кушнарёв, 1983; Михалёва, Петухова, 1983; Филатова, 1983; Хоментовский, 1983; Будникова, 1984; Алексеев, 1986; Черешнев, 1986; Сёмкин и др., 1988; Кафанов, 1991).

В вышеприведённых статьях (кроме работы Б.И. Сёмкина и Т.А. Комаровой (1977)) используются меры включения:

$$K_0(A; B) = \frac{n(A \cap B)}{n(B)}, \quad K_0(B; A) = \frac{n(A \cap B)}{n(A)},$$

где $n(A \cap B)$ – число общих элементов двух множеств A и B . $n(A)$ и $n(B)$ – число элементов в множествах A и B соответственно¹. Или в общепринятых обозначениях (Василевич, 1969; Юрцев, Сёмкин, 1980; Сёмкин, 2007):

$$K_0(A; B) = \frac{c}{b}, \quad K_0(B; A) = \frac{c}{a},$$

где $K_0(A; B)$ – мера включения множества B в A , а $K_0(B; A)$ – мера включения множества A в B ; $c = n(A \cap B)$, $a = n(A)$ и $b = n(B)$.

Для дескриптивных множеств² (наборов) $A(a = (a_1, \dots, a_r))$ и $B(b = (b_1, \dots, b_r))$, $a_i \geq 0, b_i \geq 0, (i = 1, \dots, r)$, указанные меры включения равны:

$$K_0(A; B) = \frac{m(A \cap B)}{m(B)} = \frac{\sum_{i=1}^r \min(a_i, b_i)}{\sum_{i=1}^r b_i}$$

$$K_0(B; A) = \frac{m(A \cap B)}{m(A)} = \frac{\sum_{i=1}^r \min(a_i, b_i)}{\sum_{i=1}^r a_i}$$

¹ Число элементов множества можно также называть мерой множества. Для конечных множеств и только для них понятия «мера множества» и «мощность множества» эквивалентны.

² Для дескриптивных множеств нельзя использовать понятие «мощность множества», как это делают некоторые исследователи (Константинов, 1969; Песенко, 1982). Можно только определять меру дескриптивного множества (Сёмкин, 1973а).

В работе Б.И. Сёмкина и Т.А. Комаровой (1977) кроме вышеуказанных мер включения приведены следующие меры включения:

$$K_1(A; B) = \frac{m(A \cap B)}{2m(B) - m(A \cap B)}$$

$$K_0(B; A) = \frac{m(A \cap B)}{2m(A) - m(A \cap B)}$$

В Приложении приведены аксиомы мер включения (A), на основе которых получен класс мер включения, представляемых дробно-линейными функциями (B).

Меры не включения

Козквивалентной мере включения $K_0(A; B)$ будет мера не включения B в A , равная (Сёмкин, Двойченков, 1973):

$$F_0(A; B) = 1 - K_0(A; B)$$

или

$$F_0(A; B) = 1 - \frac{n(A \cap B)}{n(B)} = \frac{n(B) - n(A \cap B)}{n(B)}$$

Мера не включения множества A в B равна:

$$F_0(B; A) = 1 - K_0(B; A) = 1 - \frac{n(A \cap B)}{n(A)} = \frac{n(A) - n(A \cap B)}{n(A)}$$

Для дескриптивных наборов a и b указанные меры не включения соответственно равны:

$$F_0(a; b) = \frac{\sum_{i=1}^r b_i - \sum_{i=1}^r \min(a_i, b_i)}{\sum_{i=1}^r b_i}$$

$$F_0(b; a) = \frac{\sum_{i=1}^r a_i - \sum_{i=1}^r \min(a_i, b_i)}{\sum_{i=1}^r a_i}$$

Классы эквивалентных мер не включения $F_\tau(a; b)$ и $F_\tau(b; a)$, $(-1 < \tau < +\infty)$ соответственно равны:

$$F_\tau(a; b) = \frac{(1 + \tau)F_0(a; b)}{1 + \tau F_0(a; b)}$$

$$F_\tau(b; a) = \frac{(1 + \tau)F_0(b; a)}{1 + \tau F_0(b; a)}$$

Меры не включения козквивалентны мерам вклю-

чения и ничего нового для анализа несимметричных отношений не дают. Можно пользоваться любыми из них.

Однако в работе В.Л. Андреева (1980) была допущена ошибка, повлекшая введение несуществующих отношений и графов. Граф включения будет один и тот же, несмотря на то, использовалась ли при его построении мера включения или мера невключения. Действительно, если для построения графа включения использовалось неравенство: $K_0(a;b) \geq \delta$, то для построения того же графа с помощью меры невключения должно использоваться неравенство: $F_0(a;b) \leq 1-\delta$. Использовать неравенство $F_0(a;b) \geq \delta$, как это рекомендуется в работе В.Л. Андреева (Андреев, 1980: 38), ошибочно.

При использовании методики В.Л. Андреева (1980) Н.И. Золотухин ошибочно строит ориентированный граф отношения «эндемичности» (оригинальности), который неидентичен графу отношения «банальности». То есть граф включения, построенный с помощью меры включения и меры невключения, получился неодинаковым (Золотухин, 1987: 93). Следует отметить, что не может быть двух графов отношений «банальности» и «эндемичности» (оригинальности). Есть только один граф отношений включения (граф включения), вершины которого (отражающие локальные флоры, фауны) могут быть «банальными» или «оригинальными». Определения «банальности» и «экзотичности», введённые в некоторых работах (Андреев, 1978, 1979, 1980), ошибочны.

Построение графа включения с помощью симметричной меры сходства Шимкевича-Симпсона (Песенко, 1982: 212) без обращения к матрице мер включения (или к её диагональным элементам) невозможно. В связи с этим говорить о построении ориентированного графа включения с помощью «индекса общности» Шимкевича-Симпсона (Песенко, 1982: 212) не имеет смысла. Следует также отметить, что введение понятия «граф производности» (Песенко, 1982: 213), то есть графа, построенного на основе графа включения при изменении у него направления дуг на противоположные, также аналитически необосновано. На основе графа включения можно только говорить о различных интерпретациях направления стрелок его дуг, например, происхождения, производности, миграции и т.д., а также строить различные схемы этих интерпретаций, но основу их составляет граф включения, строго введённое математическое понятие. Математическое обоснование мер невключения дано в Приложении С.

Индексы преобладания

При сравнительном анализе по числу видов во флорах производится попарное сравнение списков с помощью мер включения. Рассчитывается матрица мер включения, на основе которой строится граф

включения при выборе различных пороговых величин (Сёмкин, 1987б). Однако при рассмотрении большого числа видовых списков у ориентированных графов появляется значительное количество дуг, что весьма затрудняет их интерпретацию. В этих случаях нами предлагается использовать новый подход, основанный на учёте количества исходящих и входящих дуг в вершину ориентированного графа³ (Сёмкин, Куликова, 1981; Сёмкин, 1987а; Кафанов, 1994).

Рассмотрим данный подход более подробно. Пусть дана матрица мер включения для n дескриптивных множеств. Меры включения A_j в A_i и наоборот, A_i в A_j равны соответственно:

$$K(A_i; A_j) = \frac{m(A_i \cap A_j)}{m(A_j)}$$

$$K(A_j; A_i) = \frac{m(A_i \cap A_j)}{m(A_i)}$$

($i, j = 1, \dots, n$).

Определим меру включения в дескриптивное множество A_i совокупности дескриптивных множеств A_j ($j = 1, \dots, n; j \neq i$):

$$d^-(A_i) = \sum_{\substack{j=1 \\ i \neq j}}^n K(A_i; A_j)$$

,то есть суммируются элементы A_i -го столбца без диагонального элемента. Аналогично мера включения A_i в совокупность дескриптивных множеств A_j ($j = 1, \dots, n; j \neq i$) равна:

$$d^+(A_i) = \sum_{\substack{j=1 \\ i \neq j}}^n K(A_j; A_i)$$

,то есть суммируются элементы A_i -ой строки без диагонального элемента. Тогда относительный индекс преобладания $d^-(A_i)$ над $d^+(A_i)$ равен:

$$d_n(A_i) = \frac{d^-(A_i) - d^+(A_i)}{n - 1}$$

Отметим, что величина $d_n(A_i)$ заключена в интервале от -1 до $+1$. Если взять некоторый порог δ и считать, что при $K(A_i; A_j) \geq \delta$ следует $K(A_i; A_j) = 1$ а если $K(A_i; A_j) < \delta$ следует $K(A_i; A_j) = 0$, то в этом случае рассмотренные нами показатели имеют адекватную теоретико-графовую интерпретацию (Берж, 1962):

• $d_n(A_i)$ – относительный индекс преобладания полустепени исхода вершины A_i над полустепенью

³ Нами несколько изменены обозначения для полустепени захода и полустепени исхода для вершины ориентированного графа в соответствии с общепринятыми обозначениями в теории графов (Берж, 1962)

захода вершины A_i ориентированного графа;

$d^-(A_i)$ – полустепень захода вершины A_i (число дуг, заходящих в вершину A_i);

$d^+(A_i)$ – полустепень исхода вершины A_i (число дуг, исходящих из вершины A_i).

Наименьшее отрицательное значение индекс преобладания принимает для вершин, которые имеют только исходящие дуги, а наибольшее положительное значение имеют вершины, которые имеют только входящие дуги.

Сравнительный анализ адвентивной фракции флоры острова Сахалин

Сравнительный анализ адвентивной фракции видов флоры острова Сахалин проведён нами на основе опубликованных списков видов сосудистых растений острова, в котором выделены заносные и ушедшие из культуры виды (Баркалов, Таран, 2004).

Во флоре острова Сахалин по состоянию на начало 2004 г. насчитывалось 1521 вид сосудистых растений, относящихся к 575 родам из 132 семейств, из которых 7 семейств и 101 род представлены только заносными видами (Баркалов, Таран, 2004). Заносных, ушедших из культуры или интродуцированных на Сахалин насчитывается 288 видов.

Большинство заносных видов распространились почти по всему острову, в том числе вдоль дорог в горных районах. Заносные виды составляют неотъемлемую часть особой растительных сообществ на окультуренных и нарушенных местообитаниях (Баркалов, Таран, 2004).

Целью нашего аналитического исследования является установление закономерностей по распределению адвентивной фракции видов растений острова Сахалин. На основе списка сосудистых растений Сахалина получена матрица абсолютных мер сходства (матрица мер пересечения) для адвентивной фракции видов 14 элементарных флор (табл. 1). По матрице мер пересечения рассчитана матрица мер включения (табл. 2), и на её основе построен граф отношения включения при пороге $\delta \geq 50\%$ (рис. 1). Все матрицы рассчитаны посредством программы MS Excel.

Как видно из таблицы 1, рассматриваемые списки видов разновелики, на что указывают резко различающиеся значения диагональных элементов матрицы мер пересечения. В подобных случаях анализируются только несимметричные отношения включения посредством задания ряда пороговых величин и построения графа включения (Калюжная и др., 1983; Сёмкин, Борзова, 1986).

Для графа включения (рис. 1) и по матрице мер включения (табл. 2) нами были рассчитаны индексы преобладания (табл. 3) и (табл. 4) соответственно. При сравнении полученных таблиц индексов преобладания нами отмечено, что численные значения соответствующих индексов преобладания различны. Однако знаки у соответствующих индексов совпадают, а также не нарушена упорядоченность численных значений индексов (например, в табл. 3 вершины, которые имели наибольшие численные значения индексов преобладания, также имеют наибольшие численные значения и в табл. 4; аналогичная закономерность прослеживается и для вершин с наименьшими численными значениями).

Таблица 1

Матрица пересечений списков видов адвентивной фракции элементарных флор острова Сахалин (по: Баркалов, Таран, 2004)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	31	20	8	13	27	20	23	12	13	19	27	7	25	23
2	20	55	11	26	47	36	44	17	25	28	46	12	42	39
3	8	11	17	11	15	13	16	7	9	11	15	6	13	15
4	13	26	11	41	37	30	38	15	23	28	40	12	35	30
5	27	47	15	37	121	54	86	25	42	42	91	15	70	66
6	20	36	13	30	54	66	60	20	30	34	58	11	46	46
7	23	44	16	38	86	60	133	26	45	48	97	16	77	77
8	12	17	7	15	25	20	26	26	18	18	24	10	21	21
9	13	25	9	23	42	30	45	18	53	32	47	12	39	41
10	19	28	11	28	42	34	48	18	32	65	60	14	47	50
11	27	46	15	40	91	58	97	24	47	60	194	17	100	112
12	7	12	6	12	15	11	16	10	12	14	17	17	17	17
13	25	42	13	35	70	46	77	21	39	47	100	17	120	78
14	23	39	15	30	66	46	77	21	41	50	112	17	78	132

Примечание: в головных ячейках таблицы районы: 1. район полуострова Шмидта; 2. Северо-Восточный район; 3. Северо-Западный район; 4. Восточно-Сахалинский горный район; 5. Тымский район; 6. Поронайский район; 7. Западно-Сахалинский горный район; 8. район Поронайской горной цепи; 9. Леманоский прибрежный район; 10. Центральный (Южно-Сахалинский) горный район; 11. район Южносахалинской низменности; 12. Сусунайский горный район; 13. Юго-Восточный район; 14. Юго-Западный район.

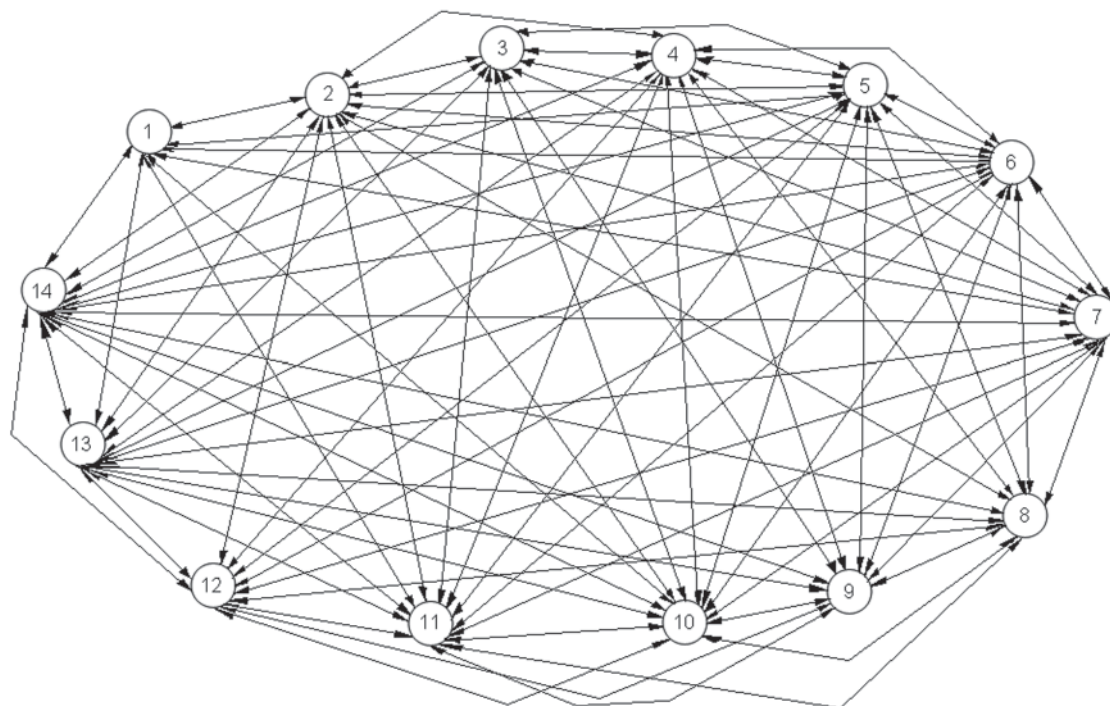


Рис. 1. Граф включения списков видов адвентивной фракции растений острова Сахалин (порог включения $\delta \geq 50\%$)

Отметим, что расчёт индексов преобладания на основе матрицы мер включения (табл. 4) более объективен и имеет преимущество перед методами расчёта, привязанных к конкретному порогу включения, так как при изменении порога численные значения индексов преобладания широко варьируют.

Содержательная интерпретация данных табл. 3 и табл. 4. очень проста. Заносные и ушедшие из культуры виды попадают в северные и горные районы с более освоенных южных и равнинных районов. Действительно, наибольшее положительное численное значение индекс преобладания имеет для района Южносахалинской низменности (11), а также районов 14 (Юго-Западный), 13 (Юго-Восточный), 7 (Западно-Сахалинский горный) и 5 (Тымский). Указанные районы являются наиболее заселёнными и испытали максимальное антропогенное воздействие. С этих районов в основном и идёт распространение заносных и ушедших из культуры видов в менее населённые северные и горные районы. Перечислим их в порядке уменьшения отрицательных значений индекса преобладания: Сусунайский горный (12), район Поронайской горной цепи (8), Северо-Западный (3), район полуострова Шмидта (1).

Заключение

Меры включения широко используются в сравнительной флористике, геоботанике и экологии при исследовании разновеликих объектов и установлении

несимметричных отношений. Как показано нами, критика методов, основанных на использовании мер включения, слабо состоятельна.

Впервые на основе аксиоматического подхода формально определено семейство дробно-линейных мер включения и невключения. Из этого семейства выбрана наиболее простая и хорошо интерпретируемая мера включения, определяемая как частное от деления меры пересечения двух дескриптивных множеств на одну из мер сравниваемых дескриптивных множеств. Эта мера включения, как правило, наиболее часто используется в сравнительной флористике.

На основе матрицы мер включения предложен расчёт нового индекса преобладания суммы мер включения в данное дескриптивное множество над суммой мер включения этого дескриптивного множества в другие рассматриваемые дескриптивные множества. Этот индекс кратко называется *индексом преобладания*. При выборе порога и построении по матрице мер включения ориентированного графа отношения включения предложенный индекс совпадает с индексом преобладания полустепеней захода дуг в вершину графа над полустепенью исхода дуг из вершины. Индекс преобладания позволяет анализировать большие по числу элементов матрицы мер включения, не обращая при этом к отображению отношений включения в виде направленных графов.

Возможности использования данного индекса проиллюстрированы на примере анализа формирования адвентивной фракции видов сосудистых растений локальных флор на примере острова Сахалин.

Таблица 3

Матрица индексов преобладания для 14 списков видов адвентивной фракции растений острова Сахалин, рассчитанная для графа включения (рис. 1)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<i>d-</i>	0	6	0	3	12	8	13	1	4	8	13	0	13	13
<i>d+</i>	8	7	10	9	4	7	4	10	7	6	3	11	4	4
<i>d</i>	-0,62	-0,08	-0,77	-0,46	0,62	0,08	0,69	-0,69	-0,23	0,15	0,77	-0,85	0,69	0,69

Таблица 4

Матрица индексов преобладания для 14 списков видов адвентивной фракции растений острова Сахалин, рассчитанная по матрице мер включения (табл. 2)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<i>d-</i>	377	635	243	547	980	723	1028	386	587	687	1134	269	942	947
<i>d+</i>	766	713	881	824	511	695	492	899	710	663	380	977	508	466
<i>d</i>	-0,30	-0,06	-0,49	-0,21	0,36	0,02	0,41	-0,51	-0,09	0,02	0,58	-0,54	0,33	0,37

ПРИЛОЖЕНИЯ

А. АКСИОМЫ МЕР ВКЛЮЧЕНИЯ

Меры включения дескриптивного множества (набора) *B* в *A* определяется следующими аксиомами:

$0 \leq K(A; B) \leq 1$ (аксиома ограничения);

$K(A; B) = 0$, тогда и только тогда, когда $A \cap B = \emptyset$ (аксиома минимального включения);

$K(A; B) = 1$, тогда и только тогда, когда $B \subseteq A$ (аксиома максимального включения);

$K(A; B) = K(J(A), J(B), J(A, B))$ (аксиома зависимости включения от меры конвергенции);

$K(\lambda J(A), \lambda J(B), \lambda J(A, B)) = K(J(A), J(B), J(A, B))$ (аксиома однородности).

Определение меры конвергенции $J(A, B)$ приводятся в работе Б.И. Сёмкин, А.П. Орешко, М.В. Горшкова (2008 а).

В. КЛАСС МЕР ВКЛЮЧЕНИЯ, ПРЕДСТАВЛЯЕМЫЙ ДРОБНО-ЛИНЕЙНЫМИ ФУНКЦИЯМИ

Найдём дробно-линейные функции от абсолютных мер сходства (мер конвергенции) *a, b, c*:

$$f(a, b, c) = \frac{\alpha_1 a + \alpha_2 b + \alpha_3 c + \alpha_4}{\beta_1 a + \beta_2 b + \beta_3 c + \beta_4}$$

где $a = J(A)$, $b = J(B)$, $c = J(A, B)$, α_i – постоянные величины.

Функция

$$K(A; B) = K(J(A), J(B), J(A, B)) = f(a, b, c)$$

удовлетворяет аксиомам мер включения, т.е.:

$$f(a, b, c) \geq 0;$$

$$f(\lambda a, \lambda b, \lambda c) = f(a, b, c);$$

$$f(a, b, 0) = 0;$$

$$f(a, b, b) = 1, \quad m(A \cap B) = m(B), \text{ если } B \subseteq A$$

т.е. $c = b$;

$$f(a, b, c) \leq 1.$$

Докажем, что указанным свойствам удовлетворяет одна дробно-линейная функция от *a, b, c* с точностью до параметра τ . Последовательно получаем ряд следствий из свойств (1-5): из (2) $\Rightarrow \alpha_4 = \beta_4 = 0$ из (3) $\Rightarrow \alpha_1 = \alpha_2 = 0$; из (4) $\Rightarrow \alpha_3 = \beta_2 + \beta_3$ и $\beta_1 = 0$.

Следовательно, функция $f(a, b, c)$ имеет сле-

дующий вид:

$$f(a, b, c) = f(b, c) = \frac{c}{\left(\frac{\beta_2}{\beta_2 + \beta_3}\right)b + \left(\frac{\beta_2}{\beta_2 + \beta_3}\right)c}$$

Обозначим $\left(\frac{\beta_2}{\beta_2 + \beta_3}\right) = 1 + \tau$, тогда

$\left(\frac{\beta_2}{\beta_2 + \beta_3}\right) = -\tau$. Окончательно получим семейства эквивалентных мер включения:

$$f(b, c) = \frac{c}{(1 + \tau)b - \tau c}$$

Так как $0 \leq f(b, c) \leq 1$, то $-1 < \tau < \infty$. Аналогично можно определить и функцию $f(a, c)$. При $\tau = 0$ мера включения равна:

$$K_0(A; B) = \frac{m(A \cap B)}{m(B)}.$$

Определим меру включения $K_\tau(A; B)$ через $K_0(A; B)$:

$$K_\tau(A; B) = \frac{K_0(A; B)}{(1 + \tau) - \tau K_0(A; B)}$$

Семейство мер включения K_τ , зависящее от K_0 можно представить в виде графика (рис. 2). Как видно из графика, содержательная интерпретация функции K_τ ($-1 < \tau < \infty$) мер включения при различных τ (кроме $\tau = 0$) затруднена.

Однако численные значения меры включения $K_0(A; B)$ содержательно интерпретируются достаточно просто. Например, если взять два списка видов растений A и B , причём число общих видов для этих списков составляет половину в списке B (то есть

$n(A \cap B) = \frac{1}{2}n(B)$), то в этом случае $K_0(A; B) = \frac{1}{2}$. Можно сказать, что число общих видов в списке B составляет 50%. Если, например, взять меру включения

$K_1(A; B) = \frac{K_0(A; B)}{2 - K_0(A; B)}$, то в рассматриваемом

нами случае $K_1(A; B) = \frac{1}{3}$, то есть в списке B содержится половина общих видов для обоих списков, а численное значение меры включения равно одной

трети.

При определении включения одного списка видов в другой используются только меры включения $K_0(A; B)$ и $K_0(B; A)$. Исключение составляет только работа Б.И. Сёмкина, Т.А. Комаровой (1977).

Если принять ещё одну аксиому:

$$6. K(J(A), J(B), J(A, B)) = \frac{1}{2} \text{ тогда и только}$$

тогда, когда $J(A, B) = \frac{1}{2}J(B)$,

то системе аксиом (1-6) будет удовлетворять только одна мера включения $K_0(A; B)$.

С. МЕРЫ НЕВКЛЮЧЕНИЯ ДЕСКРИПТИВНЫХ МНОЖЕСТВ

Меры не включения определяются посредством мер включения как дополнение последних до единицы.

$$F(A; B) = 1 - K(A; B), F(B; A) = 1 - K(B; A),$$

где $F(A; B)$ и $K(A; B)$ – мера не включения и мера включения дескриптивного множества B в дескриптивное множество A соответственно; $F(B; A)$ и $K(B; A)$ – мера не включения и мера включения дескриптивного множества A в дескриптивное множество B соответственно. Можно сказать, что мера не включения есть понятие, двойственное мере включения.

Свойства мер не включения определяются посредством свойств (1-6), двойственных им мер включения. Мера не включения дескриптивного множества (набора) определяется следующими свойствами:

$0 \leq F(A; B) \leq 1$ (ограничение численных значений интервалом $[0, 1]$);

$F(A; B) = 1$, тогда и только тогда, когда $A \cap B = \emptyset$ (максимальное значение не включения);

$F(A; B) = 0$, тогда и только тогда, когда $B \subseteq A$ (минимальное значение не включения);

$F(A; B) = F(J(A), J(B), J(A, B))$ (зависимость меры не включения от меры конвергенции);

$$F(\lambda J(A), \lambda J(B), \lambda J(A, B)) = F(J(A), J(B), J(A, B)), \lambda > 0$$

(однородность).

Класс мер не включения, представляемых дробно-линейными функциями от мер конвергенции, можно определить таким же способом, как это было сделано для мер включения (см. Приложение, В). Будем искать меру не

включения $F(A; B) = F(J(A), J(B), J(A, B))$
 $= g(a, b, c)$ в виде дробно-линейной функции от
 $a = J(A), b = J(B), c = J(A, B)$:

$$g(a, b, c) = \frac{\alpha_1 a + \alpha_2 b + \alpha_3 c + \alpha_4}{\beta_1 a + \beta_2 b + \beta_3 c + \beta_4},$$

удовлетворяющую свойствам меры невключения
 (1-5):

$$g(a, b, c) \geq 0;$$

$$g(\lambda a, \lambda b, \lambda c) = g(a, b, c), \quad \lambda > 0;$$

$$g(a, b, 0) = 1;$$

$g(a, b, b) = 0, m(A \cap B) = m(B)$, если $B \subseteq A$
 $, c = b$;

$$g(a, b, c) \leq 1.$$

Можно доказать аналогично (как это было сде-
 лано для меры включения), что функция $g(a, b, c)$
 имеет следующий вид:

$$g(b, c) = \frac{b - c}{b - \left(\frac{\tau}{1 + \tau}\right)c}$$

$$-1 < \tau < \infty.$$

Аналогично можно определить и функцию
 $g(a, c)$. Следовательно, класс мер невключения
 $F_\tau(A; B)$ и $F_\tau(B; A)$ определяется следующим об-
 разом:

$$F_\tau(B; A) = \frac{m(A) - m(A \cap B)}{m(A) - \left(\frac{\tau}{1 + \tau}\right)m(A \cap B)}$$

$$F_\tau(A; B) = \frac{m(B) - m(A \cap B)}{m(B) - \left(\frac{\tau}{1 + \tau}\right)m(A \cap B)}$$

$-1 < \tau < \infty, A$ и B – дескриптивные множества.

Л и т е р а т у р а

Алексеев С.К. Биотическое распределение герпе-
 тобионтных жесткокрылых Цейского ущелья // Фауна
 и экология беспозвоночных животных в заповедни-
 ках РСФСР. – М.: ЦНИЛ Главохоты РСФСР, 1986. С.
 164–177.

Андреев В.Л. Использование мер включения в
 анализе гидробиологических данных // Гидробиол. ж.
 1978. Т. 14. № 6. С. 34–41.

Андреев В.Л. Системы классификации в биогео-

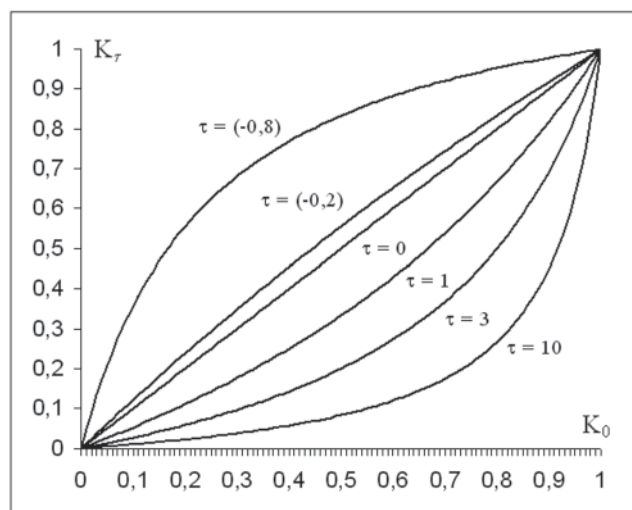


Рис. 2. Графическое выражение взаимозависимости

K_τ от K_τ

графии и систематике (детерминистские методы) // Иерархические классификационные построения в географической экологии и систематике. – Владивосток, 1979. С. 3–59.

Андреев В.Л. Классификационные построения в экологии и систематике. – Владивосток, 1980. – 142 с.

Андреев В.Л. Анализ эколого-географических данных с использованием теории нечетких множеств. – Л., 1987. – 154 с.

Андреев В.Л., Козлов В.И. Структуры системы видовых списков пресноводных рыб Понто-Каспия // Теоретико-графовые методы в биогеографических исследованиях. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1983. С. 87–101.

Андреев В.Л., Решетников Ю.С. Анализ состава пресноводной ихтиофауны северо-восточной части СССР на основе методов теории множеств // Зоол. ж. 1978. Т. 7. Вып. 2. С. 165–175.

Андреев В.Л., Решетников Ю.С. Классификационные построения с использованием списков видов пресноводных рыб Чукотки и Аляски // Зоол. ж. 1981. Т. 10. Вып. 9. С. 1285–1296.

Андреев В.Л., Кусакин О.Г., Сёмкин Б.И. Анализ видовых списков макрофауны литорали Курильских островов на основе математических списков // Экология и рациональное использование островных экосистем. Владивосток, 1978. С. 37–38.

Баранова О.Г. Анализ остепенённых парциальных флор Удмуртии // Изучение биологического разнообразия методами сравнительной флористики: Матер. IV рабочего совещания по сравнительной флористике: Березинский биосферный заповедник, 1993. – СПб, 1998. С. 225–232.

Баранова С.С. Анализ альгофлоры Артёмовского

водохранилища (Приморский край) // Криптогамические исследования на Дальнем Востоке. Владивосток, 1980. С. 29–44.

Баркалов В.Ю., Таран А.А. Список видов сосудистых растений острова Сахалин // Растительный и животный мир острова Сахалин (Матер. Международного сахалинского проекта). Ч.1. – Владивосток, 2004. С. 39–66.

Берж К. Теория графов и её приложения. – М., 1962. – 320 с.

Борзова Л.М., Сёмкин Б.И., Ковалюх Н.Н. Развитие островных растительных сообществ в голоцене (на примере острова Большой Пелис) // Развитие природной среды в плейстоцене (юг Дальнего Востока). Владивосток, 1981. С. 127–134.

Борисовец Е.Э., Тараканова Т.Ф. Классификация видовых списков полихет из бореальной области Тихого океана // Иерархические классификационные построения в географической экологии и систематике. Владивосток, 1979. С. 131–142.

Будникова Л.Л. Фауна, экология и зонально-биогеографическая структура бокоплавов (Amphiroda, Gammaridea) прибрежной зоны Сихотэ-Алинского биосферного заповедника (Японское море) // Гидробиологические исследования заливов и бухт Приморья. Владивосток, 1984. С. 64–76.

Василевич В.И. Статистические методы в геоботанике. – Л., 1969. – 232 с.

Горобец К.В. Флора листостебельных мхов полуострова Муравьёва Амурского и островов Петра Великого (Приморский край): Автореф. дисс. канд. биол. наук. – Владивосток, 2004. – 26 с.

Гусарова И.С., Сёмкин Б.И. Сравнительный анализ конкретных флор сублиторали Северо-Западной части Тихого океана // Биология шельфовых зон мирового океана. Часть I (Тез. докл. 3 Всесоюз. конф. по морской биол.). Владивосток, 1982. С. 18–19.

Гусарова И.С., Сёмкин Б.И. Сравнительный анализ флор макрофитов некоторых районов северной части Тихого океана с использованием теоретико-графовых методов // Бот. ж. Т. 71. №6. 1986. С. 781–789.

Дидух Я.П. Флора Ялтинского горно-лесного государственного заповедника, её структурно-сравнительный анализ и научные вопросы охраны: Автореф. дисс. канд. биол. наук. – Киев, 1997. – 25 с.

Зверев А.А. Сравнительный анализ флор с помощью компьютерной системы «IBIS» // Изучение биологического разнообразия методами сравнительной флористики: Матер. IV рабочего совещания по сравнительной флористике, Березинский биосферный заповедник, 1993. – СПб, 1998. С. 284–288.

Золотухин Н.И. Опыт флористических исследований на уровне фитоценозов наименьшего ранга (на примере Алтайского заповедника) // Теоретические и

методические проблемы сравнительной флористики: Матер. II рабочего совещания по сравнительной флористике, Неринга, 1983. – Л., 1987. С. 90–104.

Калужная Н.С., Сёмкин Б.И., Петухова Е.Л. Анализ структуры фауны жёсткокрылых (Coleoptera) северо-западной части Сарпинской низменности (Калмыкская АССР) с использованием теоретико-графовых методов // Энтомологическое обозрение. 1983. Т. 62. № 1. С. 199–204.

Кафанов А.И. Двустворчатые моллюски и фаунистическая биогеография Северной Пацифики. – Владивосток, 1991. – 196 с.

Кафанов А.И. Влияние видового богатства и обилия на меры включения при теоретико-графовом анализе // Известия РАН, сер. биол. №3. 1994. С. 428–434.

Кафанов А.И., Борисовец Е.Э., Волвенко И.В. О применении кластерного анализа в биогеографических классификациях // Журн. общ. биол. Т. 65. № 6. 2004. С. 250–265.

Кафанов А.И., Жуков В.Е. Прибрежное сообщество водорослей-макрофитов залива Посыета (Японское море): Сезонная изменчивость и пространственная структура. – Владивосток, 1993. – 156 с.

Кожевников А.Е., Кожевникова З.В. Эффективность охраны сосудистых растений Приморья и Приамурья на заповедных территориях // Вестник ДВО РАН. № 4. 2004. С. 8–22.

Козьминых Т.В. Некоторые итоги анализа флоры подзоны южной тайги в пределах Пермской области // Изучение биологического разнообразия методами сравнительной флористики: Матер. IV рабочего совещания по сравнительной флористике, Березинский биосферный заповедник, 1993. – СПб, 1998. С. 305–309.

Комаров Е.В. Комплексы жужелиц (Coleoptera, Garabidae) орошаемых и богарных пшеничных агроценозов и пути их формирования в полупустынной зоне Волгоградской области: Автореф. дисс. канд. биол. наук. – М, 1983. – 17 с.

Комарова Т.А., Сёмкин Б.И. Динамика растительного покрова долины р. Амгуэмы (Центральная Чукотка) // Биологические проблемы Севера. VII Симпозиум. Ботаника (Тез. докл.). Петрозаводск, 1976а. С. 123–125.

Комарова Т.А., Сёмкин Б.И. Первичные сукцессии тундровых сообществ долины реки Амгуэма // Комаровские чтения. Вып. 24. Владивосток, 1976б. С. 36–61.

Куликова Л.С., Сёмкин Б.И., Петухова Е.Л. Использование мер включения и сходства при анализе энтомофауны культурных биоценозов в Приморском крае // Количественные методы в экологии животных. – Л., 1980. С. 80–82.

Кушнарёв Е.Л. Применение графических методов анализа при изучении видовой структуры орнито-

сообществ по экологическому профилю // Теоретико-графовые методы в биогеографических исследованиях. – Владивосток, 1983. С. 33–48.

Максимова В.Ф. Использование некоторых параметров травяного яруса для оценки различий приморских и континентальных дубрав восточного склона Сихотэ-Алиня // Современные проблемы биогеографии. – М., 1982. С. 152–163.

Максимова В.Ф., Нечаева Н.С., Сёмкин Б.И. Сравнительный анализ травяного яруса в лесах Среднего Сихотэ-Алиня с помощью мер включения // Локальный мониторинг растительного покрова. Владивосток, 1982. С. 102–110.

Малышев Л.И. Современные подходы к количественному анализу и сравнению флор // Теоретические и методические проблемы сравнительной флористики: Матер. II рабочего совещания по сравнительной флористике. Неринга, 1983. – Л., 1987. С. 142–148.

Малышев Л.И., Байков В.М., Доронькин В.М. Пространственное разнообразие родовой структуры во флоре Сибири // Изучение биологического разнообразия методами сравнительной флористики: Матер. IV рабочего совещания по сравнительной флористике: Березинский биосферный заповедник, 1993. – СПб, 1998. С. 34–44.

Михалёва Е.В., Петухова Е.Л. Сравнительный анализ фауны диплопод (Diplopoda) лесов Приморского края с помощью мер включения и сходства // Теоретико-графовые методы в биогеографических исследованиях. – Владивосток, 1983. С. 48–66.

Морозов В.Л., Белая Г.А., Караченов А.Т., Сёмкин Б.И. Использование теоретико-графовых методов анализа флоры и растительности для выделения охраняемых территорий // Теоретические основы заповедного дела. Тезисы докл. Всесоюз. совещ. (Львов, 18–19 декабря 1985 г.). – М., 1985. С. 191–194.

Науменко Н.И. Локальные флоры и флористические границы в лесостепном Зауралье // Изучение биологического разнообразия методами сравнительной флористики: Матер. IV рабочего совещания по сравнительной флористике: Березинский биосферный заповедник, 1993. – СПб, 1998. С. 54–70.

Науменко Н.И. Флоры Южного Зауралья: Автореф. дисс. д-ра биол. наук. – СПб, 2003. – 23 с.

Пааль Я.Л., Сёмкин Б.И. Анализ растительности средней тайги при помощи мер включения и сходства // Бот. ж. 1983. Т. 68. № 10. С. 1341–1350.

Песенко Ю.А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. – М., 1982. – 287 с.

Петровский В.В., Королёва Т.М. К флоре дельты р. Колымы // Бот. ж. 1979. Т. 64. № 1. С. 19–31.

Петропавловский Б.С., Сёмкин Б.И., Тимофеев И.В. Сравнительный анализ флористических связей

лесных формаций Приморского края // Биологические исследования на Горнотаёжной станции. Вып. 7. Владивосток, 2001. С. 205–220.

Петропавловский Б.С., Максимова В.Ф., Сёмкин Б.И., Тимофеев И.В. К вопросу о первичности дубовых лесов Приморского края // Леса и лесообразовательные процессы на Дальнем Востоке: Матер. международной конференции, посвящённой 90-летию со дня рождения член-корреспондента РАН Б.П. Колесникова. Владивосток, 1999а. С. 58–59.

Петропавловский Б.С., Максимова В.Ф., Сёмкин Б.И., Тимофеев И.В. Сравнительный анализ видового состава травяных растений лесных сообществ восточного макросклона Среднего Сихотэ-Алиня // Биологические исследования на Горнотаёжной станции. Вып. 6. Владивосток, 1999б. С. 61–80.

Полозова Т.Г., Юрцев Б.А. Парциальная флора окружения горячих ключей: сосудистые растения // Экосистемы термальных источников Чукотского полуострова. – Л., 1981. С. 94–121.

Пяк А.И., Зверев А.А. Опыт сравнительного анализа локальных флор с помощью прикладного статистического пакета Biostat // Бот. ж. 1997. Т. 82. № 5. С. 64–75.

Ронгинская А.В. Динамические процессы в луговых фитоценозах (на примере лугов Салаирского края). – Новосибирск, 1988. – 160 с.

Седельников В.П. К применению мер включения в сравнительной флористике // Нетрадиционные методы в исследованиях растительности Сибири. – Новосибирск, 1982. С. 32–35.

Седельников В.П. Ценогические структуры высокогорий флоры Алтае-Саянской горной области // Теоретические и методические проблемы сравнительной флористики: Матер. II рабочего совещания по сравнительной флористике, Неринга, 1983. – Л., 1987. С. 128–134.

Сёмкин Б.И. Дескриптивные множества и их приложения // Исследование систем. Т. 1. Анализ сложных систем. Владивосток, 1973а. С. 83–94.

Сёмкин Б.И. О теоретико-множественных методах изучения растительных сообществ // Тез. докл. V делегатского съезда Всесоюз. бот. о-ва. Киев, 1973б. С. 210–211.

Сёмкин Б.И. Анализ структур фитоценологических данных: Автореф. дисс. д-ра биол. наук. – Тарту, 1977. – 49 с.

Сёмкин Б.И. Сравнительный многомерный анализ структурной организации растительного покрова: Автореф. дисс. д-ра биол. наук. – Л., 1987а. – 34 с.

Сёмкин Б.И. Теоретико-графовые методы в сравнительной флористике // Теоретические и методические проблемы сравнительной флористики: Матер. II рабочего совещания по сравнительной флористике, Неринга, 1983. – Л., 1987б. С. 149–163.

- Сёмкин Б.И.* Количественные показатели для оценки односторонних флористических связей, предложенных Б.А. Юрцевым // Бот. ж. 2007. Т. 92. № 4. С. 114–127.
- Сёмкин Б.И., Борзова Л.М.* Сравнительный анализ списков видов сосудистых растений островов Дальневосточного морского заповедника // Бот. ж. 1986. Т. 71. № 5. С. 652–657.
- Сёмкин Б.И., Гусарова И.С.* Сравнительный анализ конкретных флор макрофитов сублиторали Хультемии // Тез. X Всесоюз. симпозиума “Биологические проблемы Севера”. Часть 2. Животный мир (секции VII, VIII, X–XV, XVII). – Магадан, 1983. – С. 437.
- Сёмкин Б.И., Двойченко В.И.* Об эквивалентности мер сходства и различия // Исследование систем. Т. 1. Анализ сложных систем. – Владивосток, 1973. С. 95–104.
- Сёмкин Б.И., Комарова Т.А.* Анализ фитоценологических описаний с использованием мер включения (на примере растительных сообществ долины реки Амгуэмы на Чукотке) // Бот. ж. 1977. Т. 62. № 1. С. 54–63.
- Сёмкин Б.И., Комарова Т.А.* Использование мер включения при изучении вторичных сукцессий (на примере послепожарных сообществ Южного Сихотэ-Алиня) // Бот. ж. 1985. Т. 70. № 1. С. 89–97.
- Сёмкин Б.И., Комарова Т.А.* Методика использования мер включения при изучении вторичных сукцессий (на примере послепожарных сообществ Южного Сихотэ-Алиня). – Владивосток, 1980. – 56 с.
- Сёмкин Б.И., Куликова Л.С.* Методика математического анализа списка видов насекомых в естественных и культурных биоценозах. – Владивосток, 1981. – 73 с.
- Сёмкин Б.И., Куликова Л.С., Петухова Е.Л.* Количественный анализ связей энтомофауны сельскохозяйственных посевов и естественной растительности в Приморском крае // Структурная организация компонентов биogeосистем (сравнительный и количественный анализ). – Владивосток, 1988. С. 128–143.
- Сёмкин Б.И., Орешко А.П., Горшков М.В.* Об использовании биоинформационных технологий в сравнительной флористике. I. Схемно-целевой подход. Абсолютные меры сходства и различия // Бюллетень БСИ ДВО РАН. 2008. Вып. 3. С. 102–111.
- Соколова М.В.* Опыт количественного сравнения восьми конкретных флор Таймыра // Бот. ж. 1984. Т. 69. № 2. С. 211–217.
- Сэлтон Г.* Автоматическая обработка, хранение и поиск информации. – М., 1973. – 560 с.
- Сэлтон Дж.* Динамические библиотечные информационные системы. – М., 1979. – 559 с.
- Филатова Л.Д.* Использование мер включения для сравнения комплексов стафилинид в разных местообитаниях // Теоретико-графовые методы в биогеографических исследованиях. – Владивосток, 1983. С. 66–77.
- Харитонов В.Г.* Своеобразие флоры диатомовых водорослей бассейна р. Анадырь в связи с палеогеографией Беренгиды // Биогеография Беренгийского сектора Субарктики: Матер. X всесоюз. симпоз. «Биологические проблемы Севера». Магадан, 1983. – Владивосток, 1986. С. 7–18.
- Хоментовский П.А.* Насекомые ксилофаги хвойных пород Камчатки. – Владивосток, 1983. – 176 с.
- Хорева М.Г.* Флора островов Северной Охотии. – Магадан, 2003. – 173 с.
- Черешнев И.А.* Зоогеографическое районирование приберенгийских территорий на основании распространения пресноводных рыб // Биогеография Беренгийского сектора Субарктики: Матер. X всесоюз. симпоз. «Биологические проблемы Севера». Магадан, 1983. – Владивосток, 1986. С. 100–121.
- Шлотгауэр С.Д.* Растительность и флора высокогорий Западного Приохотья и Северного Приамурья: Автореф. дисс. канд. биол. наук. – Новосибирск, 1989. – 33 с.
- Шлотгауэр С.Д.* Растительный мир субокеанических высокогорий. – М., 1990. – 224 с.
- Шлотгауэр С.Д., Варченко Л.И.* Сравнительный анализ конкретных флор высокогорий Западного Приохотья и Северного Приамурья: Препр. – Хабаровск, 1990. – 101 с.
- Шлотгауэр С.Д., Столовникова М.А.* Сравнительный анализ разновеликих флор Приохотья: Препр. – Хабаровск, 1988. – 101 с.
- Шлотгауэр С.Д., Крюкова М.В., Антонова Л.А.* Сосудистые растения Хабаровского края и их охрана. – Владивосток-Хабаровск, 2001. – 195 с.
- Шульц М.М.* Теоретико-множественная модель информационно-поисковой системы дескрипторного типа // Прикладная математика. М., 1973. С. 377–381.
- Юрцев Б.А.* Флора Сунтар-Хаята. – Л., 1968. – 235 с.
- Юрцев Б.А.* Ботанико-географическая характеристика Южной Чукотки // Комаровские чтения. Вып. XXVI. – Владивосток, 1978. С. 3–62.
- Юрцев Б.А., Сёмкин Б.И.* Изучение конкретных и парциальных флор с помощью математических методов // Бот. ж. 1980. Т. 65. № 12. С. 1706–1718.
- Юрцев Б.А.* О количественной оценке «веса» видов при флористическом районировании // Бот. ж. 1983. Т. 68. № 9. С. 1145–1152.
- Braun-Blanquet J.* Plant sociology: the study of plant communities. – New York, 1932. – 439 p.
- Cleverdon C.W.* The testing of index Language Devices // Aslib Proceedings. 1963. V. 15. № 4, P. 106–130.
- Dice L.R.* Measures of the amount of ecological association between species // Ecology. 1945. Vol. 26. № 3. P. 297–302.
- Simpson G.G.* Mammals and nature of continents //

Amer. J. Sci. 1943, vol. 241. № 1. P. 1–31.

Szymkiewicz D. Une contribution statistique a la géographie floristique // Acta Soc. Bot. Polon. 1934. T. 34. № 3. P. 249–265.

Zakharov Y.D. The importance of paleobiogeographical data for the solution of the problem on the Lower Triassic division // Schriftenreihe Erdwiss. Komm. Österr. Akad. Wiss. 1974. Bd. 2. Wien-New York. S. 237–243.

**ON THE USE OF BIOINFORMATION
TECHNOLOGIES IN COMPARATIVE
FLORISTIC STUDIES. II. MEASURES
OF INCLUSION OF DESCRIPTIVE SETS
AND THEIR APPLICATION**

B.I. Semkin¹, A.P. Oreshko¹, M.V. Gorshkov²

¹*Pacific Institute of Geography FEB RAS, Vladivostok*

²*Pacific State University of Economics, Vladivostok*

Keywords: comparative floristics, comparative analysis, mathematical methods, measures of inclusion, species lists, descriptive sets, bioinformation technology, flora of Sakhalin Island, adventive fraction of flora.

The paper presents axiomatic substantiation of measures of inclusion for descriptive sets. As an example, the authors use comparative analysis of concrete floras of the Sakhalin Island using adventive fractions of vascular plants floras.

Il. 2. Bibl. 93.