



Биоразнообразие

Оценка бета-разнообразия

Способы оценки бета-разнообразия

В целом, есть два подхода к оценке бета-разнообразия:

- 1) оценка изменений видового состава вдоль того или иного градиента среды;
- 2) оценка сходства видового состава двух отдельных сообществ.

В любом случае, чем меньше одинаковых видов в выборках, тем выше бета-разнообразие территории в целом.

Меры бета-разнообразия

M.V. Wilson и A. Shmida (1984) выделили шесть мер бета-разнообразия:

- 1) мера бета-разнообразия Коуди;
- 2) мера бета-разнообразия Уилсона и Шмиды;
- 3) мера бета-разнообразия Уиттекера.
- 4) мера бета-разнообразия Ратледжа (в её трёх вариантах).

Wilson M.V., Shmida A. (1984). Measuring beta diversity with presence-absence data. *J. Ecol.* Vol. 72. pp. 1055–1064.

Мера бета-разнообразия Коуди

М.Л. Cody (1975) предложил индекс, описывающий смену видового состава сообществ вдоль определённого градиента среды:

$$\beta_c = \frac{g(H) + l(H)}{2} [43],$$

где:

$g(H)$ – число видов, прибавившихся вдоль градиента;

$l(H)$ – число видов, исчезнувших на этом же отрезке.

Cody M.L. (1975). Towards theory of continental species diversity bird distributions over Mediterranean habitat gradients. In: Ecology and Evolution of Communities (eds. M.L. Cody and J.M. Diamond), Harvard University Press, Cambridge, Mass., pp. 214–257.

Betula pubescens	11,1	11,9	4,6	4,3	-	5,5
Betula nana	6,7	8,15	9,3	7,7	-	-
Picea obovata	2,2	9,6	-	-	-	-
Larix sibirica	-	4,7	-	2,6	-	-
Populus tremula	2,2	-	-	-	-	-
Pinus sylvestris	-	7,1	-	-	-	-
Salix caprea	2,2	-	-	-	-	-
Salix hastata	-	3,97	-	2,6	0,6	2,2
Salix phylicifolia	3,7	-	-	-	1,3	-
Salix dasyclados	8,2	5,9	-	5,3	10,7	-
Rosa acicularis	1,5	-	-	-	-	-
Juniperus sibiricum	15	-	-	-	-	-
Arctous alpina	-	2,4	-	0,8	-	-
Ledum palustre	-	9,5	-	5,3	-	-
Vaccinium vitis-idaea	1,5	4,8	-	5,3	-	-
Empetrum hermaphroditum	-	4,8	6,9	7,7	-	-
Vaccinium uliginosum	4,4	8,7	-	7,7	-	-
Oxycoccus microcarpus	-	2,4	-	-	-	-
Andromeda polifolia	-	-	-	6,1	-	-
Vaccinium myrtillus	2,2	4,8	-	-	-	-
	1	2				

$$g(H)=7$$

$$l(H)=5$$

$$\beta_{C1} = \frac{7 + 5}{2} = 6$$

$$\beta_{Cобщ.} = \frac{1 + 11}{2} = 6$$

*Задание 36

По выданным Вам данным рассчитайте меру бета-разнообразия Коуди для градиента из десяти последовательно расположенных площадок.

Мера бета-разнообразия Уилсона и Шмиды

М.В. Wilson и А. Shmida (1984) предложили несколько изменённый вариант меры бета-разнообразия Коуди, где появившиеся и утраченные виды стандартизированы на среднее видовое богатство выборок:

$$\beta_{ws} = \frac{g(H) + l(H)}{2\alpha} [44],$$

где:

α – среднее разнообразие выборок стандартного размера, измеряемое как видовое богатство.

Мера бета-разнообразия Уилсона и Шмиды

Если известна мера бета-разнообразия Коуди, то меру разнообразия Уилсона и Шмиды можно представить как:

$$\beta_{WS} = \frac{2\beta_C}{2\alpha} = \frac{\beta_C}{\alpha} [45].$$

В любом случае

$$\beta_{WS} \in [0; 1].$$

Betula pubescens	11,1	11,9	4,6	4,3	-	5,5
Betula nana	6,7	8,15	9,3	7,7	-	-
Picea obovata	2,2	9,6	-	-	-	-
Larix sibirica	-	4,7	-	2,6	-	-
Populus tremula	2,2	-	-	-	-	-
Pinus sylvestris	-	7,1	-	-	-	-
Salix caprea	2,2	-	-	-	-	-
Salix hastata	-	3,97	-	2,6	0,6	2,2
Salix phylicifolia	3,7	-	-	-	1,3	-
Salix dasyclados	8,2	5,9	-	5,3	10,7	-
Rosa acicularis	1,5	-	-	-	-	-
Juniperus sibiricum	15	-	-	-	-	-
Arctous alpina	-	2,4	-	0,8	-	-
Ledum palustre	-	9,5	-	5,3	-	-
Vaccinium vitis-idaea	1,5	4,8	-	5,3	-	-
Empetrum hermaphroditum	-	4,8	6,9	7,7	-	-
Vaccinium uliginosum	4,4	8,7	-	7,7	-	-
Oxycoccus microcarpus	-	2,4	-	-	-	-
Andromeda polifolia	-	-	-	6,1	-	-
Vaccinium myrtillus	2,2	4,8	-	-	-	-
	1	2				

$$g(H)=7$$

$$l(H)=5$$

Число видов:
 в первом сообществе – 12;
 во втором – 14;
 в третьем – 3;
 в четвёртом – 11;
 в пятом – 3;
 в шестом – 2.

Среднее видовое богатство сообществ – 7,5.

$$\beta_{WS1-2} = \frac{7 + 5}{2 \times 7,5} = 0,8$$

$$\beta_{WSобщ.} = \frac{1 + 11}{2 \times 7,5} = 0,8$$

Задание 37

По выданным Вам данным рассчитайте меру бета-разнообразия Уилсона и Шмиды для градиента из десяти последовательно расположенных площадок.

Мера бета-разнообразия Уиттекера

Самая первая из мер бета-разнообразия была предложена R.H. Whittaker'ом (1960):

$$\beta_W = \frac{S}{\alpha - 1} [46],$$

где:

S – общее число видов во всех рассматриваемых сообществах.

Whittaker R.H. (1960). Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California. Ecol. Monogr. Vol. 30. pp. 279–338.

Betula pubescens	11,1	11,9	4,6	4,3	-	5,5
Betula nana	6,7	8,15	9,3	7,7	-	-
Picea obovata	2,2	9,6	-	-	-	-
Larix sibirica	-	4,7	-	2,6	-	-
Populus tremula	2,2	-	-	-	-	-
Pinus sylvestris	-	7,1	-	-	-	-
Salix caprea	2,2	-	-	-	-	-
Salix hastata	-	3,97	-	2,6	0,6	2,2
Salix phylicifolia	3,7	-	-	-	1,3	-
Salix dasyclados	8,2	5,9	-	5,3	10,7	-
Rosa acicularis	1,5	-	-	-	-	-
Juniperus sibiricum	15	-	-	-	-	-
Arctous alpina	-	2,4	-	0,8	-	-
Ledum palustre	-	9,5	-	5,3	-	-
Vaccinium vitis-idaea	1,5	4,8	-	5,3	-	-
Empetrum hermaphroditum	-	4,8	6,9	7,7	-	-
Vaccinium uliginosum	4,4	8,7	-	7,7	-	-
Oxycoccus microcarpus	-	2,4	-	-	-	-
Andromeda polifolia	-	-	-	6,1	-	-
Vaccinium myrtillus	2,2	4,8	-	-	-	-

Число видов:

в первом сообществе – 12;

во втором – 14;

в третьем – 3;

в четвёртом – 11;

в пятом – 3;

в шестом – 2.

Общее число видов – 20.

Среднее видовое

богатство сообществ – 7,5.

$$\beta_{W_{\text{общ.}}} = \frac{20}{7,5 - 1} = 3,08$$

$$\beta_{W_{1-2}} = \frac{19}{13 - 1} = 1,58$$

Задание 38

По выданным Вам данным рассчитайте меру бета-разнообразия Уиттекера для десяти последовательно расположенных площадок: общую меру для всего массива данных и меры бета-разнообразия для всех площадок попарно.

Мера бета-разнообразия Ратледжа (первый вариант)

Первая мера бета-разнообразия Ратледжа (Routledge, 1977) учитывает общее видовое богатство и степень совпадения видов:

$$\beta_R = \frac{S^2}{2r + S} - 1 [47],$$

где:

r – число пар видов с перекрывающимся распределением.

Routledge R.D. (1977). On Whittaker's components of diversity. Ecology. Vol. 58. pp. 1120–1127.

*Задание 39

По выданным Вам данным рассчитайте меру бета-разнообразия Ратледжа (по формуле 47) для десяти последовательно расположенных площадок: общую меру для всего массива данных и меры бета-разнообразия для всех площадок попарно.

Мера бета-разнообразия Ратледжа (второй вариант)

Второй индекс Ратледжа основан на теории информации и в упрощённой форме даётся Уилсоном и Шмидой (Wilson, Shmida, 1984) в виде:

$$\beta_I = \log(T) - \frac{1}{T} \times \sum e_i \times \log(e_i) - \frac{1}{T} \times \sum a_j \times \log(a_j) \quad [48],$$

где:

e_i - число выборок по трансекте, где представлен i -ый вид;

a_j - видовое богатство j -ой выборки;

$$T = \sum e_i = \sum a_j.$$

Wilson M.V., Shmida A. (1984). Measuring beta diversity with presence-absence data. *J. Ecol.* Vol. 72. pp. 1055–1064.

Betula pubescens	11,1	11,9	4,6	4,3	-	5,5	5
Betula nana	6,7	8,15	9,3	7,7	-	-	4
Picea obovata	2,2	9,6	-	-	-	-	2
Larix sibirica	-	4,7	-	2,6	-	-	2
Populus tremula	2,2	-	-	-	-	-	1
Pinus sylvestris	-	7,1	-	-	-	-	1
Salix caprea	2,2	-	-	-	-	-	1
Salix hastata	-	3,97	-	2,6	0,6	2,2	4
Salix phylicifolia	3,7	-	-	-	1,3	-	2
Salix dasyclados	8,2	5,9	-	5,3	10,7	-	4
Rosa acicularis	1,5	-	-	-	-	-	1
Juniperus sibiricum	15	-	-	-	-	-	1
Arctous alpina	-	2,4	-	0,8	-	-	2
Ledum palustre	-	9,5	-	5,3	-	-	2
Vaccinium vitis-idaea	1,5	4,8	-	5,3	-	-	3
Empetrum hermaphroditum	-	4,8	6,9	7,7	-	-	3
Vaccinium uliginosum	4,4	8,7	-	7,7	-	-	3
Oxycoccus microcarpus	-	2,4	-	-	-	-	1
Andromeda polifolia	-	-	-	6,1	-	-	1
Vaccinium myrtillus	2,2	4,8	-	-	-	-	2
	12	14	3	11	3	2	45

$$\sum e_i \times \ln(e_i) = \sum 5 \times \ln(5) + 4 \times \ln(4) + 2 \times \ln(2) + \dots + 2 \times \ln(2) = 42,89$$

$$\sum a_j \times \ln(a_j) = \sum 12 \times \ln(12) + 14 \times \ln(14) + \dots + 2 \times \ln(2) = 101,12$$

$$\beta_{\text{Иобщ.}} = \ln(45) - \frac{1}{45} \times 42,89 - \frac{1}{45} \times 101,12 = 0,61$$

Задание 40

По выданным Вам данным рассчитайте меру бета-разнообразия Ратледжа (по формуле 48) для десяти последовательно расположенных площадок: общую меру для всего массива данных и меры бета-разнообразия для всех площадок попарно.

Мера бета-разнообразия Ратледжа (третий вариант)

Третий индекс Ратледжа представляет собой экспоненциальный вариант второго индекса:

$$\beta_E = \exp(\beta_I) - 1 [49].$$

Например, в рассматриваемом случае

$$\beta_{E\text{общ.}} = 0,83.$$

*Задание 41

По выданным Вам данным рассчитайте меру бета-разнообразия Ратледжа (по формуле 49) для десяти последовательно расположенных площадок: общую меру для всего массива данных и меры бета-разнообразия для всех площадок попарно.

Меры бета-разнообразия: Оценка

Для оценки мер бета-разнообразия M.V. Wilson и A. Shmida (1984) предложили четыре параметра:

- 1) число смен сообществ;
- 2) аддитивность;
- 3) независимость от альфа-разнообразия;
- 4) независимость от чрезмерного размера выборки.

Wilson M.V., Shmida A. (1984). Measuring beta diversity with presence-absence data. *J. Ecol.* Vol. 72. pp. 1055–1064.

Меры бета-разнообразия: Оценка

Число смен сообществ хорошо отражает мера бета-разнообразия Уиттекера, хуже – Уилсона и Шмида (она требует, чтобы альфа-разнообразие на обоих концах градиента было равно среднему альфа-разнообразию всей выборки), ещё хуже – первый и третий варианты меры бета разнообразия Ратледжа (они требуют постоянного видового богатства).

Меры бета-разнообразия Коуди и второй вариант меры Ратледжа не способны уловить смену видов.

Меры бета-разнообразия: Оценка

Аддитивность, то есть способность индекса давать одинаковую величину, независимо оттого, считается ли она по двум крайним сообществам, или по сумме значений вдоль градиента, оказалась полной у меры бета-разнообразия Коуди.

Остальные меры дают ту или иную погрешность до почти 25%.

Меры бета-разнообразия: Оценка

Независимость значений индекса от альфа-разнообразия анализируемых сообществ выражена у всех мер бета-разнообразия, кроме меры Коуди.

Независимость значений индекса от размера выборки выражена у всех рассматриваемых мер бета-разнообразия, кроме второй и третьего вариантов меры Ратледжа.