



УДК 595.789:574.1:57.087.1

Оценка встречаемости и относительного обилия видов в фаунистических исследованиях на примере дневных бабочек Финляндии (Lepidoptera: Hesperioidea, Papilionoidea)

ГОРБАЧ
Вячеслав Васильевич

*Петрозаводский государственный университет,
gorbach@psu.karelia.ru*

СААРИНЕН
Киммо

Институт аллергологии и окружающей среды Южной Карелии, Kimmo.Saarinen@allergia.fi

Ключевые слова:

встречаемость
относительное обилие
10-балльная логарифмическая шкала
дневные бабочки

Аннотация:

Современное фаунистическое исследование помимо составления списка видов предполагает оценку ряда экологических параметров, в частности их встречаемости и обилия. Такие оценки обычно субъективны. Мы предлагаем унифицировать методики, используя 10-балльные логарифмические шкалы. В качестве примера использовали данные учетов дневных бабочек в Финляндии за 1991–2011 годы. Все виды были дифференцированы по встречаемости и относительному обилию. Стохастичность в распределениях можно уменьшить подгонкой эмпирических частот под теоретическую модель.

© 2012 Петрозаводский государственный университет

Получена: 25 июня 2012 года

Опубликована: 25 ноября 2013 года

Введение

Под встречаемостью обычно понимают долю проб от их общего числа, в которых присутствует вид, под относительным обилием – долю особей вида в выборке. Эти показатели призваны дифференцировать виды по их распространенности и численности. В фаунистических работах используют относительное обилие в форме балльных оценок, основанных на субъективных представлениях о статусе того или иного вида – очень редкий, редкий, обычный вид и т. д. Встречаемость описывают, например, как спорадично, локально или широко распространенный вид. Поскольку изучаемые выделы обычно не сопоставимы по величине и интенсивности обследования, а имеющиеся коллекции не отвечают требованию пропорциональности сборов, то структурировать их с использованием количественных мер некорректно. Для данных, собранных по унифицированным методикам, количественные шкалы применимы (Палий, 1965; Зайцев, 1974; Песенко, 1982 и др.), но такие выборки, как правило, невелики: исследования проводят на относительно небольших территориях в течение одного или нескольких сезонов. Реализация национальных программ мониторинга отдельных групп организмов, в частности дневных бабочек (IBMS; NAFI; UKBMS и др.), во многом снимает ограничения подобного рода. Целью данной работы является поиск оптимального способа оценки распространенности и численности организмов.

Традиционные методы исследований

Основу предлагаемого метода составляют два апробированных подхода.

1). Использование 10-балльных шкал для описания встречаемости и обилия видов, в том числе и дневных бабочек (Marttila et al., 1991). Материалом служат коллекции и наблюдения. Принадлежность объектов к классам определяют с помощью словесных характеристик. Положительными сторонами данного подхода является двурядная система оценки статуса видов (встречаемость / обилие) и число градаций, оптимальное для структурирования многовидового населения обширных территориальных выделов. Основной недостаток кроется в отсутствии ясных критериев для определения ширины большинства классовых интервалов.

2). Оценка относительного обилия видов по 5-балльной, ограниченной сверху логарифмической шкале (Песенко, 1982). В этом случае используют количественные показатели, полученные в результате учетов, отбора проб и т. д. Величина классового интервала такой шкалы имеет последовательно увеличивающуюся длину шага, рассчитываемую по правилу геометрической прогрессии со знаменателем $d = N^{1/k}$, где N – объем выборки, k – число классов. Значение верхней границы a -го класса определяется как $N^{a/k}$, где $a = 1, 2 \dots, k$. Величина a -го классового интервала вычисляется по формуле $b_a = N^{a/k} - N^{(a-1)/k}$. Балл, характеризующий объект с n числом наблюдений в выборке объемом N , является целым числом и заключен в промежутке $k \log_N n \leq a \leq (k \log_N n + 1)$. Преимущество данного подхода заключается в наличии формальных критериев для дифференциации видов. Основным ограничением является невозможность получить выборки, адекватно описывающие население обширных территорий.

Оригинальные методы исследований

Реализуемые в ряде стран программы мониторинга позволяют получать необходимую количественную информацию из множества географических точек. Соответственно, появляется возможность изучать структуру населения животных обширной территории, используя логарифмические шкалы (Песенко, 1982). Мы предлагаем применять 10-балльные шкалы и оценивать с их помощью не только обилие, но и встречаемость видов. При этом следует иметь в виду, что имеющиеся базы данных содержат разного рода погрешности. В программах мониторинга участвует множество сменяющих друг друга коллекторов, которые имеют разную квалификацию и не всегда строго придерживаются стандартной методики. Сюда же добавляется неравномерность в размещении учетных площадок и различная периодичность их использования.

По этим причинам смещения оценок встречаемости неизбежны. Например, информации по густонаселенным районам относительно больше, чем по малонаселенным, крупные бабочки относительно чаще попадают в выборку, чем малозаметные, редкие виды привлекают больше внимания, чем обычные и т. д. Увеличение объемов выборок снижает величину ошибок репрезентативности, но не снимает проблемы полностью. Однако стохастичность в балльных оценках встречаемости и обилия вида может проявляться даже при небольших изменениях объема выборок. Уменьшить изменчивость можно, подгоняя размер полученных после шкалирования частотных классов под некие заданные распределения частот. Такие распределения должны иметь более стабильную структуру по сравнению с наблюдаемыми частотами и в идеале представлять одну из известных теоретических моделей (например, равномерное или нормальное). Основным критерий отбора – отсутствие значимых отличий эмпирического распределения от теоретического.

Алгоритм подгонки эмпирического распределения под теоретическое состоял в следующем. По результатам натурного исследования совокупность видов дифференцировали по встречаемости и обилию, используя 10-балльную шкалу. Далее состав групп видов корректировали за счет изменения групповой принадлежности видов, имеющих оценки обилия, близкие к границам классовых интервалов. Например, если первый класс эмпирического распределения (группа видов) включал большее число вариантов (видов), чем должно быть исходя из подобранного распределения, то лишние варианты (виды, имеющие максимальные для данной группы значения исходных показателей) добавляли во второй класс. Если в итоге во втором классе оказывалось меньше видов, чем следует из теоретической модели, то сюда перемещали виды с самой низкой встречаемостью (или обилием) из третьего класса и т. д. Манипуляции проводили до тех пор, пока отличия между эмпирическими и подобранными частотами не обнулялись. В результате удается получить более адекватное описание генеральной совокупности, общей структуры биоразнообразия изучаемой группы.

В качестве примера взяли результаты учетов дневных бабочек в Финляндии (Marttila et al., 1999;

Saarinen et al., 2003). Бабочек учитывали на маршрутах в квадратах 10×10 км в 1991–2011 годах (рис. 1). Использовали метод трансект Полларда, модифицированный для целей мониторинга (Pollard, Yates, 1993). Общее число обследованных квадратов – 2092, число зарегистрированных бабочек – 4325249 (NAFI). Варианты шкал представлены в табл. 1 и 2.

Встречаемость и относительное обилие оценено для всех бабочек, известных с территории Финляндии к настоящему времени (табл. 3).

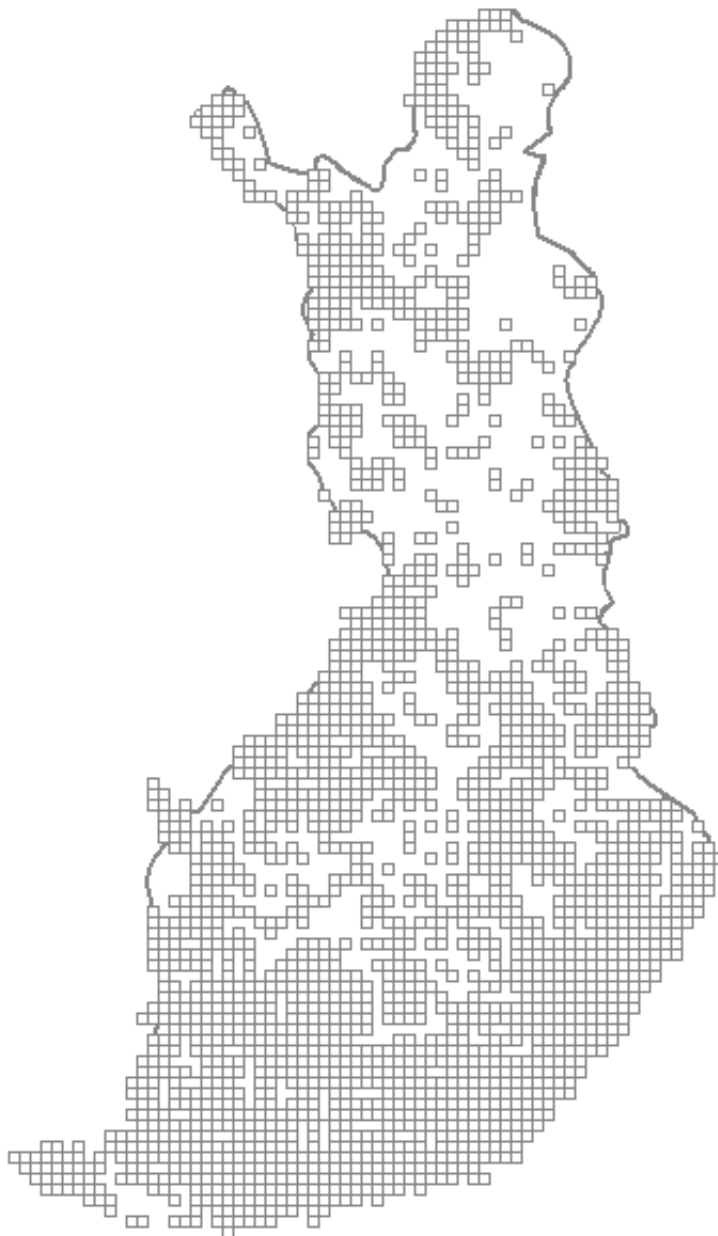


Рис. 1. Сеть квадратов 10×10 км, в которых проводили учеты в 1991–2011 гг. по программе мониторинга бабочек Финляндии (NAFI)

Fig. 1. 10×10 km grid squares in which the butterflies were counted over 1991–2011

Таблица 1. 10-балльная шкала для оценки встречаемости видов

Table 1. 10-point scale for measurement of the species occurrence

| Балл (point), <i>a</i> | Границы классового интервала, квадраты (limits of the class range, squares) | | | | Словесные характеристики (verbal graduation) |
|------------------------------|--|-------------------------------------|--------------|--------------|---|
| | нижняя (lower), $n(a)_{min}$ | верхняя (upper), $n(a)_{max}$ | $N = 2092$ | | |
| | | | $n(a)_{min}$ | $n(a)_{max}$ | |
| 1 | 1 | $N^{0.1}$ | 1 | 2 | Единично ¹ (single) |
| 2 | $N^{0.1+1}$ | $N^{0.2}$ | 3 | 5 | Единично ² (sporadic) |
| 3 | $N^{0.2+1}$ | $N^{0.3}$ | 6 | 10 | Очень локально ¹ (extremely local) |
| 4 | $N^{0.3+1}$ | $N^{0.4}$ | 11 | 21 | Очень локально ² (very local) |
| 5 | $N^{0.4+1}$ | $N^{0.5}$ | 22 | 46 | Локально ¹ (local) |
| 6 | $N^{0.5+1}$ | $N^{0.6}$ | 47 | 98 | Локально ² (limited) |
| 7 | $N^{0.6+1}$ | $N^{0.7}$ | 99 | 211 | Умеренно ¹ (rather limited) |
| 8 | $N^{0.7+1}$ | $N^{0.8}$ | 212 | 453 | Умеренно ² (rather widespread) |
| 9 | $N^{0.8+1}$ | $N^{0.9}$ | 454 | 974 | Широко (widespread) |
| 10 | $N^{0.9+1}$ | N | 975 | 2092 | Повсеместно (very widespread) |

* - число квадратов (10×10 км), в которых вид был встречен хотя бы один раз

Таблица 2. 10-балльная шкала для оценки относительного обилия видов
Table 2. 10-point scale for measurement of the species relative abundance

| Балл (point), <i>a</i> | Границы классового интервала, экз. (limits of the class range, exx.) | | | | Словесные характеристики (verbal graduation) |
|------------------------------|---|-------------------------------------|---------------|--------------|---|
| | нижняя (lower), $n(a)_{min}$ | верхняя (upper), $n(a)_{max}$ | $N = 4325249$ | | |
| | | | $n(a)_{min}$ | $n(a)_{max}$ | |
| 1 | 1 | $N^{0.1}$ | 1 | 5 | Уникальный (unique) |
| 2 | $N^{0.1+1}$ | $N^{0.2}$ | 6 | 21 | Очень редкий ¹ (extremely rare) |
| 3 | $N^{0.2+1}$ | $N^{0.3}$ | 22 | 98 | Очень редкий ² (very rare) |
| 4 | $N^{0.3+1}$ | $N^{0.4}$ | 99 | 451 | Редкий ¹ (rare) |
| 5 | $N^{0.4+1}$ | $N^{0.5}$ | 452 | 2080 | Редкий ² (moderately rare) |
| 6 | $N^{0.5+1}$ | $N^{0.6}$ | 2081 | 9585 | Обычный ¹ (rather common) |
| 7 | $N^{0.6+1}$ | $N^{0.7}$ | 9586 | 44178 | Обычный ² (common) |
| 8 | $N^{0.7+1}$ | $N^{0.8}$ | 44179 | 203615 | Многочисленный ¹ (moderately numerous) |
| 9 | $N^{0.8+1}$ | $N^{0.9}$ | 203616 | 938448 | Многочисленный ² (numerous) |
| 10 | $N^{0.9+1}$ | N | 938449 | 4325249 | Массовый (very abundant) |

* - общее число зарегистрированных особей вида

Таблица 3. Встречаемость и относительное обилие бабочек в Финляндии.

n_{sq} - число квадратов 10×10 км, в которых вид был встречен хотя бы один раз в 1991-2011 гг.; a_{oc} - встречаемость (балл) ; n_i - общее число зарегистрированных на маршрутах особей; a_{ab} - относительное обилие (балл). Виды расположены в порядке возрастания a_{oc} , внутри классовых интервалов - по возрастанию n_i ; в графе a_{oc}/a_{ab} статус ряда видов изменен в соответствии с подобранными распределениями (рис. 2 и 3) переводом в следующий или предыдущий класс по a_{oc} и (или) a_{ab} . Номенклатура дана по каталогу чешуекрылых Финляндии (Checklist...).

Table 3. Species occurrence and relative abundance of the butterflies in Finland.

n_{sq} - number of 10×10 km squares, where each species was recorded at least once in 1991-2011; a_{oc} - occurrence of a species (point) ; n_i - total records of the specimens; a_{ab} - relative abundance of a species (point). The species are classified in order of increasing a_{oc} and inside of each class according to increasing n_i ; the status of some species in column a_{oc}/a_{ab} was changed after the fitting frequency (Figs. 2 & 3) by transfer to the next or previous class a_{oc} or a_{ab} , or both. Nomenclature follows checklist of the Finnish Lepidoptera (Checklist...).

| Вид (species) | n_{sq} | a_{oc} | n_i | a_{ab} | a_{oc}/a_{ab} | Вид (species) | n_{sq} | a_{oc} | n_i | a_{ab} | a_{oc}/a_{ab} |
|------------------------------|----------|----------|-------|----------|-----------------|----------------------------------|----------|----------|--------|----------|-----------------|
| <i>Iphiclides podalirius</i> | 1 | 1 | 1 | 1 | 1/1 | <i>Carterocephalus palaemon</i> | 224 | 8 | 2139 | 6 | 7/6 |
| <i>Pieris callidice</i> | 1 | 1 | 1 | 1 | 1/1 | <i>Boloria freija</i> | 224 | 8 | 4771 | 6 | 7/6 |
| <i>Leptidea reali</i> | 2 | 1 | 2 | 1 | 1/2 | <i>Pieris daplidice</i> | 249 | 8 | 5148 | 6 | 8/6 |
| <i>Boloria improba</i> | 1 | 1 | 324 | 4 | 1/4 | <i>Plebeius ataxerxes</i> | 393 | 8 | 8805 | 6 | 8/6 |
| <i>Scolitantides vicrama</i> | 2 | 1 | 6562 | 6 | 1/6 | <i>Pararge aegeria</i> | 341 | 8 | 9847 | 7 | 8/6 |
| <i>Nymphalis vaualbum</i> | 3 | 2 | 3 | 1 | 2/2 | <i>Coenonympha tullia</i> | 395 | 8 | 9944 | 7 | 8/6 |
| <i>Colias crocea</i> | 4 | 2 | 6 | 2 | 2/3 | <i>Lycaena hippothoe</i> | 437 | 8 | 10439 | 7 | 8/6 |
| <i>Maniola lycaon</i> | 5 | 2 | 6 | 2 | 2/3 | <i>Oeneis jutta</i> | 318 | 8 | 10491 | 7 | 8/6 |
| <i>Pyrgus andromedae</i> | 5 | 2 | 299 | 4 | 2/4 | <i>Argynnis paphia</i> | 313 | 8 | 11934 | 7 | 8/7 |
| <i>Colias tyche</i> | 4 | 2 | 801 | 5 | 2/4 | <i>Euphydryas maturna</i> | 271 | 8 | 12577 | 7 | 8/7 |
| <i>Plebeius glandon</i> | 3 | 2 | 1183 | 5 | 2/5 | <i>Plebeius eumedon</i> | 414 | 8 | 18264 | 7 | 8/7 |
| <i>Limenitis camilla</i> | 7 | 3 | 7 | 2 | 3/3 | <i>Coenonympha pamphilus</i> | 447 | 8 | 19416 | 7 | 8/7 |
| <i>Nymphalis polycoloros</i> | 9 | 3 | 12 | 2 | 3/3 | <i>Coenonympha glycerion</i> | 360 | 8 | 39605 | 7 | 8/7 |
| <i>Glaucopsyche arion</i> | 8 | 3 | 337 | 4 | 3/4 | <i>Papilio machaon</i> | 755 | 9 | 7077 | 6 | 9/6 |
| <i>Boloria napaea</i> | 9 | 3 | 1093 | 5 | 3/5 | <i>Limenitis populi</i> | 488 | 9 | 7824 | 6 | 9/6 |
| <i>Nymphalis xanthomelas</i> | 11 | 4 | 28 | 3 | 3/3 | <i>Pyrgus malvae</i> | 508 | 9 | 9938 | 7 | 9/6 |
| <i>Boloria polaris</i> | 16 | 4 | 488 | 5 | 4/4 | <i>Boloria aquilonaris</i> | 483 | 9 | 12660 | 7 | 9/7 |
| <i>Satynium w-album</i> | 20 | 4 | 626 | 5 | 4/4 | <i>Pieris brassicae</i> | 603 | 9 | 19135 | 7 | 9/7 |
| <i>Oeneis bore</i> | 19 | 4 | 864 | 5 | 4/5 | <i>Boloria eunomia</i> | 500 | 9 | 20226 | 7 | 9/7 |
| <i>Colias hecla</i> | 15 | 4 | 984 | 5 | 4/5 | <i>Carterocephalus silvicola</i> | 695 | 9 | 22664 | 7 | 9/7 |
| <i>Lycaena helle</i> | 21 | 4 | 1035 | 5 | 5/5 | <i>Lycaena phlaeas</i> | 632 | 9 | 22828 | 7 | 9/7 |
| <i>Boloria titania</i> | 13 | 4 | 1248 | 5 | 4/5 | <i>Colias palaeno</i> | 889 | 9 | 23587 | 7 | 9/7 |
| <i>Scolitantides orion</i> | 19 | 4 | 1297 | 5 | 4/5 | <i>Pieris rapae</i> | 551 | 9 | 24020 | 7 | 9/7 |
| <i>Boloria thore</i> | 12 | 4 | 1394 | 5 | 4/5 | <i>Pararge petropolitana</i> | 700 | 9 | 24225 | 7 | 9/7 |
| <i>Cupido minimus</i> | 12 | 4 | 1717 | 5 | 4/5 | <i>Melitaea athalia</i> | 675 | 9 | 30787 | 7 | 9/7 |
| <i>Euphydryas iduna</i> | 15 | 4 | 1821 | 5 | 4/5 | <i>Celastrina argiolus</i> | 841 | 9 | 31001 | 7 | 9/7 |
| <i>Melitaea diamina</i> | 18 | 4 | 2760 | 6 | 4/6 | <i>Plebeius icarus</i> | 714 | 9 | 35136 | 7 | 9/7 |
| <i>Euphydryas aurinia</i> | 17 | 4 | 3268 | 6 | 4/6 | <i>Anthocharis cardamines</i> | 889 | 9 | 39277 | 7 | 9/7 |
| <i>Lycaena dispar</i> | 27 | 5 | 161 | 4 | 5/3 | <i>Plebeius semiargus</i> | 769 | 9 | 39632 | 7 | 9/7 |
| <i>Argynnis laodice</i> | 46 | 5 | 205 | 4 | 5/4 | <i>Vanessa cardui</i> | 855 | 9 | 41503 | 7 | 9/7 |
| <i>Hesperia comma</i> | 33 | 5 | 460 | 5 | 5/4 | <i>Leptidea sinapis</i> | 843 | 9 | 41935 | 7 | 9/7 |
| <i>Pararge achine</i> | 25 | 5 | 789 | 5 | 5/4 | <i>Plebeius optilete</i> | 948 | 9 | 43843 | 7 | 10/7 |
| <i>Oeneis norna</i> | 30 | 5 | 1799 | 5 | 5/5 | <i>Argynnis adippe</i> | 662 | 9 | 45623 | 8 | 9/8 |
| <i>Pamassius apollo</i> | 22 | 5 | 2102 | 6 | 5/5 | <i>Argynnis aglaja</i> | 818 | 9 | 46847 | 8 | 9/8 |
| <i>Erebia polaris</i> | 25 | 5 | 2102 | 6 | 5/5 | <i>Plebeius idas</i> | 796 | 9 | 55846 | 8 | 9/8 |
| <i>Boloria chariclea</i> | 33 | 5 | 2602 | 6 | 5/6 | <i>Plebeius amandus</i> | 822 | 9 | 65526 | 8 | 9/8 |
| <i>Melitaea cinxia</i> | 25 | 5 | 4211 | 6 | 5/6 | <i>Pararge maera</i> | 800 | 9 | 66937 | 8 | 9/8 |
| <i>Pamassius mnemosyne</i> | 34 | 5 | 7009 | 6 | 5/6 | <i>Aporia crataegi</i> | 748 | 9 | 68017 | 8 | 9/8 |
| <i>Colias hyale</i> | 47 | 6 | 256 | 4 | 6/4 | <i>Nymphalis c-album</i> | 878 | 9 | 72280 | 8 | 9/8 |
| <i>Apatura ilia</i> | 52 | 6 | 440 | 4 | 6/4 | <i>Ochlodes sylvanus</i> | 918 | 9 | 85092 | 8 | 9/8 |
| <i>Erebia disa</i> | 52 | 6 | 782 | 5 | 6/4 | <i>Vanessa atalanta</i> | 788 | 9 | 97145 | 8 | 9/8 |
| <i>Cupido argiades</i> | 51 | 6 | 797 | 5 | 6/4 | <i>Brenthis ino</i> | 954 | 9 | 127203 | 8 | 10/8 |
| <i>Glaucopsyche alexis</i> | 85 | 6 | 1265 | 5 | 6/5 | <i>Plebeius argus</i> | 850 | 9 | 128592 | 8 | 9/9 |
| <i>Favonius quercus</i> | 64 | 6 | 1474 | 5 | 6/5 | <i>Erebia ligea</i> | 914 | 9 | 152540 | 8 | 9/9 |
| <i>Maniola jurtina</i> | 59 | 6 | 1792 | 5 | 6/5 | <i>Nymphalis io</i> | 796 | 9 | 221913 | 9 | 9/9 |
| <i>Apatura iris</i> | 98 | 6 | 2122 | 6 | 6/5 | <i>Thymelicus lineola</i> | 921 | 9 | 223396 | 9 | 9/9 |
| <i>Plebeius nicias</i> | 70 | 6 | 3713 | 6 | 6/6 | <i>Nymphalis antiopa</i> | 1014 | 10 | 59948 | 8 | 10/8 |
| <i>Hipparchia semele</i> | 85 | 6 | 5207 | 6 | 6/6 | <i>Boloria euphrosyne</i> | 1085 | 10 | 73379 | 8 | 10/8 |
| <i>Erebia pandrose</i> | 61 | 6 | 7734 | 6 | 6/6 | <i>Boloria selene</i> | 1076 | 10 | 113623 | 8 | 10/8 |
| <i>Pyrgus centaureae</i> | 128 | 7 | 1006 | 5 | 7/5 | <i>Lycaena virgaureae</i> | 991 | 10 | 124634 | 8 | 10/8 |
| <i>Pyrgus alveus</i> | 122 | 7 | 1254 | 5 | 7/5 | <i>Callophrys rubi</i> | 1126 | 10 | 251861 | 9 | 10/9 |
| <i>Thecla betulae</i> | 128 | 7 | 1591 | 5 | 7/5 | <i>Nymphalis uticae</i> | 1166 | 10 | 268344 | 9 | 10/9 |
| <i>Satynium pruni</i> | 140 | 7 | 1976 | 5 | 7/5 | <i>Gonepteryx rhamni</i> | 1068 | 10 | 272522 | 9 | 10/9 |
| <i>Issoria lathonia</i> | 107 | 7 | 2582 | 6 | 7/6 | <i>Aphantopus hyperantus</i> | 1018 | 10 | 469684 | 9 | 10/10 |
| <i>Erebia embla</i> | 205 | 7 | 2632 | 6 | 7/6 | <i>Pieris napi</i> | 1352 | 10 | 470884 | 9 | 10/10 |
| <i>Boloria frigga</i> | 184 | 7 | 3904 | 6 | 7/6 | | | | | | |
| <i>Argynnis niobe</i> | 203 | 7 | 4681 | 6 | 7/6 | | | | | | |
| <i>Araschnia levana</i> | 193 | 7 | 7920 | 6 | 7/6 | | | | | | |

Распределение видов по встречаемости имеет относительно выровненную структуру (рис. 2). Отличия от равномерного распределения ($\chi^2 = 53.99$, $df = 9$, $p < 0.001$) обусловлены, прежде всего, вкладом широко распространенных видов ($a_{oc} = 9$). Уменьшение частоты этой варианты до теоретического уровня устраняет выявленную дифференциацию ($\chi^2 = 9.99$, $df = 9$, $p = 0.351$). Вторая по значимости причина отличий – низкая доля спорадически встречающихся видов ($a_{oc} = 1, 2, 3$). Учет этих особенностей позволил подобрать модель, сводящую к минимуму исходную стохастичность, но при этом сохраняющую общую структуру данных. В результате подгонки эмпирических частот к выбранному распределению частот изменили статус 6 видов (табл. 3). Классу $a_{oc} = 2$ добавлена одна варианта, поскольку на верхней границе интервала оказались два вида с одинаковой встречаемостью (*Maniola lycaon* и *Pyrgus andromedae*).

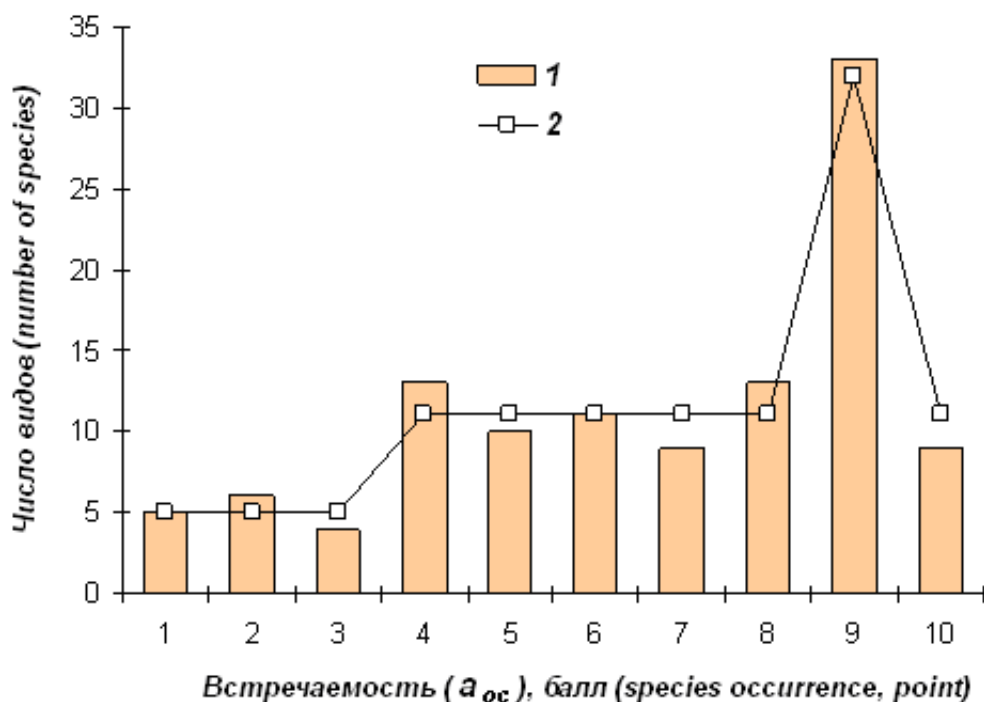


Рис. 2. Распределение видов по встречаемости. 1 - эмпирические частоты; 2 - подобранная модель; отличия незначимы ($\chi^2 = 1.97$, $df = 4$, $p = 0.992$)

Fig. 2. The distribution of species according to the occurrence. 1 - empirical frequency, 2 - selected model; the difference is non-significant ($\chi^2 = 1.97$, $df = 4$, $p = 0.992$)

Дифференциация видов по обилию вполне удовлетворительно описывается нормальным (логнормальным, учитывая имевшее место логарифмическое преобразование исходных значений на этапе шкалирования) распределением частот (рис. 3). После внесения поправок 9 видов получили более высокие балльные оценки, 15 - более низкие, чем изначально было определено используемой шкалой (табл. 3).

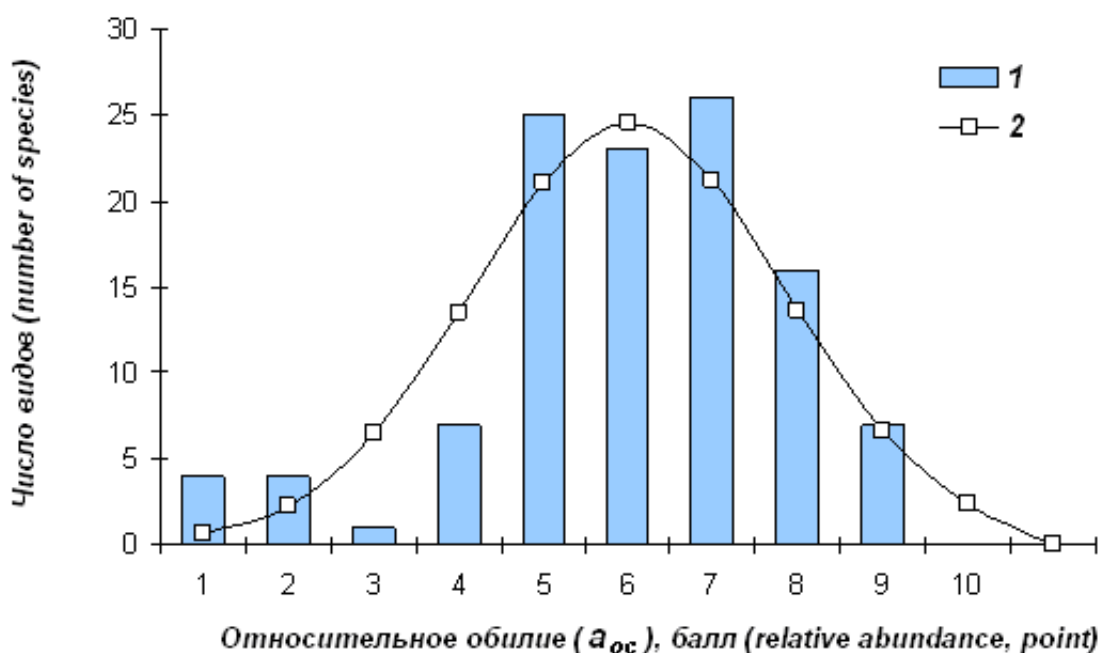


Рис. 3. Распределение видов по относительному обилию. 1 - эмпирические частоты; 2 -

теоретические частоты (нормальное распределение); отличия незначимы ($\chi^2 = 5.89$, $df = 4$, $p = 0.208$)

Fig. 2. The distribution of species according to relative abundance. 1 – empirical frequency, 2 – theoretical frequency (normal distribution); the difference is non-significant ($\chi^2 = 5.89$, $df = 4$, $p = 0.208$)

Обсуждение

В рамках предложенного метода объединены преимущества двух традиционных подходов. Сохранив исходную 10-балльную двурядную систему (встречаемость / обилие), для дифференциации видов мы использовали количественные критерии. Балльные оценки на основе логарифмических шкал позволяют уменьшать диспропорции в массивах исходных данных, неизбежно возникающие вследствие отличий «качества» учетов, наличия «пробелов», ошибок наблюдений и получать обобщенные характеристики видов (табл. 3). Данный метод удобен для описания структуры населения беспозвоночных животных крупных географических объектов, начиная с уровня ландшафта, а баллы обилия могут быть использованы и для описания структуры сообществ.

Подгонка полученных распределений под выбранные модели призвана стабилизировать групповую принадлежность видов. Задача коррекции оценок обилия имеет более простое решение, поскольку закономерности распределения значимостей неплохо изучены (Коросов, 2007). Известно, что большие выборки организмов определенной таксономической группы, обитающих на территории с разнообразными биотопами, дают логнормальное распределение частот (Гиляров, 2007). Анализируемый материал не составляет исключения (рис. 2) и поэтому подгонка эмпирических частот, преследующая цель дать более адекватное описание генеральной совокупности, здесь вполне обоснована. Что касается встречаемости, то закономерности в распределении частот неясны. Вместе с тем это менее вариабельная характеристика, чем обилие. В большинстве беспозвоночные животные ведут оседлый образ жизни, встречаясь из года в год в одних и тех же местах. Процессы расселения даже у таких подвижных насекомых как бабочки, обычно охватывают территории, по площади сопоставимые с исследованными квадратами (Горбач, Кабанен, 2009; Горбач и др., 2010). По этой причине полученные оценки вряд ли нуждаются в существенных поправках. Серьезные ошибки в определении статуса видов здесь могут возникать лишь вследствие использования бинарных значений (вид присутствует или отсутствует в списке из определенной точки). Точность оценок можно повысить введением формальных критериев, позволяющих удалять из базы данных выборки с неполными списками видов.

Рассмотренный пример показывает, что основу фауны дневных бабочек Финляндии составляют широко распространенные виды (Рис. 2), локальных видов немного. Наиболее стабильны группы бабочек с относительным обилием $a_{ab} > 4$ (Рис. 3). Первые три класса слабо дифференцированы: добавление небольшого числа случайных величин может существенно изменять статус объектов. Сопоставление встречаемости и относительного обилия видов выявило в каждой из этих групп две составляющие (табл. 3). Прежде всего, это виды, существенного дрейфа которых не предвидится. Для видов *Boloria improba*, *Scolitantides vicrama*, *Pyrgus andromedae*, *Colias tyche*, *Plebeius glandon*, *Glaucopsyche arion* и *Boloria napaea* на территории Финляндии уже давно обнаружены несколько локальных относительно многочисленных популяций. Все остальные бабочки, за исключением беляночки *Leptidea reali*, являются типичными мигрантами, статус которых может существенно варьировать во времени в зависимости от интенсивности потоков особей с сопредельных территорий (Pöyry et al., 2009). Это наиболее неустойчивый компонент рассматриваемых совокупностей. Например переливница *Apatura ilia*, принадлежащая к числу регулярно встречающихся видов, еще десять лет назад даже не числилась в списках дневных бабочек Финляндии. Беляночка *L. reali*, ранее не отличавшаяся от *L. sinapis*, не столь редка, как следует из имеющихся данных, и в дальнейшем, по-видимому, будет смещать свое расположение на обеих шкалах вправо.

Заключение или выводы

Рассмотренный метод балльных оценок представляет собой один из возможных вариантов дифференциации многовидового населения беспозвоночных животных исследуемой территории. Преимущество перед традиционными описаниями встречаемости и обилия видов в фаунистических работах состоит в формализации критериев для определения статуса видов. Основой служат объективные характеристики, полученные в результате учетов. Балльные оценки подвержены меньшей изменчивости от сезона к сезону, чем исходные количественные показатели, и поэтому больше подходят для описания структуры фауны. Их использование позволят уменьшить диспропорции

Горбач В. В. , Сааринен К. Оценка встречаемости и относительного обилия видов в фаунистических исследованиях на примере дневных бабочек Финляндии (Lepidoptera: Hesperioidea, Papilionoidea) // Принципы экологии. 2012. № 2. С. 45–53.

исходных выборок, неизбежно возникающих при объединении материалов, поступающих в базы данных из многочисленных и не всегда равноценных источников. Как показывает рассмотренный пример с бабочками Финляндии, двурядная схема (встречаемость/обилие) устанавливает ясные критерии для различения среди редких форм локально распространенных оседлых видов и видов-мигрантов. Относительно многочисленные виды с низкой встречаемостью, как правило, наиболее уязвимы и должны рассматриваться в качестве первых кандидатов на включение в списки охраняемых животных.

Библиография

Гиляров А. М. От ниш к нейтральности в биологическом сообществе // Природа. 2007. № 11. С. 29–37.

Горбач В. В., Кабанен Д. Н. Пространственная организованность популяции черного аполлона (*Parnassius mnemosyne*) в условиях Заонежья // Зоол. журн. 2009. Т. 88. № 12. С. 1493–1505.

Горбач В. В., Сааринен К., Резниченко Е. С. К экологии тополевого ленточника *Limenitis populi* (Lepidoptera, Nymphalidae) Восточной Фенноскандии // Зоол. журн. 2010. Т. 89. № 11. С. 1340–1349.

Зайцев Г. Н. Построение шкал балльной оценки // Биометрические методы. М., 1974. С. 30–45. Коросов А. В. Специальные методы биометрии. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2007. 364 с.

Палий В. Ф. Об определении обилия в фаунистических исследованиях // Сборник энтомологических работ. Фрунзе, 1965. С. 112–121.

Песенко Ю. А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. М.: Наука, 1982. 288 с.

Checklist of Finnish Lepidoptera – an updated version: Lasiocampoidea – Geometroidea. URL: <http://www.luomus.fi/elaintiede/hyonteiset/perhoset/5.htm> (дата обращения: 30.05.2012). IBMS – The Irish Butterfly Monitoring Scheme. URL: <http://www.butterflies.biodiversityireland.ie> (дата обращения: 14.05.2012).

Marttila O., Aarnio H., Haahntela T., Ojalainen P. Suomen päiväperhoset. Toinen, täydennetty pianos. Helsinki: Kirjayhtymä, 1991. 362 p.

Marttila O., Saarinen K., Jantunen J. The national butterfly recording scheme in Finland: first seven-year period 1991 – 1997 // Nota Lepid. 1999. Vol. 22. № 1. P. 17–34.

NAFI – Päiväperhosseurantanta. URL: http://www.luomus.fi/nafi/nafi_stat.php (дата обращения: 14.04.2012).

Pollard E., Yates T. J. Monitoring butterflies for ecology and conservation. The British butterfly monitoring scheme. London: Chapman & Hall, 1993. 274 p.

Pöyry J., Luoto M., Heikkinen R. K., Kuussaari M., Saarinen K. Species traits explain recent range shifts of Finnish butterflies // Global Change Biology. 2009. Vol. 15. № 3. P. 732–743.

Saarinen K., Lahti T., Marttila O. Population trends of Finnish butterflies (Lepidoptera: Hesperioidea, Papilionoidea) in 1991–2000 // Biodiv. Conserv. 2003. Vol. 12. № 10. P. 2147–2159.

UKBMS – The United Kingdom Butterfly Monitoring Scheme. URL: <http://www.ukbms.org> (дата обращения: 14.05.2012).

Measuring the species occurrence and relative abundance in faunal studies: a case study of Finnish butterflies (Lepidoptera: Hesperioidea,

Papilionoidea)

GORBACH
Vyacheslav

Petrozavodsk State University, gorbach@psu.karelia.ru

SAARINEN
Kimmo

*South Karelia Allergy and Environment Institute,
Kimmo.Saarinen@allergia.fi*

Keywords:

species occurrence
relative abundance
10-point logarithmic scale
butterflies

Summary:

Any faunal study in addition to the list of species assumes an evaluation of their occurrence and abundance. These estimates are usually subjective. We propose to unify the methods, using 10-point logarithmic scale. As an example, the results of day butterfly counts in Finland (1991-2011) were used. All the species were differentiated according to the occurrence in 10x10 km squares and relative abundance. Stochasticity in the distribution of the empirical frequencies can be reduced by fitting to a theoretical model.