

УДК 574.2:574.3

А. В. Мацюра

Мелитопольский государственный педагогический университет

**ПРОГРАММА SPECIES DIVERSITY AND RICHNESS
И ЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДЛЯ АНАЛИЗА СТРУКТУРЫ
БИОЛОГИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ**

Наведено огляд прикладної екологічної програми, розробленої для аналізу біологічного різноманіття угруповань. Перераховано основні можливості, індекси й галузі застосування програми.

The article is devoted to the usage of special application for the communities' biological diversity estimation. The software main capabilities, indexes and field of application are under consideration.

Введение

По мере усиления антропогенного воздействия на природу, приводящего в конечном итоге к обеднению биологического разнообразия, изучение организации конкретных сообществ, анализ изменения их разнообразия, становятся насущной необходимостью. При этом использование различных показателей, характеризующих тот или иной аспект биоразнообразия, является перспективным методом оценки состояния сообществ при проведении экологического мониторинга и разработке мероприятий по охране природы. Во многих работах для одних и тех же данных исследователи вычисляли разные индексы разнообразия [1; 2]. Показано, что значения многих индексов коррелируют друг с другом, поскольку все известные индексы разнообразия, используемые для оценки структуры сообществ и с целью получения численных значений основных свойств экосистемы, извлекают из биологических коллекций и выборок сходную информацию [3]. Недостаточная теоретическая разработанность индексов разнообразия и методологии их практического применения затрудняла обоснованный выбор показателя для измерения разнообразия экосистем. После объемного обзора различных индексов измерения биоразнообразия [4; 5] началось их масштабное применение для обработки данных экологического мониторинга и оценки сообществ.

© Мацюра А. В., 2005

Вместе с тем, лишь несколько лет назад появились первые специализированные прикладные программы, позволяющие выполнить необходимые расчеты на основании имеющейся базы данных [6; 7] однако построить графическую модель разнообразия и распределения видов, выполнить оценку статистической достоверности применяемых индексов, что в большинстве случаев просто игнорировалось и игнорируется, не представлялось возможным.

Программа Species Diversity and Richness (PISCES Conservation Ltd) была спроектирована как для профессиональных экологов, так и для студентов. Методы, используемые программой, варьируют от общеизвестных (вычисление различных показателей разнообразия и расчет соответствия общим распределениям видов) до недавно разработанных (комплементарные оценки общего числа видов). Все вместе они обеспечивают мощный набор методов исследования, сравнения и анализа структуры сообществ.

Материал и методы исследований

В данной статье рассмотрены основные возможности третьей версии программы. Для сравнительного анализа нами использована более ранняя, вторая версия программы Species Diversity and Richness, программы Bio-Dap (разработчики – Parks Canada & Fundy National Park, 1996) и Biodiversity Pro (разработчики – The Natural History Museum and The Scottish Association for Marine Science, 1997). Перечисленные программные продукты используются в образовательном процессе, при обучении экологическим дисциплинам и в экологических исследованиях для обработки и анализа результатов [8; 9].

Все использованные программы свободно распространяются через интернет-сайты разработчиков. Программы могут быть использованы неограниченное время без регистрации (freeware), а исследуемая программа может быть использована с определенными ограничениями ввода и сохранения данных (limited version).

Основные возможности программы

По сравнению с другими подобными программами, этот программный продукт имеет более дружелюбный интерфейс, гибкую систему графической презентации данных и более полную справочную систему.

Программа претерпела некоторые изменения по сравнению с существовавшей более ранней версией. Значительно перепроектирована система меню, улучшена графика, ввод данных и печать. Изменения коснулись также методов статистического анализа. Были добавлены такие методы:

- самонастраивающиеся методы для оценки 95 % доверительных интервалов всех показателей разнообразия;
- тест рандомизации для статистической оценки разницы показателей между выборками;
- дополнительные индексы разнообразия, включающие индексы Fisher'a, Brillouin'a и Q-статистику;
- аппроксимация и построение графиков геометрического, логарифмического, усеченного логнормального распределения, модели распределения «разломанного стержня» видов в пространстве;
- моделирование данных в соответствии с имеющимся рядом распределений.

С этими дополнениями программа предлагает все аналитические инструменты, удовлетворяющие потребности эколога в анализе разнообразия сообществ.

1. Программа предлагает 10 индексов альфа-разнообразия [10–12]: индекс Shannon–Wiener’a (H'), индекс разнообразия Simpson’a (D), число видов, индекс видового разнообразия Margalef’a (D), индекс равномерности (J), индекс Berger–Parker’a, показатель McIntosh’a, индекс Brillouin’a, альфа-индекс Fisher’a, Q-статистика.

2. После того как выбран метод показателя разнообразия, программа позволяет рассчитать верхний и нижний предел 95 % статистических доверительных интервалов.

3. Программа предлагает два статистических метода сравнения показателей разнообразия: различные показатели разнообразия степени отличаются в оценке сообщества. Так, например, результаты теоретического сравнения трех сообществ (A , D , C) при помощи индекса Шеннона (Shannon, H') и Симпсона (Simpson, D):

– полученные значения индексов для сообщества A , в фигурных скобках – количество особей отмеченных видов: {33, 29, 28, 5, 5}, $H' = 1,3808$, $D = 0,3090$;

– сообщество B : {42, 30, 10, 8, 5, 5}, $H' = 1,4574$, $D = 0,7194$;

– сообщество C : {32, 21, 16, 12, 9, 6, 4}, $H' = 0,6390$, $D = 1,8220$.

Данные результаты свидетельствуют о трудностях сравнения сообществ – значения индексов не коррелируют, то есть $H' (B) > H' (A) > H' (C)$, однако $D (C) > D (B) > D (A)$.

Подобные сообщества получили название несравнимых [13]. Такие несогласованности – неизбежный результат объединения относительного обилия и числа видов одним показателем. Возможности программы для оценки разнообразия предлагают решение этой проблемы, идентифицируя те сообщества, которые совместимы по их относительному разнообразию.

4. Оценки видового богатства. Программа предлагает большое разнообразие методов, в том числе выравнивание Chao.

5. Модели обилия. Программа предлагает несколько моделей представления данных – число видов, ранг обилия, концентрация видов.

6. Модели распределения видов. Программой предлагаются четыре модели – логарифмическое распределение, геометрическое распределение, усеченное логнормальное распределение, модель разломанного стержня.

7. Равномерность распределения J . Эта мера равномерности распределения сравнивает наблюдаемый показатель Шеннона по отношению к распределению индивидуумов между видами, которое максимизировало бы разнообразие [14]. Если H' – индекс Шеннона, то его максимальное значение – $\log(S)$, где S – число видов в сообществе. Поэтому значение равномерности определяется как: $J = H'/\log(S)$. При расчете этого индекса необходимо быть уверенным в том, что сравниваемые сообщества относятся к одному местообитанию и что выполненный учет видов приближается к абсолютному.

8. Программа также предлагает возможность моделирования данных в соответствии с имеющимися шаблонами распределения видов в пространстве.

9. Бета-разнообразие. Бета-разнообразие характеризует изменение разнообразия видов по градиенту среды. Этот показатель измеряет два параметра – число отдельных местообитаний в пределах территории и вытеснение одних видов другими между непересекающимися частями того же местообитания [15; 16]. Программа предлагает шесть показателей бета-разнообразия: индекс Whittaker’a, индекс Cody, индексы Routledge (R , I и E), индекс Wilson и Schmida, который является наилучшим среди подобных [17].

Перспективы использования программы

1. Главная задача разработчиков – совмещение информативности и легкости применения данной программы, что способствует ее широкому применению в настоящее время (как студентами, так и профессиональными экологами за рубежом).
2. На основании нашего опыта по использованию данной программы в исследованиях биоразнообразия и преподавании экологии, мы надеемся, что данный программный продукт приобретет достаточную популярность и будет эффективным математическим инструментом для отечественных экологов.
3. Основная трудность – это английский интерфейс, что в определенной степени сокращает область использования программы. В настоящее время ведется работа над созданием инструкции по применению программы на русском и украинском языках.
4. Для полноценного анализа видового разнообразия и распределения видов в сообществе необходимо построение графиков рангового распределения обилий, которые позволят получить первое представление о модели распределения.
5. В исследованиях, где оценка разнообразия является основной задачей, необходимо оценить соответствие эмпирических распределений основным моделям видового обилия, а результаты подтвердить с помощью критериев согласия, используя графики рангового распределения обилий и сравнивая их с ожидаемым распределением.
6. Главные потенциальные области применения данной программы в экологических исследованиях – охрана природы и мониторинг.

Библиографические ссылки

1. **Песенко Ю. А.** Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. – М.: Наука, 1982. – 287 с.
2. **Snedecor G.** Statistical Methods / G. Snedecor, W. Cochran, D. Cox. – 8-th edition. – The Iowa State University Press, 1989. – 327 p.
3. **Hayek L. C.** Surveying Natural Populations / L. C. Hayek, M. A. Buzas. – New York: Columbia University Press, 1997. – P. 24–34.
4. **Magguran A. E.** Ecological diversity and its measurement. – London: Chapman and Hall, 1988. – P. 36–57.
5. **Krebs C. J.** Ecological methodology. – New York: Harper Collins, 1989. – 255 p.
6. **Davis C. S.** A computer program for non-parametric analysis of incomplete repeated measures for two samples // Computer Methods and Programs in Biomedicine. – 1994. – Vol. 42. – P. 39–52.
7. **David C. S.** A computer program for the regression analysis of ordered categorical repeated measurements / C. S. David, D. B. Hall // Computer Methods and Programs in Biomedicine. – 1995. – Vol. 51. – P. 153–169.
8. **Kempton R. A.** Species diversity // Encyclopedia of Environmetrics. – Chichester: John Wiley & Sons, 2002. – 284 p.
9. **Smith E. P.** Ecological statistics // Encyclopedia of Environmetrics. – Chichester: John Wiley & Sons, 2002. – 278 p.
10. **Taylor L. R.** Bates, Williams, Hutchinson – a variety of diversities // Diversity in insect faunas. 9th symposium of the Royal Entomological Society (ed. L. A. Mound & N. Warloff). – Oxford: Blackwell, 1978. – P. 1–18.
11. **Kempton R. A.** Structure of species abundance and measurement of diversity // Biometrics. – 1979. – Vol. 35. – P. 307–322.
12. **Tothmeresz B.** Comparison of different methods for diversity ordering // Journal of vegetation Science. – 1995. – Vol. 6. – P. 283–290.
13. **Colwell R. K.** Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation / R. K. Colwell, J. A. Coddington // Philosophical Transactions of the Royal Society (Series B). – 1994. – Vol. 345. – P. 101–118.

14. **Mouillot D.** A comparison of species diversity estimators / D. Mouillot, A. Leprêtre // *Researches on Population Ecology*. – 1999. – Vol. 41. – P. 203–215.
15. **Global Biodiversity:** Status of the Earth's Living Resources. World Conservation Monitoring Centre. – London: Chapman & Hall, 1992. – 594 p.
16. **Biodiversity:** Measurement and Estimation / D. Hawksworth (Ed.). – London: Chapman & Hall, 1995. – 178 p.
17. **Wilson M. V.** Measuring beta diversity with presence-absence data / M. V. Wilson, A. Shmida // *J. Ecology*. – 1984. – Vol. 72. – P. 1055–1064.

Надійшла до редколегії 07.10.05.

УДК 597.6+598.1

А. Н. Мисюра, Д. А. Сподарец

Днепропетровский национальный университет

ВЛИЯНИЕ ОТХОДОВ ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА ЭКОЛОГО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ БЕСХВОСТЫХ АМФИБИЙ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ МЕСТ ОБИТАНИЯ

Вплив стічних вод підприємств хімічної промисловості на популяції безхвостих амфібій призводить до зниження їх чисельності, зміни вікової структури, скорочення вікового ряду. Під впливом стічних вод у тварин відбувається зміна морфологічних показників органів, які беруть участь у метаболізмі, що виражається в одних випадках у збільшенні відносної ваги за рахунок інтенсифікації їх діяльності, а в інших – у зниженні відносної ваги органів, що свідчить про відсутність пристосування до поллютантів. Ці зміни виражаються також у зниженні репродуктивного потенціалу ценопопуляцій внаслідок зниження відносної ваги гонад тварин.

The influence of chemical enterprises' sewage on the anurans populations led to the decrease of its number, the change of age structure and reduce of the age row. There was a change of organs' morpho-physiological indexes under the influence of sewage. It is expressed, in one cases, in increase of the relative weight due to intensification of activity, but in other cases in the decrease of organs' relative weight, that testifies to absence of adaptation to pollutants. These changes are expressed also in the decline of reproductive potential of the cenopopulations due to decrease of relative weight of the animals' gonads.

Введение

В Украине и особенно в Днепропетровской, Донецкой и Луганской областях сохранилось крайне мало биогеоценозов, не подвергшихся трансформации под влиянием антропо-техногенных факторов. Влияние отходов различных видов промышленности (металлургической, металлообрабатывающей, горнодобывающей, химической) приводит к изменению ландшафта в местах обитания животных, загрязнению природной среды и, в первую очередь, воды, которая является средой обитания бесхвостых амфибий, токсичными ингредиентами органического и неорганического происхождения.

Только в Днепропетровской и Луганской областях существует по 126 химически опасных объектов, отходы которых в водную и воздушную среду поступают ежегодно в количестве 79917,7 и 79276,6 тонны химически опасных веществ [6]. Все это ведет к снижению видового разнообразия зооценоза, в том числе и земноводных.

Единственным видом из данной группы животных, особи которой смогли в определенной степени адаптироваться к факторам загрязнения среды обитания [5; 7], является озерная лягушка (*Rana ridibunda* Pall., 1771).

© Мисюра А. Н., Сподарец Д. А., 2005