

一个用于区域物种多样性综合评价的指数

王明莉¹, 李振基¹, 陈圣宾^{2*}, 香宝³, 斯琴高娃⁴

(1. 厦门大学生命科学学院, 福建 厦门 361005; 2. 中国科学院生态环境研究中心城市与区域生态国家重点实验室, 北京 100093; 3. 中国环境科学研究院生态环境研究所, 北京 100012; 4. 内蒙古师范大学地理科学学院, 内蒙古 呼和浩特 010022)

摘要: 区域尺度物种多样性评价不仅是生物多样性研究的一个重要内容, 对于保护区的建设也具有指导意义. 选取全国具有代表性的 57 处自然保护区, 构建大尺度陆栖脊椎动物物种多样性数据库, 在物种水平上, 探讨了一个用于区域物种多样性综合评价的 E 指数, 即给予每个类群相同的权重, 由陆栖脊椎动物四大类群综合计算而得. 通过对物种丰富度的变形 P 指数和 E 指数进行比较, 得到以下结论: E 指数与物种丰富度有着极显著的相关性, 二者都能用来评价物种多样性, 但 E 指数比物种丰富度更能无偏颇地评价区域物种多样性, 包含的信息更多, 而 P 指数则会低估两栖类和爬行类物种数量较多的自然保护区的物种多样性, 这种低估对于南方的保护区尤为严重. 因此, 为使区域尺度物种多样性评价更加科学合理, 本文推荐运用 E 指数.

关键词: 陆栖脊椎动物; 物种丰富度; 生物多样性指数

中图分类号: Q 145⁺.2

文献标识码: A

文章编号: 0438-0479(2010)05-0738-05

中国是全球生物多样性特别丰富的 12 个国家之一, 据统计, 中国的生物多样性居世界第 8 位, 北半球第 1 位^[1], 中国的陆栖脊椎动物共有 2 762 种, 约占世界总数(23 380)的 11.81%^[2], 而两栖类、爬行类、鸟类和哺乳类分别占中国陆栖脊椎动物的 11.84%、14.84%、48.37%、24.95%.

生物多样性是地球生命进化的结果, 然而随着社会的急剧发展, 人类赖以生存的地球正遭到前所未有的破坏, 生物多样性更是受到严重威胁, 保护生物多样性成为当今世界关注的热点问题. 而物种多样性是生物多样性的核心概念, 物种多样性研究在整个生物多样性研究中具有非常重要的地位. 典型的物种多样性研究涵盖 3 个方面: 1) 物种水平的生物多样性(一个地区内物种的多样化^[3] 或一个生物门类的物种多样性), 从物种形成与进化及分类学、系统学和生物地理学角度研究物种多样性; 2) 物种的受威胁现状和濒危物种的保护生物学研究^[3]; 3) 生态学研究中的物种多样性, 实质上是指生态群落中的物种多样性, 以及物种多样性在生态系统中的功能. 后两方面或者已发展成为独立学科^[4], 或者覆盖在生物多样性的生态系统功能研究中, 从而区别于第一种含义的物种多样性研究^[3]. 无论如何, 这都充分说明从物种层次上研究多样性是非

常活跃的, 而且综合交叉了从种群到生态系统各个水平的物种多样性问题.

用于评价物种多样性的指数很多, 在区域尺度上, 物种丰富度是最常用的, 主要是指被评价区域内已记录的动植物的物种数, 用于比较物种的多样性^[5]. 但是问题在于, 不同分类群物种丰富度不能进行简单相加, 如上所述, 鸟类相当丰富, 而两栖动物种类相对少得多, 简单相加会忽略了两栖动物在区域物种组成上的贡献, 所以发展一个综合指标是非常必要的.

本文介绍一个新的评价指数即自然保护区的生物多样性综合指数 E , 用于进行区域物种多样性综合评估, 旨在消除物种特别丰富的类群产生的影响^[6,7], 从而对区域物种多样性给予更加准确的判断.

1 材料与方法

以“动物”和“区系”等为关键词, 通过对万方、维普和 CNKI 等中文文献数据库的检索, 再加上可以获得的自然保护区的科考报告集, 收集了中国 57 个自然保护区的陆栖脊椎动物丰富度资料, 包括了几乎所有重要的陆地生态系统类型(图 1). 每个地区都有确切的调查面积、经纬度数据以及物种名录, 然后将所有得到的数据进行整理, 物种名录中存在的物种记为“1”, 没有的物种记为“0”, 从而得到本文的基础数据库. 种以下单位亚种和变型的数据并不是每个自然保护区名录都有提供, 因此为统一起见, 确定最低的分类

收稿日期: 2010-03-09

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2006BAC08B04)

* 通讯作者: chainpin@yahoo.com.cn

单位为种, 将亚种和变型合并到种一级, 并依据权威文献进行重新编目, 两栖动物数据录入依据中国动物志^[8-9], 爬行动物数据录入依据参考文献[10-12], 鸟类数据录入依据参考文献[13], 哺乳动物数据录入依据参考文献[14-15].

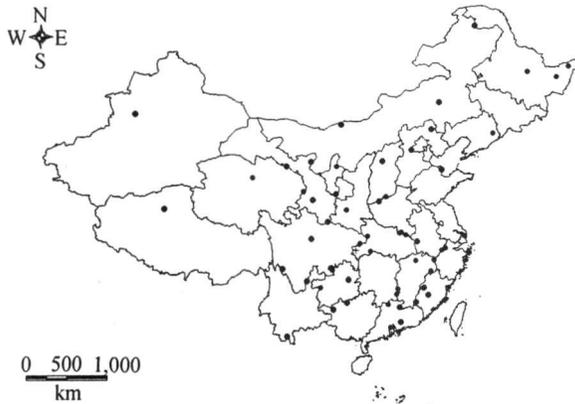


图1 本研究中自然保护区的分布

Fig. 1 Distribution of nature reserves in this study

2 数据分析方法

2.1 物种多样性指数

在搜集这些自然保护区科学考察报告的基础上, 统计陆地类型自然保护区脊椎动物的详细物种组成和数量, 每个物种在各个保护区的分布信息均以“1”、“0”编码, 分别代表存在与否, 从而构建物种多样性数据库。根据整理的自然保护区分布数据库中各保护区的地理位置(中心点经纬度), 建立自然保护区数字化分布图, 自然保护区分布图在地理信息系统(GIS)软件的分 DIVA-GIS 5.4 中实现。

2.2 统计方法

先检查数据的正态性, 再采用 Pearson 相关计算陆栖脊椎动物的各指数与经纬度之间的相关性。

本文将脊椎动物的 P 指数和 E 指数对各个类群 P 指数进行回归, 考察 E 指数和 P 指数之间的关系。在回归分析中以校正后的模型拟合优度(adjusted R^2)为依据。

在排序数据分析中, 先根据 P 指数排得到相应的排序 NP, 然后根据 E 指数排得到相应的排序 NE, 用 NP 减去 NE, 计算出排位的差值。

由于脊椎动物各个物种类群间物种数目差异很大, 如保护区内的鸟类一般在 100 种以上, 而两栖类一般在 35 种以下。如果将各个类群的物种数目进行简单

加和会低估两栖动物和爬行动物的重要性。因此本文给予每个类群相同的权重, 先计算每一自然保护区各个动物类群占全国此类群物种总数的比例, 然后再计算各个类群比例的平均值。这样, 可以在一定程度上消除物种特别丰富的类群影响, 形成一个单一的 E 指数来评价保护区的物种多样性:

$$\text{Index}(E) = 100 \times \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{G_{i(e)}}{G_{i(t)}} \quad (1)$$

其中 $G_{i(e)}$ 是保护区内类群 i 的物种数目, $G_{i(t)}$ 是在中国分布的类群 i 的物种总数, n 是保护区内的类群数目, 本文中 $n=4$ 。

而一般在进行区域物种多样性评价的做法是, 先将各个类群的物种数相加, 然后计算总的物种数占全国的比例:

$$\text{Index}(P) = 100 \times \frac{\sum_{i=1}^n G_{i(e)}}{\sum_{i=1}^n G_{i(t)}} \quad (2)$$

其中的变量与上式相同。当 $n=1$ 时, (1)、(2) 两式等同。

3 结果

3.1 E 指数和 P 指数之间的关系

将脊椎动物的 E 指数和 P 指数对各个类群的 P 指数进行回归(表 1)。各脊椎动物的 E 指数对各脊椎动物类群 P 指数的回归系数的方差 0.104, 小于脊椎动物的 P 指数对各类群的 P 指数的回归系数的方差 0.187, 说明 E 指数比单纯用丰富度来评估物种多样性性能更准确地代表各个类群的物种丰富度, 因此更加稳定, 波动小; 同理, 前者的变异系数为 15.7%, 明显比后者的变异系数 32.9% 小, 进一步证明 E 指数在物种多样性综合评价中的准确性。虽然 E 指数与脊椎动物 P 指数之间有极其显著的相关性, 但回归直线偏离 $y=x$, 说明 E 指数不仅仅包含 P 指数的内容, 还包括了更多的多样性信息(图 2)。

3.2 E 指数和 P 指数的空间变化

在空间分布上, E 指数和脊椎动物 P 指数随着纬度的升高而逐渐降低, 而与经度呈钟形关系, 即在中等经度最高(图 3)。说明 E 指数和 P 指数在空间上的差异主要是纬度方面引起的。

3.3 E 指数和 P 指数间差异的空间变化

同样的 P 指数和脊椎动物 E 指数之差在空间位

表 1 脊椎动物的 P 指数和 E 指数对各个类群 P 指数的回归斜率与回归系数

Tab. 1 Slope and adjusted regression coefficient (R^2_{adj}) of P index of each vertebrate taxon to P index and E index of vertebrate

动物类群	脊椎动物 P 指数		脊椎动物 E 指数	
	斜率	回归系数 (R^2_{adj})	斜率	回归系数 (R^2_{adj})
鸟类 P 指数	1.347	0.850***	1.217	0.563***
两栖类 P 指数	0.553	0.458***	0.771	0.744***
爬行类 P 指数	0.983	0.483***	1.348	0.760***
哺乳类 P 指数	0.553	0.488***	0.665	0.583***
平均值	0.859 ^a	0.570 ^A	1.000 ^a	0.662 ^A
方差	0.383	0.187	0.333	0.104
变异系数(%)	44.6	32.9	33.3	15.7

注：“***”表示差异极显著($p < 0.001$),“a”和“A”分别表示斜率间和回归系数间差异不显著。

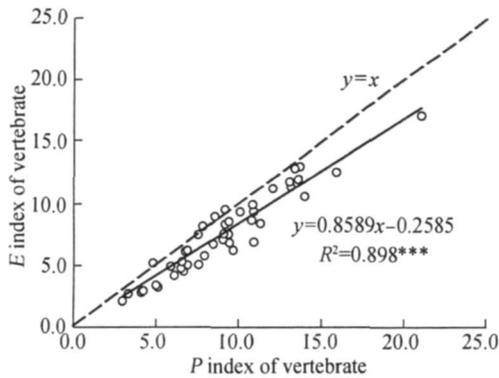


图 2 脊椎动物 E 指数与 P 指数之间的关系
*** : 差异极显著($p < 0.001$)

Fig. 2 Relationship between E index and P index of vertebrate

置上的变化呈现不同的趋势,在经度方向上无明显变化,而纬度方向上随着纬度升高而有所增高(图4),由图3可知,E指数和P指数在空间纬度的分布上随着纬度增加有下降趋势,但是E指数的降低更明显,而引起这种差异的因素就是空间位置纬度的变化(图4),即随着纬度的升高,P指数与E指数间的差异是逐渐增大的。

3.4 E 指数和 P 指数对区域物种多样性评价结果的影响

通过 E 指数和 P 指数对选取的保护区进行物种多样性的排序,得到的结果有很大的不同(图5),有些

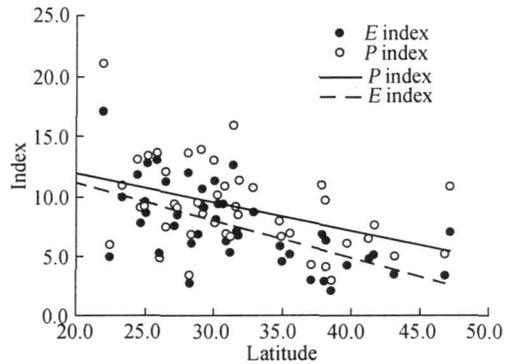
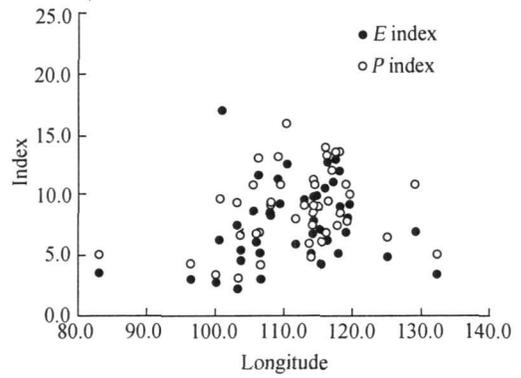


图 3 E 指数和 P 指数在空间上的分布趋势

Fig. 3 The spatial distribution trend of E & P indexes

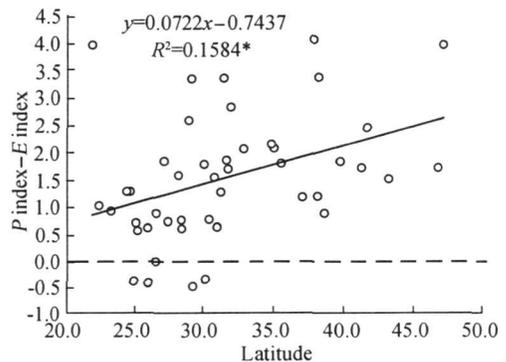
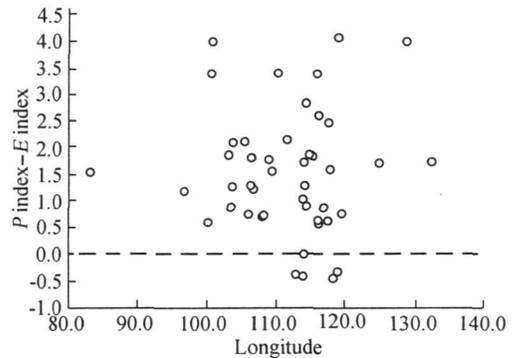


图 4 E 指数和 P 指数之差在空间位置上的分布趋势
* : 差异显著($p < 0.05$)

Fig. 4 The spatial distribution trend of the differences of E & P indexes

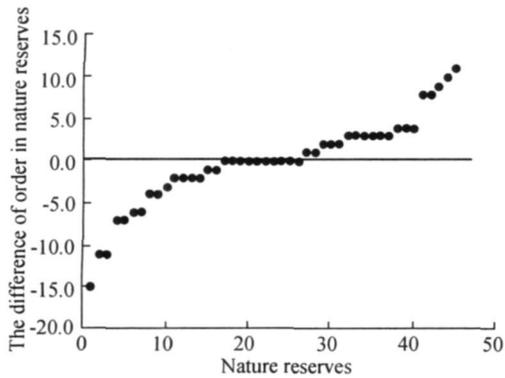


图 5 自然保护区排序的改变

Fig. 5 The change of order in nature reserves

保护区排名竟有 15 的差值。排序有变化的保护区主要集中在南方地区,可见 P 指数会低估南方保护区的物种多样性,而 E 指数则会降低这种低估,从而评价更为准确。

4 讨论

在生物多样性研究和保护中,如何对生物多样性进行客观、合理和全面地评价是有效保护生物多样性、合理利用资源及其环境、保证可持续发展的关键,也是制定保护决策与保护技术方法的科学依据,因此怎样评估生物多样性成为生物多样性保护研究的基础课题^[16]。本文介绍的 E 指数,在全面综合评估物种多样性方面具有优势。从分析结果看, E 指数和物种丰富度的相关性很高,所以, E 指数用于评价物种多样性是合适的,并且, E 指数能够尽量消除仅用物种丰富度评价而忽略两栖类、爬行类等数量少的类群的误差,将所有类群的信息包括其中,使得结果更可靠。

如果物种调查不全面,假设只有鸟类和爬行类的数据,那么,根据以上相关性的结果分析,用爬行类的 E 指数来估计更准确。这就使得计算评价方法变得更易操作,因为爬行类的数目少,即用少量的数据就能得到物种多样性的参考值,可以减少许多不必要的时间和精力的浪费。

利用物种丰富度和 E 指数对选取的保护区进行评估结果的排序,得到的结果并非完全相同。其差值越大的保护区,两栖类、爬行类等类群的数量越大,也就是说,当保护区小类群物种数量越少,这种低估就越不明显,而当小类群物种数量相对较多时,利用丰富度做出的评估就将其低估得很多,于是有很大的误差。而由

于南方的保护区两栖类和爬行类等类群所占比例比较大,所以这种低估对于南方的保护区显得更为严重,而此时利用 E 指数进行评估是最合乎真实的,评价更为科学合理。

参考文献:

- [1] Susan B, Gloria D, Susan C, et al. Conservation biological diversity: A strategy for protected areas in the Asia Pacific region[C]. Washington, D C: The World Bank, 1992: 5-56.
- [2] 国家环保总局. 中国生物多样性国情研究报告[R]. 北京: 中国环境出版社, 1997.
- [3] 马克平, 钱迎倩, 王晨. 生物多样性研究的现状与发展趋势[M]//中国科学院生物多样性委员会. 生物多样性研究的原理与方法. 北京: 中国科学技术出版社, 1994: 1-12.
- [4] 蒋志刚, 马克平, 韩兴国. 保护生物学[M]. 杭州: 浙江科学技术出版社, 1997: 1-263.
- [5] 万本太, 徐海根, 丁晖, 等. 生物多样性综合评价方法研究[J]. 生物多样性, 2007, 15: 97-106.
- [6] Sisk T D, Launer A E, Switky K R, et al. Identifying extinction threats[J]. Bioscience, 1994, 44: 592-604.
- [7] Luck G W, Ricketts T H, Daily G C, et al. Alleviating spatial conflict between people and biodiversity[J]. Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America, 2004, 101: 182-186.
- [8] 中国动物志编辑委员会. 中国动物志·两栖类(第一册)[M]. 北京: 科学出版社, 2006.
- [9] 中国动物志编辑委员会. 中国动物志·两栖类(第二册)[M]. 北京: 科学出版社, 2009.
- [10] 中国动物志编辑委员会. 中国动物志·爬行类(第二册)[M]. 北京: 科学出版社, 1999.
- [11] 中国动物志编辑委员会. 中国动物志·爬行类(第一册)[M]. 北京: 科学出版社, 1998.
- [12] 中国动物志编辑委员会. 中国动物志·爬行类(第三册)[M]. 北京: 科学出版社, 1998.
- [13] 郑作新. 中国鸟类种和亚种分类名录大全[M]. 修改版. 北京: 科学出版社, 2002.
- [14] 中国动物志编辑委员会, 高耀亭. 中国动物志·哺乳类(第八册)[M]. 北京: 科学出版社, 1987.
- [15] 中国动物志编辑委员会, 罗泽. 中国动物志·哺乳类(第八册)[M]. 北京: 科学出版社, 2000.
- [16] 杨宇明, 王娟, 田昆, 等. 中国生物多样性保护与研究进展 VI[M]. 北京: 气象出版社, 2005.

An Index for Comprehensive Assessment of Species Diversity at Regional Scales

WANG Ming-li¹, LI Zhen-ji¹, CHEN Sheng-bin^{2*},
XIANG Bao³, SIQIN Gao-wa⁴

(1. School of Life Sciences, Xiamen University, Xiamen 361005, China; 2. State Key Laboratory of Urban and Regional Ecology, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093, China;
3. Institute of Ecology, Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China;
4. College of Geographical Science, Inner Mongolia Normal University, Hohhot 010022, China)

Abstract: In the recent years, assessment of species diversity at regional scale not only is a crucial part of biodiversity research, but also has important implications for biodiversity conservation in nature reserves. This paper built firstly species diversity databases of terrestrial vertebrates for 57 typical nature reserves across China and then, evaluated an index E used in comprehensive assessment of species diversity at regional scale, which treated all the vertebrate taxa the same. From the account of 4 main taxa of terrestrial vertebrates, it compared index P , the modified form of species richness, with index E . The results showed that, index E had significantly positive relationship with index P (i. e. species richness). Both index E and index P can be used to assess the regional species diversity, however, index E can accurately assess the data and provide more information than index P , which incompletely assessed the diversity of natural reservation areas with more reptiles and amphibians in southern natural reserves. Therefore, it has been recommend that the use of index E in the assessment of species diversity in nature reserves other than species richness.

Key words: terrestrial vertebrates; species richness; biodiversity index