

两个新的群落多样性指数*

TWO NEW BIODIVERSITY INDICES

丁兰平

(中国科学院海洋研究所 青岛 266071)

群落多样性是生物群落的重要生态学特征,反映群落自身及其与环境之间的相互关系^[8]。目前已经成为生态学研究领域中一个极为活跃的领域^[1]。关于群落多样性的概念和衡量方法马克平 1993 年、1994 年, Briggs J. C. 1994 年, Bickman M. 1968 年已有评述。但过去各种衡量方法采用的多样性指数只注重样方大小和物种丰富度,忽视了物种在分类学上存在的多样性差异,而本文介绍的两个应用于海洋底栖生态学研究的新指数^[6],包含了这方面的信息,并同其他几个常用的多样性指数进行了比较。

1 过去常用的几个指数及其存在的问题

据马克平 1994 年报道,常用于底栖生态学研究
的多样性指数包括 Shannon-Weaner 指数^[5]、Pielous

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第 3415 号:
本文承蒙毕洪生先生提供材料并给予帮助,在此谨
表谢意。

收稿日期:1998-02-26;修回日期:1998-05-08

均匀度指数、物种丰富度指数等。

$$H_1 = -\sum (N_i/N) \ln(N_i/N),$$

(Shannon-Weaver 指数)

$$J = H_1/\ln s, \quad (\text{Pielous 均匀度指数})$$

$$D = (s-1)/\ln s, \quad (\text{物种丰富度指数})$$

以上这些指数主要考虑了样方物种的丰富度及物种数。公平地说,应用这些指数,对研究生物多样性起到了很大的促进作用,但如果仅以物种丰富度及物种数来评价多样性,而忽视其他反映生物间、生物与环境间的相互作用,那么得出的结论显然是很不合理的。在实际工作中的一些现象也能说明这个问题。例如:在胶州湾的菲律宾蛤仔分布区中,物种数往往同其他没有蛤仔分布的区域相差无几,有时甚至会高。其主要由象丝异须虫、背蚓虫等小型底泥食性的种类组成。如果单以上述几种指数为指标,则很容易得出这样的结论:在蛤仔分布区,由于经常受底栖生物拖网的影响,其多样性较正常水平高,而实际上物种通常分布于较为集中的几个科中^[2]。

2 两个新指数及其特点

如上所述,研究群落或者群落样方的多样性,应该考虑物种个体数量和分类学信息。Gray J. S. 等 1994 年, Pielou E. C. 1966 年、1974 年报道,在测量多样性时已经较全面地考虑了物种个体数量,常见的几种多样性指数也都是以个体数量作为基本的研究对象,但多样性并不仅仅只是对物种数量的反映,它也应该同时反映群落物种在分类学上存在的差异性。

针对这类问题,应用分类学多样性指数 Δ 及分类学差异性指数 Δ^* ^[6] 则可以较好地解决它们: Δ 为分类学多样性指数,与物种多样性指数 H_1 具有一致性,而且包含有纯分类学成分; Δ^* 则纯粹为分类学差异性指数,与物种多样性指数 H_1 没有联系。令 x_i 代表第 i 种的丰富度 ($i=1, \dots, s$), w_{ij} 代表在等级分类学中联系到第 i 和第 j 个种的差异系数,那么分类学多样性可以简单地认为是成对个体之间的平均差异系数:

$$\Delta = [\sum_{i < j} w_{ij} x_i x_j + \sum_i 0 \times x_i(x_i - 1)/2] / [\sum_{i < j} x_i x_j + \sum_i x_i(x_i - 1)/2] \quad (1)$$

其中分子第二项强调同种个体差异系数为 0,而分类学差异性指数 Δ^* 则为:当系统树有最小结构时, Δ 与同属所有物种差异系数之比。很明显, Δ^* 的值也即是平均差异系数,但忽略了同种个体之间的差异系数(分子与分母一样),即:

$$\Delta^* = (\sum_{i < j} w_{ij} x_i x_j) / (\sum_{i < j} x_i x_j) = (\sum w_k f_k) / \sum f_k$$

(2)

在后一形式中,其总数超过 $k=1, \dots, K$, K 为等级分类级数, $\{f_k\}$ 为与等级水平相联系的所有成对物种数量乘积的和, $\{w_k\}$ 对应于它们的等级分类级数(种、属、科、目、纲、门)。且可定义 W 为整数性的线性尺度,即 $W_1=1$ (同属内的物种), $W_2=2$ (同科不同属的物种), $W_3=3$ (同目不同科的物种), $\dots$, $W_6=6$ (不同门类的物种)。这个简单的定义表明具有相同物种数的两样方的分布丰度,与用标准多样性指数^[5]计算的相一致。从公式(2)中可以看出,与 Δ 不同, Δ^* 是独立尺度,可以直接应用于数据处理。同时, Δ^* 不要求统计物种数量,只有生物量就能用于多样性分析,当然也能分析由环境变化而引起的物种数量的改变。作为一个按公式(1)和(2)计算的简单例子,可假设图1的数据包含一个完整的样方,即在 $x_1=4, x_2=3, x_3=2, x_4=1, x_5=5$ 的丰度下有 $s=5$ 个物种,那么,用系数 $W_0=0, W_1=1, W_2=2$, 则所有成对个体间的差异系数和为:

$$1 \times (x_2 x_3 + x_2 x_4 + x_3 x_4) + 2 \times (x_1 x_2 + x_1 x_3 + x_1 x_4 + x_1 x_5 + x_2 x_5 + \dots + x_4 x_5) = 159 \quad (3)$$

不同物种的所有成对个体差异系数和为:

$$x_1 x_2 + x_1 x_3 + x_1 x_4 + x_1 x_5 + x_2 x_3 + \dots + x_4 x_5 = 85 \quad (4)$$

同物种所有成对个体差异系数和为:

$$x_1(x_1-1)/2 + x_2(x_2-1)/2 + \dots + x_5(x_5-1)/2 = 20 \quad (5)$$

分类学多样性为平均差异系数: $\Delta = 159/(85+20) = 1.54$, 而分类学差异性也为平均差异系数,但忽略了公式(5)中的种内差异系数,即 $\Delta^* = 159/85 = 1.87$ 。

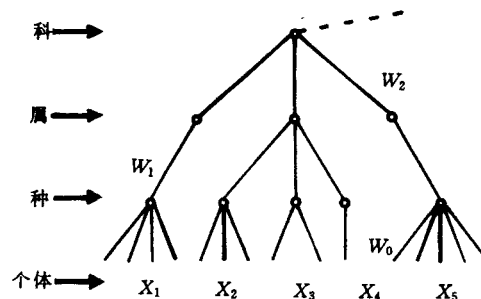


图1 系统树中样方物种差异性

3 两个新指数与常用指数在实际应用中的比较

在小尺度的特殊变动事例中, Δ 和 Δ^* 的结果在直觉判断上明显与各自的分类学多样性及纯分类学差异性相一致, 同时, 它对检验依赖于样方大小的两个指数的平均值程度也很重要。在图2中, 样方记录了法国 Morlaix 海湾157种大型底栖生物^[4]。从图中可以看出, Δ 和 Δ^* 的平均值完全独立于个体数量, 而物种丰富度和均匀度指数对样方大小有很强的依赖性, H_1 对之依赖性次之。

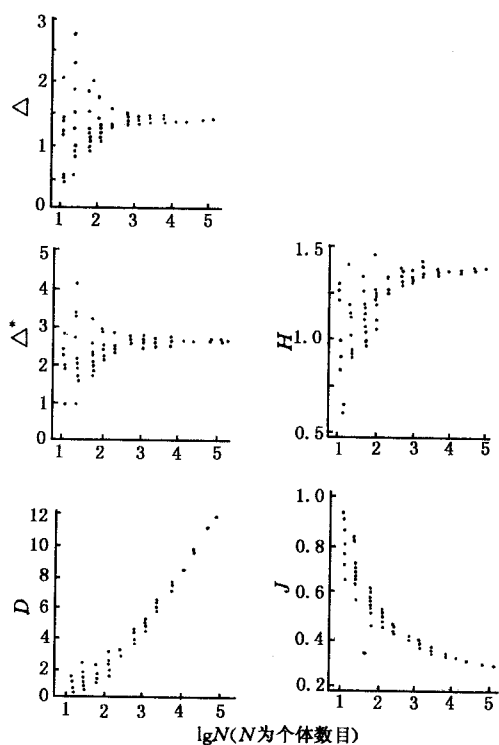


图2 几种多样性指数对法国 Morlaix 海湾大型底栖生物的分析结果

R. M. Warwick 等1991年报道, 应用几个多样性指数处理了北海 Ekofisk 油田周围大型底栖生物的观测数据(见图3)。该地区自然环境条件和群落成分非常一致且人为干扰少。海底沉积物软泥层的污染程度与距钻探中心的位置密切相关。通过分类学多样性和分类学差异性的计算, 反映出污染程度与生物物种具有相关性。距污染中心越近, 分类学多样性及差异性

越小, 反之, 它们则连续增加, 但 Δ^* 的曲线比 Δ 的更陡。超过钻探中心150 m 的样方, H_1 , D 和 J 的曲线比较平滑。该图例也表明, 距钻探活动中心约3 km 之间, 群落成分发生较大的变化, 但物种多样性、丰富度和均匀度仅在距中心很近时才受影响。然而, 分类学差异性随离中心的距离增加连续直线上升, 这一距离可达几千米。分类学多样性, 包括物种多样性和分类学差异性成分, 也持续增加, 但曲线不是很陡。

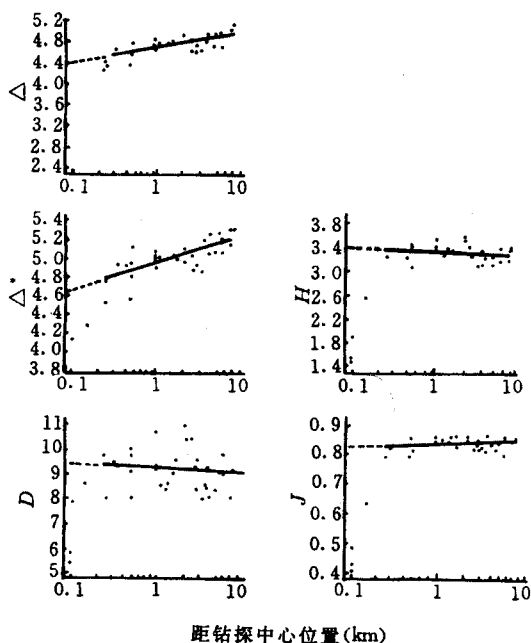


图3 几种多样性指数对北海 Ekofisk 油田大型底栖生物的分析结果

4 结语

通过以上方程式及实例的分析, 能清楚地看到 Δ 和 Δ^* 与其他几个多样性指数的不同之处。 Δ 和 Δ^* 的优点在于它们在继承了其他几个群落多样性指数涉及的信息的同时, 又考虑到了等级分类学, 这使生物多样性研究工作向前迈进了一步。同时也表明, Δ 和 Δ^* 在应用过程中比过去常用的几个多样性指数更灵敏。

当然, 把分类学等级作为1~6个线性尺度应用到这两个指数中有些武断, 然而与大多数(如果不是全部)多样性指数相比, Δ 和 Δ^* 是相对尺度, 因此在比较研究中其效果比其他指数强。

显然,没有一个群落多样性指数能包容所有影响因素,这或多或少影响到人们对多样性的全面认识,但有理由相信 Δ 比 H_1 更接近于这样的指数,在实际工作中,特别是在监测环境污染方面,不失为一个好的监测方程式。

参考文献

- 1 马克平、钱迎倩。生物多样性研究的原理和方法。北京:中国科学技术出版社,1994。1~12
- 2 毕洪生、冯 卫。海洋科学,1997,6:58~62
- 3 阎 铁等译,J. S. 格雷著。海洋沉积物生态学——底栖生物群落结构与功能导论。北京:海洋出版社,1987。57~113
- 4 Dauvin, J. C. . Dynamique D'ecosystemes Macrobenthiques des Fondes sedimentaires de la Baie de Morlaix et Leur Perturbation par les Hydrocarbures de l'Amoco Cadiz. Univ. Pierre et Marie Curie, Paris, 1984, 1~
- 5 Pielou, E. C. . Ecological Diversity. New York, Wiley: 1974, 1~
- 6 Warwick, R. M. , Clarke, K. R. . *Mar. Ecol. Prog. Ser.* , 1995, 129:301~305