

# 生物多样性评价软件 BiodiversityMapping 的设计与实现

赵海军 纪力强\*

(中国科学院动物研究所, 北京 100080)

**摘要:** 针对目前国内生物多样性相关软件缺乏的情况, 利用可视化开发方法和地理信息系统组件包 Shape Viewer Objects 开发了一个综合性的生物多样性评价软件 BiodiversityMapping。该软件运行于 Windows98/NT 操作系统下, 是一个 32 位 Windows 应用软件, 可以计算 8 类 37 种  $\alpha$ 、 $\beta$  生物多样性测度并能利用地理信息系统技术将结果空间化表达。利用该软件计算了北京东灵山地区 3 个研究区域(小龙门、梨园岭和东灵山主峰)内 11 个生境中大步甲属(*Carabus*)昆虫的 Shannon-Wiener 多样性指数并制图, 然后对这 3 个地区进行了右尾和排序。结果表明, BiodiversityMapping 软件能够准确方便地计算多种生物多样性测度, 是生物多样性评价的一个有力工具。

**关键词:** 生物多样性评价, BiodiversityMapping, 测度, 地理信息系统

中图分类号: Q16

文献标识码: A

文章编号: 1005-0094(2004)05-0541-05

## Design and implementation of BiodiversityMapping, a biodiversity assessment software

ZHAO Hai-Jun, JI Li-Qiang\*

*Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080*

**Abstract:** BiodiversityMapping is an integrative biodiversity assessment software. Different from other general or professional biodiversity software, this package combines the calculation of various diversity measures with geographic information system (GIS). The main techniques involved in this package are the visual programming method and component development. These two techniques are widely used in rapid application development, especially in GIS projects. Shape View Objects, a free Delphi-based GIS component package designed by Ecological Software Solutions, is the key to the combination. BiodiversityMapping was developed with visualized software development tools and can work under Windows 98/NT operating systems. It has a user-friendly interface and a size of about 6 MB. Thirty-seven measurements of  $\alpha$  and  $\beta$  diversity, which can be plotted on a GIS map, are included in the package. With BiodiversityMapping, we calculated and plotted Shannon-Wiener indices of *Carabus* insects collected from 11 habitat types of Xiaolongmen, Liyuanling and the top of Dongling Mountain, Beijing. Right-tailed Sum Diversity Ordering on these sites was also deployed. These calculations give graphical explanations for the species diversity of Dongling Mountain in an intuitive way. The computer aided analysis on Dongling Mountain shows that BiodiversityMapping, which can calculate many diversity measures easily and accurately, is a powerful tool for biodiversity assessment.

**Key words:** biodiversity assessment, BiodiversityMapping, measure, GIS

计算机软件在生物多样性评价尤其是生物多样性基本测度的计算中已得到越来越多的应用。统计学软件如 SPSS、Statistica、SAS 和 S-PLUS 等, 数值计算软件如 Matlab 和 Mathematica 等由于功能全面而

被生物多样性评价工作者广泛使用。同时, 一些专门的生物多样性评价软件, 由于专业性强和使用方法相对简单而受到欢迎。常用的如 PC-Ord、Primer 5.0、Community Analysis Package (CAP) 1.4、Species

Diversity and Richness( SDR ) 3.0、Biodiversity Pro 2.0 和 Cornell Ecological Program( CEP )等 ,可以实现多种测度方法的计算 ,如生物多样性指数、群落分类和多元分析等。这些软件对于生物多样性评价工作帮助很大。

由于生物多样性信息和地理信息的相关性 ,生物多样性软件中越来越多地使用了地理信息技术。一些生物学软件 ,如 VTAB Ecosystem Report、Diva-GIS、DMap 和 WorldMap IV 等 ,除了可以计算生物多样性的测度外 ,还包含了基本的地理信息系统功能 ,可以将评价结果用地图的方式表达。它们表达了一个简单思想 ,将生物多样性测度的计算结果制成地图以形成对生物多样性的直观评价和解释。

国内目前还缺少相应的生物多样性软件 ,很多成果是一些零散的算法和算法集 ,缺少成熟的软件( 张峰和张金屯 ,2000 )。齐心( <http://quarantine.entomol.nchu.edu.tw/Ecology/products.htm> )编写了可以计算 7 种生物多样性指数的 Diversity Indices 软件 ,Zhang 和 Schoenly( 1999 )编写了群落丰富度估计软件 EXTSPPI 和 EXTSPPII ,Zhang 等( 2002 )编写了用于  $\alpha$  生物多样性指数的计算和实现随机化测试方法的 BiodiversityTest 软件。这些工作填补了软件研制方面的一些空白 ,但是缺乏综合性 ,而且没有结合地理信息系统技术。

本研究的主要目的是开发一个综合性的生物多样性评价软件 ,实现多种生物多样性测度指数的快速计算和图形化表示 ,并结合相关的地理信息实现评价结果的空间化表达。该软件的目标用户主要是生物多样性研究者、生态学者和高等院校生态学专业高年级学生 ,主要用途是生物多样性的评价和研究以及群落生态学的研究和教学。

## 1 关键技术

### 1.1 可视化开发

可视化开发是在可视化开发工具提供的图形用户界面上 ,通过操作界面元素 ,如菜单、按钮、对话框、编辑框和滚动条等 ,由可视化开发工具自动生成应用软件代码。这类应用软件的工作方式是事件驱动 ,即对每一事件 ,由系统产生相应的信息 ,再传递给相应的消息响应函数 ,这些消息响应函数是由可视化开发工具在生成软件时自动装入的。对一般的应用软件 ,目前的可视化开发工具只能提供用户界

面的可视化开发。至于消息响应函数 ,则仍需用通常的高级语言编写。从原理上讲 ,与图形有关的所有应用都可采用可视化开发方式。

### 1.2 组件式地理信息系统

组件式地理信息系统是组件技术和面向对象技术在 GIS 软件开发中的应用。其基本思想是将地理信息功能分成不同的模块 ,每个模块完成特定的功能 ,模块封装后就可以利用通用的开发工具如 Visual C++、Visual Basic 和 Delphi 等进行开发( 郝平等 ,2001 )。当前组件技术的主要规范有微软公司的 COM/DCOM 技术和 OMG( 对象管理组织 )的 CORBA ,前者已经成为事实的行业标准( 徐爱萍和徐武平 ,2001 )。ActiveX 控件是基于 COM 标准的可编程对象 ,可以通过对象的属性、事件和方法与应用程序交互。已经有不少基于 ActiveX 的 GIS 商业控件 ,如 MapInfo 的 MapX ,ESRI 的 MapObjects 和超图公司的 SuperMap III 等( 王德文 ,2002 ) ,这些通用组件包含了地理信息系统所必备的基本功能 ,如图形对象的显示、缩放、查询和图层合并等 ,大大简化了开发过程。

Shape Viewer Objects( SVO )是美国生态学软件公司( Ecological Software Solutions )开发的基于 Delphi 的地理信息系统组件包 ,当前版本是 2.1 版。SVO 包括 TGisReadWrite、TSVOShapeObject、TSVOShapeList 3 个非可视组件和 TSVOGISImage、TSVODataGrid、TDataFileList、TSVOLegend 4 个可视化组件。TGisReadWrite 是一个空间数据引擎 ,可以读写 ESRI Shape 文件、MapInfo 格式文件、数据交换文件( DXF )和文本文件( 点图形 ) ;TSVOShapeObject 是一个基本的图形对象 ,是点对象、线对象和多边形对象的祖先。它利用动态数组来存储点、线和多边形数据 ,可以实现数据的快速导入、处理和存储。TSVOShapeList 是基本图形的集合 ,相当于地图中的层 ,用于操作图形对象 ;TSVOGISImage 是显示地图的组件 ,可以实现地图的缩放、漫游等功能 ;TSVODataGrid 用于显示 TSVOShapeList 中的数据 ;TDataFileList 存储和组织 TSVOShapeList ,允许运行时操作和存储数据 ;TSVOLegend 是一个图例信息管理组件( 以上内容译自 <http://www.ecostats.com/software/shapeviewer/svobjectsdelphi.htm> )。SVO 组件包的优点是具有源代码 ,方便开发者扩展和维护。

2 软件描述

2.1 结构

BiodiversityMapping( 1.0 版 )软件包括 3 个功能模块 :文件模块、生物多样性模块和地图模块。文件模块用于实现文件读写、数据编辑和结果打印等功能 ;生物多样性模块主要实现  $\alpha$  多样性、 $\beta$  多样性的测度方法和其它一些特殊测度方法 ;地图模块包括了地图缩放、查询、测距、图块合并、图层分类和地图编辑等功能。

2.2 功能

生物多样性模块是该软件的主要模块 ,实现了 8 类 37 种生物多样性测度方法。其中  $\alpha$  多样性指数包括 Shannon-Wiener 指数、Simpson 指数、物种数、Margalef 指数(  $D$  )、Equitability 指数(  $J$  )、Berger-Parker 指数、McIntosh 指数、Brillouin 指数、Fisher's  $\alpha$  指数、 $DIV$  指数和  $Q$  statistic 指数 ;均匀度指数选择 Pielou 指数 ;多样性排序方法有 Renyi 指数族、Hill 指数族、Hulbert 指数族和右尾和法 ;物种丰富度估计方法有科曼法、Chao1、Chao2、ACE、ICE、刀切法( 2 种 )、自助法、米氏方程法和稀疏化方法 ;物种相对多度格局方法有物种数、多度排序和积累物种法 ; $\beta$  多样性指数有  $\beta_W$ 、 $\beta_C$ 、 $\beta_R$ 、 $\beta_I$ 、 $\beta_E$  和  $\beta_T$  ;此外还包括专家打分法和  $G-F$  指数两种特殊方法。

除了能生成表格数据外 ,不同测度方法的输出结果有所不同。 $\alpha$  多样性指数和均匀度指数可以输出曲线图和地图 ,排序生成的是曲线图即群落的生物多样性轮廓线 ,丰富度估计可以得到特定随机化次数和特定样本数下的以曲线图表示的物种丰富度估计值 ,相对多度格局和  $\beta$  多样性指数的结果主要以曲线图表示。 $G-F$  指数和专家打分法在计算和表示上与  $\alpha$  多样性指数类似 ,结果也以曲线图和地图方式表示。

2.3 特点

BiodiversityMapping( 1.0 版 )软件的运行平台是 Windows 98/NT 系列操作系统。该软件包括 103 个源代码文件( 不包含组件代码 ) ,安装文件约 6 MB ,软件用户界面见图 1。

与同类软件相比 ,该软件具有操作简单、通用性强和功能强大的特点。软件操作的基本流程见图 2 ,测度结果的计算和统计图的输出只需要一些简单的步骤。BiodiversityMapping 使用逗号分隔文件

( . csv )和 Shape 文件( . shp )作为输入文件格式 ,地图结果可以直接输出为通用的地理信息系统格式文件( . shp ) ,曲线图结果可以输出为位图文件( . bmp )。另外 ,该软件还具有丰富的数据编辑功能 ,利用数据编辑窗口可以选择参与计算的样本和物种 ,利用图形和地图格式窗口可以改变输出结果的颜色和样式。

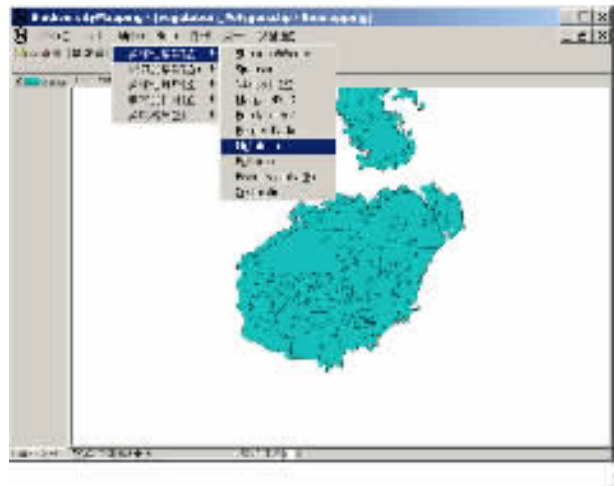


图 1 软件用户界面  
Fig. 1 User interface of BiodiversityMapping

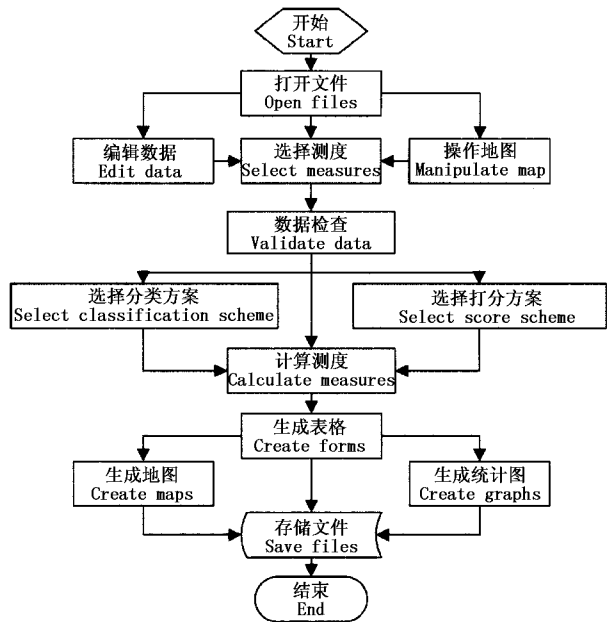


图 2 软件操作流程  
Fig. 2 Flowchart of BiodiversityMapping operation

### 3 东灵山地区大步甲属的物种多样性

#### 3.1 生物多样性测度制图

于晓东等( 2002 )研究了北京东灵山 3 个地区( 东灵山主峰、小龙门林场和梨园岭退耕区 ,代号分别为 D、X 和 L)内 11 个生境中大步甲属昆虫的物种多样性 ,并利用多样性指数的平均值对 3 个地区物种多样性的关系进行了推断。利用上述研究中的物种数量分布数据 ,计算了 11 个生境的 Shannon-Wiener 多样性指数 ,并将结果制图。表 1 给出了计算结果 ,图 3 给出了 11 个生境 Shannon-Wiener 多样性指数的直观解释( 由于本文不涉及样点的形状和空间关系 ,所以用整齐排列的矩形代表生境 )。从图 3 中可以获得不同于多样性指数平均值的生物多样性信息。

#### 3.2 生物多样性排序

利用带参数的多样性指数族可以对群落的多样性进行排序。刘灿然和马克平( 2002 )总结了现有的 14 种排序方法 ,并将其分为 4 类来讨论多样性指数族之间的相互关系。通过使用参数 ,排序方法可

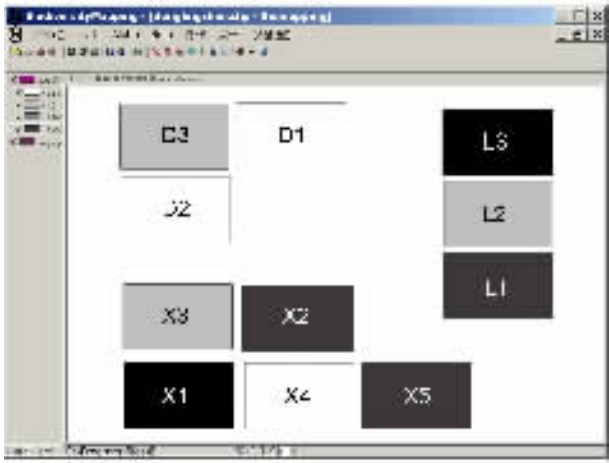


图 3 东灵山 11 个生境大步甲属昆虫物种多样性 Shannon-Wiener 指数分布图  
按照测度值大小将样地分为 4 类 ,深色表示高值 ,浅色表示低值。由于缺少样地的详细分布图 ,采用模拟图来表示结果。L、X、D :同表 1。  
Fig. 3 The map of Shannon-Wiener indices of *Carabus* beetles in 11 habitats in Dongling Mountain. The habitats are grouped into four categories , deep color represents high value and shallow low. Here a simulated map is used since the real distribution map can not be obtained. L , X , and D represent the same sites as in Table 1.

表 1 11 个生境内大步甲属昆虫的 Shannon-Wiener 指数  
Table 1 Shannon-Wiener indices of *Carabus* beetles in 11 habitats

样地 Plot	生境 Habitat	测度值 Measure value
L1	荆条灌丛 <i>Vitex negundo</i> var. <i>heterophylla</i> shrubs	1. 22
L2	山杏灌丛 <i>Prunus armeniaca</i> var. <i>ansu</i> shrubs	1. 13
L3	辽东栎萌生丛 <i>Quercus liaotungensis</i> coppices	1. 55
X1	油松人工林 <i>Pinus tabuliformis</i> plantation	1. 45
X2	核桃楸林 <i>Juglans mandshurica</i> forest	1. 21
X3	华北落叶松人工林 <i>Larix principis-rupprechtii</i> plantation	1. 02
X4	落叶阔叶混交林 Mixed deciduous broad-leaved forest	0. 925
X5	辽东栎林 <i>Quercus liaotungensis</i> forest	1. 22
D1	硕桦林 <i>Betula costata</i> forest	0. 968
D2	鬼见愁灌丛 <i>Caragana jubata</i> shrubs	0. 849
D3	亚高山草甸 Meadows	1. 08

L : 梨园岭退耕区 ; X : 小龙门林场 ; D : 东灵山主峰  
L , Liyuanling ; X , Xiaolongmen ; D , The top of Dongling Mountain

以避免使用一维指数造成的信息损失 ,但是它的计算过程相对复杂 ,经常要计算多个指数值才能判断群落间的相互关系。BiodiversityMapping 软件实现了这 4 类排序方法 ,简化了计算过程。本研究利用右尾和方法对东灵山 4 个研究地区的物种多样性进行了排序。由于 3 个研究区域的样本数不相等 ,计算了生境数目为 3 时的平均物种数量 ,得到表 2 ,右尾和计算的结果见表 3 ,排序结果见图 4。

表 2 3 个研究区域的大步甲属昆虫物种数量分布  
Table 2 Species abundance of *Carabus* beetles at the three sites

物种 Species	L	X	D
<i>C. brandti</i>	24	0. 6	0
<i>C. canaliculatus</i>	0	10. 8	15
<i>C. crassesculptus</i>	4	339	86
<i>C. granulatus</i>	73	4. 8	0
<i>C. manifestus</i>	159	584. 4	24
<i>C. sculptipennis</i>	44	50. 4	2
<i>C. smaragdinus</i>	144	21. 6	0
<i>C. sui</i>	9	49. 2	0
<i>C. vladimirskyi</i>	79	29. 4	0
<i>C. sp.</i>	0	0. 6	85

L、X、D :同表 1 L , X , and D represent the same sites as in Table 1.

表 3 3 个研究区域大步甲属昆虫多样性右尾和排序  
Table 3 Right-tailed Sum Ordering of *Carabus* beetles in the three sites

研究区 Site	1	2	3	4	5	6	7	8	9
L	0.703	0.435	0.287	0.151	0.0690	0.0243	0.00746	0	0
X	0.464	0.153	0.107	0.0622	0.0352	0.0154	0.00550	0.0011	0.00055
D	0.594	0.193	0.080	0.00943	0	0	0	0	0

L、X、D：同表 1 L、X，and D represent the same sites as in Table 1.

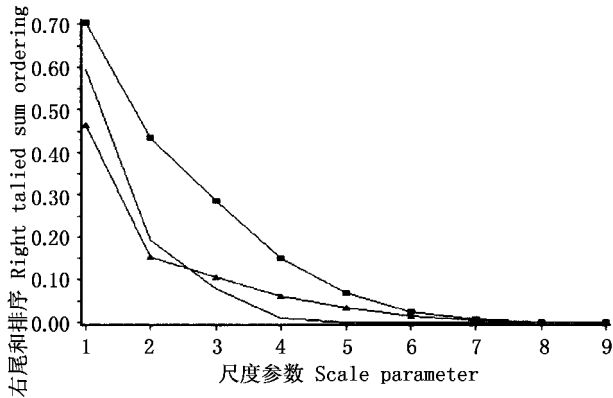


图 4 东灵山地区大步甲属昆虫物种多样性右尾和排序图  
其中矩形线代表梨园岭退耕区,平滑线代表东灵山主峰,三角线代表小龙门林场。

Fig. 4 Right-tailed Sum Ordering of *Carabus* beetles in Dongling Mountain. The rectangle line represents Liyuanling, smooth line represents the top of Dongling Mountain and triangle line represents Xiaolongmen.

图 4 给出了 3 个地区大步甲属物种多样性的排序,即梨园岭退耕区 > 东灵山主峰,而小龙门地区和前两者无法比较。

3.3 讨论

基于东灵山的大步甲属昆虫物种数量分布数据,介绍了 BiodiversityMapping 软件的两个应用:多样性测度制图和右尾和排序。分析结果给出了生境和区域两个空间尺度上大步甲属昆虫物种多样性的直观解释,对于揭示该地区的生物多样性状况是有用的信息。

BiodiversityMapping 软件中实现的各种方法主要针对生物多样性的数量和分布信息。值得指出的是,数量和分布信息只是生物多样性的一个方面,使用软件时需要结合具体的评价目的来选择合适的测度方法。

致谢:感谢于晓东先生提供数据,周红章研究员和蒋志刚研究员试用软件并提出宝贵意见,李典谟研究员对本文的方法给予了指导。

参考文献

Hao, P. (郝平), Li, R. L. (李瑞麟), Ying, S. Y. (应时彦) and Chen, G. H. (陈国华). 2001. Technology of component geographic information system. *Journal of Zhejiang University of Technology* (浙江工业大学学报), **29**: 301 – 304. (in Chinese with English abstract)

Liu, C. R. (刘灿然) and Ma, K. P. (马克平). 2002. Diversity ordering: methods and an example. *Acta Phytoecologica Sinica*(植物生态学报), **26**(Suppl.): 63 – 67. (in Chinese with English abstract)

Wang, D. W. (王德文). 2002. The study and application of components geographic information system. *Information Technology* (信息技术), **8**: 41 – 44. (in Chinese with English abstract)

Xu, A. P. (徐爱萍) and Xu, W. P. (徐武平). 2001. The component technique and ComGIS. *Journal of Geomatics* (测绘信息与工程), **2**: 36 – 39. (in Chinese with English abstract)

Yu, X. D. (于晓东), Zhou, H. Z. (周红章) and Luo, T. H. (罗天宏). 2002. Distribution patterns and their seasonal changes of *Carabus* beetles in Dongling Mountain region near Beijing. *Acta Ecologica Sinica*(生态学报), **22**: 1724 – 1733. (in Chinese with English abstract)

Zhang, F. (张峰) and Zhang, J. T. (张金屯). 2000. Research progress of numerical classification and ordination of vegetation in China. *Journal of Shanxi University* (Natural Science Edition)(山西大学学报(自然科学版)), **23**: 278 – 282. (in Chinese with English abstract)

Zhang, W. J. and Schoenly, K. G. 1999. IRRI biodiversity software series. IV. EXTSPPI and EXTSP2: program for comparing and performance—testing eight extrapolation—based on estimators of total taxonomic richness. IRRI Technical Bulletin, No. 4. International Rice Research Institute. Manila, Philippines.

Zhang, W. J., Qi, Y. H. and Schoenly, K. G. 2002. Randomization tests and computational software on statistic significance of community biodiversity and evenness. *Biodiversity Science*(生物多样性), **10**: 431 – 437.