

中国 Holdridge 生命地带及其多样性的时空变化分析

范泽孟, 岳天祥*

(中国科学院地理学与资源研究所, 资源与环境信息系统国家重点实验室, 北京 100101)

摘要: 在分析目前生态地理模型及其实现方法基础上, 提出基于 ARC/INFO 与 VC++ 综合集成的先插值再运行生命地带模型的方法和技术路线, 克服了以前模型实现过程中所存在的局限性。利用中国 1962~2002 年 735 个站点逐日温度与降水量观测数据, 通过对 Holdridge 生命地带模型和生态多样性模型进行模拟运算后获得中国 Holdridge 生命地带时空分布序列图及生命地带多样性序列数值。对模拟运算, 结果分析发现: 生命地带类型变化随着气候条件的变化与土地覆被变化存在很好的对应关系, 生命地带多样性与年均生物温度、年降水量均呈现出震荡波动的变化模式。另外对中国 Holdridge 生命地带的多样性、连通性及斑块形状等景观指数进行计算分析, 讨论了生命地带多样性与生态环境稳定性之间的相关关系。

关键词: Holdridge 生命地带; 生命地带多样性; 时空分布; 响应模式

文章编号: 1000-0585(2005)01-0121-09

1 引言

许多生态地理研究表明植被生命类型与气温、降水量等环境因子均存在着一定的响应关系。近 150 年来, 不同生态科学的研究领域都一直在试图按照环境内生长的每一类生命有机体的一般特征来对其相应环境进行类型确定与划分^[1]。早在 1807 年 Von Humboldt 就关于气候与物种分布关系定量计算的进行了探索, 1823 年 Schouw 对植物区系及植被类型分布与多个气候因子的相互关系进行了探讨性研究^[2], 1872 年 Griesebach 描述了全球的植被分布^[3], 1892 年 Merriam 提出基于温度的北美动物区系与植物区系的地带分布的区划系统, 1930 年 Köppen 和 Geiger 提出了气候分类系统, 1931 年 Thornthwaite 在 Köppen 研究方法的基础上设计了考虑植被、土壤和流域特征在内的气候分类系统。以上系统及研究方法过于粗糙而不可能在全球范围内加以运用, 为了对这些分类系统进行改进, 1947 年 Holdridge 在对中南美洲哥斯达黎加和加勒比地区热带植被生态的研究中认为气候条件对植被空间分布具有决定性作用^[4]: 某一区域的植被在限定于一定气候条件下可根据其综合外貌的简单分类或更详细的个体群体所构成的生命形式来划分, 其分类的单位称为“生命地带”(Life zone), 并根据年平均生物温度(°C)(MAB)、平均年降水量(TAP)与潜在性蒸散率(PER)等三个气候指标为主要参数, 建立了 Holdridge 生命地

收稿日期: 2004-06-15; 修订日期: 2004-09-21

基金项目: 国家自然科学基金项目(40371094 和 90202002); 国家重点基础研究发展规划项目(2002CB412500)

作者简介: 范泽孟(1977-), 男, 云南镇雄人, 博士研究生。研究方向为资源环境模型与系统模拟。E-mail: fanzm@reis.ac.cn

* 通讯作者: 岳天祥, 研究员, 博士生导师。E-mail: yuetax@igsnr.ac.cn

带模型的坐标体系与分类体系,并通过计算将全球划分为 38 种生命地带类型和 100 多个生命地带,相继受到了世界科学家的广泛应用。中国复杂的地形地貌特征和气候条件极对应着复杂的植被类型及其空间分布的复杂变化形态。所以,对中国近 40 多年来 Holdridge 生命地带的时空分布特征及其变化趋势进行研究,将对生态环境保护及其恢复建设、对研究气候变化对植被生命类型产生影响会直接或间接地起着重要的指示作用。

在研究植被生命类型与气候的响应关系如何确定的同时,稳定性与多样性也一直是相关研究领域的科学家们在关注和研究的问题与焦点。早在上世纪 70 年代以前,生态学家们就试图发展一种在物种观测尺度下的稳定性与多样性相关程度的通用理论^[1]。自 Gardner 等人对稳定性随物种多样性的增加而增加的传统观点提出质疑后,一些科学家对传统观点的看法也逐渐发生了变化。目前,关于稳定性与多样性的假设存在两大派。Gilpin、Woodward、Beeby 等认为他们的研究结论并不与传统结论相符,也就是说稳定性不一定随多样性的增加而增加^[5,6]。而另外一些科学家(如 Watt、Glowka、Pennist 等)仍然相信传统观点是正确的^[1]。但最近 McCann、Chapin、Wolf 等人的研究成果表明^[7~9]:多样性的平均变化趋势是可以预料的,而且生物多样性的变化将影响到生态环境的稳定性。以上研究焦点和疑点在于关于单一多样性的单一观测尺度在不同的观测尺度和生态环境中不可能总是最有效的,那么怎样建立一个适应于多种观测尺度、适用于不同生态环境的多样性指数模型便成为生态地理建模的一大热点和难点。本文运用基于多维分数维且经过多次实证研究、检验和完善的生态多样性模型^[10~12]来对中国 Holdridge 生命地带多样性指数进行计算分析,最后将其与近 40 多年来降水、生物温度的变化趋势进行对比分析。

2 模型、资料与方法

2.1 Holdridge 生命地带模型 (Holdridge life zone model)

Holdridge 生命地带既指示着一定的植被类型,又反映着产生该类型的热量与降水的一定数值幅度^[13,14]。从这种意义上说生命地带是地球表层水热系统及其决定的植被群落特征的综合体^[15],也可以说是气候系统的生物作用与植被系统的气候效应相互作用的产物。Holdridge 生命地带模型的理论计算公式为:

$$M(x, y, t) = \ln MAB(x, y, t) = \ln \left[\frac{1}{365} \sum_{j=1}^{365} TEM_{>0(j, x, y, t)} \right] \quad (1)$$

$$T(x, y, t) = \ln TAP(x, y, t) = \ln \sum_{j=1}^{365} P_{(j, x, y, t)} \quad (2)$$

$$P(x, y, t) = \ln PER(x, y, t) = \ln \frac{58.93 MAB(x, y, t)}{TAP(x, y, t)} \quad (3)$$

$$d_i(x, y, t) = \sqrt{(M(x, y, t) - M_{i0})^2 + (T(x, y, t) - T_{i0})^2 + (P(x, y, t) - P_{i0})^2} \quad (4)$$

在 Holdridge 生命地带模型中,年平均生物温度 (MAB) 指某一年内大于 0°C 积温的日平均温度; TEM 为每天 24 小时内大于 0°C 的积温; P 为每天的降水量, TAP 为年降水量; PER 为年潜在性蒸散率; M_{i0} , T_{i0} , P_{i0} 分别为 Holdridge 生命地带的正六边形坐标体系中第 i 种生命地带的中心点坐标平均温度、降水量、潜在蒸散率的标准值。当 $d_k(x, y, t) = \min\{d_i(x, y, t)\}$ 时,点 (x, y) 便归类为第 k 种生命地带类型。

2.2 Holdridge 生命地带多样性指数的计算模型

目前已经发表和出版的多样性指数的计算模型多达 27 种^[16],而在有关生态论文中被广泛引用的多样性指数的计算模型主要包括 Shannon 模型、Simpson 模型和 Hill 模型,

它们分别可表示为：

$$\text{Shannon 模型：} I = - \sum_{i=1}^m p_i \ln p_i \quad (5)$$

$$\text{Simpson 模型：} S = \left(\sum_{i=1}^m p_i^2 \right)^{-1} \quad (6)$$

$$\text{Hill 模型：} N_\alpha = \left(\sum_{i=1}^m p_i^\alpha \right)^{\frac{1}{1-\alpha}} \quad (7)$$

在这三个指数当中， p_i 均为研究对象的概率； m 为研究对象的总数； α 为任意的实际数目。这些模型虽然被广泛运用，但在理论上存在着不同程度的缺陷。譬如，被应用最广泛的 Shannon 模型至少存在着没有考虑物种间生物量的区别、每种物种的个数或每种景观单元的个数不能小于 100、模型中没有隐含面积参数及不能够表达多样性的丰富性等缺点。使用不同模型，往往会得出不同的结论，近半个多世纪以来，多样性与稳定性关系和多样性与生产力关系争论一直没有定论。因此本文对 Holdridge 生命地带多样性的计算，并没有采用以上多样性模型，而是采用作者自己提出的基于多维分数维的生态多样性模型。该模型适用于不同的景观尺度和景观单元，其理论计算公式可表达为：

$$d(t) = - \frac{\ln \left(\sum_{i=1}^{m(\epsilon(t))} (p_i(t))^{\frac{1}{2}} \right)^2}{\ln(\epsilon(t))} \quad (8)$$

式中， $p_i(t)$ 为第 i 种诸如物种、景观元或 Holdridge 生命区等研究对象的概率； $m(\epsilon(t))$ 为研究对象的总数； $\epsilon(t)$ 为观测尺度； t 为时间变量。

2.3 资料选取与分析

本文所用的基础数据为中国 735 个站的逐日温度 ($^{\circ}\text{C}$) 和逐日降水量 (mm) 观测资料。由于 1960 年以前有些站点的资料不全，因此选择站点数均为 735 的资料时段 (1960~2002 年)。以上资料均为中国气象局气象中心资料室提供。根据 Holdridge 生命地带模型参数的需求，首先从逐日温度里提取大于 0°C 而小于 30°C 的平均温度作为计算模型中平均生物温度的前期数据，从逐日降水量的资料数据中计算整理模型中所需的年降水量。并根据站点的坐标信息将站点的属性特征数据转换为空间特征数据，从而获得站点的空间分布图 (图 1)。

2.4 数据处理技术与方法

为了减少对基础数据进行处理的周期和提高处理精度，我们采用将系列软件进行集成来对资料数据进行批处理，处理过程中主要的方法步骤 (见图 2) 包括：① 采用软件 ACDS5.0 技术对所有的温度和降水量原始数据的文件名进行模式化处理使所有基础资料的文件名具有统一格式；② 利用 VC++6.0 进行模块化编程设计，将按离散站点每天的观测数据进行运算处理后获得每年且包括所有站点的资料数据，并将其转化为模型所需参数格式和 ARC/INFO 所需数据格式的 Txt 文件；③ 通过 ARC/INFO 的 AML 语言进行编程实现每年且包含所有站点的数据批量地转换为空间数据，从而获得全国年平均生物温

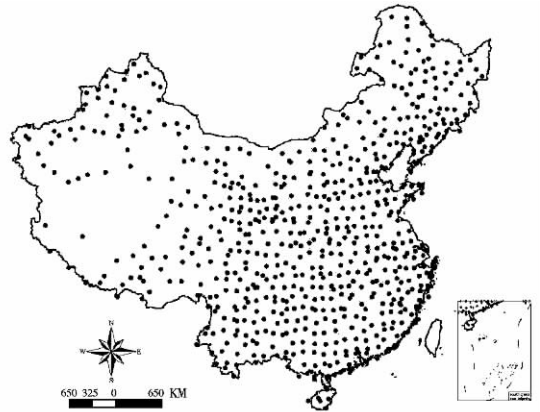


图 1 全国气象观测站点空间分布图

Fig. 1 Spatial distribution of the weather observation station in China

度的点空间分布图 (Point Coverage 文件)、全国年降水量的点空间分布图 (Point Coverage 文件); ④经过对 ARC/INFO 的 Spatial Analyst 模块中的 IDW 插值 (均差为 0.0046, 均方根误差为 0.3258)、Spline 插值 (均差为 0.0035, 均方根误差为 0.3226)、Kriging 插值 (均差为 0.0025, 均方根误差为 0.3148) 等空间插值方法进行对比分析后, 采用效果最好的 Kriging 插值方法分别对每年的年平均生物温度和年降水量的 Point Coverage 进行插值运算, 从而获得研究时段 (1960~2002 年) 内每年的平均生物温度空间分布图 (Grid 文件) 和年降水量空间分布图 (Grid 文件) (注: 所有插值的像元大小均为 1km^2)。

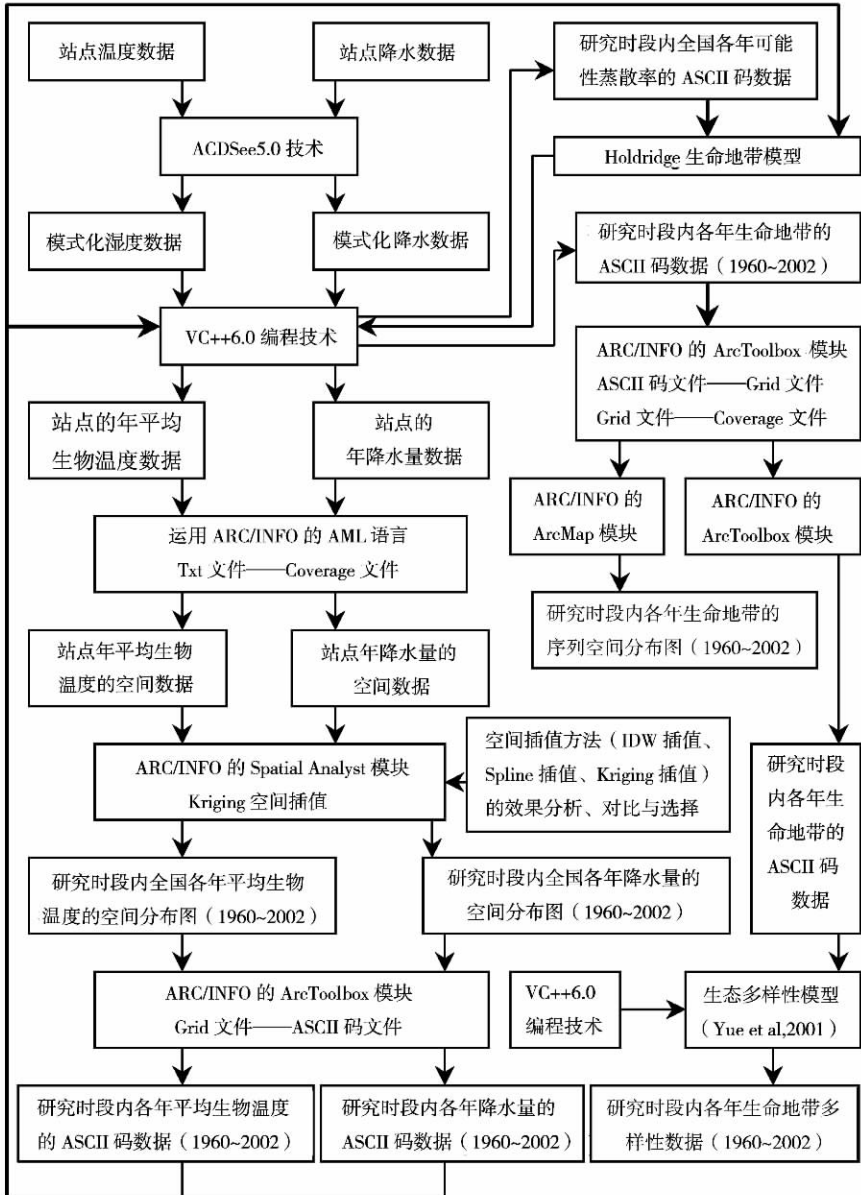


图 2 资料数据的处理方法及技术流程

Fig. 2 The framework of material studied methods and technical flow

另外，对年生物温度和年降水量空间分布的 Grid 数据进行像元操作，将所有的像元进行平均值求算后获得研究时段内的总年均生物温度和年降水量；⑤通过 ARC/INFO 的 AML 语言编程和 ArcToolbox 模块实现所有 Grid 文件数据到 ASCII 码文件数据的转换；⑥首先采用 VC++ 进行模块化编程，并将上一步的计算结果作为此步输入参数，计算出研究时段内的潜在性蒸散率（ASCII 文件），并转换为相应的 Grid 文件。然后对研究时段内每 10 年的年均生物温度、年降水量和年潜在性蒸散率的 Grid 进行运算，计算出相应的 10 年均值；⑦调用 VC++ 编程技术实现的 Holdridge 生命地带模型程序模块，将所有 ASCII 码文件数据按 Holdridge 生命地带模型输入参数要求进行处理后代入模型进行运算分析，便可以获得研究时段内 10 年平均的 Holdridge 生命地带的 ASCII 码数据；⑧将 10 年平均的 Holdridge 生命地带的 ASCII 码数据代入采用 AML 语言和 ArcToolbox 模块结合实现的 ASCII 码—Grid 转换程序中，即可获得 10 年平均的 Holdridge 生命地带的栅格图，为了计算各种生命地带类型的面积和提高可视化效果，我们将生成的栅格图转化成相应的矢量图（Polygon Coverage）；⑨将以上相关运算结果按生态多样性模型输入参数的格式和要求代入采用 VC++ 编程技术实现的生态多样性模型的程序模块中进行运算分析，最终获得研究时段内每年的 Holdridge 生命地带多样性数值。上述步骤均集成在一起，所以大大提高了数据的处理速度和精度。

3 Holdridge 生命地带时空分布及其变化规律

经过一系列的模拟运算分析后获得了全国 10 年平均的 Holdridge 生命地带的时空序列分布图（见图版 3，图 3），在 Holdridge 的 38 种生命地带类型中我国共出现 26 类。其中，80 年代未出现北方雨林地带，21 世纪初期未出现冰雪地带、高山雨苔原和亚热带有刺疏林地带。经过对运算结果的分析可以发现我国生命地带在研究的时段序列上随着生物温度、降水量、潜在性蒸散率等气候条件的变化发生着一系列空间分布变化。从生命地带的空间分布的序列图中可以看出：①高寒和干旱区。高山干苔原地带、高山湿润苔原地带主要分布在青藏高原中部，高山潮湿苔原地带、高山雨苔原地带分布在青藏高原东部及东南部，北方干旱有刺灌丛地带主要分布在青藏高原南部，北方荒漠地带主要分布在青藏高原北部。随着青藏高原的气温与降水量的震荡性增加趋势，生命地带类型也呈现出相应的震荡性变化趋势。由于青藏高原的气候条件和地形地貌特征极为复杂（尤其是青藏高原的东部），而这些气候条件和地形地貌条件共同作用形成的土地覆被（即表征为相应复杂的生命地带）类型的稳定性差，所以青藏高原区的生命地带类型存在着极大的不稳定性和脆弱性，青藏高原东北部、东南部及东部更为明显，其分布变化趋势总体上向北、西北方向偏移；干热荒漠地带（本文模拟运算结果为“热带荒漠地带”，但与国内传统提法协调，暂用此名）主要分布在塔里木盆地、吐鲁番盆地和准格尔盆地的中心部位，也就是相应的塔克拉玛干沙漠、古尔班通古特沙漠地带，而暖温带荒漠地带主要分布干热荒漠地带的外部与冷温带荒漠地带内部，也就是塔里木盆地、吐鲁番盆地和准格尔盆地边缘地带和巴丹吉林沙漠、腾格里沙漠一带，冷温带荒漠地带则主要分布在暖温带荒漠地带的外围、阿拉善高原及青藏高原东北部；②半干旱、半湿润地区。冷温带有刺灌丛地带、暖温带荒漠灌丛地带主要分布在祁连山以北地区、阿拉善高原边缘地带及准格尔盆地的北部边缘地带；冷温带草原主要分布在东北平原、蒙古高原南部、华北平原西北部；这几种生命带变化较大，整体上向东及东南方向扩展，这与我国荒漠化面积扩大这一趋势是吻合的。③北方半

湿润及湿润地区。北方潮湿森林地带、北方湿润森林地带主要分布在青藏高原东部和大小兴安岭一带,北方雨林地带、冷温带湿润森林地带、冷温带潮湿森林地带、主要分布在青藏高原东南部、太行山南部、长白山东部沿海一带;暖温带有刺草原的空间分布暖温带草原南部的山前地带;暖温带干旱森林地带主要分布在云贵高原、四川盆地、秦岭东南部及华北平原的大部分地区。从所有的生命地带分布图中可以看出暖温带干旱森林是我国生命地带的主要类型之一,它主要分布在降水线为 600~1200mm 的区域,它是干旱半干旱气候带向湿润半湿润气候带转变的过渡地带。因为暖温带干旱森林地带覆盖了长江上游和黄河中下游的大部分地区,所以对我国整个生态环境的稳定性起着关键性作用;④南方湿润地区。暖温带湿润森林、暖温带潮湿森林主要分布在暖温带干旱森林地带以南降水线为 1200~1400mm 的区域,主要分布在长江中下游地区,是我国典型的南方湿润气候类型。亚热带干旱森林地带(少数分布在长江中上游地区)、亚热带湿润森林地带,绝大部分分布在降水量为 1400~1800mm 的区域,即天目山东南部、武夷山、南岭、九连山及云南海南东部与西部、台北一带。热带干旱森林地带则主要分布在海南中部地带。通过以上分析可以表明,所计算的结果和我国实际的土地覆被类型空间分布能够较好地吻合,并且生命地带类型也随着气候条件的变化而发生着相应的变化。

4 Holdridge 生命地带多样性与气候变化的响应模式

通过生命地带(Holdridge life zone)模型^[17]和生态多样性模型的模拟运算之后获得了全国 1960 年到 2002 年的生命地带多样性的序列数据。为了将 Holdridge 生命地带多样性变化与年平均生物温度、年降水量放在一个图中更好地进行对比分析,我们对 Holdridge 生命地带多样性值进行放大处理(100 倍)。研究时段(1960~2002)内的年平均生物温度和年降水量均通过全国 735 个站点每年观测的基础站点数据进行空间插值后,根据公式(\sum 每个栅格单元植/栅格单元总个数)分别求得。在图 4 中,标注的数字均为生命地带多样性相应年份的值。

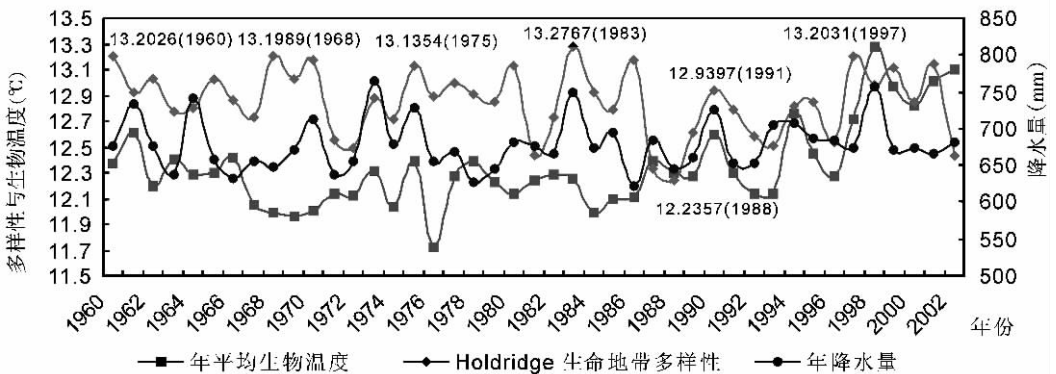


图 4 Holdridge 生命地带多样性与年平均生物温度、年均降水量的对比分析

Fig. 4 Comparing Holdridge life zone diversity with temperature and precipitation in China from 1960 to 2002

从图 4 中可以发现生命地带多样性及其与年均生物温度、年降水量等气候因子的变化

之间呈现出以下响应模式：①在 1960~2002 年间生命地带多样性同生物温度、降水量的变化形式相似，均呈现出震荡波动的变化模式；②当降水量与生物温度呈反向变化（也就是指降水量增加而生物温度降低或生物温度升高而降雨量减少）时，生命地带多样性将出现较大的震荡变化，这种反向比例越高，震荡的幅度越大；③当降水量与生物温度呈同向变化时，生命地带多样性也呈现出与其同向变化的趋势。1998 年是个例外，虽然温度和降水量均呈现出异常性的增加，但由于气候的灾害性突变事件对当年受灾区域的生物物种造成了巨大破坏，因而当年的生物多样性比 1997 年有所减少而不是增加。生命地带多样性呈震荡波动变化模式并不说明生命地带多样性没有减少或者说是增加，它反映的只是生态环境稳定性从 60 年代以来发生着震荡变化，这种波动是自然气候条件和人为因素共同作用的结果，同时也反映出生态环境处在极不稳定的状态。随着生命地带多样性震荡幅度增大、波动速度加快和周期减短，生态环境的不稳定性将随之逐渐加剧，这从另一个侧面反映出我国生态环境稳定性的自身调节功能在逐渐减弱，从而使生态环境逐渐恶化。

在进行以上运算分析的基础上，对我国 Holdridge 生命地带多样性、景观斑块的连通性及其形状指数进行计算后形成表 1。

表 1 中国 Holdridge 生命地带的景观指数

Tab. 1 Changes (on average) of Holdridge life zone diversity and patch connectivity during the four periods

年代	1960s	1970s	1980s	1990s	变化比率 (%)
生命地带多样性	0.1344	0.1335	0.1340	0.1341	-0.0692
景观斑块数	608	562	594	577	-1.7293
生命地带种类数	25	25	23	24	-1.3515
景观斑块形状指数	0.6951	0.7023	0.6965	0.7011	0.2868
景观斑块连通性指数	0.1458	0.1574	0.1730	0.1630	3.7928

5 讨论

自 Holdridge (1947) 提出 Holdridge 生命地带模型并在 1967 年对其进行修改完善后，在全球变化的生态地理相关研究领域得到了广泛运用。但以前的研究均局限于将站点的的数据作为生命地带模型的输入参数来对模型进行运算和分析，采用这些结果来对生态类型的分类存在很大的缺陷，因为用点数据表征面数据、用点数据运算结果对一个连续的面来进行分类处理的准确性是无法得到保证的。基于 ARC/INFO 技术，岳天祥等在中国 Holdridge 生命地带变化规律及其对生态环境稳定性影响的模拟分析中，对通过 Holdridge 生命地带模型运算的点数据进行空间插值，并将插值生成的空间栅格数据转换矢量数据后对生命地带类型进行分类，这对以前的方法有很大的改进。但这种方法仍然存在着一一定缺陷，因为用来插值数据仍然是点数据直接作为 Holdridge 生命地带模型输入参数的结果，这实际上相当于用点数据进行分类后，再将分类的结果（点代表类型）通过插值的方法扩散到相应研究区域的表面上，因此它同样可能影响到对生命地带类型进行分类的精度和准确性。

鉴于以上原因，本文在研究技术方法上采取了更大改进：采用相应的计算机软件与 ARC/INFO 软件进行模块化集成，形成合理的技术流程。既保证了研究技术的逻辑性和

严密性,也大大提高了对数据进行处理的时间;在对 Holdridge 生命地带模型运算的过程中,对研究时段内每一年的生物温度和降水量的站点数据经过转换后,首先采用 ARC/INFO 的空间插值技术使之转化为连续分布的栅格数据,其次运用模型相应的程序模块来对每一个栅格单元进行操作,从而获得生命地带类型空间分布的栅格数据,最后将生命地带类型空间分布的栅格数据转换为矢量数据并生成中国 Holdridge 生命地带类型的时空序列分布图。这一方法的运算结果更符合实际和逼近研究对象,它解决了以前研究技术上存在的缺陷,提高了生命地带类型分类结果的精确度和可信度。

根据对中国 Holdridge 生命地带类型的时空分布及变化规律、中国 Holdridge 生命地带多样性与气候变化的响应模式的分析研究表明:生命地带的时空分布及其多样性的变化模式与相关气候因子的变化模式存在着一定的耦合关系,而且对气候变化存在着相应的响应模式;另外,生命地带多样性的变化与生态环境的稳定性之间存在着一定的相关关系:生命地带多样性的震荡幅度越大、波动周期越短,生态环境的稳定性则越差,而这种极不稳定的生态环境也就越脆弱、越容易遭到破坏。在对中国 Holdridge 生命地带的时空分布及其多样性与气候变化响应模式研究的基础上,我们以后将对每一种生命地带类型的脆弱性和复杂度进行研究。从而为我国生态环境保护建设提供相关科学合理的资料和依据。

参考文献:

- [1] Yue T X, Liu J Y, Jørgensen S E *et al.* Changes of Holdridge life zone diversity in all of China over half a century. *Ecological Modelling*, 2001, 144: 153~162.
- [2] Schouw J F. *Grundzuege einer allgemeinen Pflanzen geographie*. Berlin: Publisher. 1823.
- [3] Griesebach A H R. *Die Vegetation der Erde nach ihrer klimatischen Anordnung*. W. Engelmann, Leipzig. 1872.
- [4] Holdridge L R. Determination of world plant formations from simple climate data. *Science*, 105 (2727): 367~368.
- [5] Gilpin M E. Stability of feasible predator-prey systems. *Nature*, 254: 137~139.
- [6] Woodward F I. How many species are required for a functional ecosystem? In: Schulze E D, Mooney H A (Eds.), *Biodiversity and Ecosystem Function*. Berlin: Springer, 1994. 271~299.
- [7] McCann K S. The diversity-stability debate. *Nature*, 405: 228~233.
- [8] Chapin F S, Zavaleta E S, Eviner V T, *et al.* Consequences of changing biodiversity. *Nature*, 405: 234~242.
- [9] Wolf M S. Crop strength through diversity. *Nature*, 406: 681~682.
- [10] 岳天祥. 生物多样性研究. *自然资源学报*, 1999, 14: 377~340.
- [11] 岳天祥. 生物多样性遥感研究方法浅议. *生物多样性*, 2000, 8(3): 343~346.
- [12] 岳天祥. 生物多样性研究及其问题. *生态学报*, 2001, 21(3): 462~467.
- [13] 张新时. 研究全球变化的植被—气候分类系统. *第四纪研究*, 1993, 5(2): 157~169.
- [14] 周广胜, 张新时. 中国气候—植被关系初探. *植物生态学报*, 1996, 20(2): 113~119.
- [15] 李克让, 陈育峰, 黄玫, 等. 气候变化对土地覆被变化的影响及其反馈模型. *地理学报*, 2000, 55(增刊): 57~63.
- [16] Yue T X, Haber W, Grossmann W D *et al.* Towards the satisfying model for biological diversity. *Ekologia*, 1998, 17(Suppl. 1): 129~141.
- [17] Holdridge L R. Simple methods for determining potential evapotranspiration from temperature data. *Science*, 1959, 130: 572.
- [18] 陈育峰. GIS 支持下的全球气候变化对中国生命地带的可能影响研究. *遥感学报*, 1997, 1(1): 74~79.
- [19] 朱华忠, 罗天祥, Christopher Daly. 中国高分辨率温度和降水模拟数据的验证. *地理研究*, 2003, 22(3): 349~359.
- [20] 刘纪远, 张增祥. 20 世纪 90 年代中国土地利用变化时空特征及其成因分析. *地理研究*, 2003, 22(1): 1~12.

Temporal and spatial changes pattern of Holdridge life zones and diversity in China

FAN Ze-meng, YUE Tian-xiang

(State Key Laboratory of Resources and Environment Information System,

Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China)

Abstract: On the basis of analyzing ecogeographical models and studying those methods being realized at the present time, a new research method integrated by ARC/INFO and VC++ is put forward, which can overcome those limitations existed in the previous methods and techniques. In the operational process of our methods, before the Holdridge life zone model and ecological diversity model are simulated, the original data are interpolated and become grid data. Based on the daily surface air temperature and precipitation data observed at 735 stations in China from 1960 to 2002, and through running these models with our available methods and techniques, we obtained the serial maps of temporal and spatial distribution of Holdridge life zones and the value of Holdridge life zone diversity in China. After finishing all simulations, we carried out a series of analyses with these results. First, according to the serial maps of temporal and spatial distribution of Holdridge life zones, we found changes in spatial distribution of Holdridge life zones correspond well with the changes of the climatic factors and land cover. Second, through comparing and analyzing Holdridge life zone diversity, annual mean biotemperature and annual mean precipitation in our research period of time, some rules and phenomena are archived in China: 1) The fluctuated changing pattern occurs in the Holdridge life diversity, biotemperature and precipitation. 2) While the fluctuated directions of precipitation and biotemperature are the same, the fluctuated direction of the Holdridge life diversity accords with them. However, 3) while the fluctuated directions of precipitation and biotemperature are reversed, more intensive fluctuated changing pattern would occur in the Holdridge life zone diversity and the fluctuated intensity and scope would increase with the enlargement of the reversed ratio. Furthermore, through analysing the Holdridge life zone diversity, shape index of patches and patch connectivity of the Holdridge life zone in China during the 1960s, 1970s, 1980s and 1990s, we attained the analytical results that the Holdridge life zone diversity, the number of patches and the number of patch types present a decreasing trend at ratios of 0.0692%, 1.7293% and 1.3515% in every ten years, respectively. Whereas the shape index of patches and the patch connectivity present an increasing trend at ratio of 0.2526% and 3.7928% in every ten years. Finally, we discuss the relationship between life zone diversity and eco-environmental stability according to the above results.

Key words: Holdridge life zone; life zone diversity; temporal and spatial distribution; response pattern

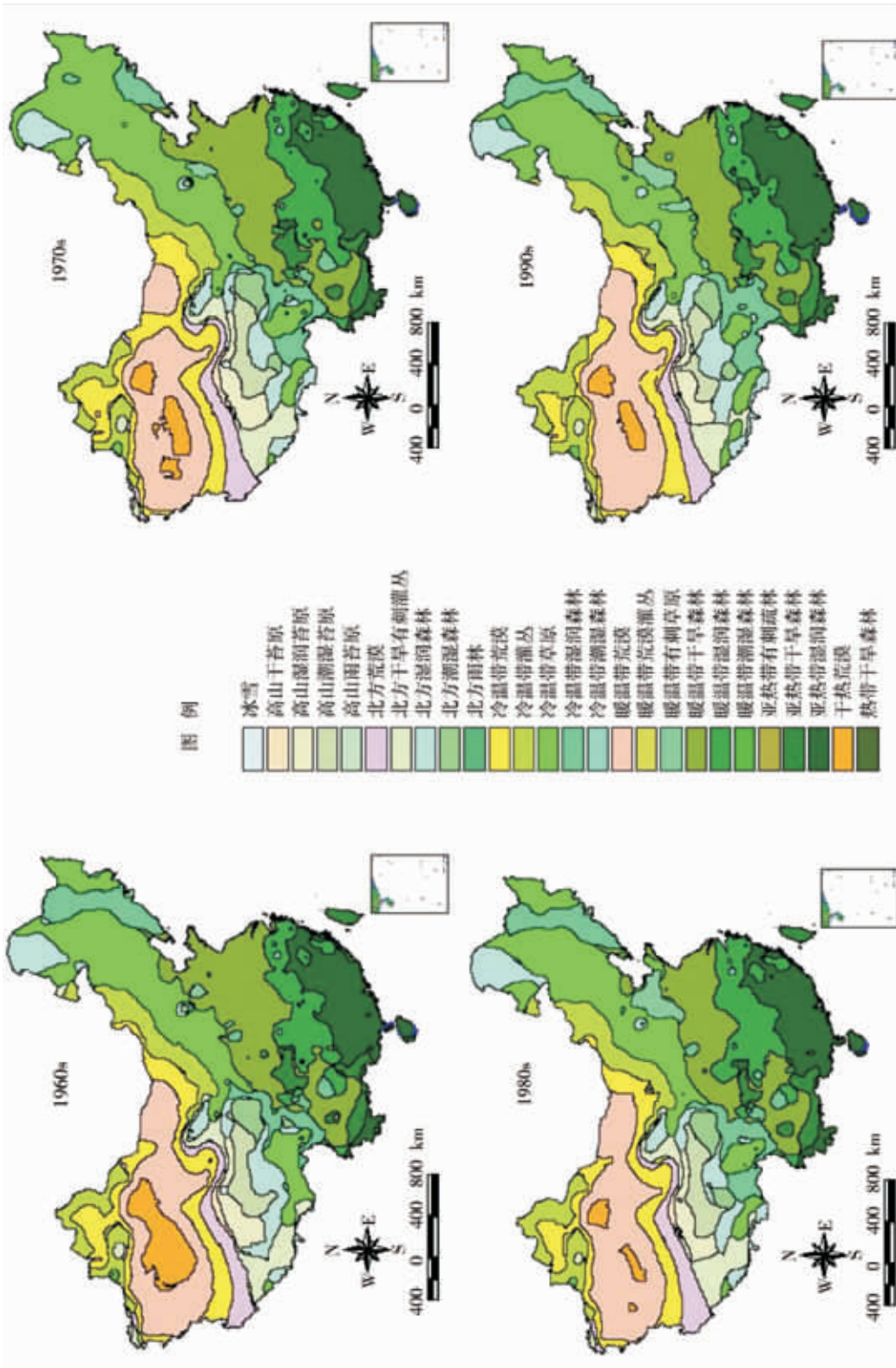


图 3 全国 Holdridge 生命地带时空分布序列图
Fig. 3 The temporal and spatial distribution maps of Holdridge life zone in China