

引用格式:杨伶,张贵,王金龙,等. 湖南县域森林资源禀赋空间格局演变分析——一种空间网络模型的构建与验证[J]. 资源科学, 2017, 39(7): 1417-1429. [Yang L, Zhang G, Wang J L, et al. Spatial pattern evolution of forest resource endowment in hunan at the county level according to spatial network modeling[J]. *Resources Science*, 2017, 39(7): 1417-1429.] DOI: 10.18402/resci.2017.07.18

湖南县域森林资源禀赋空间格局演变分析 ——一种空间网络模型的构建与验证

杨 伶¹, 张 贵², 王金龙¹, 吴 鑫²

(1. 中南林业科技大学商学院, 长沙 410004; 2. 中南林业科技大学理学院, 长沙 410004)

摘 要:研究森林资源禀赋空间格局演变,对森林资源可持续发展具有重要的理论和实践意义。本文从森林资源丰裕程度、生态影响度和物种丰度三个维度对1995年、2005年和2015年湖南森林资源禀赋度进行评价。在此基础上,借助复杂网络理论及Pajek软件,以研究县域行政区划为节点,空间依赖度为边权,构建湖南县域森林禀赋度空间网络,并通过节点的度、介数、聚集系数、形状指数和空间效应强度刻画网络模型的拓扑结构,以此来揭示森林资源空间格局的演变规律。结果显示:冷点区县域单元节点对森林禀赋空间网络的连通作用和影响力要大于热点区节点,热点区县域单元对森林禀赋的空间分布起着正面影响,而冷点区起着负面作用。为进一步优化湖南森林资源空间格局,有效的森林资源调控方式是对存在改善空间(空间效应强度低于0.5)且对整体空间格局影响较大(节点度值在5以上)的研究单元予以重点关注。为进一步揭示森林资源空间分布的规律,未来的研究中应探讨在森林资源演变发展中各节点间作用力的方向,从而找出湖南森林资源空间网络的关键节点和关键边权。

关键词:森林资源禀赋;空间格局;复杂网络;湖南

DOI: 10.18402/resci.2017.07.18

1 引言

森林资源是森林生态系统的重要组成部分,也是人类社会赖以生存和发展的物质基础^[1]。森林资源禀赋的概念衍生于瑞典学者赫克歇尔和俄林提出的资源禀赋理论(H-O理论),是用来描述区域间森林资源的丰缺程度^[2]。对于森林资源的丰缺程度即森林资源禀赋的度量,大致分为两种判别视角。一种是基于社会科学的研究视角,把森林资源与社会经济结合起来考量,通过人均有林地面积($>0.33\text{hm}^2$)、人均蓄积量($\geq 10\text{m}^3$)及森林覆盖率($>30\%$)3个相对指标来标示不同区域的森林资源禀赋^[3]。一些研究者则采用单一森林资源特征如森林资源蓄积量、有林地面积、造林面积等绝对指标考察森林资源禀赋的变动情况,并根据这些指标研究特定地区森林资源的环境库兹涅茨曲线的演变规律^[4],也有学者

将林业收入作为森林资源禀赋的衡量指标^[5]。二是基于自然科学的研究视角,对特定区域森林资源禀赋的评价研究主要集中在森林资源的生态特性即健康评价方面,其评估指标可分为森林资源结构特征(郁闭度、林分结构等)、生物多样性(森林生物种群、群落分布结构等)和森林立地气候条件(地形、土壤、水、气候等)3个维度。研究方法包括主观经验判断、野外实验、数理统计法及3S技术等方法。研究尺度主要以林分、特定森林类型或林业小班作为评价单元^[6]。综上两种分析视角,本研究认为森林资源禀赋应是数量与质量的统一体,森林面积、蓄积及结构对森林生态系统服务都有着重要的意义,森林覆盖率和蓄积量能在数量上描述森林资源的丰裕程度,而物种丰度和森林生态影响度主要衡量森林资源的质量。因此,本研究从森林资源的丰

收稿日期:2016-12-10;修订日期:2017-06-21

基金项目:湖南省教育厅优秀青年项目(17B290)。

作者简介:杨伶,女,湖南株洲人,博士,讲师,主要研究方向为林业经济理论与政策。E-mail: ywl-1983@126.com

通讯作者:王金龙, E-mail: wjl-123@126.com

裕程度、森林生态系统所发挥的生态功能和森林资源内部结构所间接反映的森林物种丰度三个维度定义森林资源禀赋的内涵。

对于如何保育和管理森林资源的安全,改善其生态系统服务,进而提高特定区域的森林资源禀赋,还有待学者进行深入研究。近年来,对森林生态系统不同层次及不同时空下的结构、功能与服务的复杂性与稳定性研究一直是众多生态学者关注的热点问题。随着复杂系统理论及其应用研究的不断深入,学界开始尝试运用复杂网络方法来研究现实世界中的各种复杂系统。复杂网络属于复杂系统,但运用网络的方法将复杂的系统划分成多个组成部分,把各组成部分抽象成节点,节点间的相互作用抽象成连接节点的边,从而将复杂系统抽象成一个复杂网络,以此来分析特定网络的拓扑结构特性、结构识别以及动力学行为特征等^[7-9]。作为一门新兴的综合性学科,复杂网络在森林生态系统中的应用还刚刚起步,如在景观尺度下,将一定林分集合作为空间整体,研究森林景观斑块耦合体的规律^[10,11],但其研究本质仍属于林分尺度上的森林健康评价。

本研究认为森林生态系统在地域分布上有着十分密切的因果联系,任一节点的变化对区域的森林资源禀赋都会产生一定的影响,并且这种影响在特定的空间地理上呈现出一种特殊的网络关系^[12]。因此,不同于微观尺度上的森林健康研究,本研究在森林生态水平评价的基础上,将森林的社会与经济属性也作为衡量森林资源禀赋度的构成因素。而在研究尺度上,本文以湖南省122个县级行政单位研究对象,在对森林资源禀赋进行评价和通过局部Getis-Ord指数来识别森林资源的热点区、冷点区和非聚集区的基础上,构建以研究单元为节点,节点间森林资源空间依赖度为边权的湖南森林资源空间网络,并对空间网络的拓扑结构和网络特性进行分析,以此提出优化湖南森林资源空间格局的有效调控方式。

2 研究区概况、数据来源与研究方法

2.1 研究区概况

湖南省位于中国中部地区,国土面积21.18万

km²,下辖长沙、株洲、湘潭等14个地州市、122个县(市、区),2015年全省总人口6783万,人均GDP为42 823元^[13],境内森林资源丰富,森林覆盖率与活立木总蓄积量分别为56.27%和46 894.5万m³^[14],位列全国各省第8与13位(源于2009-2013年全国第八次森林资源清查资料)。由于各市辖区森林资源与县(县级市)存在明显的空间分异性,而同一地级行政单位的各市辖区存在显著的趋同性,本研究将地级行政单位下属辖区合并为一个研究单元(其中衡阳市南岳区单独列出)。根据湖南省县级行政区划历次重大调整,结合本研究的需要,对研究区的各县级行政单位做如下调整:

(1)1995年和2005年望城县作为一个独立的研究单元,2015年望城区数据合并到长沙市区。

(2)1995年怀化地区的黔阳县数据合并到洪江市。

(3)1995年怀化市区以原县级怀化市数据为准,2005年和2015年怀化市区以鹤城区数据为准,并新增中方县作为独立研究单元。

(4)1995年娄底市区以原县级娄底市数据为准,2005年和2015年以娄星区数据为准。

根据上述调整,1995年、2005年和2015年3个时期的研究单元分别为:101个含15个市区,86个县和县级市;102个含15个市区,87个县和县级市;101个含15个市区,86个县和县级市。

2.2 数据来源

本研究所需的基础数据为湖南省122个县级行政单位的森林资源二类调查数据,包括森林覆盖率、活立木总蓄积、森林面积、有林地面积、灌木林面积、疏林地面积、其他林地面积和各级森林公园/自然保护区面积等。20世纪90年代以来,湖南省开展了3次全省森林资源二类调查工作,主要为“八五”、“十五”和“十二五”森林资源二类调查。考虑森林资源调查工作的周期性,本文将森林资源二类调查数据所属的时间进行界定:

(1)1990-1995年开展的湖南省第四次(简称“八五”)森林资源二类调查工作所汇编的数据^[14]时间界定为1995年。

(2)2003-2004年开展的湖南省第五次(简称“十五”)森林资源二类调查工作所汇编的数据^[15]时

2017年7月

间界定为2005年。

(3) 2013-2014年开展的湖南省第六次(简称“十二五”)森林资源二类调查工作所汇编的数据^[16]时间界定为2015年。

2.3 研究方法

2.3.1 森林资源禀赋评价方法

根据上述森林资源禀赋的定义,通过三维矢量距离方法将森林资源丰裕度、森林生态影响度和森林物种丰度进行指标归并,以此来反映各研究区域森林资源禀赋度,其计算公式为:

$$Fre = \sqrt{\frac{1}{3}(Fra^2 + Fsa^2 + Fee^2)} \quad (1)$$

式中 Fre 为森林资源禀赋度; Fra 为森林资源丰裕度; Fsa 为森林物种丰度; Fee 为森林生态影响度。

(1) 森林资源丰裕度。森林资源丰裕度主要从森林资源覆盖率和活立木蓄积量两个方面进行考量,其计算公式为:

$$Fra = \Lambda_{fra} \times Fcr \times h(\Lambda_{psv} \times PSv) \quad (2)$$

其中:

$$Fcr = Fa/Lsa \times 100\% \quad (3)$$

$$PSv = SF_{sv}/SFa \quad (4)$$

式中 Λ_{fra} 为森林资源丰裕度标准化系数; Fcr 为森林覆盖率; Fa 为森林面积; Lsa 为土地调查面积,参照《湖南省森林资源规划设计调查技术规定》¹⁾,森林面积包括有林地面积和国家特别规定的灌木林面积; Λ_{psv} 为活立木单位蓄积量标准化系数; PSv 为活立木单位蓄积量; SF_{sv} 为活立木总蓄积; SFa 为有林地、疏林地和四旁树总面积; $h(\Lambda_{psv} \times PSv)$ 为标准化后活立木单位蓄积量的强度权系数赋值。活立木蓄积量是森林资源丰裕度在质方面的体现,按照等间距法,对标准化之后活立木单位蓄积量分为5个等级,借鉴《省级主体功能区划分技术规程》²⁾中有关GDP增长强度赋值方法,并根据湖南活立木单位蓄积量的空间分布特点,对不同情况下 $h(\Lambda_{psv} \times PSv)$ 的强度权系数赋值采用的数值为1.0, 1.2, 1.3, 1.4和1.5,具体赋值参照表1。

(2) 森林物种丰度。《中华人民共和国环境保护

表1 不同情况下 $h(\Lambda_{psv} \times PSv)$ 的强度权系数赋值

Table 1 The assignment of strength weight of $h(\Lambda_{psv} \times PSv)$

| 强度权系数赋值 | under different circumstances | | | | |
|---------|-------------------------------|---------|---------|---------|---------|
| | $\Lambda_{psv} \times PSv$ | | | | |
| | 0~0.2 | 0.2~0.4 | 0.4~0.6 | 0.6~0.8 | 0.8~1.0 |
| 强度权系数赋值 | 1.0 | 1.2 | 1.3 | 1.4 | 1.5 |

行业标准》(HJ/T192-2006)^[17]:通过单位面积上不同生态系统类型在生物数量上的差异来间接地反映区域内生物丰度的丰贫程度。本研究中的森林物种丰度主要是指通过单位面积上不同林地类型在生物数量上的差异,间接反映区域内森林生物丰度的丰贫程度。根据《中华人民共和国环境保护行业标准》(HJ/T192-2006)^[17]中生物丰度指数计算公式中有关林地分权重的设定,森林物种丰度的计算公式为:

$$Fsa = \Lambda_{fsa} \times [0.6 \times Fla + 0.25 \times Sa + 0.15 \times (Wa + OWa)] / Lsa \quad (5)$$

式中 Λ_{fsa} 为森林物种丰度标准化系数; Fla 为有林地面积; Sa 为灌木林面积; Wa 为疏林地面积; OWa 为其他林地面积。

(3) 森林生态影响度。根据《湖南省主体功能区规划》^[18]将禁止开发区域界定为依法设立的各级各类自然文化资源保护区域,以及其它禁止进行工业化城镇化开发、需要特殊保护的重点生态功能区。其功能定位为保护自然文化资源的重要区域,并发挥重要的生态功能。本研究选取与森林生态系统密切相关的各级自然保护区和森林公园来度量森林生态影响度。参照《省级主体功能区划分技术规程》²⁾中交通干线影响度公式的制定方法,采用分类赋值方法,对自然保护区和森林公园的不同等级进行赋值,拥有多种等级自然保护区和森林公园的研究单元,其赋值可以累积计算,然后进行汇总,森林生态影响度的计算公式为:

$$Fee = \Lambda_{fee} \times \left[\sum_{i=1}^3 h(Nca_i/Fa) + \sum_{i=1}^3 h(Fpa_i/Fa) \right] \quad (6)$$

式中 Λ_{fee} 为森林生态影响度标准化系数; Nca_i 为 i 等级自然保护区面积; Fpa_i 为 i 等级森林公园面积;

1) 湖南省林业厅,湖南省森林资源规划设计调查技术规定,2013年。

2) 国家发展和改革委员会发展规划司,省级主体功能区划分技术规程(试行),2007年。

$h(Nca_i/Fa)$ 为 i 等级自然保护区占比的生态影响度赋值; $h(Fpa_i/Fa)$ 为 i 等级森林公园占比的生态影响度赋值。由于不同等级的森林公园和自然保护区表征森林生态系统重要程度, 借鉴《省级主体功能区划分技术规程》¹⁾ 中有关人口流动强度权系数赋值方法对各等级森林公园/自然保护区所占比重以 5%, 10%, 20% 和 30% 为分界值进行分组, 由于湖南各等级森林公园/自然保护区所占比重较小, 国家级森林公园/自然保护区占比的生态影响度赋值采用的数值为 1, 3, 5, 7 和 9, 省级森林公园/自然保护区和县级森林公园/自然保护区在该数值基础上依次减半, 形成森林生态影响度赋值(见表 2)。

(4) 标准化系数。本研究采用全序列-功效系数法对指标数据进行标准化, 其计算公式为:

$$\Lambda_x \times X_{ij} = c + \frac{X_{ij} - \min(X_{ij})}{\max(X_{ij}) - \min(X_{ij})} \times d \quad (7)$$

式中 X_{ij} 为第 i 个研究区域第 j 项需要标准化的指标; $\min(X_{ij})$ 为最小值; $\max(X_{ij})$ 为最大值, c 和 d 为已知常数, 标准化数据的取值范围为 $[c, c+d]$ 。由于湖南省森林资源较为丰富, 不存在森林资源丰裕度为 0 的研究单元, 因此, Λ_{fra} 、 Λ_{fsa} 和 Λ_{fee} 中 c 是对标准化后的数据平移至 0.2, 相应地 d 的取值为 0.8。由于标准化后活立木蓄积量的取值范围为 $[0, 1]$, 故 Λ_{psu} 中 c 的取值为 0, d 的取值为 1。

2.3.2 森林资源禀赋空间网络

本文引入复杂网络分析主导过去 20 年湖南森林资源空间分布的关键因素。复杂网络是研究复杂系统中因素相互作用的重要工具, 空间网络作为一种特殊的复杂网络, 每个节点都有自己的地理位

置, 这种空间地理位置在分析节点之间的相互作用中有着重要意义^[19]。

(1) 空间网络构建。对于由 n 个节点, e 条边构成的空间网络 $G=(n, e)$, 其节点之间的相互作用可用矩阵 E 表示:

$$E = \begin{bmatrix} E_{11} & E_{12} & \cdots & E_{1n} \\ E_{21} & E_{22} & \cdots & E_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ E_{n1} & E_{n2} & \cdots & E_{nn} \end{bmatrix} \quad (8)$$

式中 $E_{ij}(i \leq n, h \leq h)$ 为节点 i 与节点 h 相连接边的权。在森林资源空间网络中, E_{ij} 为研究单元 i 和 h 之间森林资源的空间依赖度; n 为空间网络中节点的数量。

① 空间网络节点的确定。构建的森林资源空间网络是以研究单元为节点, 网络节点主要包括: 1995 年有 101 个, 含 15 个市区, 86 个县和县级市; 2005 年有 102 个, 含 15 个市区, 87 个县和县级市; 2015 年有 101 个, 含 15 个市区, 86 个县和县级市。

② 空间网络边权的确定。构建的森林资源空间网络是以研究单元之间森林资源的空间依赖度为边权, 研究单元 i 和 h 之间的空间依赖度 (E_{ih}) 的计算公式如下:

$$E_{ih} = \frac{G_{ih} + G_{hi}}{(G_i / \sum_{i=1}^n W_{ih}) + (G_h / \sum_{i=1}^n W_{ih})} - 1 \quad (9)$$

式中 $G_{ih} = \frac{W_{ih} Fre_h}{\sum_{h \neq i} Fre_h}$, $G_{hi} = \frac{W_{ih} Fre_i}{\sum_{i \neq h} Fre_i}$, 表示研究单元 i 和 h 之间的局部 Getis-Ord 指数的分解式; G_i 和 G_h 分别表示研究单元 i 和 h 的局部 Getis-Ord 指数;

表 2 各级自然保护区/森林公园占比生态影响度赋值

Table 2 Value of ecological influence degree of nature reserve/forest park ratio at all levels

| 类型 | 等级 | 标准 | 0 | 0~5% | 5%~10% | 10%~20% | 20%~30% | >30% |
|-------|----|----------|---|------|--------|---------|---------|------|
| 森林公园 | 1 | 国家级森林公园 | 0 | 1.00 | 3.00 | 5.00 | 7.00 | 9.00 |
| | 2 | 省级森林公园 | 0 | 0.50 | 1.50 | 2.50 | 3.50 | 4.50 |
| | 3 | 县级森林公园 | 0 | 0.25 | 0.75 | 1.25 | 1.75 | 2.25 |
| 自然保护区 | 1 | 国家级自然保护区 | 0 | 1.00 | 3.00 | 5.00 | 7.00 | 9.00 |
| | 2 | 省级自然保护区 | 0 | 0.50 | 1.50 | 2.50 | 3.50 | 4.50 |
| | 3 | 县级自然保护区 | 0 | 0.25 | 0.75 | 1.25 | 1.75 | 2.25 |

注: 0 数据列表示研究单元没有设立相应等级的自然保护区/森林公园, 相应的生态影响度赋值为 0。

1) 国家发展和改革委员会发展规划司, 省级主体功能区划分技术规程(试行), 2007 年。

2017年7月

W_{ih} 为 i, h 单元之间的非标准化的对称空间权重矩阵。当 $E_{ih} > 0$ 时, 研究单元 i 和 h 之间的空间依赖度较大, 表示研究单元 i 和 h 对共同邻接区域的森林资源空间分布的贡献较大; 当 $E_{ih} < 0$ 时, 研究单元 i 和 h 之间的空间依赖度较小, 表示研究单元 i 和 h 对共同邻接区域的森林资源空间分布的贡献较小。

(2) 空间网络拓扑结构。空间网络的拓扑结构主要是用来刻画复杂网络结构的统计特性, 主要通过节点的度、介数、聚集系数、形状指数和空间效应强度来描述网络的拓扑结构, 以此来揭示森林资源空间格局的演变规律。

① 节点的度 (D_i) 与介数 (B_i)。节点的度是指空间网络中节点与其他节点相连的边数, 记为 D_i ; 网络中所有节点度的平均值为网络的平均度, 记为 $D = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n D_i$ 。一般来说, 在网络中, 节点的度越大, 说明该节点在网络中的重要程度也就越大。

节点的介数主要用来描述节点对网络的影响力。设网络中节点 j 和 k 之间的最短路径数为 L_{jk} , 其中经过节点 i 的最短路径数为 $L_{jk}(i)$, 节点 i 的介数为:

$$B_i = \sum_{j,k} \frac{L_{jk}(i)}{L_{jk}} \quad (10)$$

式中节点的介数越大, 说明该节点对网络的影响越大; 节点的介数越小, 说明该节点对网络的影响越小。网络中所有节点介数的平均值为平均介数, 记为 $B = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n B_i$ 。

② 聚集系数。聚集系数主要是用来描述节点与其相连节点之间的关系。设网络中节点 i 有 D_i 条边与其相连, 即节点 i 有 h_i 个相邻的节点, 显然节点 i 与 D_i 个相邻的节点之间最多可能有 $C_{D_i}^2$ 条边。聚集系数的计算公式为:

$$C_i = \frac{2F_i}{C_{D_i}^2} \quad i=1, 2, \dots, n \quad (11)$$

式中 F_i 为节点 i 与 h_i 个相邻的节点之间实际存在的边数; $C_{D_i}^2$ 为节点 i 与 h_i 个相邻的节点之间可能存在的边数。当 $C_i = 0$ 时, 说明节点 i 不与网络中其

他任何节点相连, 为孤立点; 当 $C_i = 1$ 时, 说明节点 i 与网络中其他任何节点直接相连。网络中所有节点聚集系数的平均值为平均聚集系数, 记为

$$C = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n C_i$$

③ 形状指数。形状指数主要是用来衡量网络中节点所代表研究单元的规则程度, 本文参照圆形标准, 形状指数的计算公式为:

$$SI_i = \frac{0.25P_i}{\sqrt{A_i}} \quad (12)$$

式中 P_i 为节点 i 所代表研究单元的周长; A_i 为节点 i 所代表研究单元的面积。形状指数越大, 说明该研究单元形状复杂程度越高; 形状指数越小, 说明该研究单元形状复杂程度越低。

④ 节点的空间效应强度。空间效应强度主要是结合空间网络边权的大小来描述节点 i 对其相邻区域森林资源空间格局的影响。节点 i 的空间效应强度 (I_i) 的计算公式为:

$$I_i = \frac{\sum_{h \neq i} V_{ih}}{D_i} \quad (13)$$

式中 V_{ih} 为研究单元 i 和 h 之间的空间依赖度赋值, 当 $E_{ih} > 0$ 时, $V_{ih} = 1$, 当 $E_{ih} < 0$ 时, $V_{ih} = 0$; D_i 为节点 i 的度。

网络中所有节点的空间效应强度的均值为平均空间效应强度 (I), 记为:

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n I_i}{n} \quad (14)$$

式中节点 i 的空间效应强度 (I_i) 的取值范围 $[0, 1]$; 当 $I_i \geq 0.5$, 节点 i 在森林资源局部空间格局中占据重要地位, 越接近 1, 其发挥的辐射和示范作用越大; 当 $I_i < 0.5$, 节点 i 在森林资源局部空间格局的形成具有负面影响, 越接近 0, 其改善空间越大。

3 结果及分析

3.1 森林资源总体分布

为了解湖南森林资源的总体分布情况, 采用森林资源禀赋评价方法对湖南各研究单元森林资源禀赋度进行评价。同时为了便于描述湖南森林资源在空间上的分布, 采用 GIS 的方法将森林资源禀赋度进行空间图形化处理, 森林资源禀赋等级是在

考虑禀赋度的数据分布情况下采用等间距法进行划分,为4个等级:[0.2,0.4)为低水平,[0.4,0.5)为中低水平,[0.5,0.7)为中高水平,[0.7,1.0]为高水平,图形化结果见图1。

湖南省地貌呈复式马蹄型丘陵性盆地格局,即处于一级盆地的边缘,东面为罗霄山脉,南部为五

岭山脉,西面为雪峰山脉,西北为武陵山脉^[20]。由3个研究年份的森林资源禀赋度空间分布图可知,这种地貌格局决定了森林资源禀赋度高的区域主要集中在湘东、湘南、湘西南和湘西北,而森林资源禀赋度低的区域主要集中在湘北和湘中;从年际变化来看,县域森林资源空间分布呈现明显的动态特点,森林资源丰富区域由点状向片状扩展,森林资

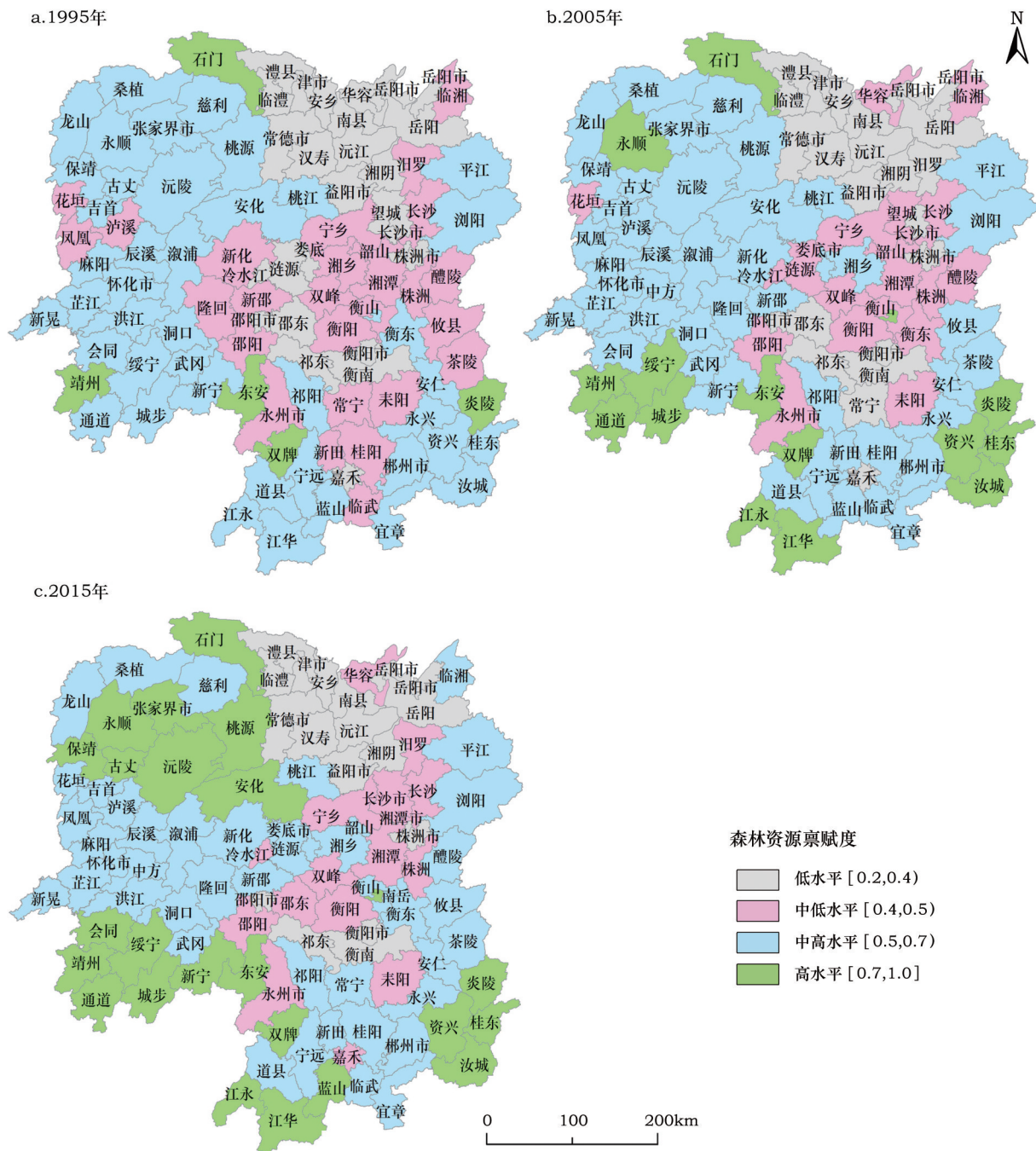


图1 1995–2015年湖南森林资源空间分布

Figure 1 The spatial distribution of forest resources in Hunan from 1995 to 2015

2017年7月

源禀赋度一般和低等水平的区域呈缩小趋势(图1)。

(1)1995年森林资源禀赋度处于高水平的县域主要有炎陵县、东安县、双牌县、靖州苗族自治县和石门县,仅占研究单元的4.95%;大部分县域(约占42.57%)森林资源禀赋度处于中高水平,主要分布于湘东的浏阳市、平江县,湘南的郴州地区和永州地区的大部分县域,湘西南和湘西北的绝大部分县域;森林资源禀赋度较低的县域大部分分布于湘中(如邵阳地区和衡阳地区部分县域)和湘东地区(如株洲地区的株洲县、攸县等),并零星分布于湘南和湘西的部分县域,约占研究单元的26.73%;而森林资源禀赋最低的县域主要分布于湘中的娄底地区和衡阳地区部分县域,湘北的岳阳地区和常德地区的大部分县域及长株潭市辖区和嘉禾县,约占研究单元的25.74%(图1a)。

(2)2005年森林资源丰富的县域范围有所扩大,明显集中于湘南和湘西地区,而禀赋度较低的县域有下降趋势。与1995年相比,2005年湖南森林资源禀赋度高的县域单元增加到15个,约占全部研究单元的14.71%;处于中高水平的县域达45个,约占研究单元的44.12%;森林资源禀赋度较低的县域单元减少到19个,约占全部研究单元的18.63%;而处于最低水平的县域单元减少趋势不明显,仍占研究单元的22.55%,主要集中于湘北和湘中地区(图1b)。

(3)2015年森林资源禀赋度高的县域显著增加(约占研究单元的23.76%),森林资源丰富的湘南郴州地区与永州市区以及湘西南与湘西北都成片聚集;森林资源禀赋中高水平的县域单元仍占主导地

位,约占全部研究单元的43.56%;森林资源禀赋度表现为中低和低水平的县域显著减少,分别占研究单元的13.86%和18.81%(图1c)。

从年际变化来看,1995-2015年森林资源禀赋度是逐年增加的,但空间格局改变不明显。近20年来,湖南森林资源得到长足的发展,由湖南省森林资源二类调查数据可知,全省森林覆盖率由50.7%增加到56.27%,同时森林资源保护意识逐步增强,自1995年以来湖南省批准设立国家级自然保护区13个,面积达2328.9km²,国家级森林公园24个,面积达1230.65km²。从空间格局看,湖南森林资源分布主要由湖南地形地貌所决定,受到区域间不均衡的发展潜力所限制,即湘中和湘北地区不具有森林资源发展潜力,也说明进一步优化湖南森林资源空间格局具有较大难度。

3.2 森林资源禀赋空间网络

为了揭示湖南森林资源空间分布格局的演变规律,本文以研究单元为节点,研究单元之间的空间依赖度为边权,并按热点区、冷点区和非聚集区来分类,构建了1995年、2005年和2015年共3个研究时期的森林资源禀赋空间网络(图2),并通过空间网络不同空间格局的拓扑结构进行分析(表3)。研究采用局部Getis-Ord指数,对研究单元的森林资源局部空间聚集情况进行分析,主要分为热点区、冷点区和非聚集区^[21]。其中,热点区为森林资源高值与高值聚集区域(图2中红色节点),冷点区为森林资源低值与低值聚集区域(图2中蓝色节点),非聚集区为森林资源高值与低值随机分布区域(图2中黄色节点)。如图2所示,任意两两相邻的节点为

表3 湖南森林资源禀赋空间网络拓扑参数

Table 3 The space network topological parameters of forest resources endowment in Hunan

| | 区域类型 | 节点数 | 平均度 | 平均介数 | 平均聚集系数 | 形状指数 | 平均空间效应强度 |
|-------|------|-----|------|-------|--------|-------|----------|
| 1995年 | 热点区 | 16 | 4.88 | 0.024 | 0.115 | 1.632 | 0.653 |
| | 冷点区 | 16 | 5.44 | 0.034 | 0.101 | 1.734 | 0.310 |
| | 非聚集区 | 69 | 5.17 | 0.040 | 0.096 | 1.700 | 0.473 |
| 2005年 | 热点区 | 19 | 4.63 | 0.013 | 0.105 | 1.607 | 0.639 |
| | 冷点区 | 18 | 5.78 | 0.037 | 0.120 | 1.732 | 0.377 |
| | 非聚集区 | 65 | 5.17 | 0.046 | 0.101 | 1.821 | 0.499 |
| 2015年 | 热点区 | 19 | 4.95 | 0.025 | 0.114 | 1.588 | 0.610 |
| | 冷点区 | 18 | 5.78 | 0.044 | 0.114 | 1.706 | 0.308 |
| | 非聚集区 | 64 | 5.13 | 0.039 | 0.095 | 1.727 | 0.484 |

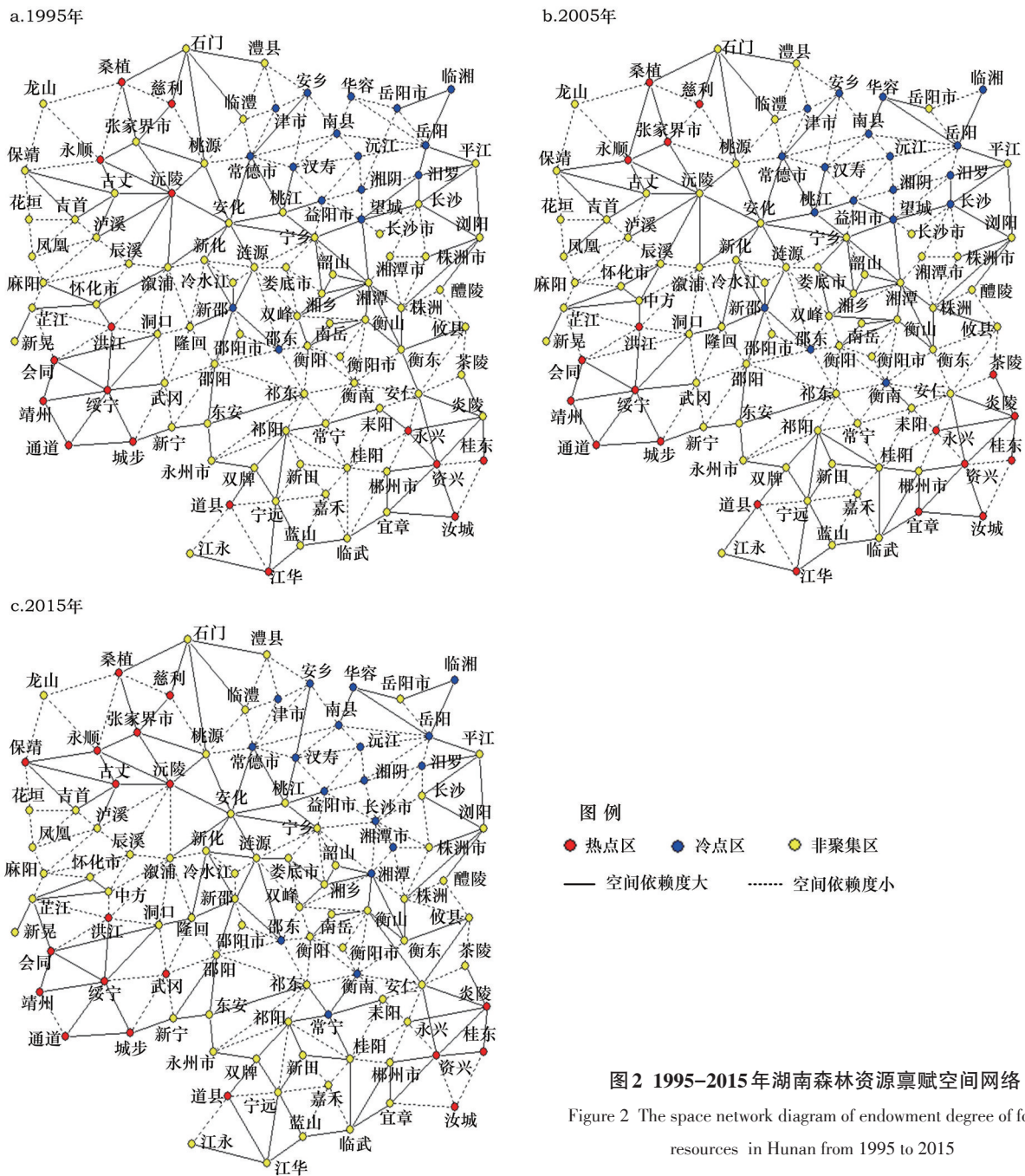


图2 1995–2015年湖南森林资源禀赋空间网络

Figure 2 The space network diagram of endowment degree of forest resources in Hunan from 1995 to 2015

不同研究单元,实线表示相邻节点之间空间依赖度大,虚线表示相邻节点之间空间依赖度小。

3.2.1 不同空间格局的拓扑结构

表3显示,3个研究年份热点区节点数处于16~19之间,由于热点区主要分布于与外省交界的湘南、湘西南和湘西北地区(图2中的红点节点),其平均度(4.63~4.95)、平均介数(0.013~0.025)和形状指数为1.588~1.632最小,平均聚集系数分布于0.105~0.115之间,说明热点区研究单元形状复杂程度较

低,节点对网络连通作用和影响力小;冷点区节点数处于16~18之间,由于冷点区主要分布于地处湖南中心地带的湘北和湘中地区(图2中的蓝点节点),其平均度(5.44~5.78)、平均介数(0.034~0.044)和形状指数(1.706~1.734)均高于其他区域,平均聚集系数分布于0.101~0.120之间,说明冷点区研究单元形状较为复杂,节点对空间网络的连通作用和影响较大;非聚集区节点数(64~69)最多,平均度(5.13~5.17)和平均介数(0.039~0.046)居于中等水

2017年7月

平,平均聚集系数(0.095~0.101)和形状指数(1.700~1.821)处于较高水平,说明非聚集区研究单元形状复杂程度较高,节点对网络的连通作用和影响力较大。

3.2.2 不同空间格局的节点-空间效应强度

结合空间网络节点的空间效应强度对森林资源空间格局演变进行分析,从总体分布来看,1995-2015年热点区节点的平均空间效应强度处于0.610~0.653之间,说明热点区的研究单元对森林资

源空间分布起着正面影响;冷点区节点的平均空间效应强度分布于0.308~0.377之间,说明冷点区的研究单元对森林资源空间分布起着负面影响(表3)。由于网络的连通作用取决于节点度值的大小,而某一研究单元对其相邻区域森林资源空间分布的贡献取决于空间效应强度的大小。因此,本研究通过对不同空间格局的节点度与空间效应强度分布(图3)进行分析,来探究局部区域森林资源演变规律。

由1995-2015年冷点区节点度与空间效应强度

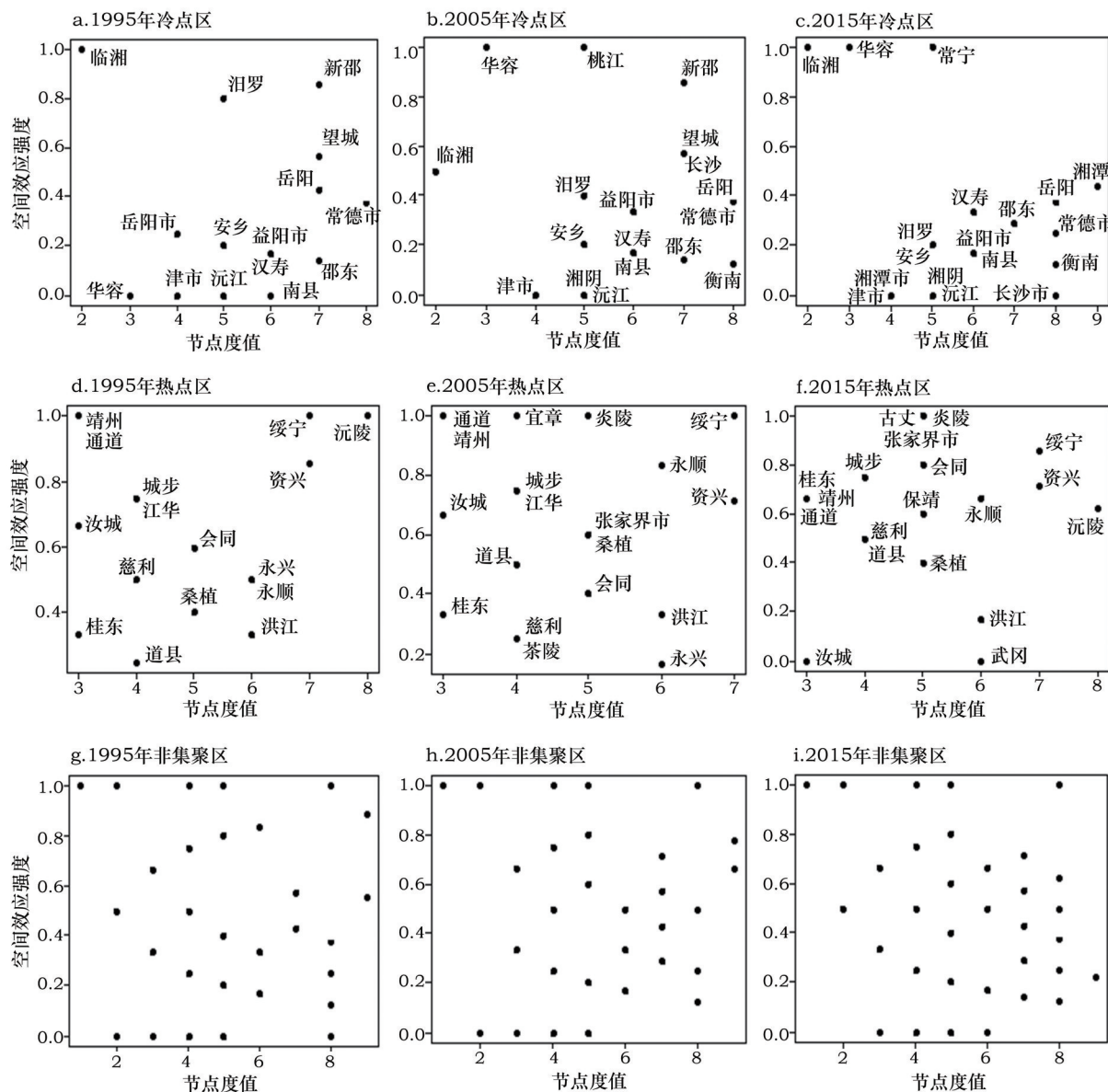


图3 1995-2015年不同空间格局节点度-森林资源空间效应强度分布

Figure 3 The intensity distribution of spatial effect between pattern node degree and forest resources in different spatial from 1995 to 2015

注:由于3个研究年份非集聚区节点数处于64~69之间,且散点图中大多数节点重叠,因此1995-2015年非集聚区节点度-森林资源空间效应强度分布(图3g、图3h和图3i)中省略节点城市名称。

分布(图3a、图3b和图3c)可知,近20年来冷点区森林资源空间效应强度呈现“两极分化”分布趋势,即空间效应强度较低($I_i < 0.5$)的研究单元向右下方(度值增加方向)集中,而空间效应强度较高($I_i \geq 0.5$)的研究单元向左上方(度值减小方向)集中,说明在森林资源冷点区域空间效应强度低的研究单元在空间网络中起的作用越来越大(度值增加),该部分研究单元对森林资源冷点区形成起着关键的作用;冷点区空间效应强度高的研究单元在空间网络中所起的影响较小(度值较小),虽然该部分研究单元对森林资源局部空间格局的形成起着正面影响,但由于其数量较少(到2015年仅有临湘市、华容县和常宁市三个研究单元),节点的度值也相对小,对森林资源冷点区的形成实质影响较小。1995-2015年森林资源冷点区中空间效应强度为0的研究单元数量呈小幅“V”型变动,且节点度值呈增加趋势,说明该部分研究单元是冷点区的“中心地带”,其森林资源禀赋低于与其相邻的任何区域,因此该部分研究单元是今后森林资源调控的重点区域。

从1995-2015年热点区节点度与空间效应强度(图3d、图3e和图3f)来看,1995-2015年热点区森林资源空间效应强度呈逐年上升趋势,但2015年空间效应强度较高($I_i \geq 0.5$)的研究单元有80%的度值分布在3~6之间,说明森林资源热点区空间效应强度高的研究单元在森林资源空间网络中起着正面的影响,对森林资源热点区的形成起着非常重要的作用。但由于该部分研究单元主要分布在湖南省的边缘地带,节点度值较小,对森林资源局部空间格局的影响受到一定限制。空间效应强度较低($I_i < 0.5$)的研究单元对森林资源热点区产生负面影响,其节点度值主要分布在3~6之间,因此改善该部分研究单元及其相邻区域的森林资源状况能进一步扩大热点区的范围。由此可见,在湖南森林资源空间规划中要维持当前森林资源空间格局,必须确保炎陵县、古丈县、张家界市区、绥宁县、资兴市、沅陵县、永顺县、会同县、保靖县、城步县、桂东县、靖州县、通道县、慈利县和道县等研究单元的森林资源首要地位。要进一步扩大热点区,应当从两个方面采取加强措施,一是进一步改善空间效应强度较高($I_i \geq 0.5$)且节点度值较大($D_i > 5$)的研究单元的

森林资源状况,如永顺县、绥宁县、资兴市和沅陵县,二是改善空间效应较低及其相邻区域的研究单元的森林资源状况,如桑植县、洪江市、武冈市和汝城县。

根据1995-2015年非聚集区节点度与空间效应强度(图3g、图3h和图3i)来看,1995-2015年森林资源非聚集区节点度值-空间效应强度呈均匀分布态势,即空间效应较高和较低的研究单元其度值主要分布在1~9之间。其中,非聚集区空间效应强度为1的研究单元所占比重在15.63%~20.30%之间,其度值分布在2~6之间,该部分研究单元属于非聚集区的高值节点,与其相邻的区域为非聚集区的相对低值区域;空间效应强度为0的研究单元所占比重在14.06%~15.94%之间,其度值分布在1~8之间,但大多数节点度值低于5,该部分研究单元属于非聚集区的低值节点,与其相邻的区域为非聚集区的相对高值区域。由此可见,为了进一步改善湖南森林资源空间格局,对非聚集区可以采取两个方面的措施,一是改善非聚集区高空间效应强度相邻区域的森林资源状况,可将非聚集区的空间效应强度高的研究单元转变为森林资源热点区,且度值越小的空间效应强度研究单元其相邻区域相对少,调控的难度也相对较小,从2015年森林资源禀赋空间网络来看,这部分研究单元为与新晃县、南岳区、平江县、东安县、双牌县、江华县、浏阳市、石门县、桃江县和安化县等相邻的区域;二是改善非聚集区低空间效应强度的研究单元的森林资源状况,从2015年森林资源禀赋空间网络来看,这部分研究单元主要包括衡阳市区、邵阳市区、冷水江市、花垣县、龙山县、凤凰县、嘉禾县、麻阳县和辰溪县等。

4 结论与讨论

本文在充分考虑森林的社会和经济属性的基础上,对湖南森林资源禀赋进行评价,并据此构建空间网络来解释森林资源空间格局的演变规律。

4.1 结论

(1)从森林资源地域分布来看,1995-2015年湖南森林资源丰富的区域主要集中在湘东、湘南、湘西南和湘西北,而森林资源贫乏的区域主要集中在湘北和湘中。从年际变化来看,森林资源空间分布呈现较为明显的动态特点,森林资源丰富区域由点

2017年7月

状向片状扩展,其中以湘西南和湘西北地区扩展趋势最为显著,而森林资源禀赋度一般和贫乏的区域呈缩小趋势。湖南森林资源总体分布情况主要由湖南省独特的地形地貌所决定,且与《湖南省主体功能区规划》^[18]中重点森林生态功能区基本一致,都是分布在武陵山、南岭和罗霄—幕阜山等片区,而洞庭湖及湘资沅澧“四水”生态功能区主要侧重于湿地生态功能,属于森林资源严重贫乏区域。因此,湖南森林资源呈现出“相对丰裕区扩展,相对贫乏区缩小”的趋势,与湖南省2011年以来推进形成主体功能区,逐步形成人口、经济与资源环境相协调的空间开发格局是密不可分的。

(2)从湖南森林资源空间网络局部空间格局来看,热点区节点对森林资源空间分布起着正面影响,而冷点区节点起着负面影响。由1995-2015年不同空间格局节点度-森林资源空间效应强度分布可知,近20年来冷点区森林资源空间效应强度呈现“两极分化”分布趋势,即空间效应强度较低的研究单元向度值增加方向集中,而空间效应强度较高的研究单元向度值减小方向集中;热点区森林资源空间效应强度呈逐年上升趋势,即热点区节点向空间效应强度高的方向集中;非聚集区森林资源空间效应强度呈均匀分布态势,即空间效应较高和较低的研究单元其度值主要分布在1~9之间。

4.2 讨论

(1)为了进一步优化湖南森林资源空间格局,对湖南森林资源空间分布进行调控的主要思路是各研究单元在充分确保自身发展优势的基础上,不同空间格局应采取不同的森林资源调控策略:冷点区应着重调控空间效应强度低且度值较高的研究单元的森林资源状况,该部分研究单元对森林资源冷点区的形成起着关键的作用,但由于该部分研究单元不具备良好的森林资源生长环境,具有一定的调控难度;热点区应进一步保持空间效应强度高但度值相对较低研究单元在森林资源空间格局中的主导地位,并同时改善空间效应强度较高且节点度值较大的研究单元的森林资源状况和空间效应较低及其相邻区域的研究单元的森林资源状况;非聚集区应改善与高空间效应强度节点相邻区域的森林资源状况和低空间效应强度节点的森林资源状

况。同时,在具体调控过程中,在充分考虑各研究单元实际情况的基础上,评估各研究单元森林资源调控的可行性,同时从森林资源整体空间格局来看,最有效的调控方式应当是对空间效应强度低且度值高的研究单元予以重点关注。

(2)森林资源是森林生态系统的核心组成部分,构建森林资源禀赋空间网络,探究湖南森林资源禀赋空间格局的演变规律,旨在推进湖南森林资源空间格局的进一步优化。《湖南省主体功能区规划》立足于区域资源禀赋和现实发展基础,将全省县级行政单位分为重点开发区、限制开发区和禁止开发区,旨在通过主体功能定位来优化空间结构和规范开发秩序。近年来通过对不同主体功能区实施情况的评估,可以发现湖南重点进行工业化城镇化开发的城市化空间格局和限制进行大规模高强度工业化城镇化开发的生态安全空间格局已初步形成^[22,23],本文的研究结论也验证了湖南森林生态安全格局的形成和演变。然而,在主体功能区规划推进过程中,仍存在组织实施难度大和加剧区域非均衡发展等问题^[24]。因此,在推进湖南森林资源空间格局进一步优化过程中,结合经济社会发展空间合理布局更具现实意义,在实施过程中还应考虑如何通过相关的法律程度将有效调控方式纳入各研究单元的年度计划和发展规划,以及对森林资源共享共建和跨区域生态补偿等方面应积极探索建立准市场机制来平衡不同的利益主体也是未来的研究方向。

(3)本文利用研究单元之间是否邻接作为节点之间连线的依据,由此形成森林资源空间网络的拓扑结构,但这并不是节点连线的唯一方法,还有其他连接原则(如空间自相关关系)可以考虑。在森林资源空间网络的构建中引入空间依赖度对边权进行赋值,来描述节点在局部空间格局中的地位,结合节点度值进一步判别需调控节点,从而提出森林资源空间格局优化的有效调控方式。不过,在边权的研究中没有考虑各研究单元间作用力的方向,即本文没有探讨节点间空间依赖度的来源。未来的研究中应进一步探讨在森林资源演变发展中各节点间作用力的方向,来更好地揭示作为增长极的关键节点是如何发挥辐射作用和示范作用的。同

时,本文所用的拓扑结构参数还有待进一步深入研究,为了进一步揭示森林资源空间分布的规律,下一步的研究重点应关注网络的优化与调控,即网络的抗毁性和动力学研究,从而找出湖南森林资源空间网络的关键节点和关键边权。

参考文献(References):

- [1] Koebel B M, Levet A L, Nguyen-Van P, *et al.* Productivity, resource endowment and trade performance of the wood product sector[J]. *Journal of Forest Economics*, 2016, 22(1): 24-35.
- [2] 刘宗飞,姚顺波,刘越. 基于空间面板模型的森林“资源诅咒”研究[J]. 资源科学, 2015, (2): 379-390. [Liu Z F, Yao S B, Liu Y. Forest “resource curse” based on spatial panel modeling[J]. *Resources Science*, 2015, (2): 379-390.]
- [3] 李周,王宏伟. 森林丰富地区的贫困问题研究[J]. 林业经济, 2000, (4): 1-7. [Li Z, Wang H W. Study on the poverty problem in forest rich areas[J]. *Forestry Economic*, 2000, (4): 1-7.]
- [4] 刘璨,吕金芝. 中国森林资源环境库兹涅茨曲线问题研究[J]. 制度经济学研究, 2007, (2): 146-169. [Liu C, Lv J Z. On China's forest resource environmental Kuznets Curve[J]. *Research of Institutional Economics*, 2007, (2): 146-169.]
- [5] Hogarth J N, Belcher B, Campbell B, *et al.* The role of forest-related income in household economies and rural livelihoods in the border-region of Southern China[J]. *World Development*, 2013, 43: 111-123.
- [6] 施明辉,赵翠薇,郭志华,等. 森林健康评价研究进展[J]. 生态学杂志, 2010, 29(12): 2498-2506. [Shi M H, Zhao C W, Guo Z H, *et al.* Review on forest health assessment[J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2010, 29(12): 2498-2506.]
- [7] Boucot A J. The complexity and stability of ecosystems[J]. *Nature*, 1985, 315(6021): 635-636.
- [8] Zhao J, Qin L, Lu J, *et al.* Topology identification of complex dynamical networks[J]. *Chaos*, 2010, DOI: 10.1063/1.3421947.
- [9] Wu X, Zhou C, Chen G, *et al.* Detecting the typologies of complex networks with stochastic perturbations[J]. *Chaos*, 2011, DOI: 10.1063/1.3664396.
- [10] 唐涛,李际平,袁晓红,等. 基于邻接关系的森林景观斑块耦合网络结构特性分析[J]. 中南林业科技大学学报, 2016, 36(10): 114-118. [Tang T, Li J P, Yuan X H, *et al.* Structural characteristics investigation of forest landscape patches coupling network based on adjacency relations[J]. *Journal of Central South University of Forestry & Technology*, 2016, 36(10): 114-118.]
- [11] 谭三清,王湘衡,肖维,等. 基于复杂网络的森林健康评价研究[J]. 中南林业科技大学学报, 2015, (8): 13-16. [Tan S Q, Wang X H, Xiao W, *et al.* Forest health assessment based on complex network[J]. *Journal of Central South University of Forestry & Technology*, 2015, (8): 13-16.]
- [12] Guillier S, Munoz V, Rogan J, *et al.* Optimization of spatial complex networks[J]. *Physica A-Statistical Mechanics and Its Applications*, 2017, 467(2): 465-473.
- [13] 湖南省统计局. 湖南统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2015. [Hunan Statistical Bureau. Hunan Statistical Yearbook [M]. Beijing: China Statistics Press, 2015.]
- [14] 湖南省林业厅. 湖南省森林资源主要数据汇编[M]. 长沙: 湖南省林业厅, 1996. [Hunan Provincial Forestry Department. The Main Data of Forest Resources Compilation in Hunan Province [M]. Changsha: Hunan Provincial Forestry Department, 1996.]
- [15] 湖南省林业厅. 湖南省森林资源主要数据汇编[M]. 长沙: 湖南省林业厅, 2005. [Hunan Provincial Forestry Department. The Main Data of Forest Resources Compilation in Hunan Province [M]. Changsha: Hunan Provincial Forestry Department, 2005.]
- [16] 湖南省林业厅. 湖南省森林资源主要数据汇编[M]. 长沙: 湖南省林业厅, 2014. [Hunan Provincial Forestry Department. The Main Data of Forest Resources Compilation in Hunan Province [M]. Changsha: Hunan Provincial Forestry Department, 2014.]
- [17] 国家环境保护部. 生态环境状况评价技术规程(试行)(HJ/T192-2006)[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2006. [Environmental Protection Department Technical Regulations. Technical Regulations for Assessment of Ecological Environment Status (Trial Edition) (HJ/T192-2006) [M]. Beijing: China Environmental Science Press, 2006.]
- [18] 湖南省发展和改革委员会. 湖南省主体功能区规划[EB/OL]. (2016-05-17)[2017-06-21]. http://www.hunan.gov.cn/2015xxgk/szfzcbm/tjbm/ghjh/201605/t20160517_3058427.html. [Development and Reform Commission of Hunan Province. Major Function-oriented Zone Plan in Hunan Province [EB/OL]. (2016-05-17)[2017-06-21]. http://www.hunan.gov.cn/2015xxgk/szfzcbm/tjbm/ghjh/201605/t20160517_3058427.html.]
- [19] Boers N, Donner R V, Bookhagen B, *et al.* Complex network analysis helps to identify impacts of the El Nino Southern Oscillation on moisture divergence in South America[J]. *Climate Dynamics*, 2014, 45(3-4): 1-14.
- [20] 杨湘桃,薛生国. 湖南森林资源地理特征研究[J]. 经济地理, 2001, 21(6): 736-739. [Yang X L, Xue S G. Geographic features of forestry resource in Hunan[J]. *Economic Geography*, 2001, 21(6): 736-739.]
- [21] Peeters A, Zude M, Kathner J, *et al.* Getis-Ord's hot-and cold-spot statistics as a basis for multivariate spatial clustering of orchard tree data[J]. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2015, 111(2): 140-150.
- [22] 陈铃林. 改进 S-CAD 方法的主体功能区规划实施评价研究

2017年7月

- [D]. 北京: 中国地质大学, 2016. [Chen L M. Applying the Improved S- CAD on Implementation Evaluation of Major Function Oriented Zoning Planning-A Case in Hunan Province [D]. Beijing: China University of Geosciences, 2016.]
- [23] 张路路, 蔡玉梅, 郑新奇, 等. 湖南省主体功能区的规划实施绩效评估研究[J]. 国土资源科技管理, 2016, 33 (3): 39-45. [Zhang L L, Cai Y M, Zheng X Q, *et al.* Implementation performance evaluation of major function-oriented zone plan in Hunan Province[J]. *Scientific and Technological Management of Land and Resources*, 2016, 33(3): 39-45.]
- [24] 王铁, 寇垠. 贵州省主体功能区规划实践与政策应对[J]. 贵州民族研究, 2014, (3): 162-165. [Wang T, Kou Y. The main functional area planning practice and policy response of Guizhou Province[J]. *Guizhou Ethnic Studies*, 2014, (3): 162-165.]

Spatial pattern evolution of forest resource endowment in hunan at the county level according to spatial network modeling

YANG Ling¹, ZHANG Gui², WANG Jinlong¹, WU Xin²

(1. School of Business, Central South University of Forestry and Technology, Changsha 410004, China;

2. School of Science, Central South University of Forestry and Technology, Changsha 410004, China)

Abstract: Exploring spatial pattern evolution of forest resources has important theoretical and practical significance for forest resource sustainable development. Based on the degree of forest resource abundance, ecological impact and species abundance, the forest resource endowment degree of Hunan was evaluated in 1995, 2005 and 2015. Then, in order to reveal the evolution law of the spatial pattern of forest resources, we used complex network theory and Pajek software for nodal county administrative divisions, spatial dependency as edges, and space network diagrams of endowment degree of forest resources in Hunan. At the same time, degree, betweenness, aggregation coefficient, shape index and spatial effect intensity were used to characterize the topology of the network model. We found that the connectivity and influence of cold spots of complex network were more than hot spots. The hot spots had a positive impact on the spatial distribution of forest resource endowment, but cold spots played a negative impact. In order to promote the spatial collaborative development of forest resources for Hunan, the most effective way is to focus on the research unit of the improvement of the evolution of the composite system (space effect intensity is less than 0.5) and where influence on the overall spatial pattern is larger (node degree value is above 5). To reveal the law of spatial distribution of forest resources we can study the direction of the interaction between the nodes in the evolution of forest resources in future research to determine key nodes and edge rights of the forest space network.

Key words: endowment of forest resources; spatial pattern; complex network; Hunan

《资源科学》投稿须知

1. 投稿要求

(1)本刊设立18个栏目编排文章,各栏目的详细说明可阅读网站(www.resci.cn)“简介”中的“栏目设置”部分,所投稿件选题应符合相应栏目的要求。

(2)文稿题目限定在25个汉字内;篇幅一般不超过8个版面页,并附300字左右的中文摘要及4~8个关键词,摘要应涵盖文章的研究目的、方法、主要论点和结论;英文摘要和中文摘要相对应,正文不多于300个单词。

(3)文章编写格式按照国家标准GB7713-87(《科学技术报告、学位论文和学术论文的编写格式》)的规定,采用阿拉伯数字分级编号。图形、图例、表格、参考文献、量和单位等的使用在本刊网站“作者”栏中有详细介绍,请作者投稿前参照本刊最新已发表文章统一规范。

(4)本刊实行网上投稿(网址:<http://www.resci.cn>,要求Word97-2003文本,大小不超过2M),不接受纸质稿件,个别上网确有困难的作者可通过Email(zykx@igsrr.ac.cn)或寄送光盘投稿(通信地址:北京市朝阳区大屯路甲11号,《资源科学》编辑部收,邮政编码100101)。

2. 审稿

本刊实行“编辑部初审—同行专家评审—责任编委复审—主编终审”的审稿制度。

初审重点是查新、查重和审查数据,以及选题和写作是否达到本刊基本要求(初审通过后即发审稿费通知)。

评审重点是鉴定文稿的学术质量和价值,采用国际惯用的双向匿名审稿制。

复审主要是对有异议或者评审意见分歧的文稿进行重审,并检查作者修改是否恰当。

终审根据近期稿源情况,综合考虑多种因素,决定稿件采用与否,并对拟采用的稿件进行排队和处理。

每个阶段审稿一般在30个工作日(法定节假日顺延)内完成,超出预定时限(以网上设定为准),作者可以在通知编辑部撤稿后将稿件转投其他期刊。

3. 发表与版权

(1)文章发表。通过主编终审的稿件经编校后首先制作成电子文档在本刊网站发布,并按照规定收取版面费等费用,收费后随即编入最近一期书版正式发表,并同时在本刊网站及相关网站刊出。编校过程中有可能依照相关法律法规或专业要求对原稿的文字及图、表外观做适当修改,如作者不同意对原稿做任何修改,必须以书面形式函告编辑部。

文稿一旦刊出,作者要承担文章内容及其影响的责任。

(2)版权。文章发表后作者拥有该文的著作权,第一作者为其著作权人代表。

文稿刊出后,该文不得以同种文字在其他期刊再次发表(含纸质、光盘、网络等各种介质、媒体),汇编个人作品(含网页)或文集使用该文及其版式须注明出处。

论文一经录用,《资源科学》编辑部同时享有论文的数字化复制权、发行权、汇编权及信息网络传播权。如果作者不同意其文以电子媒介传播,必须在来稿时声明。

文稿刊用后酌致稿酬(其中包含网络版稿酬),并赠送当期杂志3册。