

基于国土空间开发适宜性的城市群绿心 生态空间演变与重构研究

陈一溥¹ 郑伯红¹ 汪华²¹

(1. 中南大学 建筑与艺术学院, 湖南 长沙 410075;

2. 中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司, 浙江 杭州 311122)

【摘要】: 生态空间是保障人类社会与自然环境和谐共处的重要生态屏障, 发挥着重要的生态功能。城市群生态空间变化与重构, 是生态文明建设的必然要求, 也是地理学、生态学、城乡规划学等学科亟待解决的科学问题。运用 ArcGIS 等软件对数据进行处理, 建立空间属性数据库, 构建了长株潭城市群生态空间用地转移矩阵, 定量分析了生态用地的主要流向。结果表明: 1980~2017 年总共减少了 4980.54hm², 平均每年减少 184.46hm²。2000~2017 年为急速减少阶段, 年平均减少量接近过去 20 年的 8 倍, 动态度为-0.5174%。林地转出面积最多达到 26.22hm², 耕地转出面积为 22.08hm²; 分别占到转出总面积的 52.65%和 44.33%。从生态水网络系统、生态斑块系统和生态基质系统 3 方面提出长株潭城市群绿心生态空间重构策略。

【关键词】: 生态空间 国土空间开发适宜性评价 空间重构 长株潭城市群

【中图分类号】: X171.4 **【文献标识码】:** A **【文章编号】:** 1004-8227(2022)03-0551-12

快速城镇化导致国土空间开发和利用格局产生巨大变化, 城镇建设空间快速扩张导致自然生态空间的持续萎缩, 生态环境破坏与生态功能整体退化甚至消失引发一系列生态环境问题, 为解决上述所提出的生态环境问题, 需要着重研究生态空间, 并使遭受破坏的生态系统得以保护与修复。生态空间是指在城市与区域范围内, 除建设用地以外的一切自然或人工的植物群落、山林水体及具有绿色潜能的空间等系列生态用地, 是各类生态用地组合形成的整体结构, 一直是国内外相关学术领域关注的热点和趋势之一^[1], 在原有研究区域的基础上分析, 国内外学者大多居住在城市, 很少有机会对城市群等区域的生态空间进行管制, 只有部分学者从不同角度涉及了城市群的生态问题。近年来, 我国城市群的规模和数量均呈扩大趋势, 城市群生态空间研究必将成为热点^[2]。

空间重构一般出现在人文-经济地理研究领域, 且分布规律为城市中心向城市边缘区发展, 以及城市向城市群发展趋势。随着乡村和城镇相关政策的实施, 城市群绿心空间演变和重构受到学者们的重点关注。目前, 关于生态空间重构侧重于从自然或社会等单一角度研究其影响因素和影响机制, 自然变化和区域社会经济因素双重角度综合分析的研究较少, 研究对象也极少涉及城市群。

作者简介: 陈一溥(1986~), 男, 博士研究生, 主要研究方向为城市群人为热排放与气候变化. E-mail: chenypu542@163.com; 郑伯红 E-mail: jj356398632@163.com

基金项目: 湖南省自然科学基金科教联合项目(2021JJ60087)

2019年5月,中共中央、国务院发表了《关于建立和监测国家和空间规划体系实施情况的若干意见》,指出:土地和空间规划要“明确强制性指标和刚性的行政控制要求”^[3],“科学有序地设计生态农业,在资源环境可持续性的基础上,协调土地和空间,评估农村和空间发展城市及其他功能区的适宜性,加强生态环境的区域管理,对农村和空间发展的适宜性进行评价是一项重要的工作在此基础上,具体研究内容集中在土壤适宜性评价上,特别是对相应土地利用需求的供需分析和建设用地的潜在数量进行分析。评价主要涉及城市建设用地,城市群生态区评价研究较少。

长株潭城市群生态绿心是目前国内唯一一个大型城市群绿心,是最大城市群荷兰兰斯塔德城市群绿心(面积约150km²)的3倍多^[4,5]。近年来,随着长沙、株洲、湘潭三市都市区建设用地的快速扩张、绿心地区生态环境受到威胁,《湖南省长株潭城市群生态绿心地区保护条例》正式颁布实施,虽以立法的形式将绿心区域置于法律保护之下,但依然需要从技术层面为城市发展与生态保护提供有力保障。运用生态土地流转矩阵的方法,从流转的角度分析了长株潭生态绿地生态区的主要流向,并在空间发展适宜性评价的基础上,对长株潭生态绿地的生态空间进行重构和优化,为空间规划、环境空间管理及相关措施提供理论依据和技术支持。

1 研究区域概况与数据来源

1.1 研究区域概况

长株潭城市群绿心范围东至浏阳柏加镇,南至湘潭县梅林桥镇^[6],北至长沙绕城线及浏阳河,西至长潭高速西线。绿心行政管理管辖复杂,长株潭三市均有交叉覆盖,共包括17个乡镇,4个街道办事处,124个行政村(居委会),638个居民点^[7]。只有昭山乡、易家湾镇2个乡镇全部均在绿心范围内部,其余15个乡镇均为部分在绿心范围内部。绿心规划范围面积约522.87km²,其中长沙305.69km²,占58.46%;株洲82.36km²,占15.74%;湘潭134.82km²,占25.80%^[4]。绿心地区属于亚热带季风性气候,夏热冬寒,四季分明。绿心内河流湖泊众多,有丰富的水资源,但是由于整体流通性较差,雨量分布不均,容易造成夏季涝旱现象。

1.2 数据来源

以1980、1990、2000、2010、2017年5个时期长株潭城市群及绿心地区土地利用数据作为研究数据。土地利用数据选用LandsatTM/ETM/OLI遥感影像,作为数据来源,首先对收集的数据进行预处理,其中包括影像融合、几何校正、图像增强与拼接等,利用人机交互方法,土地利用类型分类等级为6个一级类,25个二级类,六个一级类为耕地、林地、草地、水域、城乡(工矿)居民用地、未利用土地,分辨率选用500m×500m。

NDVI数据产品采用地理国情监测云平台推出的多种卫星遥感数据反演植被指数数据产品,产品包括3个波段RGB,值域是0~255之间,数据类型为8bit整型,取值-1和1之间。选用通用算法对NDVI进行估算,并已通过相关专家的评价与实际验证,表明空间一致性较好。植被指数NDVI是反映土地植被覆盖状况的遥感指标。定义为近红外通道与可见光通道反射率之差与之和的商。NDVI的值介于-1和1之间,负值表示对可见光的高反射,地面覆盖很大程度上可能是为云、水、雪等;0则表示地表为岩石或裸土等;植被指数为正值时,表示有植被覆盖,且植被指数越大表示植被覆盖度越大^[8]。

2 研究方法

2.1 生态空间的界定

20世纪80年代国际上就开始了关于生态用地概念和分类的研究,到目前为止都没有明确和统一的定论^[9,10]。土地适宜性评价是土地利用决策和科学编制土地利用规划的基础。根据国家的自然和社会经济特点,对拟用土壤的适宜性和限制。城市绿地系统布局是指景观园林绿地具有不同数量、不同的表现功能,以一定的顺序和规律在适当的位置布置,使其成为一个有机系统,与

城市形成有机整体。该布局主要由点结构、带结构、楔状结构和混合结构组成。其布局结构的划分主要是依据土地适宜性评价,判断区域土地的用途、适宜程度以及限制状况,对生态用地进行分类。

近年来,国内外科学家主要从植被特征、自然土壤特征、自然环境特征和人为活动干预等指标方面进行了分类。董亚文等^[11]首次在中国提出“生态土地”这一概念,是指生态要素作为生态国家的空间定位。我国区域生态区内涵主要有两种观点:(1)以龙华楼等^[12]为代表的“泛生态功能理论”,认为所有生态服务功能都可以划分为生态国家,包括文化用地、园艺用地、林地、草地,水域等;(2)以喻锋等^[13]为代表的“主体生态功能论”,认为生态用地是以生态功能为主,不同于生产和生活用地。本研究根据龙华楼等^[12]的概念和分类标准,将区域生态空间界定为:除人工硬化地表外,其他生态系统服务还可以提供直接或间接的环境调控和生物支持,且具备一定自我调节与修复能力的土地空间,包括耕地、林地、草地和水域。

2.2 研究思路

本研究思路如图 1 所示。(1)通过对研究区的实地考察,收集相关数据,利用 ArcGIS 软件对数据进行处理,建立空间属性数据库。考虑到长株潭生态绿心地区空间差异性,以 500m×500m 的栅格为基本评价单元,进行国土空间开发适宜性评价;(2)通过 ArcGIS 软件工具对 5 个年份的生态空间专题图进行叠置分析,构建 1980~1990、1990~2000、2000~2010 和 2010~2017 年 4 个时段的生态空间演化动态变化转移矩阵;(3)在评价结果的基础上,结合土地利用的发展,提出了生态用地重构的优化建议。

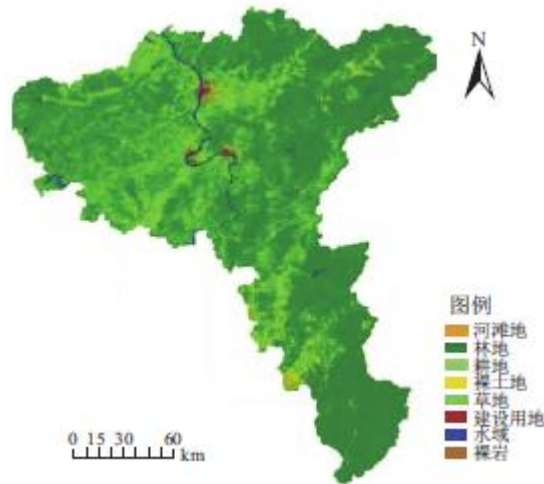


图 1 绿心范围图

2.3 生态用地转移矩阵

土地利用转移矩阵用于在系统分析中,定量描述系统的流转状态,采用土地利用矩阵,直接反映一个时期内土地出让的趋势和数量。根据其原理和方法,建立反映区域生态区域变化的生态区域转移矩阵。生态用地转移矩阵包括转入矩阵和转出矩阵。转入矩阵表示由非生态用地转入生态用地,体现生态用地增加情况及来源;转出矩阵表示由生态用地转出为非生态用地,体现生态用地减少情况及流向^[9]。具体如下:

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} A_{11} & \cdots & A_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ A_{n1} & \cdots & A_{nn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

式中：n 为生态用地的类型总数；i、j 为转移前、后的地类； A_{ij} 表示转换面积。

2.4 生态空间动态度

生态空间的总面积和动态度是衡量生态空间特征的主要指标。生态空间动态度 (R_d) 是指某段时期内生态空间变化的速度，用来描述生态空间的动态变化，计算公式如下^[2]：

$$R_d = (U_b - U_a) \div U_a \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (2)$$

式中： U_a 与 U_b 分别为研究初期与末期的生态空间总面积 (hm^2)；T 为研究期限。

2.5 国土空间开发适宜性评价

研究指标采用以下原则：(1) 具有主导作用的因子；(2) 存在明显差异、出现临界值的因子；(3) 比较稳定的参评因子；(4) 可度量的因子；(5) 相对独立的因子。利用专家打分法来确定不同指标之间的重要性比较和初步打分，再利用层次分析法 (YAAHP) 构建指标系统和评价指标判断矩阵，并通过一致性检验，得到评价因子的权重。通过数据标准化和统一的值范围，假设因子的评估值采用无量纲处理。评价值设置为 0~10，评价值越高，国家适应性越好，对发展建设的有利程度越高。通过对农村和空间发展的评价因素，通过评价农村和空间发展对区域生态空间发展的适宜性评价的环境相容性，确定环境关键指标和城市发展的关键因素，有助于了解区域环境状况，有助于建立区域环境保护体系，改进区域发展活动规划，确保区域发展的可持续发展，提高土地利用的适宜性，越有利于开发建设，以便更好地解决重构过程的具体土地适应型分析关联问题。

参照 FAO《土地评价纲要》的规定，根据土地对评价用途的适宜程度、限制性强度和区位优势程度，对每个评价单元的各个方面进行用地评价并且得到每个格网的综合分值，最后通过数据处理统计做出评价结果。对于每个划定的空间单元，将各因子的标准化分值乘以权重，通过累加确定相应的综合评价价值。

$$K = \sum_{i=1}^n x^i a^i \quad (3)$$

式中：K 代表每个评价单元的综合得分；i 代表第 i 个评价因子； x^i 代表第 i 个因子的取值； a^i 代表第 i 个因子的权重。

本研究将主要影响因子分为地形因子、交通因子、城乡建设因子、用地阻隔因子^[14]。其中地形因子选取了最具有代表性的坡度、高程和水系 3 个指数，一般来说坡度越大、高程越高用地适应性越差，评分越低。不同的坡向因太阳辐射照度和日照时数有别，其水热状况和土壤理化特性有较大的差异。坡度不同的山坡由于太阳入射角的不同，收集太阳辐射存在差别，气温及其他生态因子也不断变化。海拔高度则是山地地形变化最明显的因子之一。交通因子分为对外交通指数和内部交通指数两类，主要是考虑到内部交通是重要的区位优势，而外部交通相比于区位优势以外，它本身所起到的隔离效果更强，所以将这两类分开。城乡建设因子主要是考虑到现状建设对于用地的影响以及本身的区位优势，本因子要考虑不同用地类型的影响和现状建设强度的影响，离现状集中建设用地越近、建设强度越高，往往建设条件相对更好，评分越高。用地阻隔因子分为生态保护指数和自然人文资源影响指数，自然人文资源包含众多现状自然保护区、森林公园、风景名胜等区等重要自然人文景观，其具有良好的经济吸引力和发展优势，但是太靠近会造成相关资源的破坏和影响，生态保护指数考虑到绿心地区不同植被地带的生态敏感性强弱，将这些因素综合构建低敏感地区、一般敏感区、中敏感区、高敏感区、极高敏感区 5 个等级的用地分类，生态敏感性越强，生态环境越脆

弱，建设条件越差，反之，建设条件越好。

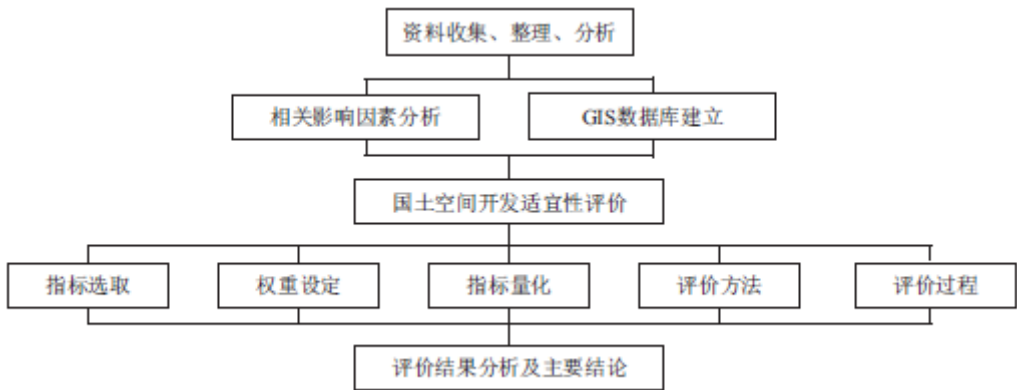


图 2 绿心地区国土空间开发适宜性评价研究技术路线图

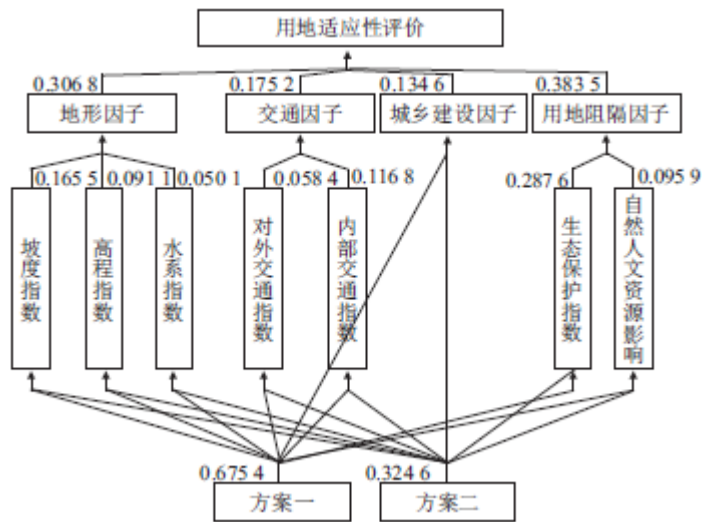


图 3 绿心地区国土空间开发适宜性评价 YAAHP 指标构建图

3 结果与分析

3.1 生态空间演变特征

从表 2~表 4 可知，1980~2017 年期间，研究区域生态空间转入面积仅为 76.36hm²，生态空间转出面积为 4980.54hm²，生态空间互转面积为 963.82hm²，生态空间转出面积远远超过转入面积，生态空间总面积不断缩小。

由表 3、图 4 可知，研究区域生态空间总面积呈逐年递减趋势，1980~2017 年总共减少了 4980.54hm²，平均每年减少 184.46hm²。其数量变化过程可以分为两个阶段，1980~2000 年为缓慢减少阶段，这一时期生态空间总面积减少相对缓慢，共减少了 696.95hm²，年平均减少量不到 35hm²。2000~2017 年为急速减少阶段，这一时期生态空间总面积呈急速减少趋势，共减少了 4681.66hm²，年平均减少量达到 275hm² 以上，递减速度接近过去 20 年的 8 倍。从动态角度来看，变化幅度从 2000 年以后急剧变大，2010 年以后最大，动态度为-0.5174%。减少的生态用地主要分布在湘江区域，主要为新增的城市建设用地、乡镇建设用地。分别为长沙市

的暮云镇、洞井镇；湘潭市的韶山乡、易家湾镇、荷塘乡、双马镇；株洲市范围内原本涉及的就比较少，并且行政范围相对零碎，相对来说变化也较小，主要集中在仙庾镇。

表 1 绿心地区土地适应性评价要素统计表

一级因子	权重	二级因子	权重	分级标准	标准化取值域
地形因子	0.3068	坡度指数	0.1655	0° ~2°	10
				2° ~7°	7
				7° ~15°	4
				15° ~25°	1
				>25°	0
		高程指数	0.0911	35~55m	10
				55~75m	7
				75~100m	4
				100~150m	1
				>150m 和<35m	0
		水系指数	0.0501	<50m	0
				50~100m	7
				100~500m	10
				500~1000m	4
				>1000m	1
交通因子	0.1752	对外交通指数	0.0584	<100m	0
				100~200m	1
				200~500m	4
				500~1000m	10
				>1000m	7
		内部交通指数	0.1168	<200m	10
				200~500m	7
				500~1000m	4
				1000~2000m	1

用地阻隔因子	0.3835			>2000m	0
				<100m	10
				100~200m	7
				200~500m	4
				500~1000m	1
				>1000m	0
		生态保护指数	0.2876	低敏感地区	10
				一般敏感区	7
				中敏感区	4
				高敏感区	1
				极高敏感区	0
		自然人文资源影响指数	0.0959	<100m	0
				100~300m	4
				300~500m	7
				500~1000m	10
				>1000m	1

1980~1990 年长沙市进入有偿土地利用制度试点阶段。城市建设接手内部发展，城市一、二级中心的形成吸引了大量资金流入，这些吸引点向外辐射集聚起各类产业，以点带动面的发展，进而带动城市空间形态的变化。株洲市主要利用河东区的荒山坡地和市内插花地进行城市建设，同时控制河西区的发展，形成“四片一中心”的城市形态格局。株洲市根据工业区的分布和自然地形进行功能分区和布局，形成“五片一中心”的形态格局。

1990~2010 年，长沙市空间形态演变较快，空间结构不断调整，功能不断完善。湘潭市整个区域呈现的是“组团式”空间结构模式。株洲市城市形态呈枝状式放射发展，以湘江河岸为主，几条楔形绿化带和生态隔离区形成绿地系统。强化纵向轴线，拓展横向联络线，形成枝状空间网络。

表 2 1980~2017 年长株潭绿心地区用地面积转移矩阵(hm²)

19802017	草地	城乡建设用地	耕地	林地	水域	未利用地	2017 年总计
草地	450			3.78			453.78
城乡建设用地	50	800	2208.2	2622.34	100		5780.54
耕地		1.36	16092.9	195.36	79.45		16369.07

林地	53.78		313.52	26290.82	6.06	75	26739.18
水域			229.45	81.06	2409.07		2719.58
未利用地			125	100			225
1980 年总计	553.78	801.36	18944.07	29318.36	2594.58	75	52287.15

表 3 1980~2017 年长株潭绿心地区用地面积转移情况 (hm²)

初始地类	流向地类					
	草地	城乡建设用地	耕地	林地	水域	未利用地
草地		50	0	53.78	0	0
城乡建设用地	0		1.36	25	0	0
耕地	0	2208.20		288.52	229.45	125
林地	3.78	2622.34	195.36		81.06	100
水域	0	100	79.45	6.06		0
未利用地	0	0	0	75	0	

表 4 1980~2017 年长株潭绿心地区生态空间总面积、变化面积及动态度

年份	总面积 (hm ²)	变化面积 (hm ²)	动态度 (%)
1980	51410.79		
1990	51111.91	-298.88	-0.0581
2000	50713.84	-398.07	-0.0779
2010	48963.49	-1750.35	-0.3451
2017	46430.25	-2533.24	-0.5174

2010~2017 年, 空间形态以 3 市现状用地为基础, 逐步向城市外围区域扩张, 并逐步向绿心发展趋势。

总体而言, 长株潭区域大致经历了离散、极化、集聚-扩散、均衡发展 4 个阶段, 空间形态由点圆型、弱中心多核向心型、多中心多核向心型、数字化多中心网络型发展。

1980~2017 年, 各类生态用地的转出情况差异明显, 在生态空间转出型中, 转向地类基本为城乡建设用地。其中, 以耕地

和林地的转出为主，草地和水域转出次之；林地转出面积最多达到 26.22hm²，耕地转出面积为 22.08hm²；分别占到转出总面积的 52.65%和 44.33%。研究表明，建设用地占用生态空间的现象十分普遍，主要表现为城市发展、交通基础设施等活动对生态空间的占用。

造成这一现象的原因主要为两方面，一是长株潭都市区人类活动密集，为满足人类生产生活需要，中心城区范围不断扩大，生态空间转变为城乡建设用地也是必然。二是建设用地给地方带来的经济效益远远大于生态用地，尤其是林地，随着国家对耕地保护力度的加强，林地成为转为建设用地的首要选择对象，这也是林地转出面积最多的根本原因。

图 4 的变化趋势可以清晰地反映出，在 2000~2010 年之间，长株潭 3 市一体化进程不断发展，但在同时，绿心地区也受到较小程度的影响。而在 2010~2017 年间，由于政策导向，特别是《长株潭城市群区域规划(2008-2020)》颁布和省两型办的挂牌，明确长株潭一体化势不可挡^[15]。3 市各级政府为了各自的利益，抢占发展的先机，3 市政府加快了相向发展的态势，而位于长株潭 3 市中间的绿心就成为一体化发展过程中红利区域，大量用地被占用^[16]。虽然《长株潭城市群生态绿地保护总体规划》于 2011 年获批，《长株潭城市群生态绿地保护条例》于 2012 年通过，引导和保护生态绿化中心的发展。但是该总体规划与 3 市各地政府城市总体规划有冲突，并且《条例》和《绿心总规》内容也有部分不协调，绿心城乡人口及建设用地规模较小，导致该阶段许多政策无法有效执行，并且部分项目早已批准开始建设，建设用地还在不断增加。

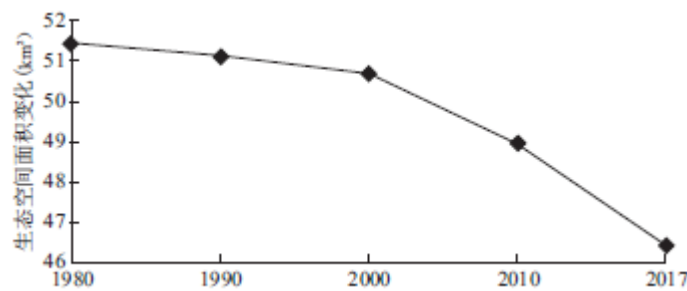
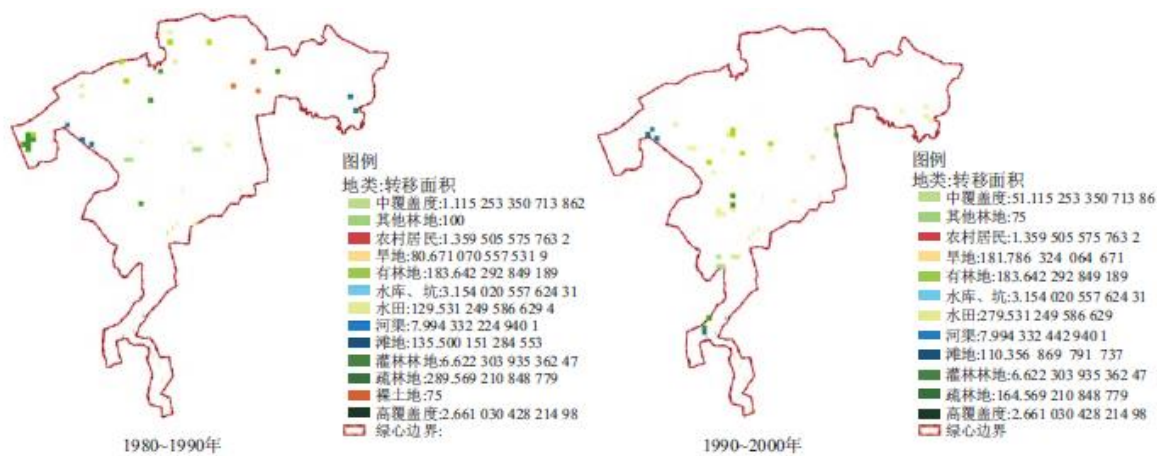


图 4 1980~2017 年长株潭绿心地区生态空间面积变化态势

图 5 中，划分植被覆盖度等级，0%~20%、20%~40%、40%~60%、60%~80%和 80%~100%分别为极低覆盖度、低覆盖度、中覆盖度、中高覆盖度和高覆盖度，有林地、灌木林地等的概念区分口径是森林覆盖率。森林覆盖率是指一个国家或地区的土地面积中森林面积的百分比。是反映一个国家或地区森林资源的人口或财富以及绿化程度的指标。



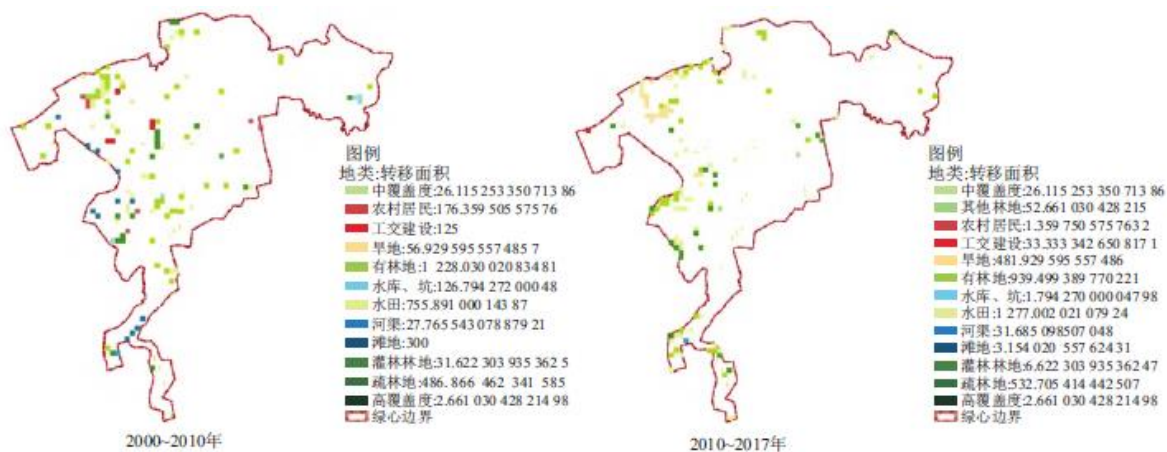


图 5 1980~2017 年长株潭绿心地区生态空间转移图

3.2 国土空间开发适宜性评价结果

上述表 2 选定的二级土地适应性评价因子在构建的 GIS 数据库里面采用欧氏距离、重分类等步骤之后根据评价标准将所有要素统一成标准化值域^[17], 构建各因子单因子评价结果(图 6)。最后各因子标准化评分取值与前面得到权重一一对应相乘, 并且进行累加, 即可得到最终的综合评价结果(图 7)。

根据表 5 可知, 基于国土空间开发适宜性综合评价结果可以将长株潭生态绿心地区划分为禁止建设、严格限制建设、一般限制建设、基本适用建设、适宜建设 5 类分区^[6], 其中禁止建设用地面积为 91.08hm², 占总面积的 17.42%;严格限制建设用地面积为 188.10hm², 占总面积的 35.98%;一般限制建设用地面积为 169.62hm², 占总面积的 32.44%;基本适宜建设用地面积为 48.06hm², 占总面积的 9.19%;适宜建设用地面积为 26.02hm², 占总面积的 4.98%;根据第三章的统计数据可以知道 2017 年绿心地区现状建设用地已经达到 80.54hm², 已经超过了适合建设用地的总和, 所以为了保护绿心地区生态用地不再被大量侵蚀, 在下一个阶段一定要采用相关措施来控制和保护绿心地区;对于一些处于不适宜建设地区和生态敏感性较强地区的现状建设用地, 需要分类、分级、分期引导和控制, 并且逐步实现复绿目标。

表 5 长株潭生态绿心地区国土空间开发适宜性综合评价

分区类型	面积(km ²)	百分比(%)
禁止建设用地	91.08	17.42
严格限制建设用地	188.10	35.98
一般限制建设用地	169.62	32.44
基本适宜建设用地	48.04	9.19
适宜建设用地	26.02	4.98
总计	522.87	100.00

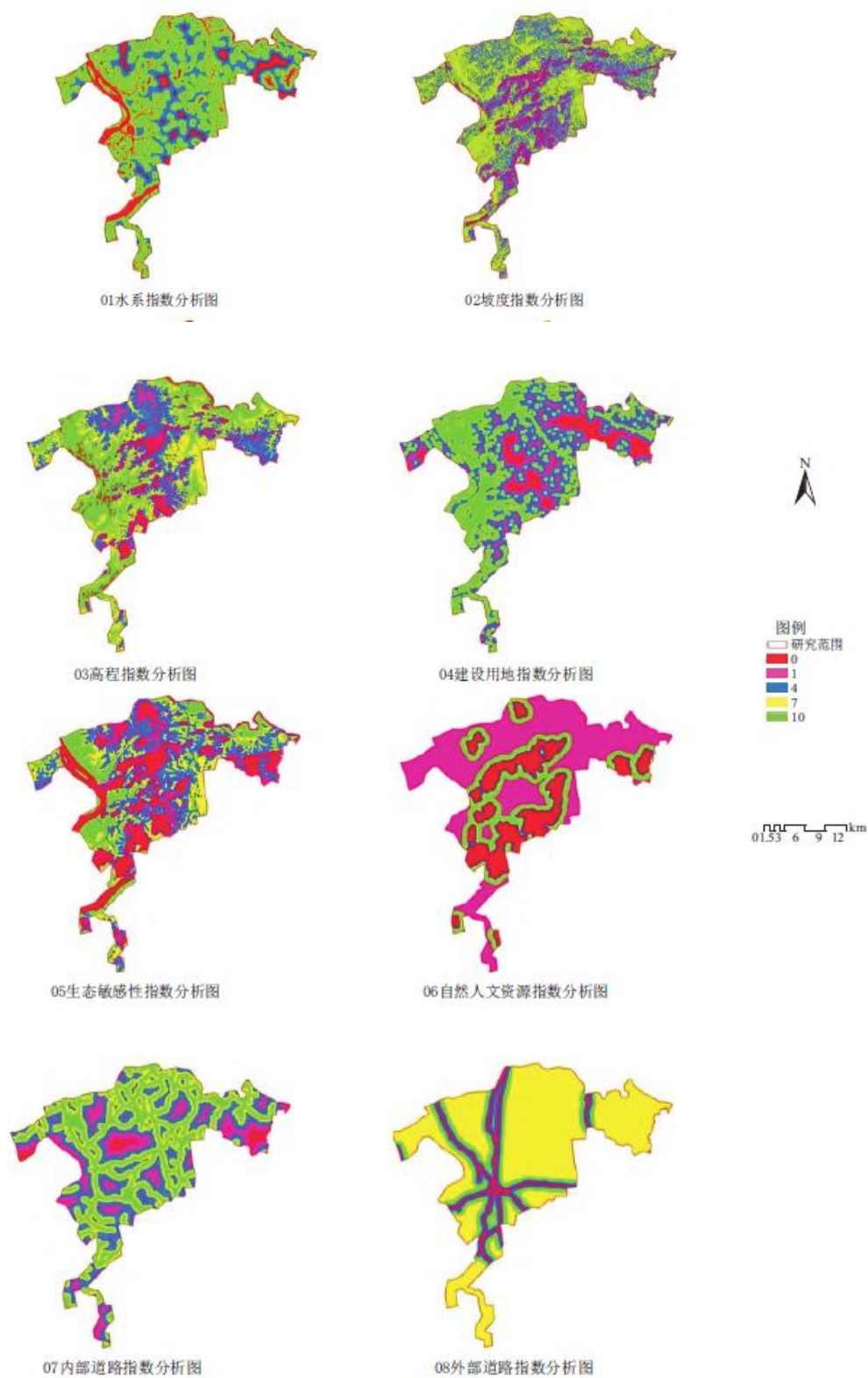


图 6 绿心地区国土空间开发适宜性评价因子分析图

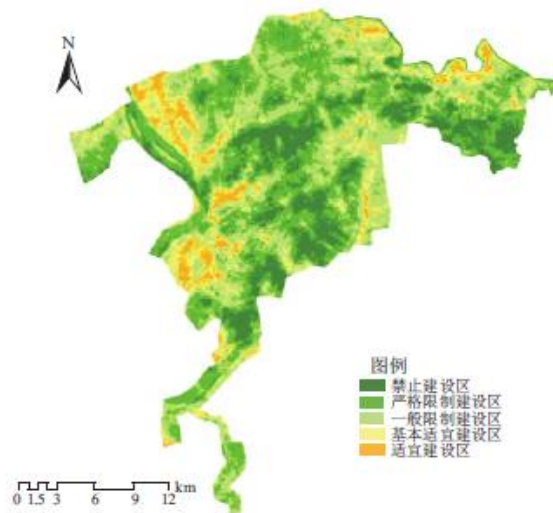


图7 绿心地区用途管制分区图

4 讨论与结论

4.1 讨论

长株潭绿心地区有别于一般的城市绿心，不仅位置特殊，而且用地构成复杂。绿心地区包括城市建设用地、村镇建设用地、大量对外交通设施用地等多种建设用地类型；包括湘江、浏阳河、水渠、各大水库等多种水系；还包括公园绿地、风景游憩绿地、生产绿地等城市绿地和区域绿地类型。

景观生态学以“斑块-廊道-基质”三大要素为基本研究对象。Forman 总结出了分散、网状、交错和棋盘状 4 种常见的生态景观空间结构；Hellmund 从效率角度出发，在分枝网络和环形网络基础上构建了 6 种景观结构；Margo 以形态学为基础，提出了 8 种（项链、蜘蛛、图样细胞、十字架、卫星、网络、枝状、刚性多边形）常见的景观形态^[14]，这些空间结构构建方法给绿心地区各类生态用地构建整体生态系统提供更多的思路。

生态空间是由不同大小和形状的斑块、廊道和基质组成的地理景观。不同的要素通过数量与空间的结合形成生态空间格局。生态空间重构主要目的是调节生态空间功能，可以通过改变生态空间格局和空间配置的方式从要素水平和整体水平两个层面来实现^[2]。要素水平层面包括斑块重构和廊道重构，斑块的大小、数量和形状决定了城市生态系统功能的发挥、生态空间异质性以及人类活动的便捷性，保护大型斑块的完整性和增加斑块之间的连通性有助于城市群生态空间生态系统功能的发挥和城市群气候的调节。保护好廊道的连通性，增加本地物种的数量，有利于提高能量的传播和扩散能力。整体水平层面主要考虑生态空间的组合，广大农村地区以大集中小分散形式为主，城市内部及边缘地区则以大分散小集中形式为主。在生态空间重构过程中，应扩大大小斑块的范围，增加小斑块之间的联系，形成相对完善的城市群生态网络。

绿心地区用地类型多样，用地形态复杂，包含上面多位学者总结的多种形态类型，并且这些空间类型往往相互交织在一起。本研究以生态用地为主体，重点保护绿心地区内部生态功能区，尝试利用这些空间结构构建方法从以下几方面来重新梳理绿心地区各种用地。

(1) 生态水系网络系统

水系在整个生态系统中具有重要的调节和联系作用，是维护生态安全和生态多样性的基础保证，但是其具有易破坏难恢复的自然属性，所以在生态用地重构的过程中不能破坏原有水系系统，并且以湘江和浏阳河为基点，梳理绿心地区各大水库和两大水系之间的渠道(新桥河、奎塘河、众多撇洪渠等)，构建一个完整的水系网络，将整个生态网络有效串联，并且根据水系的等级在水系网络周边建立水系生态防护绿地，这些水系旁边的防护绿带也承担生态网络系统中重要串联作用。“水网+绿带”双层网络能够保持良好的水资源涵养属性，降低绿心地区旱涝风险和提高生态安全属性。

(2) 生态斑块系统

大量的风景游憩绿地和公园绿地分布在绿心地区，并且以大面积斑块状呈现，包括风景名胜区、森林公园、湿地公园、郊野公园等多种类型，这些是整个绿心地区生态系统的基础，这部分绿地斑块应该严格保护，位于这些绿地斑块内部的一些居民点、低效的农业等都需要用地置换或者产业升级等方式进行优化处理，外围设置相应的缓冲区来保持整合生态核心的生态安全。并且需要通过整合这些斑块之间的廊道将这些斑块有效地整合成一个体系，特别是昭山风景区—石燕湖森林公园—白冲水库—九郎山—法华山—红旗水库—向红忠林植物园这一个天然的椭圆生态环线是绿心地区的生态核心。以生态核心带动周边绿地系统，构建整个生态网络体系核心。沿湘江一带集中建设区中分布的大量公园绿地也是绿心地区建设空间和生态空间相互流通和串联的重要通道。

(3) 生态基质系统

生态基质是整个生态系统中最普遍的存在，虽然本身没有廊道和斑块那么显著的特点，但是它却负责将整个生态系统完美融合在一起的重要作用。绿心地区除了分布最广的生态公益林之外，还承担绿心地区原居民的生产生活功能。所以现状零散分布着大量的耕地、园地、果园等农业用地，这些用地属于交错型绿地景观，根据地形变化相互交融在一起。根据国土空间开发适宜性评价结果可以清晰的知道，很多耕地处于生态敏感区域，在生态空间重构的过程中，选择生态敏感性较小、面积较大的片区(主要集中于坪塘镇、暮云镇、跳马乡、柏加镇、龙头铺镇)作为整个绿心地区的生产绿地，作为农业生产和苗木培育。而大量昭山乡和跳马乡位于生态敏感区的耕地则采取逐步退耕还林政策，和其他公益林、生态敏感区的缓冲区一起用作生态保育用地。这类用地主要作为核心风景游憩斑块之间重要的生态基质补充以及构建绿色生态通廊的基础。

4.2 结论

该文采用长株潭三市五期 LandsatTM/ETM/OLI 遥感影像数据，构建了 1980~2017 年长株潭城市群生态空间演化动态变化转移矩阵，定量分析了生态用地的主要流向。并基于国土空间开发适宜性评价结果结合用地演变情况提出生态用地重构优化建议，得出以下主要结论。

(1) 1980~2017 年，株潭市生态温室生态区向非生态区的转移远远大于生态区的增长面积，导致整个研究区整个生态区的持续下降，其中城乡生态用地流转面积最大，达到 4980.54hm²。2000~2017 年为急速减少阶段，这一时期生态空间总面积呈急速减少趋势，共减少了 4681.66hm²，年平均减少量达到 275hm² 以上，递减速度接近过去 20 年的 8 倍。从 2000 年后土地利用的实际情况来看，农村的扩张是生态用地减少的主要原因。

(2) 从动态度来看，变化幅度从 2000 年以后急剧变大，2010 年以后最大，动态度为-0.5174%。减少的生态用地主要集中在湘江一侧。分别位于长沙市的暮云镇、洞井镇；湘潭市的韶山乡、易家湾镇、荷塘乡、双马镇；株洲市内的仙庾镇。从地类来看，林地转出面积最多达到 26.22hm²，耕地转出面积为 22.08hm²；分别占到转出总面积的 52.65%和 44.33%。

(3) 转移矩阵能够清楚地表述生态用地的主要流出方向，以定量的方式反映出城市群生态空间变化的主要特点，是研究生态用地变化的有力工具。

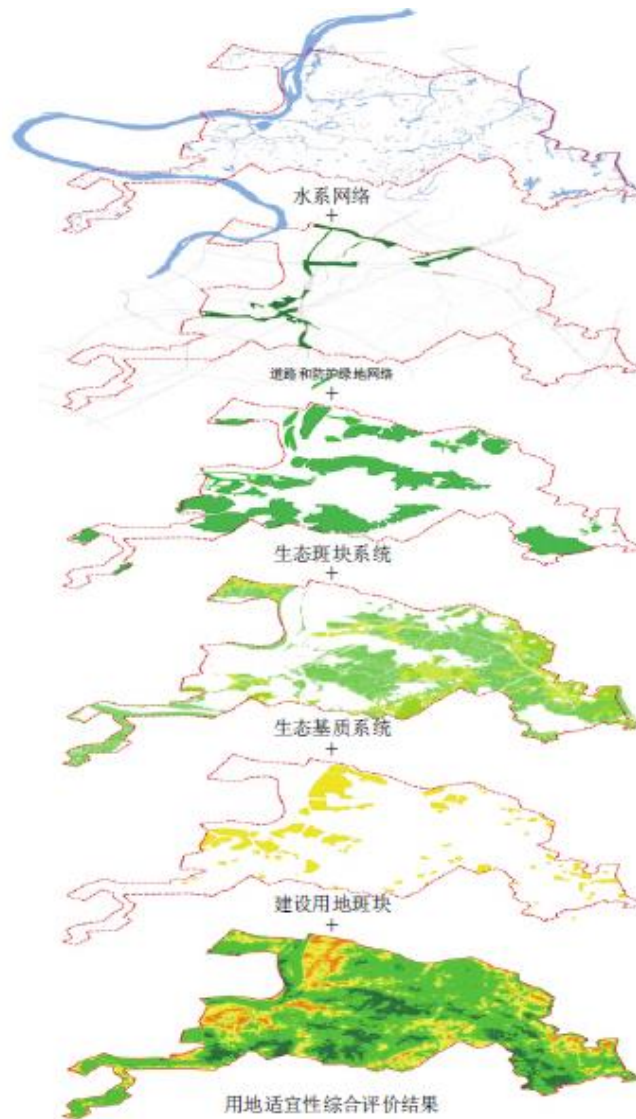


图 8 绿心地区生态结构叠加分析图

(4) 空间发展适宜性评价选取了最具代表性的土壤适应因子的 4 个子类和 7 个子类，采用层次分析法和评价方法相结合的方法构建了指标评价体系，通过无量纲化处理将各类指标标准化，构建单个用地评价情况，再用加权指标得出最后综合评价结果并将长株潭生态绿心地区划分为禁止建设、严格限制建设、一般限制建设、基本适用建设、适宜建设五类分区，为城市群生态空间用途管制提供了可靠方法。

(5) 结合国土空间开发适宜性评价结果，利用景观生态学“斑块-廊道-基质”理论，从生态水网、生态斑块系统和生态矩阵系统 3 个方面提出了长株潭城市群的生态空间管理策略。

(6) 为了管理和促进产业转移，各功能区要有合理的分工，以创造更高水平的产业发展和分工；同时，要完善城市体系，建立共同的城市分工协作体系。加快推进体制改革，建立有序长效的城市群管理体制，统一分工和行政合作，组织实施环境综合保护措施，建设重要基础设施项目。

参考文献:

- [1]黄心怡,赵小敏,郭熙,等.基于生态系统服务功能和生态敏感性的自然生态空间管制分区研究[J].生态学报,2020,40(3):1065-1076.
- [2]陈永林.长株潭城市群生态空间变化与重构研究[D].湖南师范大学,2018.
- [3]周宜笑.国土空间规划土地用途管制思考——基于德国土地利用可持续发展的规划实践[J].城市规划,2020,44(10):40-50.
- [4]KÜHN,MANFRED.Greenbelt and Green Heart:separating and integrating landscapes in European city regions[J].Landscape & Urban Planning,2003,64(1):19-27.
- [5]TANG B,WONG S,LEE A K.Green belt in a compact city:A zone for conservation or transition?[J].Landscape & Urban Planning,2007,79(3):358-373.
- [6]顾朝林,马婷,袁晓辉,等.长株潭城市群绿心生态保护与发展探讨[J].长江流域资源与环境,2010,19(10):1124-1131.
- [7]朱银银.长株潭城市群绿心地区的生态补偿研究——以生态公益林为例[D].湖南师范大学,2015.
- [8]陈光.广州地区气候变化与城市扩张背景下城市热环境模拟方法研究与应用[D].华南理工大学,2016.
- [9]安国强,秦晓敏,许霄霄,等.山东省生态用地变化及驱动因素影响评价[J].中国农业资源与区划,2020,41(9):45-54.
- [10]谭永忠,赵越,曹宇,等.中国区域生态用地分类的研究进展[J].中国土地科学,2016,30(9):28-36.
- [11]董雅文,周雯,周岚,等.城市化地区生态防护研究——以江苏省南京市为例[J].城市研究,1999(2):6-10.
- [12]龙花楼,刘永强,李婷婷,等.生态用地分类初步研究[J].生态环境学报,2015,24(1):1-7.
- [13]喻锋,李晓波,张丽君,等.中国生态用地研究:内涵、分类与时空格局[J].生态学报,2015,35(14):4931-4943.
- [14]王慧明.长株潭核心区生态用地格局演变研究[D].2016.
- [15]龚杰.基于生态网络格局的城乡绿地系统规划[D].安徽农业大学,2016.
- [16]汤放华.长株潭生态绿心的多元治理机制研究[J].湖南社会科学,2018(1):111-116.
- [17]GANGOPADHYAY K,BASU B.City size distributions for India and China[J].Physical A Statistical Mechanics & Its Applications,2010,388(13):2682-2688.