

文章编号:1000-5641(2012)04-0142-07

基于 3S 技术的宁波市东部区域常绿阔叶林动态初步研究

袁 竞¹, 王希华^{1,2}

(1. 华东师范大学 环境科学系, 上海 200062;

2. 华东师范大学 天童森林生态系统国家野外科学观测研究站, 上海 200062)

摘要: 利用 3S 技术,对宁波 1974~2009 年间 6 个时相的 Landsat 卫星遥感数据进行土地利用和植被类型分类,提取相邻年份不同植被类型与常绿阔叶林转化的区域,并计算每种类型对常绿阔叶林的转化率. 研究表明,自然演替规律和经济利益驱动是促成常绿阔叶林 37 年间动态变化的主要原因;在不受人为影响的条件下,它最易与常绿—落叶阔叶混交林和针叶阔叶混交林相互转化. 在此基础上,测算每个时期转入为常绿阔叶林的植被类型与同时期保持为常绿阔叶林类型的距离,并计算 5 个时期的总平均值. 将其按植被类型排序为:针叶阔叶混交林>常绿—落叶阔叶混交林>毛竹林>针叶林>园地>灌丛>农田. 分析结果显示,种源传播和用地历史是影响退化常绿阔叶林群落次生演替方向的关键因素.

关键词: 常绿阔叶林; 遥感分类; 群落动态; 宁波

中图分类号: TP79 **文献标识码:** A **DOI:**10.3969/j.issn.1000-5641.2012.04.017

Preliminary study on dynamics of evergreen broad-leaved forest in Eastern Ningbo using 3S methods

YUAN Jing¹, WANG Xi-hua^{1,2}

(1. Department of Environment Science, East China Normal University, Shanghai 200062, China;

2. Tiantong National Station of Forest Ecosystem, East China Normal University, Shanghai 200062, China)

Abstract: This paper classified land use and vegetation types of Ningbo with Landsat remote sensing data of 6 times (1974~2009) using 3S methods, extracted the regions of different vegetation types which turn into evergreen broad-leaved forest in each period and calculated transformation rate of every type for evergreen broad-leaved forest. Results showed that physical succession rules and economic benefits are the main causes of evergreen broad-leaved forest dynamic changes in the past 37 years. It is likely to conversed with coniferous and broad-leaved mixed forest and evergreen and deciduous broad-leaved mixed forest without considering human influence. On this basis, we measured the distance between vegetation types turned into evergreen broad-leaved forest in each period and the type remained evergreen broad-leaved forest in the same peri-

收稿日期:2011-05

第一作者:袁竞,女,硕士研究生. E-mail:grapemilk@163.com.

通讯作者:王希华,男,教授,研究方向为恢复生态学和植被生态学. E-mail:xhwang@des.ecnu.edu.cn.

od, calculated total average value of five periods, and ordered them by vegetation types: coniferous and broad-leaved mixed forest > evergreen and deciduous broad-leaved mixed forest > bamboo > coniferous forest > tea plantations and orchards > shrub > farmland, it is found that seed spread and land use history are key factors which affected direction of degraded evergreen broad-leaved forest community's secondary succession.

Key words: evergreen broad-leaved forest; remote-sensing classification; community dynamics; Ningbo

0 引 言

我国常绿阔叶林分布区处于人类经济活动活跃的人口密集区,随着全球环境的恶化,这些地区也面临着生态系统严重退化的问题.因此,加强常绿阔叶林群落动态研究,加速退化植被恢复是当前十分紧迫的工作.生态学工作者自20世纪80年代起,在浙江、广东和四川等地对常绿阔叶林的群落动态开展了较为系统的研究:探讨了植被演替过程中种群结构的变化,研究了种群增长、分布格局、种间联结等与群落演替的关系^[1-5];通过对群落种类组成、生态优势度、生物量和生产力的测定,论述了植被演替过程中群落结构和功能的变化,建立了群落演替的模式^[3-8];运用随机过程模型,初步揭示了常绿阔叶林次生演替的内在规律^[2];此外还研究了干扰对群落动态的影响、演替与环境的关系、群落波动、边缘效应、群落更新等^[3].然而,上述研究基本限定在群落本身,缺乏景观尺度和演替起始条件等对常绿阔叶林群落动态长期影响的研究工作.

群落次生演替的先决条件是植物繁殖体的有无、迁移和散布,其过程受到外界干扰强度和持续时间以及用地历史的影响^[9].用地历史是原有群落种群繁殖体种类的决定因素,它决定了次生演替初始群落的形成;而种源传播作为演替的重要条件之一,影响着群落的结构、动态和物种多样性^[10].目前有研究者开展了常绿阔叶林优势种种子传播距离的研究^[11],同时也认识到种子传播是限制退化常绿阔叶林恢复的关键因素^[5].由此可见,种源传播与用地历史是决定次生演替方向的关键因素之一,但目前还缺乏有关大尺度、长时间种源与用地历史对常绿阔叶林群落动态影响的实证研究.

鉴于此,本文利用3S技术在对宁波东部地区多年遥感数据进行土地利用和植被类型分类的基础上,计算相邻年份间不同植被类型与常绿阔叶林的转化面积,比较其演替的难易程度;同时测算新形成的常绿阔叶林与原有常绿阔叶林间的距离,探讨种源传播对退化植被恢复的影响,以期说明用地历史和种源传播对常绿阔叶林动态变化的重要性,为常绿阔叶林的保护和恢复提供基础数据.

1 研究方法

1.1 研究区域

本文研究对象为宁波东部沿海地区,包括江东区、海曙区、江北区、镇海区、北仑区和鄞州区,处于东经 $121^{\circ}8' \sim 122^{\circ}8'$,北纬 $29^{\circ}4' \sim 30^{\circ}3'$ 间,总面积达23万 hm^2 .该区位于四明山系以东,杭州湾以南,天台山系以北,四季分明,雨量充沛,属于亚热带季风气候区.优越的自然条件孕育出了该区良好的植被生长环境,而常绿阔叶林作为其地带性植被具有研究的典

型性^[4].

1.2 数据准备

本文利用 3S(RS/GIS/GPS)技术,对美国 Landsat 卫星获取的多时相多光谱遥感图像数据(轨道号 118/39)进行土地利用和植被类型分类研究,选择 ERDAS IMAGINE 9.2 软件对遥感图像进行处理,ArcGIS 9.3 进行后续分析.其他辅助的数据资料有:宁波市电子地图,Quick Bird 卫星图像,GPS 野外实测数据及样地调查资料.

1.3 遥感数据处理

首先按顺序进行单波段几何校正、多波段数据融合、直方图匹配以得到待分类的数据集,然后以 NDVI(植被指数)计算各年份影像的分区阈值^[12]、阈值分割得到林区和非林区的掩膜图像,掩膜处理后对各组数据分别进行非监督分类、在非监督分类的基础上对林区进行监督分类,之后进行分类编码、合并林区和非林区,最后进行精度检验和各类型的面积统计.

1.3.1 遥感数据时空处理

本文使用的遥感数据时相分别为 1974/02/13,1979/08/04,1983/08/03,1995/09/13,2000/05/13,2009/05/22.由于上述年份的图像数据由不同的传感器(MSS/TM/ETM+)获取,为使分类结果具有可比性,必须对 6 个时相的数据进行时空统一性处理.首先在波段选择上,本研究对比各传感器的波段信息,对各年份数据统一选取波谱信息最相近的近红外、可见光红色和绿色波段进行融合,并以 2009 年数据为标准进行多波段直方图匹配处理.其次考虑到植物的光谱特性不随时间而改变,本文结合 2009 年 GPS 实地调查资料和 Quick Bird 卫星图像,在 ETM+数据中对各植被类型进行多点采样,得到各植被类型的综合光谱特征值^[13].在空间分辨率上,高分辨率的数据需要向低分辨率融合,MSS、TM 和 ETM+ 3 种传感器以 MSS 空间分辨率(79 m)最低,所以本实验将遥感数据的空间分辨率统一处理到 80 m.

1.3.2 遥感分类

本文针对宁波地区土地利用特点及遥感数据的波谱和空间分辨率,共分为 11 种土地利用和植被类型:林地类型有常绿阔叶林、针叶林、灌丛、针叶阔叶混交林、常绿—落叶阔叶混交林和毛竹林,植被类型还包括农田和园地,其余为城镇及工矿用地、水域和荒地.

在对林区执行监督分类时,以非监督分类的结果为初始分类模板,对 2009 年数据以实地调查资料或 Quick Bird 高清卫星影像为依据,2009 年以前数据则以原始图像和综合光谱特征值为依据来确定训练样本,删除不合格样本,合并同类型样本,经过反复试验,使检验模版精度达 95%以上,准确的反映地物光谱信息,最后利用最大似然法对影像进行监督分类^[14].

1.3.3 精度检验

本文在精度检验随机取样时,保证各年份各类型取样点达 15 个,总共对 990 个随机样点的分类结果进行精度验证.对 2009 年数据采用人机交互对照实地调查资料、Quick Bird 高清卫星影像和综合光谱特征值进行检验,对 2009 年以前数据的分类结果主要由综合光谱特征值进行检验.本文得到各年份数据分类总体精度在 74.55%~83.64%之间,kappa 系数介于 0.72~0.82,均满足遥感图像分类的精度要求^[15].

1.4 数据分析

为研究该区域常绿阔叶林的变迁问题,本文提取相邻年份不同植被类型与常绿阔叶林

转化的区域,并以如下公式计算其转化率^[16].

$$B_i = A_i / \sum_{i=1}^n A_i, \quad (1)$$

式中, B_i 为某年*i*种植被类型对常绿阔叶林的转化率, A_i 表示该年*i*种植被类型与常绿阔叶林的转化面积,正值表示转入常绿阔叶林,负值表示常绿阔叶林转出, n 为分类类型总数,分母表示该年常绿阔叶林总面积.

在此基础上,将转入区域按类型提取多个栅格图层,同时提取每个时期保持为常绿阔叶林不变的区域为对比图层.通过 ArcGIS 软件中的 Near 工具测算每个时期转化类型图层的栅格中心点与同时期对比图层中所有栅格中心点的最短距离.

2 结 果

2.1 面积变化概况

20 世纪末的宁波东部地区,植被类型总面积保持在一定的范围内波动,林地类型总面积早期逐年下降,到最后有少许回升.21 世纪初,在城市扩张和病虫害的影响下,两者面积下降到最低,但位于演替中后期的成熟植被类型所占的比例增加,森林质量提高,见表 1.

表 1 宁波地区 1974~2009 年土地利用和植被类型面积

Tab. 1 1974~2009 area of land use and vegetation types in Ningbo

km²

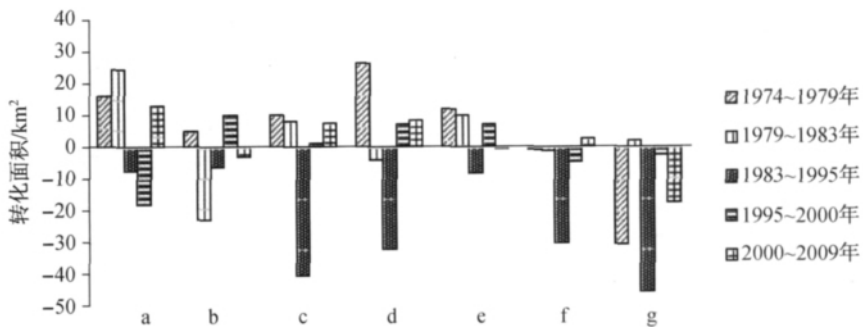
分类类型	1974 年	1979 年	1983 年	1995 年	2000 年	2009 年
常绿阔叶林	191.12	232.05	254.98	91.59	94.12	106.24
针叶林	73.45	29.95	20.96	145.41	140.03	11.83
灌丛	72.65	54.08	29.48	41.23	27.80	40.93
针叶阔叶混交林	25.09	27.28	64.51	46.61	9.49	23.24
常绿—落叶阔叶混交林	104.52	52.90	20.13	28.93	135.12	105.64
毛竹林	56.90	70.40	13.75	116.06	70.53	59.31
合计(林地类型总面积)	523.73	466.66	403.82	469.82	477.08	347.18
园地	172.79	106.41	289.33	190.85	226.38	138.39
农田	1 407.29	1 543.46	1 311.99	1 474.29	1 339.16	1 416.47
合计(植被类型总面积)	2 103.82	2 116.53	2 005.14	2 134.96	2 042.62	1 902.04
城镇及工矿用地	37.56	52.74	84.50	107.18	150.70	266.17
水域	129.49	103.66	171.09	58.86	95.28	85.10
荒地	63.64	57.36	77.78	32.14	44.55	79.84

2.2 常绿阔叶林转化分析

常绿阔叶林的面积转化取决于转入面积数量与转出面积数量两方面的影响,在 ER-DAS 中提取相邻年份不同植被类型转入常绿阔叶林的区域为转入区域,常绿阔叶林转出到该植被类型的区域为转出区域,将转入和转出面积做差值运算,得到各植被类型与常绿阔叶林的实际转化面积,见图 1,正值表现为该时期该植被类型表现为转入常绿阔叶林,反之则为负,并由公式 1 计算各转化率,按植被类型得到曲线图 2.

1974~2009 年,不同的时段转入为常绿阔叶林的主要类型和常绿阔叶林转出的主要类型并不一样,由图 1 可知常绿—落叶阔叶混交林、针叶林和灌丛转入为常绿阔叶林的总面积大于常绿阔叶林转出总面积,为新的常绿阔叶林的生成做主要贡献,而针叶阔叶混交林、毛竹林、农田和园地转入为常绿阔叶林的总面积小于常绿阔叶林转出总面积,特别是农田和园地为常绿阔叶林的主要转出类型.由图 2 可见,1974~1979 年,针叶林、常绿—落叶阔叶混

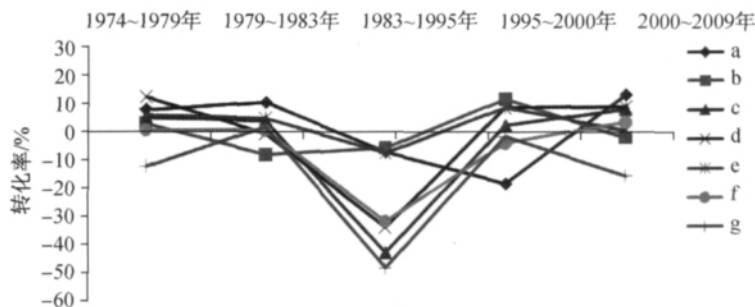
交林、针叶阔叶混交林、毛竹林和灌丛都向常绿阔叶林转化,转化率在 2%~11%间不等,实际贡献面积近 70 km²,常绿阔叶林总面积上升;1979~1983年,主要转入类型为常绿—落叶阔叶混交林和灌丛,总面积继续上升,而针叶阔叶混交林转化率为-9%,为演替过程中常见的成熟群落向较低级群落退化的自然过程;1983~1995年,在经济利益的驱动下,常绿阔叶林被当作杂木林遭到大面积砍伐,所有植被类型转化率均为负值,总面积急剧减少;1995~2000年,虽然常绿—落叶阔叶混交林转化率为-19%,但在针叶阔叶混交林、针叶林和灌丛的大量转入下,常绿阔叶林退化的现象得到扭转,总面积基本不变;2000~2009年,常绿—落叶阔叶混交林转化率为 12%,针叶林和毛竹林的转化率都在 5%以上,常绿阔叶林开始恢复。



注:a 常绿落叶—阔叶混交林,b 针叶阔叶混交林,c 毛竹林,d 针叶林,e 灌丛,f 园地,g 农田

图1 各植被类型与常绿阔叶林的转化面积

Fig. 1 Area of every vegetation type turned with evergreen broad-leaved forest



注:a 常绿落叶—阔叶混交林,b 针叶阔叶混交林,c 毛竹林,d 针叶林,e 灌丛,f 园地,g 农田

图2 各植被类型对常绿阔叶林的转化率

Fig. 2 Transformation rate of every vegetation type for evergreen broad-leaved forest

2.3 新转化常绿阔叶林与原有常绿阔叶林的距离

在测算转化类型图层的栅格中心点与对比图层中所有栅格中心点的最短距离的基础上,将 1974~2009 年数据分 5 个时期,分别统计转入为常绿阔叶林的所有栅格中心点与原有常绿阔叶林的距离平均值和均方差,结果见表 2。

按转化距离总平均值由大到小对植被类型排序为:针叶阔叶混交林>常绿—落叶阔叶混交林>毛竹林>针叶林>园地>灌丛>农田。越是没有常绿阔叶林种群繁殖体的类型,成功演替为常绿阔叶林的分布地区离原有成熟的常绿阔叶林越近。

表2 新转化常绿阔叶林与成熟常绿阔叶林的距离均值

Tab. 2 Average distance between newly formed and mature evergreen broad-leaved forest m

植被类型	农田	灌丛	园地	针叶林	毛竹林	针叶阔叶混交林	常绿—落叶阔叶混交林
1974~1979年	183±191	136±130	128±116	140±101	114±106	94±53	199±101
1979~1983年	95±95	188±152	142±124	235±168	107±101	302±189	177±135
1983~1995年	102±166	92±36	98±129	101±159	108±148	99±65	95±64
1995~2000年	95±101	124±151	123±244	94±95	118±106	110±97	292±93
2000~2009年	96±108	98±66	144±343	113±179	234±411	135±109	93±59
总平均值	120±212	121±241	122±321	126±213	149±399	175±198	164±177

3 讨论和结论

20世纪70年代末80年代初,宁波的现代化建设全面展开,资源需求量大增,导致用材林资源过量消耗^[17],森林面积呈下降态势,但常绿阔叶林并没受到太大影响,面积反而稳中有升;80年代中后期,宁波经济高速发展,成熟林地资源趋于枯竭,常绿阔叶林被当作杂木林屡遭砍伐^[17],面积大幅下降;90年代开始,国家增加木材进口并限额采伐,加大造林和封山育林^[17],逐步扭转该区森林资源下降的态势;21世纪初,由于大面积爆发的松材线虫病,使该区的马尾松林大量死亡^[18],针叶林面积急速缩减,但人为对常绿阔叶林退化群落的封山育林逐见成效,常绿阔叶林和常绿—落叶阔叶混交林面积恢复显著,森林质量明显提高。

本文计算相邻年份不同植被类型与常绿阔叶林的实际转化面积,统计它们对常绿阔叶林的转化率。1974~2009年间,新常绿阔叶林的生成主要是靠常绿—落叶阔叶混交林和灌丛等演替而来,这是由于不同的用地历史对常绿阔叶林造成的干扰强度不同,使其处于不同的退化状态,而具有常绿阔叶林树种的用地历史类型更容易演替为成熟的常绿阔叶林^[9]。而重要树种的丧失以及种间关系的解构等自然原因可能导致成熟群落向较低级的群落退化^[19],在自然演替的力量占主导的时期,常绿阔叶林主要转出为常绿—落叶阔叶混交林和针叶阔叶混交林。在经济利益的驱动下,常绿阔叶林遭到大面积砍伐,在人为破坏力量占主导的时期,常绿阔叶林主要转出为毛竹林、针叶林、园地和农田,特别是农田的转化率为负值的现象从初期一直持续到现在,说明人为破坏常绿阔叶林的情况一直存在。

将各植被类型按转化距离总平均值由大到小排序后发现如下趋势:针叶阔叶混交林>常绿—落叶阔叶混交林>毛竹林>针叶林>园地>灌丛>农田。排序中越靠后的植被类型,常绿阔叶林种群繁殖体存在的量越小,需要更靠近原有常绿阔叶林,才有机会得到种源。在经济发达的宁波东部,大面积地区被次生或人工植被覆盖,自然植被呈零星岛状分布,对于缺少常绿阔叶林树种的植被类型,种源问题是其能否快速恢复为常绿阔叶林的关键^[18]。

通过测算演替为常绿阔叶林的距离总平均值后发现,各植被类型的值介于120 m至175 m间不等,而本实验用来提取中心点的栅格的边长为80 m。所以我们认为该方法只能初步反应种子传播距离的趋势,要进一步研究种源传播与植被恢复的关系尚需精度更高的遥感数据。

本文在对卫星遥感数据进行分类的基础上,对其他植被类型转化为常绿阔叶林的面积和距离做分析研究,可以得出如下结论。

(1) 由于自然环境和人为的影响,常绿阔叶林 37 年间在宁波东部地区的分布并不稳定,于 20 世纪 80~90 年代遭到最严重破坏,分布面积急剧减少,至最近 10 年开始封山育林才使其面积小幅回升。

(2) 比较相邻年份不同植被类型与常绿阔叶林的实际转化面积和转化率,自然演替规律和经济利益驱动是促成常绿阔叶林 37 年间动态变化的主要原因;在不受人为影响的情况下,常绿—落叶阔叶混交林和针叶阔叶混交林最易与常绿阔叶林相互转化。

(3) 测算新常绿阔叶林的生成区域与原有常绿阔叶林间的距离,将 5 个时期的距离按均值由大到小排序后发现,越是没有常绿阔叶林种群繁殖体的类型,其演替为成熟的常绿阔叶林就越依赖种源传播,因此需要离成熟常绿阔叶林越近。

(4) 由此可见,种源传播和用地历史是影响常绿阔叶林群落次生演替方向的重要因素,所以在展开常绿阔叶林的恢复建设时,应根据当时的用地类型和种源距离,选择适合的措施以达到快速恢复的目的。

[参 考 文 献]

- [1] 刘玉成,缪世利. 缙云山常绿阔叶林次生演替优势种群动态[J]. 植物生态学与地植物学学报,1992,16(1):26-35.
- [2] 李兴东,宋永昌. 浙江东部常绿阔叶林次生演替的随机过程模型[J]. 植物生态学与地植物学学报,1993,13(3):287-290.
- [3] 彭少麟. 南亚热带森林群落动态学[M]. 北京:科学出版社,1996.
- [4] 宋永昌,王祥蓉. 浙江天童国家森林公园的植被和区系[M]. 上海:上海科学技术文献出版社,1995.
- [5] 宋永昌,陈小勇. 中国东部受损常绿阔叶林生态系统的退化机制与生态恢复[M]. 北京:科学出版社,2007.
- [6] 丁圣彦. 常绿阔叶林演替系列比较生态学[M]. 河南开封:河南大学出版社,1999.
- [7] 丁圣彦. 常绿阔叶林的植被动态研究[J]. 河南大学学报:自然科学版,2001,31(3):82-86.
- [8] 丁圣彦,宋永昌. 常绿阔叶林演替过程中马尾松消退的原因[J]. 植物学报,1998,40(8):755-760.
- [9] 王希华,闫恩荣,严晓,等. 中国东部常绿阔叶林退化群落分析及恢复重建研究的一些问题[J]. 生态学报,2005,25(7):1796-1803.
- [10] 张玲,方精云. 秦岭太白山 4 类森林土壤种子库的储量分布与物种多样性[J]. 生物多样性,2004,12(1):131-136.
- [11] 张天澍,李恺,蔡永立,等. 浙江天童国家森林公园鼠类对石栎种子的捕食和传播[J]. 应用生态学报,2006,17(3):457-461.
- [12] 孙华生,黄敬峰,王杰,等. CEBRS-02 CCD 图像中居民点用地信息提取方法研究[J]. 科技通报,2008,24(4):504-509.
- [13] 武文波,陈静. 基于 ETM+ 的遥感影像信息提取研究[J]. 甘肃农业大学学报,2008,43(5):142-146.
- [14] 何瑞银,沈明霞,从静华. 植被信息提取过程中 ETM+ 遥感影像的分类方法[J]. 江苏农业学报,2008,24(1):29-32.
- [15] 权维俊,郭文利,叶彩华,等. 基于 TM 卫星影像获取北京市水体密度指数与植被覆盖指数的方法[J]. 南京气象学院学报,2007,30(5):610-616.
- [16] 史培军,宫鹏,李晓兵,等. 土地利用/土地覆盖变化研究的方法与实践[M]. 北京:科学出版社,2000a:99-134.
- [17] 李双成,杨勤业. 中国森林资源动态变化的社会经济学初步分析[J]. 地理研究,2000,19(1):1-7.
- [18] 王希华,宋永昌,王良衍. 马尾松林恢复为常绿阔叶林的研究[J]. 生态学杂志,2001,20(1):30-32.
- [19] 陈小勇,宋永昌. 受损生态系统类型及影响其退化的关键因素[J]. 长江流域资源与环境,2004,13(1):78-83.