

于皓,张柏,王宗明,等.1990~2015年韩国土地覆被变化及其驱动因素[J].地理科学,2017,37(11):1755-1763.[Yu Hao, Zhang Bai, Wang Zongming et al. Land Cover Change and Its Driving Forces in the Republic of Korea Since the 1990s. Scientia Geographica Sinica, 2017, 37(11): 1755-1763.] doi: 10.13249/j.cnki.sgs.2017.11.018

# 1990~2015年韩国土地覆被变化及其驱动因素

于皓<sup>1,2</sup>,张柏<sup>1</sup>,王宗明<sup>1</sup>,任春颖<sup>1</sup>,毛德华<sup>1</sup>,贾明明<sup>1</sup>

(1.中国科学院东北地理与农业生态研究所湿地生态与环境重点实验室,吉林 长春 130102;

2.中国科学院大学,北京 100049)

**摘要:**以中等分辨率 Landsat 系列影像为数据源,利用面向对象的图像分析(OBIA)方法,研究 1990~2015 年韩国土地覆被变化的主要特征与驱动因素。研究发现:近 25 a 来,韩国人工表面、林地、湿地、耕地和水体面积变化较大。人工表面扩张最为明显,面积增加了 1 847.24 km<sup>2</sup>(+38.97%),主要发生在以首尔为中心的首都圈地区,多由耕地和林地转化而来。林地、湿地和耕地面积分别减少 776.71 km<sup>2</sup>、707.32 km<sup>2</sup>和 426.65 km<sup>2</sup>。过去 25 a 间韩国土地覆被变化主要集中分布在海拔较低(<100 m)和坡度较小(<3°)的区域。人类活动因素,如人口增长、城市扩张、经济发展及政策调控等是造成韩国土地覆被变化的主要原因。

**关键词:**土地覆被变化;驱动因素;Landsat 遥感数据;面向对象的图像分析方法(OBIA);韩国

**中图分类号:**TP79;F301.2

**文献标识码:**A

**文章编号:**1000-0690(2017)11-1755-09

土地覆被变化研究是全球环境变化研究的重要主题,也是国际地圈生物圈计划(the International Geosphere-Biosphere Programme, IGBP)和全球环境变化人文因素计划(the International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change, IHDP)研究的核心内容<sup>[1,2]</sup>。土地覆被变化是人类活动与自然环境相互作用的最直接表现,可对区域生态环境产生重要影响<sup>[3,4]</sup>。韩国位于朝鲜半岛南部,是东北亚的重要组成部分、中国的重要邻国;作为亚洲为数不多的发达国家和曾经的“亚洲四小龙”之一,在“出口主导型”经济开发战略引导下,过去几十年间韩国经济经历了高速增长、中速增长、经济衰退、经济复苏等阶段。这些发展历程必然会改变地表的土地覆被格局。目前,对韩国全国尺度的土地覆被研究并不深入,以往的研究中,时间尺度较小,数据源空间分辨率较低<sup>[5-7]</sup>,且缺少韩国全境土地覆被现状及变化的综合研究<sup>[8,9]</sup>,从而限制了对韩国土地覆被变化的系统分析。研究韩国全国尺度的土地覆被变化及其驱动因素,能够促进中国对于周边国家资源环境

演变趋势的了解,丰富中国的国际地理学研究成果,为土地资源科学管理与生态环境保护提供重要借鉴。因此,本研究以空间分辨率为 30 m 的 Landsat 遥感影像作为数据源,利用面向对象的图像分析方法(object-based images analysis, OBIA),获取韩国 1990 年和 2015 年的土地覆被信息;在此基础上分析长时间序列土地覆被类型的变化特征及其相互转化关系,探索发生变化的主要原因。研究结果对于中国特别是东北地区经济开发与土地合理利用、土地资源科学管理与生态环境保护具有重要的现实意义。

## 1 数据与方法

### 1.1 研究区介绍

韩国位于朝鲜半岛南部,与中国东北地区毗邻,东临日本海,西与中国山东省隔黄海相望,与中国最短距离约为 190 km,在 126°~130°E, 33°~39°N 之间(图 1),总面积约为 10.01×10<sup>4</sup>km<sup>2</sup>。韩国地形主要以山地为主,低山、丘陵和平原交错分布,其中低山和丘陵主要分布在中部和东部,海拔

收稿日期:2017-01-22;修订日期:2017-03-21

基金项目:中国科学院重点部署项目课题(KZZD-EW-08-02)资助。[Foundation: The Key Research Program of the Chinese Academy of Sciences (KZZD-EW-08-02).]

作者简介:于皓(1989-),女,吉林松原人,博士研究生,主要从事资源环境遥感研究。E-mail: yuhao@iga.ac.cn

通讯作者:张柏,研究员。E-mail: zhangbai@neigae.ac.cn

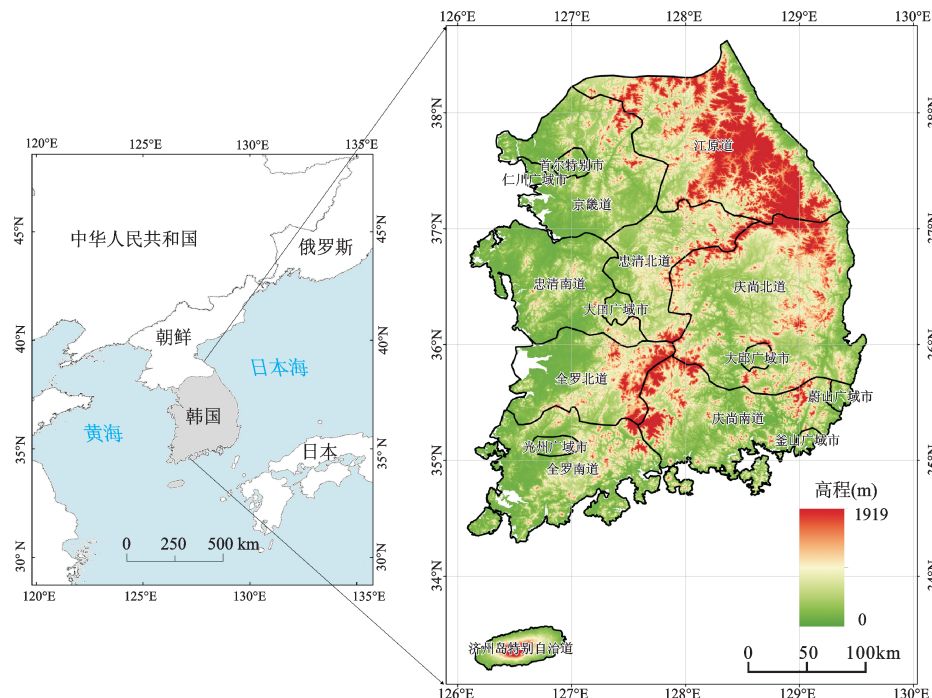


图1 韩国地理位置与数字高程模型

Fig.1 The location and the Digital Elevation Model of Republic of Korea (ROK)

多在 500 m 以下。韩国北部属温带季风气候,南部属亚热带气候,海洋性特征显著。四季分明,冬季最低气温达零下 12℃,夏季最高气温可达 37℃。年降水量 1 500 mm 左右,降水量由南向北逐步减少。韩国行政区划分为 1 个特别市(首都)、1 个特别自治市、6 个广域市、8 个道,以上一级行政区称为“广域自治团体”,共有 16 个。韩国土地所有制以私有制为主,且为垄断式土地私人占有,但政府仍对土地的利用和管理有着较强的国家调控权<sup>[10]</sup>。韩国是中国的重要邻国,在经济上与中国有着密切的贸易关系。自 1992 年建交以来,两国的贸易规模从建交时的 60 亿美元增加到 2014 年的 2 300 亿美元,中国已经成为韩国最大的贸易伙伴,而韩国也成为中国的第三大贸易伙伴<sup>[11]</sup>。同时韩国是东北亚经济圈(包括俄罗斯远东、西伯利亚地区,蒙古,日本,朝鲜半岛,中国的东北地区和内蒙古东北部)的重要组成部分,是东北亚地区各国资源、环境和可持续发展寻求密切的合作关系的敏感反应区域<sup>[12]</sup>。

## 1.2 数据来源与预处理

本研究中进行土地覆被分析所用的遥感影像数据源为 1990 年和 2015 年 2 期 Landsat TM/OLI 遥感影像,共 47 景(<http://glovis.usgs.gov>)。辅助参考

数据包括:① 2009 年韩国 GlobCover 土地覆被栅格数据,分辨率为 1 km,来源为欧空局 GlobCover 全球陆地覆盖数据(<http://globalchange.ndsc.cn>)。② 空间分辨率为 30 m 的 DEM(数字高程)数据,来源为美国航天局和日本经济产业省共同推出的 ASTER-GDEM (V.2),在地理空间数据云平台上下下载,下载地址:<http://www.gscloud.cn/sources/?cda-taid=302&pdataid=10>。在 DEM 数据的基础上,生成坡度数据。③ 韩国气象数据为分辨率为 1 km 的栅格数据,包括年平均气温、年降水量,由中国科学院地理科学与资源研究所提供。④ 韩国人口统计数据,来自联合国粮食及农业组织(<http://www.fao.org/faostat/en/#data/OA>),国民生产总值(Gross Domestic Product, GDP)数据来源为 <http://cn.knoema.com>。

土地覆被信息提取前进行的遥感数据预处理包括:对遥感影像进行大气校正、几何精校正、影像拼接和不规则分幅等预处理。对于不宜辨别的地物进行图像增强处理,如:K-T 变换,波段合成等,加强目标区域地物类型的辨识特征。建立图像解译标志,利用历史数据、DEM 数据、多时相影像等辅助信息,提高遥感影像信息提取的精度和速度。应用的专业软件包括:ENVI 5.3 和 Arc-

GIS10.3。参照国际地圈—生物圈计划(IGBP)土地利用/土地覆被分类系统及中分辨率遥感数据的生态系统分类体系<sup>[13,14]</sup>,结合韩国实际情况和研究目的,确定本研究的土地覆被分类系统:林地、草地、湿地、水体、耕地、人工表面、裸土地和火烧迹地共8个类型。

### 1.3 土地覆被信息提取方法

本文采用面向对象图像分析方法提取韩国1990年和2015年的土地覆被信息。面向对象的分类方法突破了传统遥感影像分类方法以像元为基本分类和处理单元的局限性,以含有更多语义信息的多个相邻像元组成的对象为处理单元,可以实现较高层次的遥感图像分类和目标地物提取<sup>[15]</sup>。本研究以Ecognition 8.64作为软件平台,结合多源辅助信息,运用分层分类、逐级掩膜,多时相辅助等方法对韩国遥感影像数据进行信息提取。影像信息提取主要根据分割对象的光谱特征、几何特征及地形特征等<sup>[16]</sup>。本文中光谱特征主要用于提取植被类型及水体;几何特征用于提取水体及耕地;地形特征用于林地信息提取。在确定描述地物类型所需的特征后,经过调试,确定各特征的隶属度函数或阈值,最终建立分类树<sup>[17]</sup>,获得土地覆被信息提取结果。

本研究中,在GoogleEarth上随机选取土地覆被样点共计769个,其中2015年样点427个,1990年样点342个。精度分析结果表明,1990年和2015年2期土地覆被分类总体精度分别为91.81%和93.68%。kappa系数分别为0.83和0.85,精度满足研究需求,表明利用面向对象图像分析方法提取韩国土地覆被信息是可行的。

### 1.4 土地覆被变化分析方法

土地覆被变化速率的区域差异可以用土地覆被动态模型表述<sup>[18]</sup>,即:

$$S = \left\{ \sum_{ij} (\Delta S_{i-j} / S_i) \right\} \times (1/t) \times 100\% \quad (1)$$

式中:  $S_i$  为检测开始时第  $i$  类土地覆被类型总面积;  $\Delta S_{i-j}$  为检测开始至检测结束时段内第  $i$  类土地覆被类型转换为其他土地覆被类型面积总和;  $t$  为土地覆被变化时间段,  $S$  为与  $t$  时段对应的而研究土地覆被变化速率。本模型主要用于单一土地覆被类型变化速率的度量。

土地覆被状态转移矩阵可全面而又具体地刻画画区域土地覆被变化的结构特征。该方法来源于

系统分析中对系统状态与系统转移的定量描述,其反映在一定时间间隔下,揭示土地覆被格局的时空演化,其数学表达式为:

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

式中:  $S_{ij}$  为研究初期与研究末期时段内由类型  $i$  转化为类型  $j$  的情况,  $n$  为土地覆被的类型数。

## 2 结果与分析

### 2.1 韩国土地覆被现状

2015年韩国土地覆被类型以林地和耕地为主,两者面积之和占土地总面积的88.93%(图2)。其中,林地为第一大类型,面积为  $6.35 \times 10^4 \text{ km}^2$ ;其次为耕地,面积为  $2.64 \times 10^4 \text{ km}^2$ ;人工表面、水体和湿地面积分别为  $6\,586.83 \text{ km}^2$ 、 $4\,032.71 \text{ km}^2$  和  $397.64 \text{ km}^2$ ;火烧迹地、草地和裸土地面积较小,三者面积之和占土地总面积的比例不足0.20%。人工表面集中分布在以首尔特别市为中心的京仁工业区和以釜山为中心的东南沿海工业区及连接两地的高速公路沿线,其中,85.02%的人工表面分布在小于100 m的低海拔区。林地广泛分布在韩国各行政区内。受人居环境和地形的影响,耕地主要分布在西部海拔低坡度小的地区,据统计,约有92.35%的耕地分布海拔小于300 m的地区。湿地主要分布在靠近黄海一侧的低海拔沿海地区,约有96.33%的湿地分布在海拔100 m范围内。水体、裸土地、火烧迹地和草地分布较为分散。

### 2.2 土地覆被变化总体特征

近25 a来韩国土地覆被变化显著,变化总面积为  $4\,650.23 \text{ km}^2$ ,占全国土地总面积的4.60%。人工表面和水体面积增加,分别增加了  $1\,847.24 \text{ km}^2$  和  $364.87 \text{ km}^2$ ,其它土地覆被类型的面积均减少,其中,林地面积减少了  $776.71 \text{ km}^2$ ,耕地面积减少了  $426.65 \text{ km}^2$ ,湿地面积减少了  $707.32 \text{ km}^2$ ,裸土地面积减少了  $258.00 \text{ km}^2$ ,火烧迹地、草地变化量较小,均不到  $30.00 \text{ km}^2$ 。面积增加的土地覆被类型中,人工表面扩张显著,面积增长率高达38.97%。面积减少的土地覆被类型中,火烧迹地的减少率最高,为95.89%;其次为裸土地和湿地,减少率分别为65.09%和64.01%;林地和耕地的减少率相对较低,分别为1.59%和1.21%(表1)。



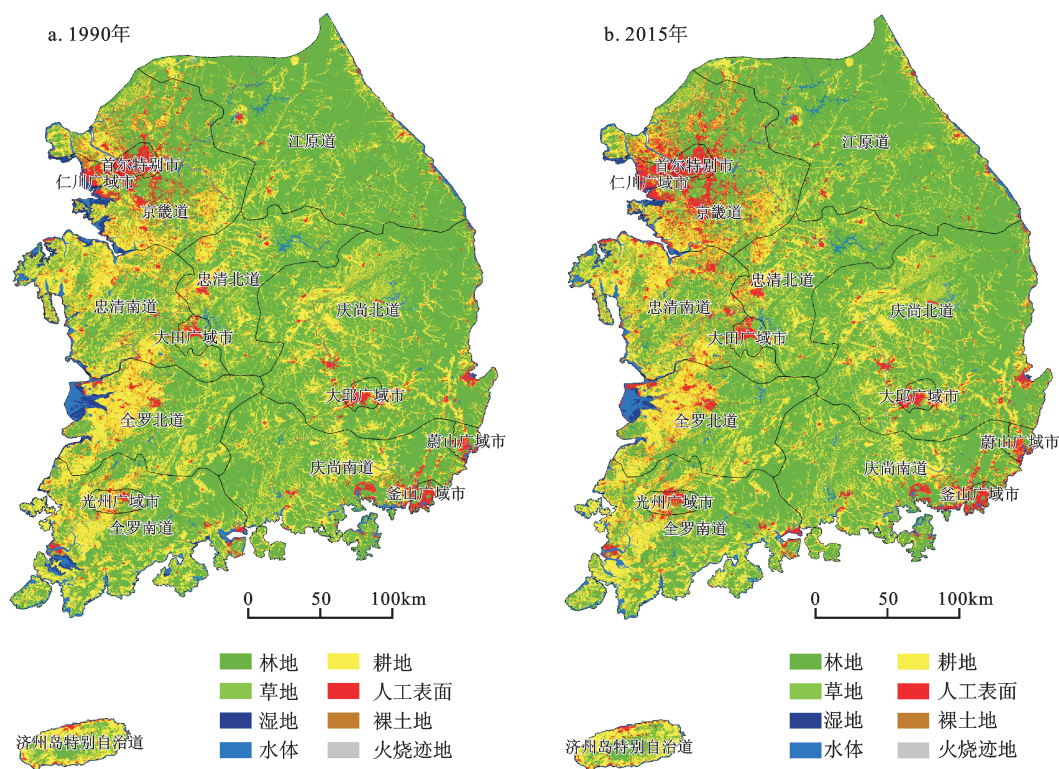


图2 1990年和2015年韩国土地覆被

Fig.2 The distribution of land cover types in ROK in 1990 and 2015

表1 1990~2015年期间韩国土地覆被各类型变化

Table 1 Area change of land cover in ROK from 1990 to 2015

土地覆被类型	人工表面	水体	林地	耕地	湿地	裸土地	火烧迹地	草地
变化量 (km <sup>2</sup> )	+1847.24	+364.87	-776.71	-426.65	-707.32	-258.00	-28.13	-15.29
变化率 (%)	+38.97	+9.95	-1.21	-1.59	-64.01	-65.09	-95.89	-29.08

注:不包括周边海上小岛,“+”为增加,“-”为减少。

1990~2015年,韩国各行政区土地覆被变化面积最大的地区是京畿道,变化面积为1 186.45 km<sup>2</sup>,占土地覆被变化总面积的25.54%;其次为忠清南道和全罗南道,变化面积分别占全国土地覆被变化总面积的15.08%和12.27%;其他行政区土地覆被变化率均小于10%。从土地覆被类型变化上看,各行政区人工表面均呈现增加趋势,主要集中在西部和南部沿海地区,其中人工表面面积增加最大的地区为京畿道(+725.18 km<sup>2</sup>)。水体面积增加地区多分布在沿海地区,以忠清南道和全罗北道为主,面积分别增加了114.73 km<sup>2</sup>和109.53 km<sup>2</sup>。对于林地而言,除济州岛自治市面积增加(+17.15 km<sup>2</sup>)外,其他各行政区均呈现减少趋势,减

少区主要集中在韩国的西北京仁工业区和东南沿海工业区,其中京畿道地区林地面积减少量最大(-252.13 km<sup>2</sup>)。各行政区耕地变化情况不同,其中耕地增加区域分布在南部,以全罗南道为主,面积增加了176.45 km<sup>2</sup>;耕地减少区主要分布在京畿道和全罗北道,减少面积分别为324.30 km<sup>2</sup>和117.59 km<sup>2</sup>。湿地面积减少区域主要集中在沿海地区,其中湿地减少面积最多的地区为全罗南道(-258.47 km<sup>2</sup>)。裸土地减少区主要分布在庆尚北道(-95.10 km<sup>2</sup>)和京畿道(-55.10 km<sup>2</sup>)。各行政区内火烧迹地和草地类型面积变化较小(表2)。

### 2.3 主要土地覆被类型的转化特征

1) 人工表面的转入:近25 a来韩国人工表面



表2 1990~2015年期间韩国各行政区内土地覆被类型变化面积表(km<sup>2</sup>)

Table 2 Area change of land cover in the administrative regions of ROK from 1990 to 2015

行政区划	人工表面	水体	林地	耕地	湿地	裸土地	火烧迹地	草地
庆尚北道	+93.65	+36.60	-128.64	+97.80	—	-95.10	-2.76	-1.54
庆尚南道	+104.94	-8.79	-90.56	+25.64	-0.15	-27.90	-3.17	—
忠清北道	+92.47	+11.22	-15.97	-81.23	—	-5.05	-1.38	-0.07
全罗南道	+116.85	+39.01	-65.45	+176.45	-258.47	-7.87	-0.53	—
全罗北道	+142.93	+109.53	-12.92	-117.59	-127.97	6.29	-0.28	—
江原道	+69.30	+24.51	-35.65	-27.86	-0.66	-11.73	-16.10	-1.82
京畿道	+725.18	+39.32	-252.13	-324.30	-130.95	-55.10	-2.01	—
忠清南道	+277.38	+114.73	-134.71	-62.51	-160.19	-31.39	-1.46	-1.84
济州岛自治市	+25.94	-1.19	+17.15	-31.80	—	+0.63	-0.27	-10.44
首尔特别市	+13.09	+0.20	-3.22	-9.93	—	-0.14	—	—
仁川广域市	+77.96	+4.25	-0.95	-22.43	-28.93	-30.30	—	+0.42
大田广域市	+20.12	+0.28	-5.35	-14.88	—	—	-0.17	—
蔚山广域市	+18.57	-3.85	-28.12	+13.45	—	-0.04	—	—
光州广域市	+49.58	+2.41	-11.08	-40.64	—	-0.28	—	—
大邱广域市	+10.86	+0.24	-5.56	-5.54	—	—	—	—
釜山广域市	+8.43	-3.59	-3.55	-1.28	—	—	—	—

注:不包括周边海上小岛,“—”表示该类型无转入转出;“-”表示土地覆被类型面积减少,“+”表示土地覆被类型增加。

增加速度最快(73.89 km<sup>2</sup>/a),增加的人工表面来自于耕地、林地、湿地和水体的转化。其中耕地是其最大的贡献者(57.11%),人工表面对耕地的占用主要分布在西部京畿道、忠清南道和全罗南道,其他地区分布较少。人工表面对林地的占用(27.63%)仅次于耕地(表3),林地占用集中分布在韩国的西北部 and 东南工业区。水体和湿地转变为人工表面的情况主要发生在沿海地区,两者转化为人工表面的总面积为205.39 km<sup>2</sup>。

2) 林地转出:1990~2015年韩国林地面积减少,变化速率位居第二位(31.07 km<sup>2</sup>/a),最主要的转出类型是耕地(59.30%),主要分布在韩国北部。其次,林地转出面积的35.42%转化为人工表面,主要集中分布在西北和东南工业区。其它转出类型(5.28%)较为分散,零星分布在韩国各行政区内(表3)。

3) 耕地转出:近25 a间韩国耕地整体呈现减少趋势,平均每年减少17.07 km<sup>2</sup>,转出类型以人工表面为主(60.30%),分布在西部沿海地区。其次为林地(30.14%),主要分布在西部和北部。耕地转化为水体(8.31%)的区域较为分散,其它转出类型零星分布在韩国北部。

4) 湿地转出:近25 a韩国湿地面积总体减少,平均每年减少28.29 km<sup>2</sup>。水体是湿地转出的

主要类型(52.30%),主要分布在靠近黄海一侧的沿海地区。其次,湿地转出面积的30.37%转化为耕地(表3),主要分布在韩国低海拔的沿海地区。

### 3 土地覆被变化的驱动因素

#### 3.1 自然因素

影响土地变化的因子错综复杂,主要有自然因素和人文因素2个方面。自然因素是土地覆被变化的物质基础和环境条件,在自然系统中,地形、气候等被认为是主要驱动因素<sup>[19]</sup>。自然地理条件在不同区域存在差异,时空尺度上的组合所形成的区域分异是造成土地利用和土地覆被变化区域差异的基础<sup>[20]</sup>。

##### 3.1.1 地形因素对土地覆被变化的影响

与平原地区相比,山地在一定程度上限制人类活动。不同的高程范围内土地覆被类型的变化情况不同。随着海拔的升高,人工表面、水体、耕地和湿地变化率降低,林地变化受海拔影响较小。土地覆被变化主要集中分布在海拔小于100 m范围内,该区人工表面、水体、耕地和湿地转出量约为各自转出总量的51.79%、90.12%、71.20%和95.61%,各类型的转入量分别占各自转入总量的79.38%、65.58%、84.06%和98.98%。

受坡度影响,人工表面、湿地、耕地和水体变

表3 1990~2015年韩国土地覆被类型间转化表

Table 3 Conversion matrix of land cover types of ROK from 1990 to 2005

1990~2015年 各类型间转化		人工表面		水体		林地		耕地		湿地		其他	
		面积	比例	面积	比例	面积	比例	面积	比例	面积	比例	面积	比例
		(km <sup>2</sup> )	(%)	(km <sup>2</sup> )	(%)	(km <sup>2</sup> )	(%)	(km <sup>2</sup> )	(%)	(km <sup>2</sup> )	(%)	(km <sup>2</sup> )	(%)
人工表面	转入			112.92	6.07	513.73	27.63	1061.71	57.11	92.47	4.97	78.30	4.21
	转出			0.22	1.85	4.98	41.88	6.69	56.27	0	0	0	0
水体	转入	0.22	0.03			31.97	4.94	146.30	22.61	389.36	60.17	79.27	12.25
	转出	112.92	40.01			17.35	6.15	114.50	40.57	31.01	10.99	6.47	2.29
林地	转入	4.98	0.74	17.35	2.57			530.62	78.74	10.23	1.52	110.71	16.43
	转出	513.73	35.42	31.97	2.20			860.25	59.30	0.44	0.03	44.21	3.05
耕地	转入	6.69	0.50	114.50	8.58	860.25	64.49			226.06	16.95	126.48	9.48
	转出	1061.71	60.30	146.30	8.31	530.62	30.14			5.49	0.31	16.51	0.94
湿地	转入	0	0	31.01	83.52	0.44	1.19	5.49	14.79			0.19	0.51
	转出	92.47	12.42	389.36	52.30	10.23	1.37	226.06	30.37			26.33	3.54
其他	转入	0	0	6.47	6.92	44.21	47.27	16.51	17.65	26.33	28.15		
	转出	78.30	19.83	79.27	20.07	110.71	28.03	126.48	32.02	0.19	0.05		

化明显,随着坡度增加,变化率降低。过去 25 a 间,韩国土地覆被变化区域主要集中在坡度小于 3°范围内,该区人工表面、水体、耕地和湿地转出量分别占各自转出总量的 48.02%、87.60%、71.23%和 92.99%,各类型的转入量分别占各自转入总量的 71.33%、78.98%、38.52%和 95.57%。林地变化区域较为分散,各坡度范围内变化率没有明显的差异。

综上,韩国土地覆被变化主要集中在海拔低(<100 m)、坡度小(<3°)的地区。

### 3.1.2 气候变化对土地覆被变化的影响

相关研究表明,气候变化能够在一定程度上影响区域土地覆被变化<sup>[21]</sup>,1990~2015年韩国气候变化趋势来看(见图3),全国年平均气温和年降水量均呈现下降的趋势,下降幅度平缓。过去 25 a 间韩国年均气温和年降水量变化不大,从农田、林地及人工表面的变化情况看,气候变化对土地覆被变化影响相对较小。

## 3.2 人类活动因素的影响

大量研究表明,土地覆被变化是自然和人类活动双重驱动因素综合作用的结果,如果说自然因素是土地覆被分布的主要因素,人类活动则是土地覆被变化的主导因素。人类活动因素错综复杂,人口、经济、科技和政策等社会因素对土地覆被变化影响更为突出<sup>[22]</sup>,本文人类活动因素主要从人口、经济和国家政策 3 个方面分析。

### 3.2.1 人口迅速增长

1990~2015年间,韩国总人口从 4 297.23 万人上升至 5 029.34 万人,人口增长率为 17.04%。城市人口增加幅度大于总人口增加幅度,增长率为 29.30%。人口在空间上持续向大都会城市周边集中,并逐渐形成了围绕大都市的一体化城市圈,城市化现象显著<sup>[23]</sup>。随着城市人口的快速增长,对居住地等的需求升高,韩国人工表面面积扩大。25 a 间韩国人工表面扩张率高达 38.97%,人工表面扩张的同时占用了耕地和林地等自然资源。

### 3.2.2 经济高速发展

2015年韩国GDP总量为1.45万亿元,与1990年相比,增长率为417.86%。2015年人均GDP为2.75万美元,约为中国人均GDP的3.5倍,经济发展速度惊人。随着韩国在钢铁、造船、汽车、半导体及数码产品等制造业方面的快速发展,工业用地需求增加,25 a内人工表面增加了1 847.24 km<sup>2</sup>。随着工业化的进程不断加快,韩国出口增长也从劳动密集型的轻工业品转向了技术密集型、高质量的产品,同时更加鼓励和发展第三产业,农业在韩国经济中所占的比例越来越小,地位日见降低<sup>[24]</sup>,1990~2015年耕地面积减少426.65 km<sup>2</sup>。同时由于资源开采和沿海城市的快速发展,海岸下沉,相对海平面上升,导致沿海地区湿地生态系统面积减少<sup>[25]</sup>。综上,经济的快速发展,导致了人工表面面积增加,耕地、湿地等自然生态系统面积减少。

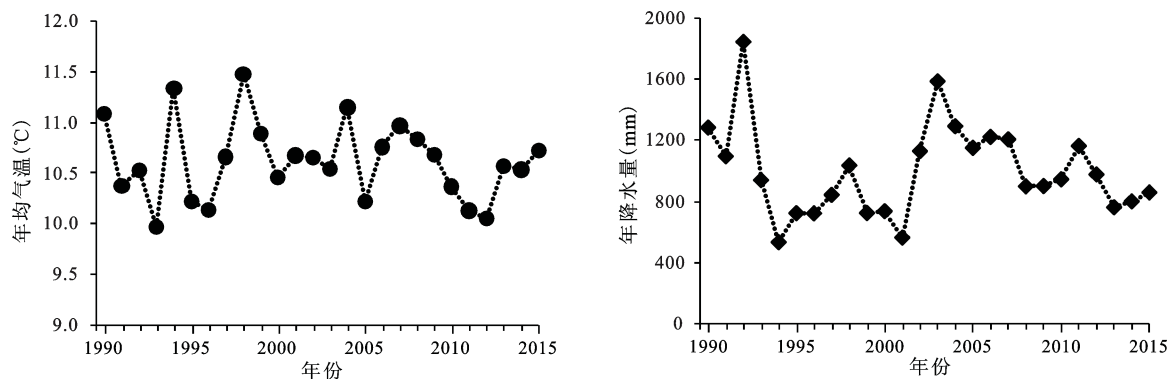


图3 1990~2015年韩国年平均气温及年均降水趋势

Fig.3 Variation diagram of annual average temperatures and precipitation in ROK since 1990

### 3.2.3 城市发展政策和土地资源保护政策

政策的颁布与实施是影响土地覆被变化的另一个重要驱动因素,韩国社会经济持续迅猛发展,带动了城市的快速发展。20世纪90年代初韩国政府启动了第一期的新都市建设计划,以首都圈地区为中心,建立卫星城镇<sup>[26]</sup>,导致人工表面大面积增加。此外韩国政府有意识推动传统产业结构调整,鼓励电子技术、文化技术产业、通讯信息技术产业等生产产业发展的政策,这使得条件好的城市对专业和技术服务领域的人员需求与用地面积增加<sup>[23]</sup>,如:京畿道是韩国尖端产业的聚集地,受政策影响十分明显,是近25 a人工表面面积扩张最大的地区,占人工表面增加总面积的39.26%。

在韩国人口、经济及工业化产业快速发展的同时,环境问题日益突出,耕地和林地等自然资源逐渐减少。以发展为前提,韩国政府越来越注重自然资源的保护及其可持续发展。可以将韩国的自然资源政策分为3个部分,即:自然资源的保护期(1980s前)、自然资源的开放协调发展期(1980~2000年)及亲环境的绿色可持续发展期(21世纪以来)。具体政策如:为了更加合理利用和保护自然资源,使其朝向绿色原生态可持续方向发展,21世纪初韩国政府出台了《亲环境农业育成法》、《亲环境农业育成五年计划》、《农业、农村综合对策》等一系列关于亲环境农业的政策法规<sup>[27-29]</sup>;并先后推出了《森林保护法》、《韩国植物保护法》、森林教育推广活动等以加强自然资源的管理与保护,控制人工表面对林地、耕地等自然资源的占用,同时提高自然资源的利用效率,另外,森林火灾的防御和补救政策可能是本研究中火烧迹地面积减少的

主要原因<sup>[30,31]</sup>。

## 4 结论

1990~2015年受政府主导性策略、人口快速增长、社会经济快速发展等多重因素的影响,韩国土地覆被变化呈现高强度、快速的动态变化,在空间格局上具有显著的区域分异特征。期间土地覆被变化由人类活动主导下的人工表面的开发模式开始向经济发展与生态保护并重的方式发展。韩国土地覆被变化总体呈人工表面显著增加,耕地、林地、湿地等自然生态系统面积减少,人工表面占用耕地是该期间土地覆被变化的突出特征。高程和坡度对土地覆被类型变化具有一定的影响,人工表面、耕地等随着高程和坡度的升高,变化率降低。随着人口和GDP的快速增长,人工表面需求增加,且在20世纪90年代初,韩国政府实施的一系列经济社会发展与区域发展政策,这推动了不同区域社会经济快速发展,以首尔特别市为中心的首都圈,其经济发展政策导致了工厂和居住地不断扩张,占用耕地、林地等自然资源。自21世纪初以来,韩国政府在经济发展的同时,更加注重自然资源的保护与利用,颁布了一系列林业、农业等相关法律及政策,这在一定程度上减缓了人工表面的扩展速度。

## 参考文献(References):

- [1] 刘纪远, 匡文慧, 张增祥, 等. 20世纪80年代末以来中国土地利用变化的基本特征与空间格局[J]. 地理学报, 2014, 69(1): 3-14. [Liu Jiyan, Kuang Wenhui, Zhang Zengxiang et al. Spatiotemporal characteristics, patterns and causes of land use changes in China since the late 1980s. Acta Geographica Sinica, 2014, 69(1): 3-14.]



- ca, 2014, 69(1):3-14.]
- [2] Su Changhong, Fu Bojie, Lu Yihe et al. Land use change and anthropogenic driving force: A case study in Yanhe River Basin [J]. *Chines Geographical Science*, 2011, 21(5):587-599.
  - [3] Mooney A. Harold, Duraipapp Anantha, Larigauderie Anne. Evolution of natural and social science interactions in global change research programs[J]. *PNAS*, 2013, 110(Suppl 1): 3665-3672.
  - [4] Liu Jiyan, Zhang Zengxiang, Xu Xinliang et al. Spatial patterns and driving forces of land use change in China in the early 21st century[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2009, 64(12): 1411-1420.
  - [5] 张琦, 金继红, 张坤, 等. 日本和韩国土地利用与经济发展关系实证分析及启示 [J]. *资源科学*, 2007, 29(2):149-155. [Zhong Qi, Jin Jihong, Zhang Kun et al. Empirical analysis and enlightenment of the relationship between Land use and economics development in Japan and Korea. *Resources Science*, 2007, 29(2):149-155.]
  - [6] 张琦. 韩国工业化推进过程中的土地利用关于经济发展关系分析研究 [J]. *中国人口资源与环境*. 2007, 17(3):81-84. [Zhang Qi. Analysis Research on Relationship Between Land-use and Economic Development in Process of Industrialization Advancement in South Korea. *China Population Resources and Environment*, 2007, 17(3):81-84.]
  - [7] 逢超, 陈圣波, 王亚楠, 等. 基于MODIS数据的朝鲜半岛土地利用变化信息提取 [J]. *世界地质*. 2010, 29(1):155-159. [FengChao, Chen Shengbo, Wang Yanan et al. Information extract of land use change in Korea Peninsula based on MODIS data. *Global Geology*. 2010, 29(1):155-159.]
  - [8] Engler Robin, Teplyakov Victor, Adams M. Jonathan. An Assessment of Forest Cover Trends in South and North Korea[J]. *Environmental Management*, 2014(53):194-201.
  - [9] Lee Dong Kun, Park Chan, Tomlin Dana. Effects of land-use-change scenarios on terrestrial carbon stocks in South Korea[J]. *Landscape and Ecological Engineering*, 2015, 11(1): 47-59.
  - [10] 汪秀莲. 韩国土地管理法律制度 [J]. *中国土地科学*, 2003, 17(3):57-62. [Wang Xiulian. Land administration legal system in South Korea. *China Land Science*, 2003, 17(3):57-62.]
  - [11] 金缀桥, 杨逢珉. 中韩双边贸易现状及潜力的实证研究 [J]. *世界经济研究*, 2015(1):81-90. [Jin Zuiqiao, Yang Fengmin. An empirical study on status and potential of Sino-Korean Bilateral trade. *World Economy Studies*, 2015(1):81-90.]
  - [12] 李轩. 东北亚地区贸易便利化的发展状况、面临挑战与对策研究 [J]. *亚太经济*, 2013(6):9-15. [Li Xuan. Study on the North East Asia facilitating trade circumstances, challenges and countermeasures. *Asia-Pacific Economic Review*, 2013(6):9-15.]
  - [13] 欧阳志云, 张路, 吴炳方, 等. 基于遥感技术的全国生态系统分类体系 [J]. *生态学报*, 2015, 35(2): 219-226. [Ouyang Zhiyun, Zhang Lu, Wu Bingfang et al. An ecosystem classification system based on remote sensor information in China. *Acta Ecologica Sinica*, 2015, 35(2):219-226.]
  - [14] 吴炳方, 苑全治, 颜长珍, 等. 21 世纪前十年的中国土地覆被变化 [J]. *第四纪研究*, 2014, 34(4):723-731. [Wu Bingfang, Yuan Quanzhi, Yan Changzhen et al. Land cover changes of China from 2000 to 2010. *Quaternary Sciences*, 2014, 34(4):723-731.]
  - [15] 满卫东, 王宗明, 刘明月, 等. 1990-2013 年东北地区耕地时空变化遥感分析 [J]. *农业工程学报*, 2016, 32(7):1-10. [Man Weidong, Wang Zongming, Liu Mingyue et al. Spatio-temporal dynamics analysis of cropland in Northeast China during 1990-2013 based on remote sensing. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2016, 32(7):1-10.]
  - [16] 曹雨田, 闫冬梅, 张丽, 等. 基于 QuickBird 卫星数据的土地利用分类规则集研究 [J]. *地理与地理信息科学*, 2011, 27(6): 28-32. [Cao Yutian, Yan Dongmei, Zhang Li et al. Study on the rule set for land use classification based on QuickBird Image. *Geography and Geo-Information Science*, 2011, 27(6): 28-32.]
  - [17] 张正健, 李爱农, 雷光斌, 等. 基于多尺度分割和决策树算法的山区遥感影像变化检测方法——以四川攀西地区为例 [J]. *生态学报*, 2014, 34(24):7222-7232. [Zhang Zhengjian, Li Ainong, Lei Guangbin et al. Change detection of remote sensing images based on multiscale segmentation and decision tree algorithm over mountainous area: a case study in Panxi region, Sichuan Province. *Acta Ecologica Sinica*, 2014, 34(24): 7222-7232.]
  - [18] 张丽, 杨国范, 刘吉平. 1986-2012 年抚顺市土地利用动态变化及热点分析 [J]. *地理科学*, 2014, 34(2):185-191. [Zhang Li, Yang Guofan, Liu Jiping. The dynamic changes and hot spots of land use in Fushun City from 1986 to 2012. *Scientia Geographica Sinica*, 2014, 34(2):185-191.]
  - [19] 郭斌, 陈佑启, 姚艳敏, 等. 土地利用与土地覆被变化驱动力研究综述 [J]. *农业资源与环境科学*, 2008, 24(4):408-414. [Guo Bin, Chen Youqi, Yao Minyan et al. A review of research on the driving force of land use and land cover change. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2008, 24(4):408-414.]
  - [20] Li Haiyan, Cai Yinying. Wuhan land use change and driving forces [J]. *Territory & Natural Resources Study*, 2011(1):11-13.
  - [21] Xiao Sisi, Wu Chundu, Chu Jinyu. Land use changes and driving forces in Tai Lake region from 1980 to 2005 [J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2012, 28(23):1-11.
  - [22] 钟凯文, 孙彩歌, 解靛. 基于 GIS 的广州市土地利用遥感动态监测与变化分析 [J]. *地球信息科学学报*, 2009, 11(1): 111-116. [Zhong Kaiwen, Sun Caige, Xie Liang. The dynamic monitoring of land use change in Guangzhou based on RS and GIS. *Journal of Geo-Information Science*, 2009, 11(1):111-116.]
  - [23] 王纪孔, 朴炳仙. 经济转型期的韩国城市化及其对中国的启示 [J]. *韩国研究论丛*, 2015(2):264-279. [Wang Jikong, Park Byung-seon. Korea's urbanization in the economic transitional period and Its Enlightenment to China. *South Korea Studies*, 2015(2):264-279.]
  - [24] 倪合金. 韩国经济发展的特征及其启示 [J]. *安徽工业大学学*

- 报(社会科学版), 2007, 24(4):5-7. [Ni Hejin. The characteristics of south Korea's economy development and its enlightenment. Journal of Anhui University of Technology (Social Sciences), 2007, 24(4):5-7.]
- [25] Murray J Nicholas, Clemens S Robert et al. Tracking the rapid loss of tidal wetlands in the Yellow Sea[J]. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2014, 12(5):267-272.
- [26] 赵丛霞, 金广君, 周鹏光. 首尔的扩张与韩国的城市发展政策[J]. *城市问题*, 2007(1):90-96. [Zhao Congxia, Jin Guangjun, Zhou Pengguang. The expansion of Seoul and the urban development policy of South Korea. *Urban Problems*, 2007(1):90-96.]
- [27] 朴钟相. 中韩耕地利用法律制度比较研究[D]. 沈阳: 辽宁大学, 2014. [Piao Zhongxiang. A comparative study: The legal system regarding cropland use in China and South Korea. Shengyang: Liaoning University, 2014.]
- [28] 金恩斌. 韩国农业政策演进方向分析[J]. *延边大学学报(社会科学版)*, 2011, 44(3):67-71. [Jin Enbin. Analysis of the agricultural policy evolution in ROK. *Journal of Yanbian University (Social Science)*, 2011, 44(3):67-71.]
- [29] Park Mi Sun, Lee Hyowon. Forest policy and law for sustainability within the Korean Peninsula[J]. *Sustainability*, 2014(6): 5162-5186.
- [30] Park Mi Sun, Youn Yeo-Chang. Reforestation policy integration by the multiple sectors towards forest transition in the Republic of Korea[J]. *Forest Policy and Economics*, 2017(76): 45-55.
- [31] 杨光, 舒立福, 邸雪颖, 等. 韩国森林火灾及其防控对策[J]. *世界林业研究*, 2013, 26(4):63-68. [Yang Guang, ShuLifu, Di Xueying et al. Forest Fire and Fire Prevention in Korea. *World Forestry Research*, 2013, 26(4):63-68.]

## Land Cover Change and Its Driving Forces in the Republic of Korea Since the 1990s

Yu Hao<sup>1,2</sup>, Zhang Bai<sup>1</sup>, Wang Zongming<sup>1</sup>, Ren Chunying<sup>1</sup>, Mao Dehua<sup>1</sup>, Jia Mingming<sup>1</sup>

(1. Key Laboratory of Wetland Ecology and Environment, Northeast Institute of Geography and Agroecology, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130102, Jilin, China; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

**Abstract:** Studying the long-term changes of the terrestrial system of neighboring countries could be of great significance for the utilization of natural resources and environmental management in China. Based on Landsat TM/OLI images, the paper analyzed the characteristics of land cover change and their driving forces in 1990 and 2015 in the Republic of Korea (ROK) by using object-based images analysis (OBIA). The result shows artificial surface, forests, wetlands, cropland and waterbody underwent great changes from 1990 to 2015. Artificial surface had the greatest increase, 1847.24 km<sup>2</sup> with an annual rate of 12.54%. The expansion of artificial surface was mainly located at Seoul economic circle, which was converted mainly by cropland and forests. The area of forests, wetlands and cropland decreased by 776.71 km<sup>2</sup>, 707.32 km<sup>2</sup> and 426.65 km<sup>2</sup> respectively. In the past 25 years, the land cover changes mainly occurred where the elevation is under 100 m and the slope is less than 3°. The human factors consisting of population growth, urban expansion, economic development and policy regulation and control played an important role in land cover changes in ROK. The achievements of this study could provide scientific basis for the protection and rational utilization of land resources in China, especially in the Northeast China.

**Key words:** land cover change (LCC); driving forces; landsat remote sensing; Object-based Images Analysis (OBIA); Republic of Korea (ROK)