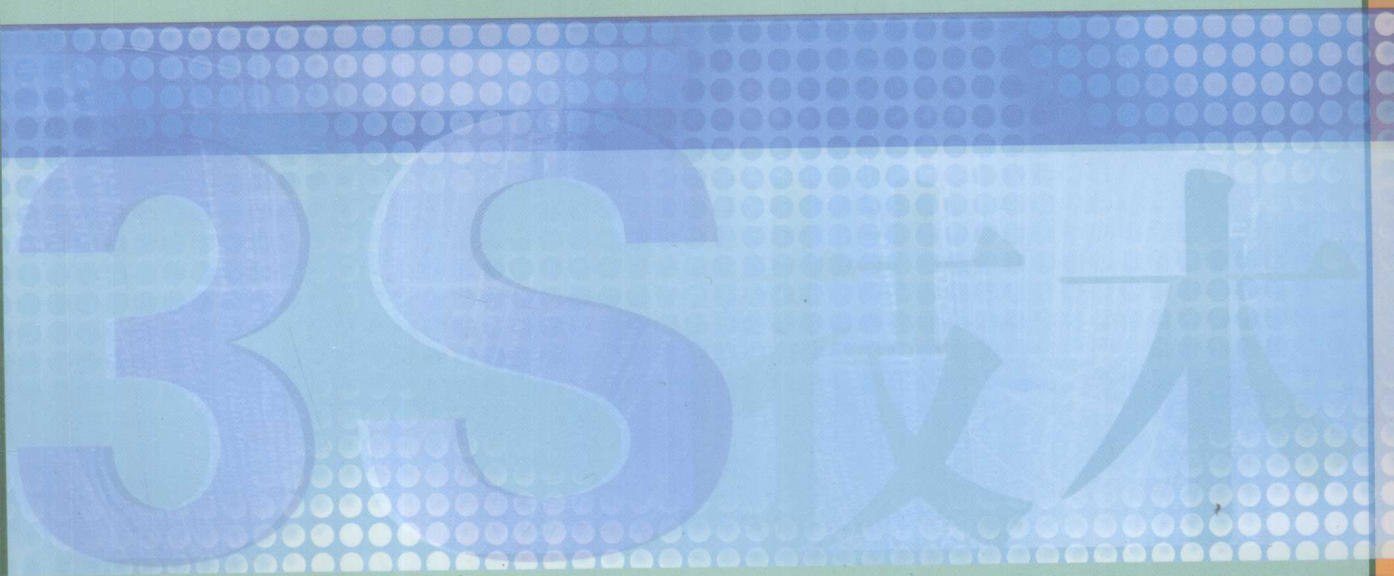


资源遥感与数字农业(二): 3S技术与农业应用

唐华俊 周清波 主编



中国农业科学技术出版社

资源遥感与数字农业(二): 3S技术与农业应用

唐华俊 周清波 主编

中国农业科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

资源遥感与数字农业 (二): 3S 技术与农业应用 / 唐华俊, 周清波主编.
北京: 中国农业科学技术出版社, 2009. 12
ISBN 978 - 7 - 5116 - 0072 - 1

I. 资… II. ①唐…②周… III. 遥感技术 - 应用 - 农业 - 文集
IV. S127 - 53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 219814 号

责任编辑 邬震坤
责任校对 贾晓红

出版者 中国农业科学技术出版社
北京市中关村南大街 12 号 邮编: 100081
电 话 (010) 82106626 (编辑室)
传 真 (010) 82106626
网 址 <http://www.castp.cn>
经销者 新华书店北京发行所
印刷者 北京富泰印刷有限责任公司
开 本 787 mm × 1 092 mm 1/16
印 张 22.5
字 数 520 千字
版 次 2009 年 12 月第 1 版 2009 年 12 月第 1 次印刷
定 价 60.00 元

编委会

主 编：唐华俊 周清波

副主编：陈仲新 陈佑启 杨桂霞

编 委：（按拼音排序）

陈宝瑞 邓 辉 冯建中

何英彬 黄 青 李 刚

李正国 李志斌 刘 佳

毛克彪 任建强 石淑芹

万 利 王 迪 王利民

魏 娜 吴文斌 闫瑞瑞

闫玉春 杨 鹏 姚艳敏

张宏斌 张洁瑕 周 磊

周尧治

前言

遥感作为一门技术是对人类感知的延伸。近年来,遥感科学与技术快速发展,进入了一个新的发展时期。传感平台由过去注重卫星和航空发展到地面传感器网络连续观测技术。遥感技术从定性发展到定量,从简单解释辐射测量值与地表现象间的关系到用辐射传输模型定量描述它们之间二向性反射/辐射关系,从分散发展到集成多个波谱区间,从单一波段发展到多波段、多角度、多极化、多时相、多模式,从单一遥感器到多遥感器的结合。遥感分析方法从目视解译发展到半自动、自动以及结合专家经验和计算机自动处理的信息提取,分析技术也从分类等通用算法设计发展到为特定目标设计检测和识别算法设计。遥感应用已从实验走向实用,从区域应用到全球范围应用,并正在向产业化方向发展。

农业是遥感技术应用最早的领域之一,遥感技术为人类提供了从多维和宏观角度去认识农业的新方法和新手段。由于遥感技术特有的宏观、综合、动态、快速的特点,以及农业生产的分散性、时空变异性、灾害突变性和市场多变性,决定了遥感技术能快速应用于农业领域,体现其强大的生命力和广泛的应用前景。

农业部资源遥感与数字农业重点实验室是国内系统开展农业遥感应用理论和技术的研究基地。实验室以农业遥感的理论、方法、技术和系统集成研究为核心,重点研究遥感、地理信息系统和全球定位系统技术支持下的作物、农业资源、农业污染、农业灾害等的监测与评价技术体系,强调农业遥感的理论研究与技术应用并重,解决本领域国家农业科技创新与农业可持续发展的重大需求。为打造一个农业遥感学术交流和成果展示的平台,推动数字农业理论方法的研究和传播,促进我国农业可持续发展,实验室于 2005

年推出了系列丛书之一“3S 技术与数字农业”，全面展示了实验室在农业遥感与数字农业领域的理论探索、技术方法和研究成果。

本论文集是重点实验室系列丛书的第二部，共收录了 30 篇论文。论文集集中反映了实验室及其合作伙伴近 4 年来在农情遥感、土地和草地资源遥感、自然灾害监测、地理信息系统开发技术、数据处理与分析技术和空间建模等方面的研究进展与成果。所收录的论文全面反映了遥感技术地—空—天—一体化地球观测的能力，既包括传统遥感平台和技术方法的应用研究，也涉及了新型卫星传感器和高光谱遥感技术；既突出了农业遥感应用，也展示了遥感与现场实测数据的融合、渗透和统一，以及多源遥感数据与陆表过程模型的同化；既显示了农业遥感理论与技术方法的进展，也强调了遥感与 GIS 技术在服务我国“三农”问题所做的巨大贡献。

本论文集的相关研究工作得到了诸多国家主体科技计划的支持，包括国家“863”计划项目“农村抽样调查空间化样本抽选与管理系统”（编号：2006AA120103）和“基于多源遥感数据组网与同化模型的区域作物生长监测与模拟技术研究”（编号：2006AA12Z103）、“草地生产数字化管理关键技术研究”（编号：2006AA10Z241）、国家科技支撑计划项目“生态系统功能及其变化的空地一体化监测评估技术研发”（编号：2006BAC08B0404）和科技部科研院所社会公益研究专项项目“中国区域性耕地资源变化影响评价及其预警”（编号：2004DIB3J092）等。本论文集的出版得到了中国农业科学院农业资源与农业区划研究所和相关部门的大力支持，编著者对所有关心和支持资源遥感与数字农业重点实验室及关注本领域研究的同行和朋友们表示衷心感谢！

编者

2009 年 6 月于北京

目 录

农情遥感监测技术

- 2005 ~ 2035 年亚洲水稻播种面积变化模拟预测研究
 吴文斌, 杨 鹏, 周清波, 陈仲新, Ryosuke Shibasaki , 张 莉 (3)
- Detection of Changes in Sown Areas of Winter Wheat Using Multi-temporal Satellite Images
 Wu Wenbin , Zhang Li , Yang Peng , Zhou Qingbo (12)
- HJ-1 小卫星传感器设置的旱情监测适用性评价
 刘 佳, 周清波, 王利民, 李 森 (24)
- 利用遥感技术估算生物量的区域冬小麦产量预测方法研究
 任建强, 陈仲新, 周清波, 唐华俊 (33)
- HJ-1 小卫星旱情遥感监测方法的模拟与评价
 王利民, 刘 佳, 邓 辉, 李丹丹, 周清波 (43)
- 遥感数据监测洪涝灾害 邓 辉, 周清波, 王利民, 刘 佳 (52)
- 一个针对被动微波 AMSR-E 数据的土壤水分反演算法
 毛克彪, 唐华俊, 周清波, 杨桂霞, 马柱国, 王建明 (57)
- Crop Yield Assessment by Assimilating Landsat TM Images into GIS-based EPIC Model
 Zhou Qingbo, Yang Peng , Wu Wenbin , Zou Jinqu , Zhang Li (70)
- 水稻冷害研究进展 何英彬, 陈佑启, 唐华俊 (82)
- 作物面积空间抽样框架及抽样基础要素优化设计试验研究
 王 迪, 周清波, 刘 佳 (91)

资源遥感监测与评价

- Agent-based Modeling of Agricultural Land-use Changes at a Global Scale
 Wu Wenbin, Yang Peng, Chen Zhongxin, Zhou Qingbo, Shibasaki Ryosuke (105)
- 黑龙江省土地利用变化及其对粮食安全的影响 陈佑启, 张洁瑕 (119)
- Landscape Pattern Changes Analysis before and After the Emergency Water
 Transportation in the Lower Reaches of Tarim River, China
 Huang Qing (127)

基于 TVDI 方法的黄土高原地表水分时空分异研究

..... 李正国, 王仰麟, 周清波, 张小飞 (138)

基于 ArcGIS Engine 的区域性耕地预警信息系统初步设计

..... 李志斌, 陈佑启, 姚艳敏, 石淑芹 (151)

基于 FY-1D/MVISR 数据林火监测关键技术及应用研究

..... 冯建中, 唐华俊, 白林燕, 周清波, 陈仲新 (159)

基于 MODIS 数据的内蒙古草地光能利用率时空变化分析

..... 李刚, 王道龙, 辛晓平, 杨桂霞, 张宏斌, 周磊, 陈宝瑞 (171)

基于 MODIS NDVI 和 NOAA NDVI 数据的空间尺度转换方法研究

——以内蒙古草原区为例 张宏斌, 杨桂霞, 李刚, 陈宝瑞, 辛晓平 (185)

土地生态安全评价研究 万利, 陈佑启, 姚艳敏 (195)

基于田间观测数据和 TM 影像的 MODIS 土地覆盖和 LAI 标准产品评价研究

..... 杨鹏, 吴文斌, 周清波, 陈仲新, 唐华俊, 柴崎亮介 (202)

现代土地利用区划新设想 张洁瑕, 陈佑启, 姚艳敏 (217)

高光谱遥感应用

高光谱遥感在草原监测中的应用进展

..... 周磊, 辛晓平, 李刚, 杨桂霞, 张宏斌, 陈宝瑞 (235)

高光谱遥感土壤质量信息监测研究进展 魏娜, 姚艳敏, 陈佑启 (247)

GIS 应用

基于 GIS 的吉林省玉米种植区划研究

..... 石淑芹, 陈佑启, 姚艳敏, 李志斌, 何英彬 (259)

现代农业多功能区划探索 姚艳敏, 陈佑启 (271)

模型应用

Climate Change Impacts on Winter Wheat Yield in North China Plain by Using EPIC Model
and a Novel Statistical Algorithm

..... Yang Peng, Inatsu Masaru, Wu Wenbin, Kimoto Masahide, Chen Xianyan (285)

草地生态学研究

放牧制度对短花针茅荒漠草原主要植物种群光合特性日变化影响的研究

..... 闫瑞瑞, 卫智军, 运向军, 褚文彬, 乌仁其其格, 辛晓平 (305)

不同利用方式下草原土壤粒度及其分形特征 闫玉春, 王旭 (317)

基于均衡与非均衡生态学的草原沙漠化机制

..... 周尧治, 辛晓平, 杨桂霞, 蒙旭辉 (327)

呼伦贝尔草原植物群落分布的地形与土壤环境因素分析

..... 陈宝瑞, 辛晓平, 朱玉霞, 杨桂霞, 张宏斌 (343)

农情遥感监测技术

资源遥感与数字农业(二):3S技术与农业应用

2005 ~ 2035 年亚洲水稻播种 面积变化模拟预测研究*

吴文斌^{1,2,3}, 杨 鹏^{1,2}, 周清波^{1,2}, 陈仲新^{1,2}, Ryosuke Shibasaki³, 张 莉^{1,2}

- (1. 农业部资源遥感与数字农业重点开放实验室, 中国北京 100081;
2. 中国农业科学院农业资源与农业区划研究所, 中国北京 100081;
3. 东京大学空间情报科学研究中心, 日本东京 153-8505)

摘 要: 亚洲水稻种植对于区域或全球农业持续发展、粮食安全、水资源合理利用、气候和生态环境变化等具有重要影响, 预测模拟一定情景下的未来可能变化及其影响分析具有重要意义。本文正是这方面研究的一个初步尝试。借助离散选择理论建立作物选择模型, 模拟跟踪亚洲农户的作物选择行为 (即是否种植水稻或其他作物), 并分析该作物选择行为所带来的亚洲水稻播种面积变化的数量特征和空间分布。模型预测结果表明, 在未来 30 年内, 亚洲水稻总播种面积有不断扩大的总体趋势, 但在不同时期, 水稻播种面积变化特征不同, 具有区域差异性。印度、中国、印度尼西亚、孟加拉国、泰国等世界主要水稻种植国家的播种面积时空变化特征也不尽相同。模型模拟结果可为有关部门农业生产和管理提供决策支持和信息服务。和传统土地利用变化模型方法相比, 本文侧重分析人类农业生产活动对农业土地覆盖和景观格局变化的可能影响, 体现了土地利用变化模型研究方法从“自然向人类的转换”。

关键词: 亚洲; 水稻播种面积; 模拟; Logit 模型; 作物选择

0 前言

水稻是次于小麦和玉米的世界第三大作物, 是世界一半人口的主要食物来源。从地理分布看, 亚洲是世界水稻种植主产区, 其播种面积约占世界 90%, 产量约占全球 91%^[1]。亚洲水稻种植的动态变化对该区域和全球的水稻收获产量及农产品供应状况、

* 基金项目: 本研究得到国家高技术研究发展计划 (“863” 计划) 项目 (2006AA120103 和 2006AA12Z103), 国家科技支撑计划 (2007BAC03A10), 中央级公益性科研院所专项资金项目 (2008IARRP01) 和日本文部科学省基础项目 (DIAS) 的联合资助

粮食安全和社会稳定有着重要影响^[2,3]。水稻种植的灌溉用水需求量大,据统计,亚洲部分国家取水量的 80% 用于农田灌溉^[4],可见,水稻面积变化研究对于水资源合理保护和科学利用有重要作用。此外,稻田是温室气体甲烷排放的重要来源之一,约占全球甲烷总排放的 10%^[5],其变化对区域或全球生态环境、气候变化具有重要意义^[6]。所以,加强亚洲水稻播种面积变化研究,分析播种面积变化的时空分布规律及驱动因子,具有重要实践意义。

通过建立计算机模型,可以模拟预测未来作物播种面积的可能变化趋势,提出各种预警分析和政策建议。吴文斌等利用多元 Logit 模型建立了一个全球尺度的作物播种面积变化模型,通过模拟农户作物选择行为对全球四大作物(水稻、玉米、小麦和大豆)播种面积在 2005 ~ 2035 年间的动态变化进行了模拟^[7,8]。其研究结果表明,亚洲水稻播种面积在未来 30 年内将平稳增加 16%,到 2035 年达到 1.65 亿 hm^2 。但该模型方法对亚洲区域内部的水稻播种面积空间分布格局和动态变化的研究不够深入。本研究是前面研究的延续,利用了相似的研究方法,将研究尺度从全球尺度转换到国家尺度,对 2005 ~ 2035 年亚洲水稻播种面积变化进行了模拟预测研究。

1 研究方法

一般来说,作物播种面积变化是农户作物选择行为的直接结果,因此,作物选择行为的时空变化会驱动作物播种面积发生时空变化^[7]。究竟农户是如何进行作物选择的呢?这类决策问题或选择问题通常是决策者依据自身的策略或规则从几个可供选择的方案中做出自己的选择,这些方案用离散的数据来表示。以这样的决策结果作为被解释变量所建立的模型,称为离散选择模型^[9]。本研究建立了一个作物选择模型,对亚洲不同区域农户的作物选择或决策行为进行模拟;由于被解释变量只存在两种选择,即选择种植水稻或其他作物,因此,该模型为一个二元选择模型。

离散选择模型的被解释变量为非线性,因此,往往需要将其转化为效用模型进行估计。常用的效用模型为 Probit 模型和 Logit 模型。由于 Logit 模型所假设的随机效用分布形式更适合于效用最大化时的分布选择,所以 Logit 模型应用最为广泛,本文就是采用二元 Logit 模型,其基本形式为:

$$\text{Log}\left(\frac{P_i}{1 - P_i}\right) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 \cdots \cdots + \beta_n X_n$$

式中, P_i 为水稻作物被选择的概率, X 为解释变量, $\beta_1, \beta_2 \cdots \cdots \beta_n$ 为常(系)数。

可见,在作物选择模型中,选择适宜的解釋变量是模型建立的关键所在。本研究中考虑的变量包括三方面:(1) 自然环境变量:温度、降水、土壤理化性质、地形地貌、土地生产力等;(2) 社会经济环境变量:农业人口密度、农村人均纯收入、农业机械化、道路通达度、国际农产品价格等;(3) 农业生产管理类变量:灌溉、施肥、农药等。但分析发现,有些变量之间存在较强的相关性,可能会造成共线性影响,如在自然环境变量中,土地生产力是温度、降水、土壤、地形等因子相互作用的结果,其本身就

反映了人类活动（灌溉、施肥）因子的影响作用。因此，在构建模型时剔除了那些和主要变量相关性过高的其他变量，最后选择了土地生产力、农业人口密度、道路通达度、国际农产品价格等四个变量作为解释变量^[7,8]。

2 数据准备与处理

模型输入数据主要包括土地潜在生产力分布、道路通达度、人口密度分布、农业用地分布、灌溉区域空间分布、国家行政边界、耕作制度分布和国际农产品价格等。大多数数据直接输入到 Logit 模型中计算作物效用值，部分数据作为调控参数监控亚洲不同区域农户作物选择行为，还有部分数据用于模型验证和校正。

2005 ~ 2035 年亚洲土地潜在生产力数据由 EPIC 模型模拟得到。EPIC 模型是美国农业部农业研究中心 1984 年开发推出的研究土壤侵蚀与作物单产关系的作物生长模型，近年来被更名为“考虑气候因素的作物生产环境决策模型”。通过输入温度、降水、土壤养分以及不同作物参数等数据，EPIC 模型能准确模拟不同生长环境下的土地潜在生产力。通过与 GIS 的集成，EPIC 模型能被应用于区域甚至全球尺度的模拟研究中^[10-12]。本文中利用基于 GIS 的 EPIC 模型模拟得到一定自然生态环境和耕作管理条件下的土地潜在生产力，其作为关键变量输入到 Logit 模型中参与作物效用值计算。

1993 年亚洲道路通达数据来源于 ESRI 的世界数字化图集（<http://www.maproom.psu.edu/dcw/>）。1998 年亚洲人口密度分布数据由 Landscan 全球人口数据集（<http://www.ornl.gov/sci/landscan/>）得到。1993 年亚洲农业用地分布数据从 IGBP-DIScover 土地利用/土地覆盖数据（<http://edcns17.cr.usgs.gov/glcc/>）中提取生成。1995 年亚洲灌溉区域分布数据则由德国法兰克福大学提供（http://www.geo.uni-frankfurt.de/ipg/ag/dl/forschung/global_irrigation_map/index.html）。亚洲耕作制度空间分布数据由 Tan 等^[11]提供。

2005 ~ 2035 年国际农产品价格数据由世界农业粮食政策模拟模型（IFPSIM）得到。IFPSIM 模型是一个多农产品、多区域和多时段的世界农业粮食政策模拟模型，可以动态模拟多种农产品的供求、贸易和价格变化。在 IFPSIM 中，全球农产品价格是由该产品全球供给量等于需求量时的价格水平决定的，也就是需求曲线和供给曲线相交的价格^[13]。

由于数据来源不同，数据格式和质量不一，因此，需要对所有数据进行标准化处理。模型开发语言是 C 语言，所有计算基于 GIS 栅格数据进行，空间数据处理转化为栅格数据，分辨率为 6 分弧度，存储为二进制格式；属性数据和统计数据转换为文本格式，可以直接被 C 语言读取。模型输出文件格式和输入文件格式一样，空间数据为二进制格式，属性数据为文本格式。

3 结果与分析

模型以 2000 年为基期, 取步长 $t=5$ 年, 以 2005 ~ 2035 年为模拟期间, 对未来 30 年内亚洲水稻播种面积动态变化进行了模拟。图 1 所揭示的是 2005 年和 2035 年亚洲区域水稻播种面积空间分布的模拟结果, 可以较为清楚地判断未来 30 年内亚洲水稻播种面积的变化及其在空间上的分布特征。

从图 1 可以看出, 水稻在亚洲的东部和南部都有广泛种植, 从印度和尼泊尔往东延伸到日本关东平原和韩国南部, 从中国东北部向南一直到印度尼西亚; 但集中分布在主要河流冲积平原和三角洲区域, 如中国的长江、印度的恒河 (Ganges river) 和湄公河 (Mekong river) 流域等。

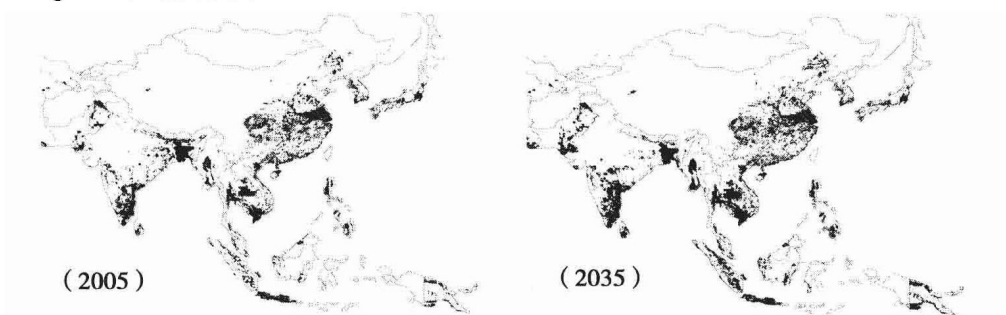


图 1 亚洲水稻播种面积分布图 (左: 2005 年, 右: 2035 年)

Fig. 1 Distribution of paddy rice areas in Asia in 2005 and 2035

3.1 亚洲水稻总播种面积时序变化特征

图 2 表明, 未来 30 年内, 亚洲水稻总播种面积有不断扩大的总体趋势, 和 2005 年相比, 2035 年水稻总面积将总体增加 16%, 但各个时期的播种面积变化特征有差异。在 2010 年前亚洲水稻总播种面积呈现较小幅度的下降趋势, 从 2005 年的 1.24 亿 hm^2 下降到 2010 年的 1.22 亿 hm^2 。2010 ~ 2035 年, 水稻总播种面积持续扩大, 但增加幅度不同, 在模拟前期, 面积上升幅度不大, 如 2015 年 1.22 亿 hm^2 , 2020 年 1.24 亿 hm^2 , 2025 年 1.25 亿 hm^2 ; 到模拟后期, 尤其 2025 年以后, 其强势的上升态势明显比前期大, 如 2030 年总面积增加到 1.32 亿 hm^2 , 2035 年达到 1.44 亿 hm^2 。

3.2 水稻播种面积变化的区域差异特征

亚洲水稻种植区域主要分布在东亚、东南亚、南亚的季风区, 以及东南亚的热带雨林区。这些地区夏季高温多雨, 或全年高温多雨, 适宜水稻生长。图 3 描述了这三个区域水稻播种面积变化的差异。可以看出, 南亚水稻播种面积在这三个区域中最大, 其次为东亚区域和东南亚区域。从未来 30 年的变化趋势看, 到 2035 年, 南亚、东亚和东南

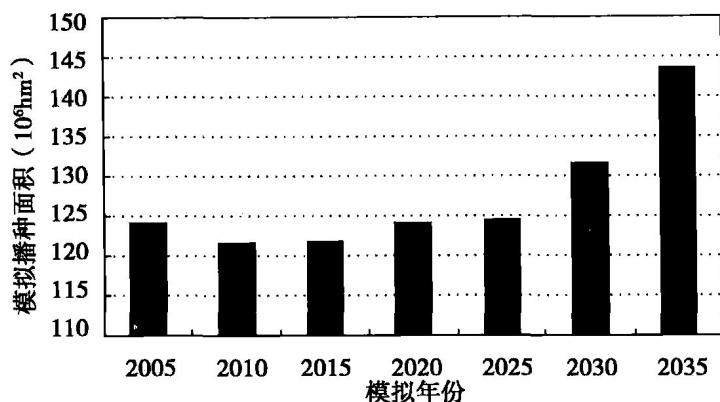


图2 2005~2035年亚洲水稻总播种面积变化

Fig. 2 Changes in total paddy rice areas in Asia during 2005~2035

亚水稻播种面积将达到 0.702 亿 hm^2 、0.404 亿 hm^2 和 0.33 亿 hm^2 ，和 2005 年相比，分别增加 7.6%、18% 和 20%，但三个区域的时序变化特征不同。三个区域播种面积在 2005~2010 年都小幅度减少，南亚为 2%，东亚为 0.5%，东南亚为 4.5%。2010~2030 年，南亚和东南亚水稻播种面积平稳增加，但增幅不大；2030 年后播种面积迅速扩大，南亚尤其表现明显。和前两个区域不同，东亚区域水稻播种面积从 2005 年开始持续下降一直到 2025 年，较 2005 年下降 12.5%；此后，水稻面积逐步回升，和 2025 年相比，2035 年水稻播种面积增加 21%。

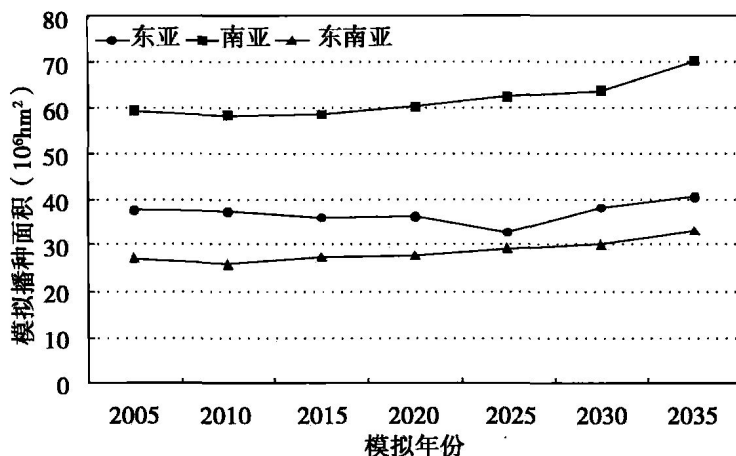


图3 2005~2035年不同区域的水稻播种面积变化曲线

Fig. 3 Changes in paddy rice areas across different regions in Asia during 2005~2035

3.3 主要水稻种植国家的水稻播种面积变化特征

在亚洲，印度、中国、印度尼西亚、孟加拉国、泰国等 5 国水稻播种面积均在千万公顷以上，是全球水稻播种面积最多的国家。图 4 反映了这 5 个主要水稻种植国家的水

稻播种面积的变化状况。从图可以看出,印度是全球播种面积最多的国家,2005 年播种面积为 0.47 亿 hm^2 , 占亚洲水稻总播种面积的 38%, 占世界总面积的 29%; 从 2005 ~ 2010 年,印度的水稻播种面积略微下降到 0.461 亿 hm^2 , 减少约 2%; 2010 ~ 2035 年,其水稻播种面积持续增加,尤其从 2025 年后,增加幅度加大,2035 年播种面积上升到 0.577 亿 hm^2 , 占亚洲总面积的 40%, 和 2005 年比,增加比例为 23%。中国的水稻播种面积仅次于印度,分析其 30 年内的变化曲线可以发现,中国的水稻播种面积经历了一个“先减少后增加”的变化过程。2005 年播种面积为 0.343 亿 hm^2 , 其后其播种面积逐步减少,到 2025 年,中国水稻播种面积降低到 0.3 亿 hm^2 , 较 2005 年下降 12%。2025 年后,中国水稻播种面积开始增加,2030 年达到 0.347 亿 hm^2 , 2035 年为 37.2%, 与 2005 年比,约增加 8%。正是中国水稻播种面积的波动变化导致了东亚区域水稻播种面积也呈现波动变化。孟加拉国水稻播种面积在 2005 年为 0.103 亿 hm^2 , 其未来 30 年内,播种面积基本稳定,几乎没有变化,到 2035 年为 0.104 亿 hm^2 。印度尼西亚和泰国水稻播种面积在 2005 ~ 2010 年间都有一个阶段性的下降,分别从 0.112 亿 hm^2 和 0.11 亿 hm^2 减少到 0.107 亿 hm^2 和 0.108 亿 hm^2 。2010 年后,两国播种面积都逐步上升,但增加幅度不一样。到 2035 年,泰国水稻总播种面积为 0.122 亿 hm^2 , 比 2005 年增加 11%; 印度尼西亚增加幅度比泰国大,尤其 2025 年后,播种面积迅速增加,到 2035 年,播种面积达到 0.149 亿 hm^2 , 比 2005 年增加约 32%。

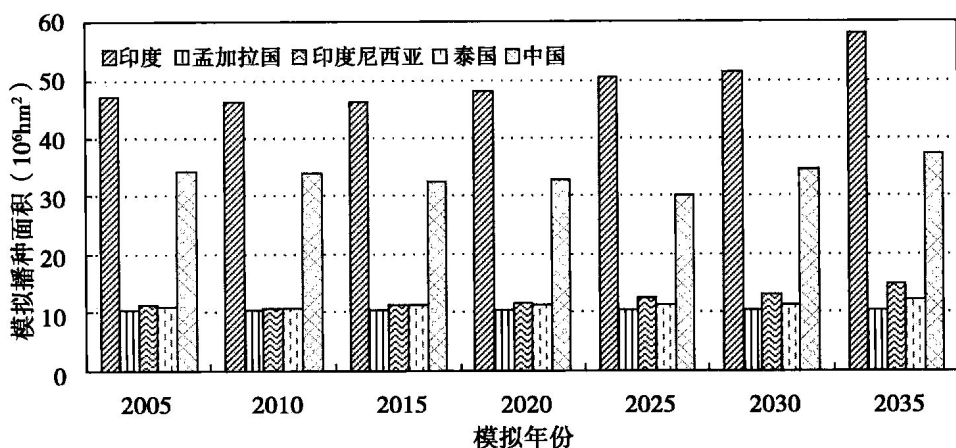


图 4 2005 ~ 2035 年亚洲主要水稻种植国家水稻播种面积变化

Fig. 4 Changes in paddy rice areas for major rice production countries during 2005 ~ 2035

4 结论与讨论

亚洲水稻播种面积变化不仅对于区域或全球农业可持续发展、粮食安全和社会稳定具有重要影响,而且对区域水资源合理利用、气候和生态环境变化等发挥重要作用。因此,动态监测亚洲区域水稻面积变化,模拟预测未来变化及其影响研究具有重要意义。

本文正是这方面研究的一个初步尝试。借助离散选择理论,本文建立了一个区域尺度的水稻播种面积变化模型,模拟跟踪亚洲农户的作物选择行为(即是否种植水稻或其他作物),并分析该选择行为所带来的亚洲水稻播种面积变化的数量特征和空间分布。

从模型预测结果看,在未来30年内,亚洲水稻总播种面积有不断扩大的总体趋势,但不同时期播种面积变化特征不同,而且具有一定的区域差异性。印度、中国、印度尼西亚、孟加拉国、泰国等世界主要水稻种植国家的播种面积变化特征明显不同,主要表现在变化幅度和时序变化曲线上的差异。这种亚洲水稻播种面积的区域或国家层次的变化,无疑将会对亚洲或全球未来粮食安全和社会稳定产生重要影响,这种影响分析以及对策研究是本研究需要进一步加强的地方。此外,这种播种面积的时空变化特征也揭示了农业土地利用变化的社会经济和自然环境因子的时空差异性。

本文模型方法和传统的土地利用变化模型方法不同。以往的土地利用变化模型,如CLUE^[14]、CA模型^[15]、DELTA^[16]和CEOMOD2^[17]等,多侧重于“人类-自然”关系中自然方面的研究,探测一定自然生态环境约束条件下的土地质量时空变化以及这种变化所导致土地利用变化,该类方法考虑的土地利用变化驱动因子以自然环境因子为主。本文则不同,主要从人类社会角度出发,分析人类农业生产活动对农业土地覆盖和景观格局变化的可能影响,和传统土地利用变化机制研究比较,这种模型体现了土地利用变化机制从“自然向人类”进行转换^[18]。

需要说明的是,本研究中的模型也存在不足。例如:本模型中只考虑了农业土地利用变化的几个主要影响因子,部分重要的局部或区域驱动因子的考虑不足;此外,模型输入数据多数是从外部获取,这些数据本身的质量以及现时性等问题也会造成模型结果的不确定性和偏差。因此,可以说,模型结果更多反映的是特定条件下的一种可能性,并非与现实世界完全接近的“预测结果”^[19]。

参考文献

- [1] Leff B, Ramankutty N, Foley J A. Geographic distribution of major crops across the world. *Global Biogeochemical Cycles*, 2004, 18, GB1009, doi: 10.1029/2003GB002108
- [2] 陈佑启. 我国耕地利用变化及其对粮食生产的影响. *农业工程学报*, 2000, 16 (6): 29 ~ 32
- [3] 满苏尔沙比提, 海鹰, 阿布拉江苏来蔓. 近50年来渭干河-库车河三角洲绿洲耕地变化及其成因. *地理研究*, 2004, 23 (4): 487 ~ 494
- [4] FAOSAT. Statistical Database of the Food and Agricultural Organization of the United Nations, 2001
- [5] Li C S, Qiu J J, Frohling S, et al. Reduced methane emissions from large-scale changes in water management of China's rice paddies during 1980 ~ 2000. *Geophysical Research Letters*, 2002, 29: 1 972 ~ 1 975
- [6] Xiao X, Boles S, Frohling S, et al. Mapping paddy rice agriculture in South and Southeast Asia using multi-temporal MODIS images. *Remote Sensing of Environment*, 2006, 100: 95 ~ 113