

系统动力学软件 STELLA 在荒漠化模拟中的应用

杜子涛^{1,2*}, 颜树强^{1,2}, 杨小明^{1,2}, 任海峰^{1,2}, 王德军^{1,2}

(1. 河北工业大学土木工程学院, 天津 300401; 2. 河北省土木工程技术研究中心, 天津 300401)

摘要 STELLA 软件是生态建模中一个强有力的模拟软件,它是构造系统模型和模拟复杂系统动态关系和过程的得力工具,可用于预测某特定的生态系统在不同条件下的变化行为和趋势。利用隆德大学 Ulf Helldén 教授在 STELLA 软件环境下开发的耦合荒漠化模型(LU-CDM)对奈曼旗的土地荒漠化进行分析与模拟,结果表明:1960~1990年间,奈曼旗的生产力系统承受着巨大的压力,自20世纪90年代初开始,奈曼旗的生产力系统开始恢复,这是由于增加耕地的有效灌溉面积、使用化肥、禁牧、植树造林等荒漠化治理活动引起的。

关键词 系统动力学; STELLA 软件; 奈曼旗; 耦合荒漠化模型

中图分类号 S126 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2013)10-04668-03

Application of System Dynamic Software STELLA in Desertification Simulation

DU Zi-tao et al (College of Civil Engineering, Hebei University of Technology, Tianjin 300401)

Abstract STELLA (Strongly-TypEd, Lisp-like Language) is a powerful ecological software to set up model. It is a viable approach which allows establishing the conceptual model for a better insight into environmental and ecological processes and solving the complex problems associated. Also it could be used to predict the trend or behavior of a certain ecosystem under different scenarios. Using Lund University Coupled Desertification Model (Lu-CDM) developed under the STELLA software environment by Ulf Helldén to analyze and simulate the desertification in Naiman County. The simulation result showed that the production system suffer from sever stress from 1960 to 1990. It recovers from the beginning of 1990 s' a result of desertification mitigation activities like increased irrigation and use of fertilizers, prohibited grazing on the sandy steppes, afforestation, bush and herbs plantation.

Key words Systematic dynamics; STELLA software; Naiman County; Coupled desertification model

STELLA (Strongly - TypEd, Lisp - like Language) 是最早用于动态模拟的软件之一,由美国 Isee Systems, Inc. 创立,因其图形界面十分友好,在国内外已成为一个构造系统模型和模拟复杂系统动态相互关系的工具而被广泛应用于科研、教学、管理等多学科领域^[1-3]。笔者以瑞典隆德大学 Ulf Helldén 教授提出的耦合荒漠化模型(LU-CDM)为基础^[4],介绍 STELLA 在奈曼旗土地荒漠化分析与模拟中的应用,作为深入研究和挖掘这一模拟软件在描述复杂的生态系统过程、动态变化及调节机制的基础。

1 研究区和数据源^[5-10]

选取科尔沁沙地最具代表性的地区之一奈曼旗作为研究区域。奈曼旗位于内蒙古自治区通辽市西南部,科尔沁沙地南缘,地理坐标为 120°20'35" ~ 121°36'00" E, 42°14'17" ~ 43°32'14" N。全境东西宽 68 km,南北长 140 km,总面积 8 137.5 km²。地势为南高北低,最高海拔 794.5 m,最低海拔 226.6 m。地形是:南部为燕山余脉的浅山丘陵区,沟壑纵横;中部为沙沼区,坨、甸、沼交错分布;北部为教来河、老哈河冲积平原区,地形平坦。自然地貌可概括为:“南山、中沙、北河川”,“二山、六沙、二平原”。近 100 年来,由于人口的增加和无节制的滥垦、滥牧,植被遭到大量破坏,土地荒漠化现

象非常明显。

该研究先后进行了 4 次地面调查:2008 年 5 月、2008 年 9 月、2009 年 6 月和 2010 年 9 月。此外,该研究还收集分析了以下数据:奈曼旗 1981~2000 年 10 d 合成的 NOAA-NDVI 和 2000~2007 年 16 d 合成的 MODIS-NDVI 数据(NDVI 用来估算 NPP 和生物量),奈曼旗 1959~2007 年的人口数量、降水量、社会经济、化肥使用量、有效灌溉面积、机电井数等统计资料。这些资料主要用来确定模型的输入参数以及分析和验证荒漠化的模拟结果。

2 LU-CDM 模型的构建

2.1 模型的假设 采用的是瑞典隆德大学 Ulf Helldén 教授提出的 LU-CDM,该模型是在 STELLA(Ver 9.1.2)系统动力学模拟软件环境下开发的。STELLA 是个面向对象的程序语言,它提供了图形界面和 4 个关键图标以便于构建系统动力学模型,即库(stock)、流(Flow)、转换器(Converter)和联接器(Connector)辅助参数来表示。这些特征的图标出现在建模区,由使用者建立它们之间的相互联系,这些联系可以用数学、逻辑或图形函数来表达。STELLA 软件可将模型运行后的结果用曲线图、表或文本等形式在界面上非常直观地显示出来,并可根使用者的需要任意生成或消除系统内各要素的时间变化或相关关系图、表。图、表个数及每个图表中要素项目可随意增减,使用者只需熟悉模拟系统的结构、功能和行为之间的动态变化关系,即可设计系统动力学因果反馈流程分析图,运行后由系统自动生成程序和运算公式等。STELLA 软件适用性非常广泛,具有提供多种模拟运算能力、参数设置和模型修改便捷等特点^[11-15]。

LU-CDM 解释和检验了这样的一种假设:土地利用系统(农用地、草地和林地)可能退化到这样一种程度,即土地

基金项目 国际合作项目“荒漠化评估和监测;国家科技支撑计划(2008BAC34B03)”。

作者简介 杜子涛(1979-),男,山东烟台人,讲师,博士,从事土地退化/荒漠化遥感监测、环境遥感、土地利用/覆盖变化及农作物面积提取的研究, E-mail: dzt@irsa.ac.cn。

鸣谢 感谢瑞典隆德大学 Ulf Helldén 教授为此次研究提供的 STELLA 9.1.2 软件和模型方面建立给予的指导。此外,4 次野外调查中得到了德国特里尔大学 Joachim Hill 教授和中国科学院奈曼沙漠化研究站赵学勇站长的支持和协助,同时奈曼旗林业局宋广智局长在数据收集和获取方面提供了帮助和支持,在此表示衷心的感谢!

收稿日期 2013-03-09

人口数量。除了计算每人消耗的资源信息,模型同时能够提供人口死亡率的信息,死亡率随着资源/人口的降低按照非线性函数增长。

3 模拟结果及分析

3.1 LU-CDM 模拟结果 在不考虑人口迁移、净初级生产力为 700 t/km^2 、人口密度为 24 人/km^2 的初始条件下,奈曼旗 1959~2007 年的荒漠化模拟结果如图 3 所示。由图 3 可知,1960~1990 年,奈曼旗的生产力系统承受着巨大的压力,呈现出荒漠化的状态,生产力系统几乎崩溃。1960~1980 年,荒漠化的强度随着降水的减少而增加。1980~1990 年,降水有轻微的增减,同时表明总的生物量资源也有了增长。自 20 世纪 90 年代初开始,奈曼旗的生产力系统开始恢复,这是由于增加耕地的有效灌溉面积、使用化肥、禁牧、植树造林等荒漠化治理活动引起的。但是,已有的平衡状态仍然不稳定。目前,奈曼旗的人口压力为 50 人/km^2 ,这个数字是在假设采用灌溉、土地保护措施和技术(例如使用化肥、打地下水井、农业机械化以及增加土地的租借期等)来增加总的生物量资源快速增长条件下模拟的。

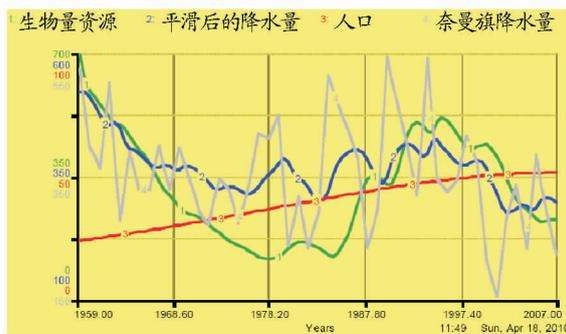


图 3 1959~2007 年奈曼旗荒漠化的模拟结果

3.2 结果的比较分析 LU-CDM 模拟的结果与所有收集到的对比研究数据相吻合,并与 4 次野外调查和与农民访谈所获取的 1990~2009 年奈曼旗荒漠化治理取得效果的结论相吻合。此外,模拟结果还与 1981~2007 年的 NOAA-NDVI 和 MODIS-NDVI 的变化趋势以及生态-经济和人口数量资料相吻合。

(上接第 4632 页)

股份制经营,实行土地流转的公司化运作,使土地资产变为土地资本,农业生产由农民主体向法人主体转变,促进土地规模化、集约化、机械化经营,提升现代农业发展水平。

参考文献

- [1] 翟印礼. 辽宁省统筹城乡及县域经济发展研究[M]. 沈阳:辽宁大学出版社, 2009:15-17.
- [2] 姜旭. 辽宁县域经济产业结构调整 and 优化的研究[J]. 理论界, 2007(8):91-92.
- [3] 李晨阳,陈晓东,彭志彬,等. 辽宁老工业基地发展县域经济的思考[J]. 科教创新, 2007(14): 158-160.

4 结论

该研究利用瑞典隆德大学 Ulf Hellén 教授提出的 LU-CDM 对奈曼旗 1959~2007 年的土地荒漠化状况进行模拟,该模型是在 STELLA (Ver 9.1.2) 系统动力学模拟软件环境下开发的,由人口子模块、资源子模块 2 个主要部分组成,模拟结果表明:LU-CDM 是一个非常宝贵的诊断和规划工具,可用于土地荒漠化的研究中,包括分析荒漠化症状的脆弱性和平衡性;通过与人口统计数据、卫星获取的 NDVI 和农业生产力统计数据相比,模拟人口增长和生物量随着时间的发展趋势,重建人口增长和土地荒漠化状态是可能的。

参考文献

- [1] 秦钟,章家恩,骆世明. 系统动力学模拟软件在种群生态学中的应用[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(26): 11615-11617.
- [2] LEAVERA J D, UNSWORTH C P. System dynamics modelling of spring behaviour in the Orakeikorako geothermal field, New Zealand[J]. Geothermics, 2007, 36(2): 101-114.
- [3] SAGE Jr R W, PATTEN B C, SALMONA P A. Institutionalized Model-Making and ecosystem-based management of exploited resource populations: a comparison with instrument flight[J]. Ecological Modelling, 2003, 170(2/3): 107-128.
- [4] ULF HELLDÉN. A coupled human-environment model for desertification simulation and impact studies[J]. Global and Planetary Change, 2008, 64: 158-168.
- [5] 荆玉平,张树文,匡文慧. 20 世纪 70 年代中期以来奈曼旗土地利用变化及生态环境效应研究[J]. 干旱区资源与环境, 2008, 22(3): 20-25.
- [6] 张继平,常学礼,李健英,等. 基于 3S 的农牧交错区耕地动态变化研究——以内蒙古奈曼旗为例[J]. 干旱区资源与环境, 2008, 22(5): 25-30.
- [7] 张继平,常学礼,李健英,等. 内蒙古奈曼旗农牧交错区土地利用/覆被变化的区域分异[J]. 应用生态学报, 2008, 19(2): 613-620.
- [8] 赵杰,赵士洞,郑纯辉. 奈曼旗 20 世纪 80 年代以来土地覆盖/利用变化研究[J]. 干旱区资源与环境, 2004, 24(3): 317-322.
- [9] 王连胜,宋广智,赵景双,等. 对奈曼生态的思考[J]. 内蒙古林业科技, 2002(2): 27-31.
- [10] 赵哈林,赵学勇,张铜会,等. 科尔沁沙地沙漠化过程及其生态恢复机理[M]. 北京:海洋出版社, 2003.
- [11] 王婷,吴元宁,张大伟,等. 常用生态模拟软件探讨[J]. 农业网络信息, 2005(11): 98-101, 104.
- [12] 成洪山,王艳,李韶山,等. 系统动力学软件 STELLA 在生态学中的应用[J]. 华南师范大学学报:自然科学版, 2007(3): 126-131.
- [13] 董成立,周健. 生态系统动态模拟——STELLA 系统介绍应用[J]. 资源生态环境网络研究动态, 2000, 11(3): 26-33.
- [14] CONNOR D J, 穆兴民. 模拟软件 stella 在小麦生长发育模拟中的应用[J]. 河北农业大学学报, 1996, 19(1): 108-112.
- [15] 林子健,路良刚,李金平,等. 基于人口模型的澳门固体垃圾产生量的初步模拟[J]. 环境科学与管理, 2008, 33(10): 67-71.
- [16] 费月升,林洪涛. 县域经济主导产业发展模式[J]. 边疆经济与文化, 2006(3): 65-66.
- [17] 刘卫东. 东北地区县域经济发展新思路[J]. 北华大学学报, 2005(2): 73-76.
- [18] 朱舜. 县域经济学通论[M]. 北京:人民出版社, 2001: 12-21.
- [19] HAN D J, LU J F, ZHANG W Z. Research on Competitiveness of County Economy Based on Factor Analysis and Cluster Analysis[J]. Asian Agricultural Research, 2011, 3(2): 28-31.
- [20] 杨宇,段立军. 湖南省农村特色产业与县域经济发展探析[J]. 湖南农业科学, 2012(15): 142-144.
- [21] 萧淳. 新农村背景下县域经济发展的困境与对策[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(5): 3202-3204.