

黄淮海平原土地系统结构变化的模拟与分析

邓祥征², 战金艳^{*}, 苏红波, 姜群鹤, 迟百余⁵ (1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 中国科学院农业政策研究中心, 北京 100101; 3. 北京师范大学环境学院, 北京 100875; 4. 中南大学地学与环境工程学院, 湖南长沙 410083; 5. 山东师范大学人口资源与环境学院, 山东济南 250014)

摘要 研究了黄淮海平原1988~2000年土地系统结构变化规律。通过在1 km 栅格尺度上建立空间显性计量经济模型, 定量分析了自然、社会、经济等因素驱动土地系统结构变化的机理, 并且结合每个1 km 栅格上的土地系统结构变化的不同情景, 模拟了未来2000~2020年黄淮海平原每个1 km 栅格上土地系统结构变化规律。研究表明, 1988~2000年, 黄淮海平原土地系统结构变化以耕地向城镇居民地、工矿用地转移为主, 林地呈增长的趋势。尽管2000~2020年参考情景、生态保护情景与经济发展情景下土地系统结构演替有所差异, 但耕地减少、建设用地增加、林地增加的趋势是土地系统结构变化的主要方向。

关键词 土地; 土地系统; 土地系统结构; 土地系统结构变化; 土地利用; 动态模拟; 黄淮海平原
中图分类号 F301.2 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2008)04-01542-05

Simulation and Analysis of Structural Changes of Land System in Huang-huai-hai Plain

DENG Xiang-zheng et al (Institute of Geographic Sciences and Natural Resources, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101)

Abstract The structural change law of land system in Huang-huai-hai Plain in 1988~2000 were studied. Through establishing space dominant econometric model on the scale of 1 km grid, the mechanism of driving the structural change of land system by factors such as natural factor, social factor and economic factor were quantitatively analyzed. Combined with different situations of land system structural changes on each grid of 1 km, the structural change law of land system on each grid of 1 km in Huang-huai-hai Plain in 2000~2020 was simulated. The research indicated that the structural changes of land system in Huang-huai-hai Plain 1988~2000 was mainly transfer from the cultivated land to urban residential land and industrial and mining land and the forest land showed an increasing trend. Although land system structural succession had difference under reference situation, ecological protection situation and economic development situation in 2000~2020, the trend of the decrease of cultivated land, the increase of construction land and forest land was main direction of land system structural changes.

Key words Land system; Structural change; Land use; Dynamic simulation; Huang-huai-hai plain

随着全球变化研究的深入, 各国科学家日益关注人类活动对全球变化产生的影响, 并且依托一系列全球、区域尺度上的研究计划推进相关研究。继2005年国际地圈—生物圈计划(IGBP)和全球环境变化中的人文领域计划(HDP)的核心研究计划“土地利用和土地覆盖变化(LUCC)”研究取得丰硕成果后^[1-3], 全球土地计划(Global Land Project, GLP)成为新一轮IGBP与HDP研究计划的核心^[4]。GLP的核心目标是量测、模拟和理解人类—环境耦合系统。为此, GLP提出了相互衔接的研究目标, 定量分析陆地表层人类—环境耦合系统的各种变化及其对整个耦合系统的影响, 评估该变化对生态系统服务功能的影响, 识别人类—环境耦合系统的脆弱性和持续性与各类干扰因素(包括气候变化)相互作用的特征及动力学。

研究土地系统结构变化需要从系统的角度识别影响土地系统结构变化的各种因素的作用, 并且选择合适的模型作为工具, 将土地系统结构的变化反映到一定尺度空间单元上^[5-6]。目前, 通过引入经济模型和经验统计方法进行土地系统结构变化驱动力分析已经取得了一些成果^[7-8]。在土地系统结构变化的空间分配方面, 通过综合考虑转移规则与土地系统结构转移概率来实现。当前, 国际上比较常用的土地利用空间模拟模型——元胞自动机模型(CA)和土地利用变化及其效应模型(CLUE)大都采用了类似的思路^[9-11]。

尽管当前土地系统变化的模拟取得了一些进展^[12-14],

在土地宏观结构变化的模拟方面趋向于区域化和微观化, 类似研究尚有很多环节需要提高。比如, 当前一些有深度的案例研究, 大都仅模拟了一种或者几种土地类型的变化^[15], 很少从一个系统的角度综合模拟所有土地类型宏观结构的变化。还有一些研究在综合区分土地系统宏观结构变化驱动因素的内生性与外生性上考虑不充分, 不能从精细的栅格水平上通过构建空间显性的土地系统结构变化与影响因素之间的空间计量经济模型定量分析不同因子的驱动作用^[16-17]。再次, 土地系统结构的变化是一个动态的过程, 要获得一个有决策价值的模拟结果, 需要基于区域社会发展特征、文化传统、自然条件以及土地利用过去趋势等多种因素的作用^[18], 发展区域土地系统结构变化的不同情景, 提高预测及其评估结果的科学性与合理性。

笔者综合前人相关的研究成果, 通过发展土地系统结构变化模型(DLS模型), 以黄淮海平原为典型区, 探索1988~2000年土地系统结构变化规律、驱动机理, 模拟黄淮海平原不同情景下土地系统结构变化的可能趋势。黄淮海平原是我国传统的、重要的农业生产基地, 也是近几年我国人口增长、经济发展、城市化快速发展的地区。土地用途转移, 尤其是耕地非农化利用的现象在该地区比较突出。开展该研究, 可以为当地土地利用规划、城市化管理与土地管理的决策提供参考。

1 材料与方法

1.1 数据 利用中国科学院资源环境科学数据中心提取的1988与2000年2个时段的土地覆盖信息。信息提取方法与精度验证参考刘纪远等的报道^[19]。土地系统结构变化的影响因素涉及面广。该研究考虑了影响土地系统结构变化的自然环境、社会、经济条件因素。这些因素涵盖了包括气候、地形地貌、基础设施、区位、人口、经济增长因素、政策因素等

基金项目 国家自然科学基金项目(70503025); 中国科学院知识创新工程重要方向项目(KZCX2-YW305-2; KSCX2-YWN039); 国家科技支撑计划项目(2006BAC08B03; 2006BAC08B06)与科技部国际合作项目(2006DFB019201)。

作者简介 邓祥征(1971-), 男, 山东日照人, 副研究员, 从事土地系统变化模拟与分析方面的研究。* 通讯作者。

收稿日期 2007-09-15

方面信息。

1.2 方法 土地系统结构变化模拟(图1)主要从县域与1 km 栅格水平2 个尺度上开展土地系统变化驱动因素分析、土地系统结构变化情景分析及未来土地系统结构变化空间分配3 个方面展开。

1.2.1 土地系统结构变化驱动因素分析。基于最小二乘法原理,在1 km 栅格尺度上估计某一土地类型存在与否的二值型因变量与空间化驱动因子之间的关系。采用的估计方程为:

$$\frac{P_i}{1 - P_i} = e^{0 + \sum_{j=1}^m C_j + \sum_{j=1}^n T_j + \sum_{j=1}^o L_j + \sum_{j=1}^p I_j + \sum_{j=1}^q D_j + \sum_{j=1}^r X_j} \quad (1)$$

式中, P_i 为在给定驱动因素下某种土地类型出现的概率; C 、 T 、 L 、 I 、 D 与 X 分别为气候、地形地貌、区位条件、基础设施、人口与经济发展与政策变化等因素; $1 \sim 6$ 分别为待估计的6 类驱动因素(包括更低一级类型,如气候因素是一级类,还包括气温、降水量等影响因素)的回归系数; 0 是常数项。采用 ArcGIS 制备包括因变量与自变量所有数据项的二维数据表,然后将包括空间坐标信息的文本文件输出到 Stata 软件中,采用逐步逻辑斯蒂回归模型估计土地系统结构变化与影响因素之间的关系。

1.2.2 土地系统结构变化情景分析。构造土地系统结构变化的未来情景是开展土地系统结构变化模拟的前提。有多种方法可用来构造土地系统变化情景,从比较简单的利用趋势外推法到利用比较复杂的经济模型。选择哪种模型开展情景分析,应根据研究区的实际情况。该研究中,结合对黄淮海平原土地利用历史数据的分析与利用空间显性模型估计出来的结果,构造了黄淮海平原未来13 年土地系统变化的不同情景。

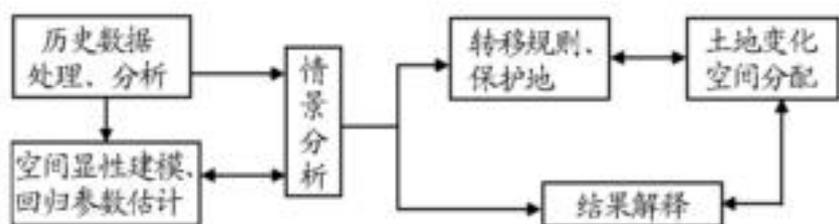


图1 黄淮海平原土地系统结构变化模拟的概要流程

Fig. 1 Summary process scheme of simulating the changes of land system in Huang-hai-hai plain

1.2.3 土地系统结构变化的空间分配。土地系统宏观结构变化的空间分配是依据土地系统结构变化的可能情景,并且结合土地系统变化驱动力分析结果,将不同情景下土地系统结构变化分配到空间上的一个过程。换言之,土地系统结构变化空间分配过程要依据土地系统结构驱动因素变化及其制约下的土地结构转移概率,按照历史时期实际土地系统结构与耕地转移规则,并且对照不同发展情景下土地系统宏观结构的需求,在每个1 km 栅格上实现各种土地类型在预测时段内的供需平衡。所以,从另一个角度看,土地系统宏观结构的变化反映了每个1 km 栅格上土地类型之间相互竞争并实现供求平衡的结果。

在土地系统结构变化的空间分配过程中,还需要采用土地系统结构变化的转移规则,并且用该规则表达每个1 km 栅格单元上某一种土地类型向另一种土地类型转移的可能性与难易程度。转移规则的值介于0 和1 之间,值越大,转

移难度则越小。难以转移为其他类型的土地类型,如道路、居民点等,转移规则值为1;反之,如果该土地类型可以、并且能够容易地被转移为其他土地类型,则转移规则为0。

2 结果与分析

2.1 1988 ~2000 年黄淮海平原土地系统结构变化 利用1988、2000 年的黄淮海平原遥感数据,通过人机交互解译,提取这2 个年份土地系统结构及其变化信息(图2),作为模拟土地系统结构变化的基础数据。

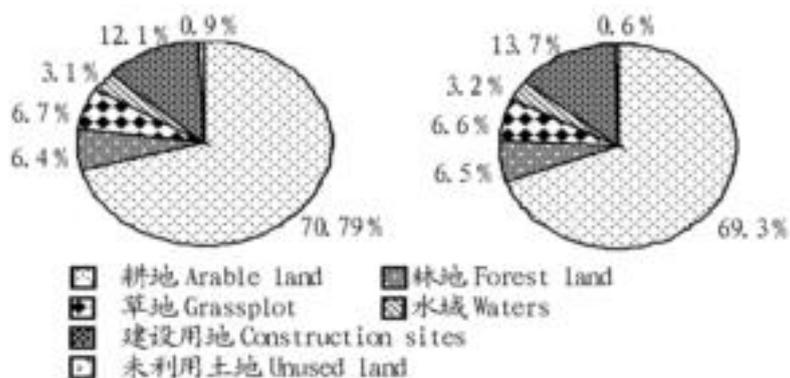


图2 黄淮海平原1988 和2000 年土地系统结构对比

Fig. 2 Comparison on land utilization structure in Huang-hai-hai plain in 1988 (a) and 2000 (b)

研究发现,作为我国重要农业生产基地的黄淮海平原,土地资源类型多、数量大,除耕地外,林地、园地、牧地比重也较大,保证了当地农林牧副渔业的发展。遥感数据的解译结果表明,1988 年黄淮海平原宜于耕作、发展林业和牧业的土地多达37 205 万 hm^2 。如果把盐田和适宜水产养殖的面积加在一起,则可用于生产性用地的面积占其总面积的87%。不过,截止2000 年,土地利用的宏观结构发生了一定的变化。种植业、林业和牧业用地达36 598 万 hm^2 ,比1988 年减少了1.3%。随着经济的发展、城市化的加快,建设用地的不断增加,2000 年建设用地比1987 年增长了1.6%,其中约有1.2% 从耕地转移而来。

2.2 驱动力分析 基于空间计量分析方法,发展了栅格水平上土地系统结构变化驱动机理模型,估计了黄淮海平原土地系统宏观结构变化的影响因素。通过对黄淮海平原1995 年土地利用类型的空间分布与驱动因子之间的空间回归分析,笔者定量分析了黄淮海平原土地系统结构变化的驱动机理。这种空间分布规律体现为各种土地类型与诸影响因子之间的空间逻辑斯蒂回归方程的Beta 系数。在进行回归分析之前,首先对变量进行了共线性诊断,剔除了存在显著共线性的因子。表1 是利用最小二乘估计获得的黄淮海平原土地系统结构变化各因子的影响系数。从表1 可以看出,对耕地影响程度最大的因子是耕层的厚度,其次是土壤pH 值和年均气温;对林地影响最大的为年均温,其他影响因子依次为太阳总辐射、耕层厚度;对草地影响最大的也是耕层的厚度,其他影响因子依次是土壤pH 值、年均气温;对城乡工矿用地影响因子依次为土壤pH 值、太阳辐射总量;对未利用地的影响程度最大的也为土壤pH 值。

2.3 情景分析 通过考察黄淮海平原过去20 年来土地系统宏观结构变化的规律,并且结合各地区编制的未来20 年土地利用规划,设计了土地系统宏观结构变化的3 种情景,即参考情景、经济快速增长情景与生态保护情景。

不同情景土地系统结构变化的模拟结果见图3。以2000

年为模拟的起始年份,分析了2000~2020年不同情景下的土地系统宏观结构变化规律。从各种土地类型的转出量来看,

表1 黄淮海平原土地系统结构变化影响因子作用权重系数矩阵

Table 1 Weight coefficient matrix of driving factors for the changes of land utilization structure in Huang-hai-hai plain

因素 Factors	变量 Variables	单位 Unit	耕地 Arable land	林地 Forest land	草地 Grassplot	水域 Waters	城乡、工矿居住用地 Urban, rural and mining residential sites	未利用土地 Unused land
气候因素 Climate factors	年均气温 Annual air temperature		0.039	0.324	0.19	-0.118	-0.044	0.008
	年均降水量 Annual precipitation	mm	0.023	0.005	0.002	0.001	0	0.001
	>0 积温 Accumulated temperature >0		0.01	0.004	0.004	-0.001	0.002	-0.005
	>10 积温 Accumulated temperature >10		0.01	0.001	0.006	0.002	-0.002	0.003
地形地貌因素 Landform factors	太阳总辐射 Total solar radiation	MJ/m ²	0.007	0.129	0.062	-0.075	0.58	0.106
	地貌类型 Geomorphic type		0.014	-0.044	-0.111	-0.028	0	-0.082
	高程 Elevation	m	-0.002	0	0.004	0	-0.001	-0.007
	坡度 Slope	°	-0.004	0.003	0.001	-0.007	-0.004	-0.001
土壤条件 Soil condition	耕层厚度 Thickness of cultivated layer	m	0.178	0.12	0.457	-0.179	-0.133	0.399
	土壤pH值 pH value in soil		0.142	0.116	0.264	-0.03	0.143	1.229
	土壤有机质 Organic matter in soil		0.028	0.027	0.078	-0.009	-0.097	-1.103
基础设施条件 Infrastructure condition	到国家干线公路的最近距离 The shortest distance to national trunk highway	km	-0.008	0.002	-0.003	0.002	0.008	-0.005
	到高速公路的最近距离 The shortest distance to freeway	km	-0.001	-0.001	0.003	0	0.002	0.11
	到铁路的最近距离 The shortest distance to railway	km	-0.001	-0.003	0.004	-0.001	0.001	-0.004
区位条件 Location condition	到省会城市的距离 The distance to capital city	km	-0.004	-0.007	-0.01	-0.005	0.002	0.025
人口、经济增长因素 Increasing of population and economy	人口密度 Population density	人	0	-0.002	-0.002	-0.005	0.001	-0.003
	GDP	元	0	0	0	0	0	0

注:表中的各个土地系统结构变化驱动因子均为通过共线性诊断之后的因子,有些因子存在着较强的共线性(如容忍度 <0.2)而被从候选变量中剔除;表中各驱动因子的系数即逻辑斯蒂回归方程的回归系数,不显著的影响因子的估计结果记为“-”,相应影响因子不参与土地系统结构变化的模拟过程。

Note: All the driving factors for the changes of land utilization structure have been diagnosed for collinearity, some factors were removed because of strong collinearity (such as tolerance <0.2); Coefficient for all the driving factors were regression coefficient of logistic regression equation, the one failed in passed significant difference test marked “-”, and didn't participate in the process of simulating land system changes.

耕地和建设用地的面积变化明显;从模拟结果来看,耕地被转移用作建设用地的比例最大。在参考情景、经济发展情景与生态情景3种情景下,耕地分别转出了8375、13175与4075 km²,各占2000年耕地面积的2.7%、4.3%与1.3%;经济发展情景下耕地转移量约为生态情景下的3倍。建设用地在参考情景下增加了8875 km²;不过,在生态保护情景下,建设用地增长速度得到了一定程度的控制,但仍增长了3300 km²;在经济发展情景下,增长速度进一步加快,增长面积达到13700 km²。在参考情景下,林地面积增加了675 km²,占2000年林地面积的2.3%;而相应地,在生态保护情景下,人工林增长幅度大约是这一增长幅度的2倍,增长面积达1050 km²;在经济发展情景下,林地增长的幅度很小,只有0.6%,约175 km²。草地在土地系统宏观结构中所占比例与林地大致相同,在参考情景下,约有600 km²草地转为其他利用类型,占2000年草地面积的2%;在经济发展情景与生态保护情景下,草地转为其他土地类型的面积分别为1075、300 km²。水域和未利用地在土地系统宏观结构中所占比例较小,分别为3.2%和0.6%,其中水域呈一定增长的趋势,这一趋势在黄淮海平原东部沿海及南部多降雨地区表现尤为突出。在参考情景下,水域面积增幅最小,只有50 km²,在经济发展情

景下增加量则高达775 km²。在2000~2010年,未利用地减少趋势比较明显,不过,2010~2020年由于可开垦未利用土地存量减少、开发难度逐渐加大等原因,未利用地开发势头趋缓;并且在参考情景、经济发展情景和生态保护情景下未利用地开发幅度相差不大,分别为625、850和750 km²,各占2000年未利用地的23%、30%和26.5%。

2.4 土地系统宏观结构转移动态分配 根据黄淮海平原土地系统宏观结构变化的分布特征,通过频数统计,并且参考问卷调查的相关内容,设定了土地系统宏观结构转移规则来定量表达黄淮海平原各种土地系统类型之间的转换关系。耕地、林地、草地、水域、建设用地与未利用地的转移规则分别设定为0.6、0.8、0.5、0.9、1.0与0.4。

要进行土地系统宏观结构变化的动态分配,需要计算出参加分配的栅格数。为了实现土地系统宏观结构变化空间分配过程中栅格水平各土地类型之间的供需平衡,引入了补偿因子。对于所有参与土地系统宏观结构变化分配的栅格,计算出每种土地类型在各栅格上的转移概率值,并且对这些值进行比较,并且分为以下3种情况进行处理:

(1) 若某一土地类型已在前一年出现且其转移概率小于1,那么模型将首先计算该土地类型在当年出现概率的和、相

应的转移概率和一个补偿因子。

$$LT_{i,k} = \pi_{i,k} + C_k + S_k \quad (2)$$

式中, $LT_{i,k}$ 为土地类型 k 在栅格 i 中得以分配的概率值; $\pi_{i,k}$ 为相应土地类型的出现概率; C_k 和 S_k 为土地类型 k 的补偿份额及其转移概率。

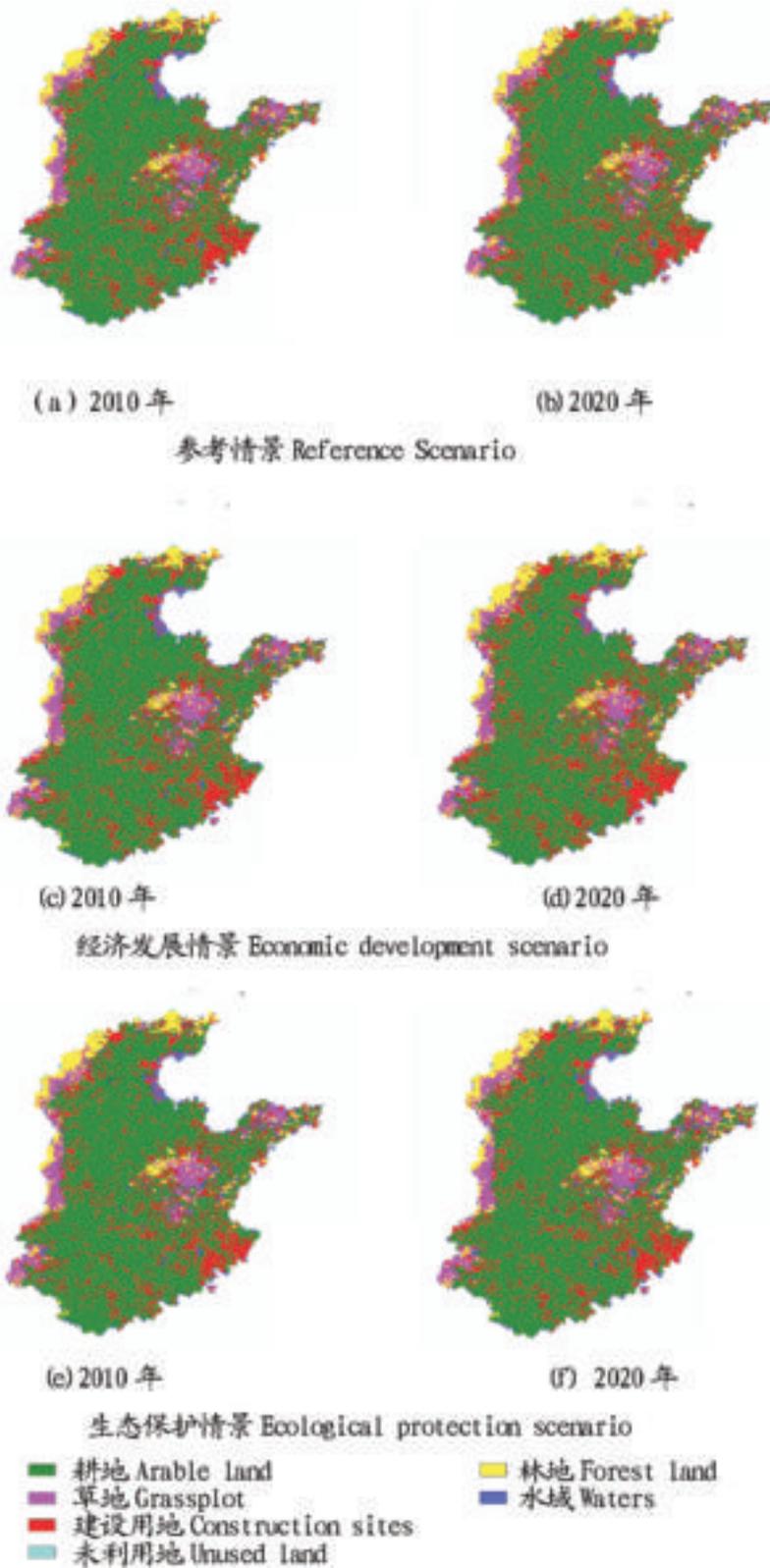


图3 黄淮海平原不同情景下土地系统宏观结构变化的模拟

Fig. 3 Simulation of macro structure changes in land system under different scenarios in Huang-hai-hai plain

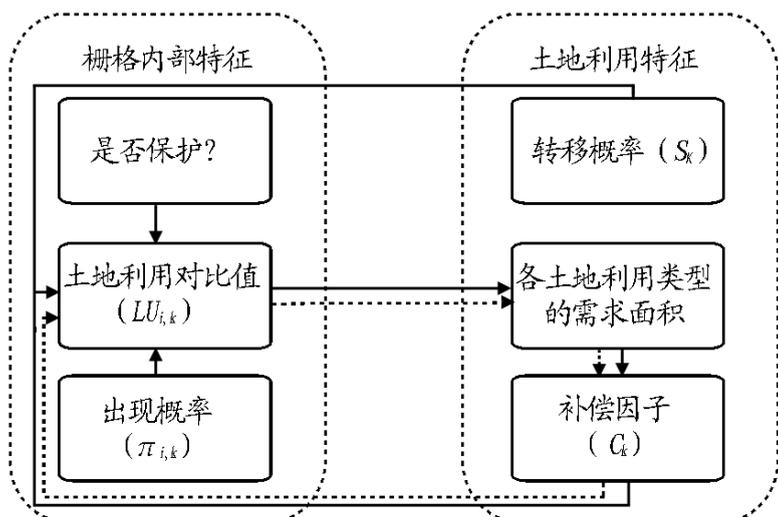


图4 黄淮海平原土地系统宏观结构变化空间分配

Fig. 4 Spatial allocation scheme for macro structure changes in land system of Huang-hai-hai plain

(2) 若某种土地类型还不存在, 则 $S_k = 0$, $LT_{i,k}$ 只包括转移概率和一个补偿因子。

(3) 若某一土地类型在前一年份没有出现过, 并且当年需求呈减少态势, 其转移规则为1, 即通过这一设定排除从需求上看呈减少趋势的栅格被分配给该土地类型的可能性。

对各土地类型转移概率值进行比较之后, 该栅格将被分配给拥有最高 $LT_{i,k}$ 值的土地类型。

在模拟起始年份, 设定所有土地类型补偿因子初始值相同, 在后续运算过程中各补偿因子会自动调整, 使得各土地类型与前一年分配的面积和当年需求面积之差的比例在允许误差范围内。如果实际分配面积小于当年需求面积, 那么模拟程序将以一定的步长适当上调补偿因子值, 反之则下调 (图4)。当分配满足各土地类型的需求时, 模型运算结束。

对比参考情景、生态保护情景与经济发展情景下黄淮海平原土地系统宏观变化时空格局的模拟结果, 可以看出在各种驱动因子的综合作用下各种土地类型之间相互竞争及其在空间分配上的演替规律。在参考情景下, 各种土地类型随着时间的推移大多在原有的位置附近发生一定程度的扩张 (或者收缩)。到2020年, 在沿海平原以及山麓地带的未利用土地被大量垦殖, 只有重度侵蚀且难于开垦的未利用土地得以存留。在参考情景下, 建设用地的扩张较为明显, 扩展态势主要沿原有城镇或居住用地的中心向四周推移; 扩展最为明显的是北京、天津等大城市以及江苏经济比较发达的地区。相应地, 分布在城乡工矿居住地周围的耕地被建设用地侵占, 从而导致耕地面积出现大幅度减少。林地的扩张也较明显, 但扩张主要分布在黄淮海平原北部 (如北京市地区周围) 以及中部地区。在沿海地区, 尤其是黄河三角洲地带, 草地面积有收缩迹象; 在黄淮海平原的东北部地区, 也有大面积的草地变为林地。由于黄淮海平原水域面积基数小, 所以黄淮海平原的水域面积变化量也较小, 主要分布在黄河入海口处, 内部也有些水域。这些地区水域面积的变化主要受河流入水量、降水量年际变化的共同影响。不过, 从20年来的预测结果看, 这些水域面积的小幅度变化并没有引起全区水域面积整体布局的变化。

相对于参考情景而言, 生态保护情景下的土地系统宏观结构变化突出地表现为林地面积的大幅增加, 到2020年, 黄淮海平原中部、胶东半岛地区出现了相当面积的林地分布。此外, 在生态保护情景下, 未利用地开发、耕地的非农化利用 (表现为耕地向非耕地转移) 被控制在一个合理的水平上。林地、草地也没有出现大面积、集中连片地开发。在经济发展情景下, 土地系统宏观结构变化突出表现为黄淮海平原东部沿海地区、北京市的周边地区由于经济的发展未利用土地大幅度减少, 同时出现了黄淮海平原中部、胶东半岛地区的大量草地转移为林地、建设用地的情况。尽管林地也有所增加, 但其增加的幅度十分有限, 主要集中在黄淮海中部的黄河流域。建设用地面积大幅增加, 与参考情景的增长趋势大致相同, 但是增长幅度扩大了50%左右, 增长区域比较分散, 多分布在原来建设用地周围。

模拟产生的3种情景下黄淮海平原土地系统宏观结构变化的时空分布模式为该区制定土地利用规划乃至区域可

持续发展战略提供了重要的决策依据。鉴于预测结果显示的黄淮海平原耕地沙化与大量耕地转移的不争事实,建议当地政府应参考生态保护情景的参数与方案,合理地开发土地资源,调整并优化产业结构,控制人口增长,走可持续发展的道路。同时,由于设计情景不同,模拟结构也显示了明显的差异。这说明不同的政策趋向将导致环境政策发生重要、明显的变化。所以,应加强对该地区土地资源开发、利用以及结构调整的关注,严格控制土地类型的不合理转移,确保该地区经济持续、快速增长的同时生态环境朝着良性化方向发展。

3 结论与讨论

以黄淮海平原为典型区,分析了栅格水平上土地系统结构变化的机理,探索了土地系统结构变化的不同情景,模拟了不同情景下该区2000~2020年土地系统结构变化的可能结果。这一在较精细的栅格尺度上从探索土地系统结构变化的驱动力、情景分析到结构变化模拟的方法可以在其他地区推广应用。所得结论可以为区域水平上制定土地开发、利用规划与土地管理决策提供参考。

模拟结果表明,在生态保护情景下,黄淮海平原耕地的非农化可以得到有效的控制;黄河入海口、胶东半岛的林地出现了大幅度增长;同时,草地面积减少的趋势也比参考模式下小。在经济发展情景下,城市化进程进一步加快,城市周边的耕地、林地和草地等被大量扩建为城镇居民用地、工矿用地;东部沿海地区和北京市周边的未利用地也被大量垦殖,耕地、草地面积出现了一定程度地收缩。在参考情景下,耕地面积虽然也呈小幅度减少态势,但减少的面积仅为经济发展情景下的50%左右;林地面积出现大幅度增加;城镇周围建设用地继续呈快速扩展态势。3种情景下黄淮海平原土地系统结构变化的不同结果为黄淮海平原制定土地利用规划、土地资源的合理开发与区域发展战略提供了有价值的决

(上接第1536页)

3.4 环境效益 环境是小城镇可持续发展的基础和必要条件。环境的恶化一方面会降低人的生活质量,另一方面还会妨碍资源的有效利用,进而影响经济发展和社会进步。在资源效益中,在此,未设有续分指标。环保投入水平 $V_{13} = \text{环保投入} / \text{财政总支出} \times 100\%$,表明有关部门对环保的重视程度及改善生态环境的决心和力度;大气质量指数 V_{14} 一般是指空气中 SO_2 的含量,以此表明小城镇的空气状况;垃圾无害化处理率 $V_{15} = \text{垃圾处理量} / \text{垃圾排放量} \times 100\%$,表明治理生态环境的力度和效果;绿地覆盖率 $V_{16} = \text{镇域绿地面积} / \text{镇域总面积} \times 100\%$,表明小城镇生态环境净化能力。

4 结语

在探讨小城镇土地整理资源、经济、生态、社会、综合效益的基础上,根据指标构建的原则建立了小城镇土地综合整理效益评价指标体系,并对指标进行了解释。指标体系涵盖了小城镇土地综合整理资源、经济、社会、生态效益4

策参考。

参考文献

- [1] 李秀彬. 土地利用变化的解释[J]. 地理科学进展,2002,21(3):195-204.
- [2] 史培军,陈晋,潘耀忠. 深圳市土地利用变化机制分析[J]. 地理学报,2002,55(2):152-160.
- [3] 于兴修,杨桂山. 中国土地利用覆被变化研究[J]. 地理科学进展,2002,21(1):551-571.
- [4] Global Land Project. Science plan and implementation strategy[R]. Stockholm: IGBP,2005.
- [5] 邓祥征,刘彦随,赵涛. 汉江流域土地利用变化及空间格局分析[J]. 长江流域资源与环境,2003,12(6):522-528.
- [6] 邓祥征,刘纪远,战金艳,等. 太仆寺旗土地利用变化时空格局的动态模拟[J]. 地理研究,2004,23(2):147-157.
- [7] 摆万奇,赵士洞. 土地利用变化驱动力系统分析[J]. 资源科学,2001,23(3):39-41.
- [8] 蔡玉梅,刘彦随,宇振荣,等. 土地利用变化空间模拟的进展——CLUE-S模型及其应用[J]. 地理科学进展,2004,23(4):63-70.
- [9] 周成虎,孙战利,谢一春. 地理元胞自动机研究[M]. 北京:科学出版社,1999.
- [10] 熊利亚,常斌,周相广. 基于地理元胞自动机的土地利用变化研究[J]. 资源科学,2005,27(4):38-43.
- [11] VERBURG P H, KONING G H J, KOK K, et al. A spatial explicit allocation procedure for modelling the pattern of land use change based upon actual land use[J]. Ecological Modelling,1999,116:45-61.
- [12] TIAN X Y, ZHANG M F, JI Y L. Scenarios of major terrestrial ecosystems in China[J]. Ecological Modelling,2006,199:363-376.
- [13] PONNUS R G, SCHNEIDER L C. Land cover change model validation by an ROC method for the Ipswich watershed, Massachusetts USA[J]. Agriculture, Ecosystems and Environment,2001,85:239-248.
- [14] SWEIS J A. Indices of discrimination or diagnostic accuracy their ROCs and implied models[J]. Psychological Bulletin,1986,99:100-117.
- [15] 廖克,成夕芳,吴健生,等. 高分辨率卫星遥感影像在土地利用变化动态监测中的应用[J]. 测绘科学,2006,31(6):11-16.
- [16] 段增强,VERBURG P H,张凤荣,等. 土地利用动态模拟模型的构建及其应用——以北京市海淀区为例[J]. 地理学报,2004,59(6):1037-1047.
- [17] 张永民,赵士洞,VERBURG P H. CLUE-S模型及其在奈曼旗土地利用时空动态变化模拟中的应用[J]. 自然资源学报,2003,18(3):310-318.
- [18] 陈佑启,杨鹏. 国际上土地利用/土地覆盖变化研究的新进展[J]. 经济地理,2001,21(1):95-100.
- [19] 刘纪远,布和敖斯尔. 中国土地利用变化现代过程时空特征的研究——基于卫星遥感数据[J]. 第四纪研究,2000,20(3):229-239.

个准则层,其下续有16个二级指标,尽可能覆盖小城镇土地综合整理涉及到的所有领域。许多二级指标后面还有续分指标来表明此指标所包含的内容,根据当地的实际情况,采用问卷调查法和专家咨询法来合理确定续分指标的权重,将续分指标进行标准化处理后,根据确定的权重综合计算二级指标的指数。再利用层次分析法计算二级指标的权重,以此来反映土地整理在资源、经济、生态和社会方面的效益,目前,相关学者对续分指标的权重还鲜有研究。

参考文献

- [1] 王炜,杨晓东,曾辉,等. 土地整理综合效益评价指标与方法[J]. 农业工程学报,2005,21(10):70-73.
- [2] 张正峰,陈百明. 土地整理的效益分析[J]. 农业工程学报,2003,19(2):210-213.
- [3] 张正峰. 土地整理潜力、效益评价指标体系与方法研究[D]. 北京:中国科学院研究生院,2003.
- [4] 谢俊奇. 可持续土地利用系统的指标、评价和规划实践系列研究[D]. 北京:中国农业大学,1999.
- [5] 严金明,夏素华,夏春云. 土地整理效益的分析评价与指标体系建立[J]. 国土资源情报,2005(2):36-42.