

文章编号: 1007-6301 (2000) 02-0116-12

# 中国土地利用变化及其影响 的空间建模分析

陈佑启<sup>1</sup>, Peter H. Verburg<sup>2</sup>, 徐 斌<sup>1</sup>

(1. 中国农业科学院资源区划所, 北京 100081; 2. 荷兰瓦赫宁根农业大学, 瓦赫宁根 6809RZ)

**摘要:** 通过 GIS 建模, 本文分析了我国土地利用的变化与其影响因子之间的相互作用关系, 并着重对耕地的变化及其空间分布进行了模拟。研究发现, 土地利用的变化主要是自然与经济因素综合作用的结果, 并且区分不同的规模尺度与不同的区域类型, 将对提高土地利用空间变化模型的精度有着重要的影响。

**关 键 词:** 土地利用变化; 空间分析; 规模相关性; GIS 建模

**中图分类号:** F301.23      **文献标识码:** A

土地利用及其变化是一个相当复杂的现象与过程, 引起了目前国际学术界的广泛重视。至今为止, 有不少类似的研究着力于通过建立模型来探讨土地利用的变化。但至今为止, 真正将土地利用变化与其空间分布相结合, 探讨不同尺度上土地利用的时空演变规律的动态模型并不多见<sup>[1]</sup>。中国农业科学院资源区划所与荷兰瓦赫宁根农业大学合作, 建立的中国土地利用变化及其影响模型 (CLUE - CH - Conversion of Land Use and Its Effects in China), 属于一种动态的土地利用时空变化模拟模型, 可以说是在 LUCC 研究领域的一项有益探索。

## 1 土地利用变化及其影响模型的基本原理

CLUE - CH 模型的主要原理建立在不同尺度上对土地利用及其影响因子的相互作用关系和时空分布规律的定量分析基础之上。在模型的构造过程中, 主要考虑了如下几方面的因素。

### 1.1 土地利用变化驱动因子的综合性

土地利用变化是一个相当复杂的过程, 同时受到自然、社会、经济等众多因素的影响。而且, 这些因素对土地利用变化的作用, 包括作用方式与作用强度各有不同。其中, 自然环境条件是土地覆盖与土地利用分布的基础条件, 在某种程度上具有一定的主导作用; 而社会、经济、技术等人文因素则对土地利用的时空变化具有决定性的影响。目前, 在已有

收稿日期: 2000-04; 修订日期: 2000-05

基金项目: 国家自然科学基金重大项目资助 (39899370-06)

作者简介: 陈佑启 (1963-), 男, 博士, 副研究员。主要从事土地利用与农业资源评价等方面的研究, 已发表学术论文及著作合计 40 余篇 (部)。E-mail: chenycqi@371.net

的研究结果及其相关文献中,对作用于土地利用变化的影响因素的研究并不是十分深入,大多是通过一定的假设来独立地分析某个人文的或自然因素的影响。事实上,决定土地利用及其时空变化的关键与其说是某些人文或自然因素还不如说是这些因素的共同作用。特别是在复杂的人地关系地域系统中,众多的社会、经济、技术与自然环境条件之间的相互作用并非是一种简单的线性关系。本模型将在定量分析的基础上,通过历史的及现实的土地利用与各种社会、经济、技术及自然环境等影响因子之间的相互作用及其变化关系,探索土地利用时空演变的基本规律,进而对未来土地利用的变化进行预测。

### 1.2 土地利用变化的规模相关性

所谓规模相关性是指土地利用的特征、土地利用变化的过程,以及各种影响土地利用变化的因素及其作用方式等均具有一种与规模尺度紧密相关联的特点,在不同的规模层次上具有不同的表现形式。而且象其它生命系统一样,土地利用变化在不同规模尺度之间的差异也并不一定表现出渐变的形式,相邻两种尺度之间往往存在着某种“门槛”效益。高一级规模尺度上的土地利用变化可能具有某些较低级规模层次上所没有的特殊过程及其作用机理<sup>[2,3]</sup>。

事实上,景观生态学家们早就注意到了生态群落规模相关性的这一特点,并且一直将其作为该领域的研究主题之一<sup>[4,5]</sup>。土地利用景观的差异性是十分明显的,其结构功能及其景观的变化特征都在很大程度上与其所处的规模尺度密切相关。因此,在不同规模层次上往往会发现土地利用的不同类型与结构,土地利用与其自然生态、社会经济等因子之间不同的相互作用关系,以及不同的土地利用演变过程。正如Hall等在对热带地区土地利用时空变化类型的建模分析中发现,在地势崎岖的地区,小范围内的土地利用活动及其特征与地貌类型的关系十分密切,而在大的规模尺度上则主要受气候条件所决定<sup>[1]</sup>。

## 2 土地利用变化及其影响模型的设计与条件假设

### 2.1 设计目标

CLUE-CH模型将在不同的规模尺度上利用GIS的强大空间分析功能,探讨在多种自然与社会经济影响因素作用下土地利用的时空演变规律。该模型的主要目标在于:

- (1) 探讨土地利用的影响因素及其作用机制;
- (2) 对土地利用变化与其影响因素之间的关系进行量化及动态模拟;
- (3) 通过模型探讨未来时期内土地利用的可能变化,并进一步分析多种变化在空间上的分布特征;
- (4) 为国家及各地区土地利用规划、社会经济的持续发展等提供决策依据。

### 2.2 总体条件假设

同任何其它模型一样,要对现实的土地利用变化及其空间特征进行模拟,必须进行一定的假设。CLUE-CH模型建立及其运行的主要假设条件如下:

- (1) 从整个国家的角度看,人口增长及其所带来的农产品需求的变化与全国农产品生产水平以及区域间的贸易与流通总是处在一个动态的平衡过程之中;
- (2) 一切土地利用活动都要充分有效地利用土地资源,因此在各种自然生态条件基础上形成的土地适宜性是土地利用空间分布的基本内核,在一定程度上决定着一定区域内土

地利用的空间格局特征;

(3) 本模型所涉及的土地利用类型包括目前我国土地利用分类中的所有八大地类, 但土地利用变化分析的重点是其中的农业土地利用类型, 即耕地、园地、林地、草地、水域及未利用土地等; 非农业用地, 包括城镇居民点与独立工矿用地、交通用地等则只是在各类用地的总体平衡中起作用;

(4) 一切土地利用的变化只有在土地利用现状与其自然生态条件不相适应的地区或不能满足当前或未来人类的需求(如农产品需求、居住空间的需求等)的情况下发生;

(5) 由于农产品储备体系的存在, 季节性或单个年度的农产品单产或产量的波动对土地利用变化不产生直接影响;

(6) 应该说, 本模型所产生的结果, 并不肯定代表未来土地利用的实际变化, 却能够说明未来土地利用变化及其空间分布的可能趋势。

### 3 土地利用变化及其影响模型的基本构造

CLUE-CH 模型属于一种动态的、多尺度的土地利用变化及其空间分布模拟模型<sup>[8,9]</sup>。该模型包括如下四个主要部分或模块, 即统计分析模块、人口模块、需求模块与空间布局模块等。参见图 1。

#### 3.1 统计分析模块 (Statistical Analysis Module)

统计分析模块又称空间分析模块 (Spatial Analysis Module), 是整个模型的基础部分, 为主体模块提供必要的参数及关系结构数据。该模块主要利用 SAS (Statistical Analysis System) 统计分析软件的强大统计分析功能, 分析各种土地利用类型与自然生态、社会、经济等因素之间的相互作用关系及其空间表现形式。其结果将在很大程度上决定着未来土地利用变化的特征及其空间分布格局。

#### 3.2 人口模块 (Population Module)

人口变化是导致土地利用变化的最主要因素之一。本模块将利用历史时期的人口统计数据对人口变化的趋势预测, 目的是求算各地区预测期内各年份包括总人口、城镇人口、农村劳动力、农业劳动力等的增长率、人口结构变化情况(如城乡人口比重等)以及其它相关的人口特征, 如文盲率、人口密度等要素的变化。

#### 3.3 需求模块 (Demand Module)

需求模块的目的是从全国的角度分析及预测农产品的需求量。该模块将主要考虑人口数量、人口结构及其饮食结构的变化, 并结合考察全国农产品的进出口贸易状况变化, 在时间序列分析的基础上, 构筑预测期内各年度农产品的需求变化趋势; 再结合各种农作物产量的预测, 来推算各种土地利用类型的数量变化趋势。需求模块运行的结果将在总体上

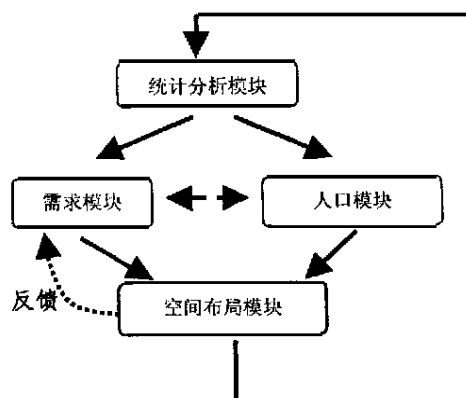


图 1 CLUE-CH 模型的构造示意图  
Fig. 1 Structure of the CLUE-CH Model

控制着全国及各地区土地利用变化的总量水平。

3.4 空间布局模块 (Allocation Module)

空间布局模块是整个模型的核心部分。该模块将利用统计分析模块在不同规模尺度上对土地利用与自然生态条件、社会经济因素之间复杂的相互作用关系的分析结果, 根据需求模块所确定的土地利用变化目标, 考虑人口模块分析预测的各因素的变化特征, 在空间上对各种土地利用类型进行优化布局。

4 数据的收集与整理

4.1 指标参数的选取

CLUE-CH 模型的核心是土地利用与其影响因子之间的相互作用关系。因此, 为了准确地反映这种关系, 模型的输入参数中, 必须包括如下几类数据 (参见附表 1), 即土地利用类数据、社会经济类数据、自然环境类数据等。

4.2 数据的网格化处理

为了消除不同数据之间不同规模序列的影响, 需进行数据的网格化。根据中国东部人口稠密地区县级行政单位的平均规模, 将  $1 \times 1$  公里的网格采用平均值法转换成  $32 \times 32$  公里的网格, 以使每个网格所代表的面积 (即约  $1\,000\text{ km}^2$ ) 大致与该平均规模相等, 并以此作为最基本的网格。西部地区虽然县级行政单位的平均面积规模远较东部地区大, 但由于大面积无人区如沙漠、戈壁或山地等的存在, 网格化过程中我们特地将这些无人区进行剔除, 并将所有有关的数据, 即土地利用数据、人口与经济类数据等进行重新计算, 将无人区的其它土地利用类型及相关的社会经济数据如人口、作物、产值等赋零值。

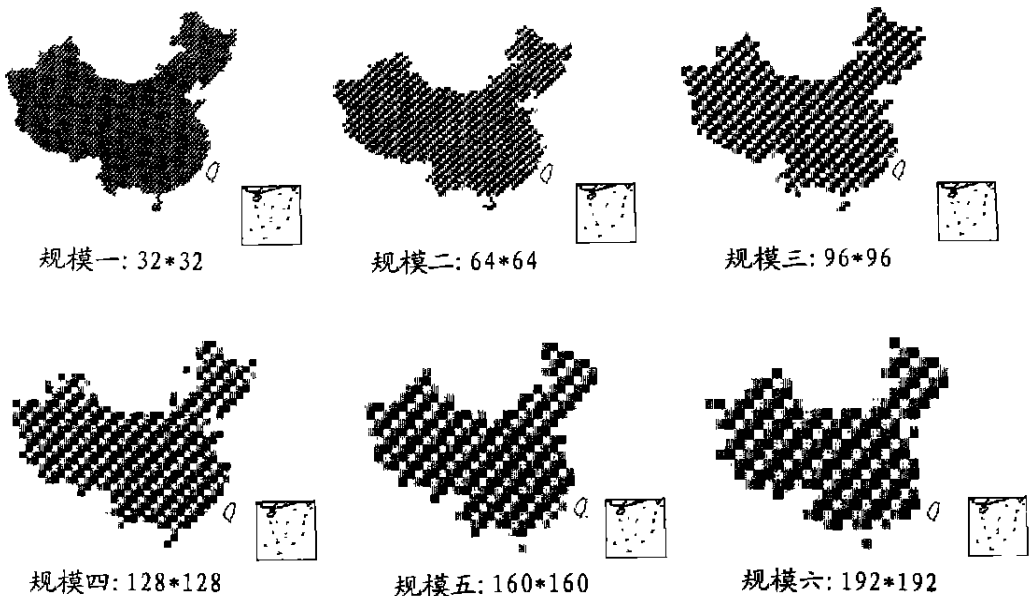


图 2 规模序列

Fig.2 Scale series

4.3 规模序列化

为了充分揭示不同规模层次上土地利用与其影响因子之间的相互作用关系,在1×1的基本网格基础上,通过平均值法建立一种人为的规模序列,即32×32、64×64、96×96、128×128、160×160、192×192等,共6个规模层次(参见图2)。

4.4 区域类型的划分

根据全国不同地区之间的自然地理环境、人口及社会经济特征等的差异,将全国划分为八个不同的区域类型(参见图3)。其中,西北区东西跨度较大,包括了黄土高原区与内蒙古东部草原区等,可能表现出较大的区内差异。这里之所以将其划为一个区,是因为所有这些地区的土地利用活动均在不同程度上受到干旱少雨的影响,表现了较为明显的干旱与半干旱的自然地理特征。

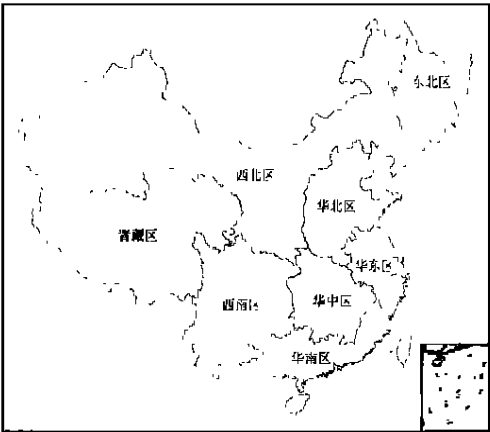


图3 中国分区图

Fig.3 Regional stratification of China

5 模型结果分析

5.1 统计分析结果

各主要土地利用类型与其影响因子之间的相关分析结果见表1。表中所列的是与不同土地利用类型的分布相关最密切的10个因子及其相关系数。

表1 不同土地利用类型的主要影响因子及其相关系数\*

Tab.1 Pearson correlation coefficients for the determining factors of different land cover types											
耕 地		园 地		牧草地		林 地		未利用地		非农用地	
指标	相关系数	指标	相关系数	指标	相关系数	指标	相关系数	指标	相关系数	指标	相关系数
DM 2	0.81	DM 1	0.45	CM 5	- 0.52	CM 8	0.67	CM 4	- 0.64	DM 1	0.80
DM 5	0.79	DM 2	0.44	CM 3	- 0.51	CM 6	0.66	CM 8	- 0.58	DM 2	0.80
DM 1	0.79	DM 4	0.44	CM 2	- 0.51	CM 7	0.66	CM 6	- 0.52	DM 4	0.77
DM 4	0.77	CM 6	0.42	GM 1	0.47	CM 9	- 0.56	CM 9	0.42	DM 5	0.75
SV 6	0.60	DM 5	0.42	SE1	0.44	GM 8	0.53	GM 10	0.39	DM 3	0.58
SV 8	- 0.59	CM 1	0.41	CM 1	- 0.40	GM 12	- 0.46	DM 2	- 0.36	SV 6	0.58
GM 1	- 0.54	CM 7	0.41	DM 2	- 0.39	SV 6	- 0.42	DM 1	- 0.36	SV 8	- 0.55
SV 12	0.50	CM 3	0.40	DM 5	- 0.38	SV 1	0.41	DM 5	- 0.36	SV 3	0.50
CM 2	0.49	CM 5	0.38	DM 4	- 0.38	CM 5	0.40	DM 7	- 0.35	GM 1	- 0.49
SV 3	0.49	CM 8	0.37	DM 1	- 0.38	CM 1	0.39	DM 4	- 0.35	CM 7	0.47

\* 在P<0.0001水平上显著。

表中可见,我国耕地的分布与人口,特别是农业生产的分布具有极为明显的相关性。这表明了我国耕地与农业生产及人口之间较强的空间关联与群集。此外,土壤、气温、地形

以及水分条件等与土地适宜性密切相关的因子与耕地的分布也具有较强的关联。园地的分布与耕地具有相同的影响因素。但是, 气温特别是最低气温与平均气温大于 10 的月份数对园地的分布具有十分重要的意义。园艺作物大多需要有特殊的环境条件, 如对无霜期的特殊要求等, 因而很多园艺作物的分布受气温的影响较大。草地、林地及未利用土地的分布在很大程度上受自然环境条件的制约。由于大面积草地主要分布在内蒙古及海拔高的高原与山地, 草地与低温及高海拔成明显的正相关。林地大多分布在南部特别是西南山区, 而这些地区热量丰沛, 降水充足, 因此林地与降水、气温呈明显的正相关。由于未利用土地主要是沙漠、戈壁等, 其分布与降水稀少、阳光充足等自然条件呈较大的正相关。我国非农建设用地分布的影响因素与耕地基本相同, 只不过其次序稍有变动而已。其中, 非农用地与总人口密度及农业人口密度的分布大体相同。这主要是因为我国非农用地主要集中在东部人口稠密地区, 并以农村居民点、乡镇企业、农村道路等农村地区的非农建设用地占较大比重为基本特色。而且, 除人口等因素外, 非农业用地还与土地的适宜性因子密切相关。这一结果说明, 我国非农用地分布及其扩展主要发生在土地质量较高与适宜性较好的地区; 同时也预示着我国非农用地的进一步扩展将带来大量高质量农土地的丧失。

通过筛选对比, 我们发现多元回归方程变量中必须至少有一项指标与附表 1 中的各个指标类别相联系, 该多元回归方程才能较为满意地解释各种土地利用类型的分布特征。通过表 2 可见, 如果缺少其中某一类指标如人口类指标, 则回归方程的解释能力就会受到很大的影响。即使变量个数明显增加, 其解释能力也达不到应有的水平( $r^2=0.81$ )。

5.2 规模效应分析

规模尺度对回归模型的影响可以通过 6 个不同规模层次上的相关与回归分析结果进行对比来得以论证。图 4 描述的是在 6 个不同规模层次上, 总人口、农业劳动力、非农业人口、土地适宜性、平均高程与最暖月气温等因素对耕地的相关系数分布情况。从图中可见, 所有因子的相关系数随着规模的扩大均有所增加, 但是各个因子的增加幅度并不相同。例如, 最暖月气温与平均高程在各种规模之间基本上保持不变, 而土地的适宜性以及城市人口密度与耕地的相关系数则随着规模的扩大而明显增大。

表 3 所列的是在不同的规模尺度上园地分布的多元回归模型。总的来看, 在所有规模尺度上回归模型的相关系数均不大, 这主要是由于园艺作物多种多样, 而不同的作物具有不同的环境要求所致。但从表中同样可以看到, 各因素的相对重要性还是具有一定的差别。

表 2 两种不同的耕地分布回归方程系数表\*

Tab. 2 Two different multiple regression models for the distribution of arable land			
耕地回归方程系数 (所有变量) $r^2=0.81$		耕地回归方程 (不包括人口变量) $r^2=0.71$	
变量	stb	变量	stb
CM 6	- 0.42	CM 2	1.84
CM 7	0.41	CM 3	- 1.76
DM 5	0.37	CM 4	- 1.25
DM 1	0.23	CM 6	- 0.98
GM 1	- 0.19	CM 7	0.67
GM 9	0.16	GM 1	- 0.60
DM 6	0.12	CM 8	0.29
SV 6	0.09	CM 9	- 0.21
SV 2	- 0.09	GM 8	- 0.18
SV 11	0.08	SV 2	- 0.17
SV 6	0.06	SV 17	0.15
GM 11	0.06	SV 9	0.13
		SV 14	- 0.13
		GM 9	0.11
		SV 6	0.10
		GM 10	- 0.08
		SV 16	0.07

\*  $P < 0.0001$  为显著性水平。

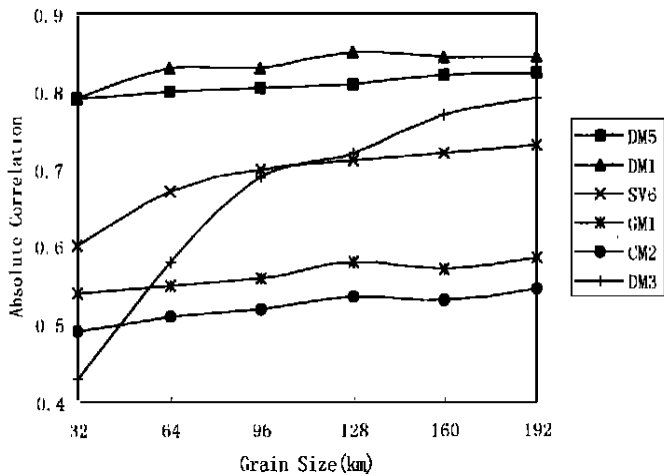


图 4 耕地相关系数的规模分布

Fig. 4 Correlation of arable land and the driving factors at different scales

表 3 不同规模水平上园地的回归模型<sup>\*</sup>

Tab. 3 Multiple regression models for orchard land at different scales

32 km		64 km		96 km		128 km		160 km		192 km	
$r^2=0.30$		$r^2=0.37$		$r^2=0.40$		$r^2=0.44$		$r^2=0.47$		$r^2=0.48$	
CM 6	0.43	CM 6	0.66	CM 6	0.94	CM 6	0.79	CM 6	1.21	CM 6	1.03
CM 9	0.34	DM 1	0.38	DM 1	0.67	DM 1	0.41	CM 8	- 0.60	CM 9	0.46
DM 1	0.29	CM 9	0.34	CM 8	- 0.32	CM 9	0.34	CM 9	0.44	CM 8	- 0.41
CM 1	0.19	CM 8	- 0.21	CM 9	0.32	CM 8	- 0.28	DM 3	0.26	DM 3	0.38
DM 9	- 0.07	CM 1	0.14	DM 5	- 0.25	SV 8	0.22	SV 8	0.24	SV 8	0.26
SV 12	- 0.07	SV 8	0.11	CM 7	- 0.18	DM 3	0.18	DM 4	0.23	DM 1	0.23
		GM 11	0.07	CM 1	0.13	GM 11	0.08	GM 11	0.14		
		DM 9	- 0.06	SV 13	0.13			SV 19	0.09		
				GM 11	0.09						

<sup>\*</sup>  $P < 0.0001$  为显著性水平。

5.3 区域类型的影响

不同的区域类型内，土地利用的影响因子及其作用机理与过程可能会存在着一定的区别。模型运行结果显示，各地区之间土地利用的分布特征及其与各影响因子之间的相互作用关系具有十分明显的差异。图 5 十分明显地反映了这一状况。图中分别显示的是耕地实际的分布情况 (A)、用全国回归模型所模拟的耕地分布 (B) 以及采用分区回归模型所模拟的耕地分布情况 (C)。通过对比，不难发现，分区回归模型的模拟结果比全国回归模型的结果好，其回归模型相关指数为 0.92，较全国模型的 0.81 高。这主要是因为分区回归模型考虑到了不同类型区域中土地利用的特殊影响因子所致。

5.4 土地利用分布及其变化的空间模拟结果

模型在经过上述所有步骤以后，最后通过空间布局模块对各种土地利用类型及其变化

在空间上的分布情况进行了模拟。在这里, 模型所探讨的是耕地、草地、园地、林地、未利用土地以及非农业用地等 6 个土地利用类型在预测期 1991~ 2010 年之间所发生的变化及分布情况。由于受篇幅的限制, 这是只介绍耕地的分布及其变化情况。

图 6 中 A 所揭示的是 1991 年我国耕地的实际分布状况, 而图 6 中 B 则是通过模型对 2010 年的耕地分布所进行的预测。两幅图揭示了一个共同的空间格局, 即从总体而言, 我国耕地的空间分布状况不可能有大的变化, 即集中分布于中、东部地势平坦、湿润等自然条件较为优域的地区。这是因为我国目前的耕地分布格局是在长期历史发展过程中所形成的, 已经基本上与我国的自然地理条件相适应; 在模型短短的测期内土地利用不可能发生如此大的变化, 以致于完全改变土地利用的空间分布格局。

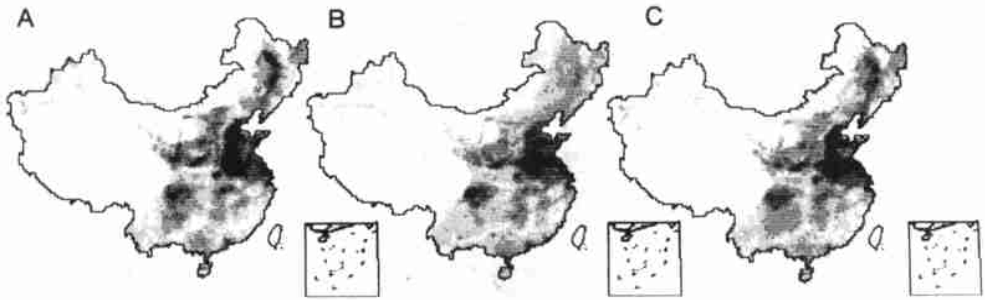


图 5 两种回归模型 (分区与未分区) 的结果对比

Fig. 5 Comparison between two different regression models

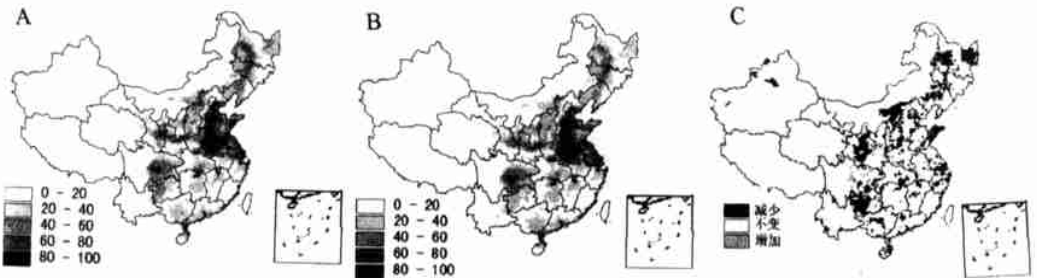


图 6 耕地的分布及其变化图

Fig. 6 Distribution and change of arable land

但是通过图 6 中 A 与图 6 中 B 两者之间的对比 (见图 6 中 C), 我们则能较为清楚地判断未来 20 年内我国耕地的变化及其在空间上分布特征。

(1) 至 2010 年我国耕地变化的主要特征是总体面积数量的减少;

(2) 尽管从全国而言, 耕地面积在预测期内将不断减少, 但并不是所有地区都会朝着这一方向发展。在预测期内仍然存在某些地区, 其耕地面积是增加的。这一结果与某些只是简单地在全国耕地面积增加的总数简单地分配到一定地区的模型结果相比较, 更能反映土地利用的变化及其空间分布的现实;

(3) 我国耕地的未来变化将主要在中、东部地区。特别是我国东北地区- 黄土高原地区- 西南地区这一由东北向西南延伸的条带, 耕地减少的幅度较大。这里作为我国典型的

农牧交错带与农林交错带，一方面由于生态环境脆弱，另一方面这里已有的耕地也大多属于非宜农地，为不适当的开垦，因此这些地区将是我国耕地急剧减少的地区。广大的东部农区虽然人口稠密，城镇化水平较高，而且未来的城镇化水平将会进一步提高，但一方面由于基本农田保护区的普遍实施，在城市化过程中人们将注重于土地利用效率并节约用地，同时这些地区大多是我国种植业发展历史悠久，土地肥沃，生产力水平高的主要农产品生产基地，因此耕地减少的势头将有可能得到一定的抑制。

6 模型结果的应用与评价

本模型通过对土地利用变化及其空间布局的模拟，其结果将十分有利于我们对土地利用变化及其影响作进一步的分析研究。例如，应用本模型的结果，我们将能够对在预测期内因耕地面积的变化及其分布特征对我国粮食生产能力的可能影响加以分析（参见表 4）。

表 4 基期耕地特征（1991 年）与预测期内转换耕地特征特征（1991~ 2010）的对比  
Tab. 4 Comparison of productivity between the converted actual arable land

	粮食单产 (1991 年水平)	复种指数 (1991 年水平)	肥力低的劣等 耕地比重/%	肥力高的优等 耕地比重/%
全国平均状况				
基期耕地	3.8	1.6	23	47
转换的耕地	3.5	1.4	26	43
第 1、3、7、8 区				
基期耕地	3.4	1.3	21	49
转换的耕地	3.2	1.2	20	48
第 2、4、5、6 区				
基期耕地	4.2	1.8	26	45
转换的耕地	4.2	1.9	40	32

总体而言，所减少的耕地大多是一些质量稍差的劣等地。当然，在华东、华南以及华中地区，所减少耕地的质量相对较高。因为在这些地区所损失的耕地具有与平均水平几乎相同的粮食单产水平以及稍为高一些的复种指数。这种区域之间耕地质量的差异，主要是由于土地利用变化的类型差异造成的。在北部及西部地区，大部分将要转换的耕地均属于处于边缘状态的非宜农地，因而将大部分退耕还牧，退耕还林。然而在东部及南部地区，耕地的损失将主要来自于非农业用地类型的竞争，而并不是因为这些耕地本身的质量好坏。而且我国的非农业人口与大部分的城镇均位于土地利用历史悠久、土壤肥沃、农业生产水平高的地区，城市化或城镇地域的扩展将必然带来某些高质量耕地的损失。

关于模型结果的检验，并不是件容易的事，这是因为在我国目前还无法得到相距一定年份的两个时间段的土地利用数据。但有一点我们必须承认，由于受网格尺度的影响，本模型有可能在一定程度上夸大了边缘地带的耕地变化，而低估了东部地区耕地面积的减少。模型首先假设土地利用的变化是以土地的适宜性为基础的。在条件不利的非宜农地区，将是耕地面积减少的重点地区。这一假设导致了农牧交错地带与农林交错地带耕地面积减少的结果。

最后所必须强调的是，虽然本模型的目的在于对土地利用的动态变化及其空间分布进



续上表				
指标类型	指标代码	指标意义	单位	来 源
地形	GM 1	平均海拔高度	m	USGS, 1996
	GM 2	相对高度	m	//
	GM 3	坡度	°	//
	GM 4	平地	-	FAO, 1994
	GM 5	坡地	-	//
	GM 6	陡坡地	-	//
	GM 7	河谷地	-	//
	GM 8	山地	-	CAS, 1996
	GM 9	黄土地貌	-	//
	GM 10	风成地貌	-	//
	GM 11	台地	-	//
	GM 12	平原地区	-	//
气候	CM 1	最冷月气温		W. Cramer
	CM 2	最暖月气温		//
	CM 3	平均气温		//
	CM 4	最暖月与最冷月温差		//
	CM 5	平均气温在 10 度以上的月数	月	//
	CM 6	年平均降水总量	mm	//
	CM 7	降水最大月与最小月之间的雨量差	mm	//
	CM 8	平均降水在 50 mm 以上的月数	月	//
	CM 9	平均日照率	%	//

注: NRRP 为中国农业科学院资源区划研究所; WAU 为荷兰瓦赫宁根农业大学; CAS 为中国科学院地理研究所; FAO 为联合国粮农组织; USGS 美国国家地理信息中心。

参考文献:

[1] Hall C A S et al3Modelling spatial and temporal patterns of tropical land use change[J]. *Journal of Biogeography*, 1995, **22**: 753~ 757.

[2] Walsh S J et al Scale dependent relationships between population and environment in Northern Thailand[M]. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, January, 1999.

[3] Veldkamp A, Fresco L O. Reconstructing land use drivers and their spatial scale dependence for Costa Rica (1973 and 1984)[J]. *Agricultural Systems*, 1996, **55**(1): 19~ 43.

[4] Holling C S. Cross-scale morphology, geometry and dynamics of ecosystems[J]. *Ecological Monographs*, 1992, **62** (4): 447~ 502.

[5] Turner M G et al Predicting across scales: theory development and testing[J]. *Landscape Ecology*, 1989, **3**(b): 245~ 252.

[6] Turner I I B L et al Relating Land Use and Global Land-cover Change: A Proposal for on IGBP- HDP Core Project[P]. IGDP Report 24 HDP Report 5. Sweden: Stockholm, 1993 121~ 133.

[7] Rastetter E B et al Aggregating fine-scale ecological knowledge to model coarse-scale attributes of ecosystem[J]. *Ecological Application*, 1992, **2**(1): 55~ 70.

[8] Verbrug P H, Veldkamp A, Fresco L O. Simulation of changes in the spatial pattern of land use in China[J]. *Applied Geography*, 1999, **19**(3): 211~ 233.

[9] Verbrug P H, Koning G H J de 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.

[10] Tobler W, Deichmann U, Gottsegen J et al The Global Demography Project[M]. Technical Report TR- 95- 6 National Center for Geographic Information and Analysis Department of Geography. University of California, USA. , 1995.

[11] Skinner G W et al China county- level data on population (census) and Agriculture, Keyed to 1: 1M GIS Map [M]. CIESN, USA. , 1997.

[12] 中国科学院地理研究所. 中国地貌图[M]. 北京: 科学出版社, 1994.

- [13] USGS [United States Geological Survey]. GTOPO30: Global Digital Elevation Model (DEM) at 30 arc seconds [M]. USGS, USA., 1996
- [14] FAO [Food and Agriculture Organization of the United Nations]. Digital soil map of the world and derived soil properties version 3.5[M]. FAO, Rome, Italy, 1995

## Spatial Modeling of Land Use and Its Effects in China

CHEN Youqi<sup>1</sup>, Peter H. Verburg<sup>2</sup>, XU Bin<sup>1</sup>

(1. Institute of Natural Resources and Regional Planning, CAAS, Beijing 100081;

2. Wageningen Agricultural University, Wageningen 6809 RZ)

**Abstract:** This paper introduces the main principles and structure of the GIS model (CLUE-CH, Conversion of land use and its effects in China) to analyze the land use change. Through GIS modeling, this paper reveals the factors that determine the distribution of the different land use types, and special emphasis is put to cultivated land. Correlation and regression analysis are used to identify the most important explanatory variables from a large set of candidate determining factors. We found that the distribution of land use in China is best described by a combination of different biophysical and socio-economic factors. Furthermore, both scale and type of the studied region can have a very important effect on the correctness of the model. The result shows that the distribution of cultivated land is strongly correlated with the distribution of population, especially with the distribution of agricultural population. This relation shows the rural character of China, where population and agriculture are strongly clustered. Other important factors explaining the distribution of cultivated land are the suitability of the soil for irrigated rice cultivation, elevation, temperature, and some hydrological conditions. This means that cultivated land is also strongly related to the suitability of the soil for agriculture. In the spatial aspect, this model reveals that the conversion of cultivated land in China will mainly happen in the transition area between the eastern farming region and the west husbandry region, because of the land suitability and ecological reasons. The main results of the CLUE-CH model can be judged as reasonable and applied to the policy-making related land use/land cover change.

**Key words:** land use change; spatial analysis; scale dependence; GIS modeling