



近10年来中国农村居民点用地时空特征

作者: 田光进 刘纪远

利用20世纪90年代中国1:10万土地利用动态变化数据,利用单元自动机和人工神经网络模型对中国农村居民点用地进行了区划。在此基础上,研究了90年代中国农村居民点用地动态变化时空格局。研究表明,农村居民点用地受区域位置、经济发展和国家政策的影响。90年代前5年,受沿海开放政策和经济高速发展的影响,长江三角洲、珠江三角洲和华北平原农村居民点用地扩展较快,中西部地区农村居民点用地扩展较慢;90年代后5年,在沿海地区经济发展速度放慢和国家实施耕地资源保护条例的情况下,沿海地区农村居民点用地扩张受到抑制,西部地区扩展加快。90年代中国经济体制处于由计划经济向市场经济转轨的过程中,农村居民点用地的动态变化格局受到经济发展和土地利用政策的深刻影响。

近10年来中国农村居民点用地时空特征 田光进,刘纪远,庄大方(中国科学院地理科学与资源研究所,北京 100101) 土地利用/土地覆盖变化研究是全球环境变化人文因素计划(IHDP)的重要内容,也是国际地圈-生物圈计划(IGBP)的重要组成部分[1-4]。随着对土地利用变化研究的深入,人文因素的影响引起人们的普遍重视。城镇化及城镇用地扩张是人类对土地利用作用的重要方式,虽然城镇用地不到地球陆地表层的2%[5],但城镇用地扩张往往引起林地、草地、耕地、湖泊等土地利用类型的转变。根据2001年中国统计年鉴中的2000年人口普查数据,全国城镇化水平为36.22%,由于中国城镇化水平较低,农村仍然居住着中国的绝大多数人口。全国乡村人口为 8.07×10^8 人,占总人口的63.78%。根据国土资源部《1999年中国国土资源报告》,截止到1999年底全国城镇用地 $2.94 \times 10^6 \text{ hm}^2$,占城乡居民点用地的15.12%;农村居民点用地(建制镇以下居民点用地)为 $1.65 \times 10^7 \text{ hm}^2$,占城乡居民点用地的84.88%,农村居民点用地是城镇用地的5.61倍。农村居民点规模小,数量多,居住分散,人均建设用地较城镇人均建设用地高。由于数据获取困难等原因,对农村居民点用地扩展的研究相对被忽视,在LUCC研究方面缺乏对农村居民点用地扩张的研究。在发达国家,城镇化过程早已完成,城镇扩展是居民点用地扩展的主要形式。在中国农村居民点用地占绝大比重的情况下,农村居民点用地动态变化的时空格局研究对中国LUCC的研究具有重要意义。

1 数据来源与处理 1.1 数据来源 1.1.1 全国资源环境数据库 利用20世纪90年代初期(1990/1991年)、中期(1995/1996年)和末期(1999/2000年)Landsat TM遥感图像提取土地利用数据。利用遥感和地理信息系统软件MGE对遥感图像进行辐射纠正,采用5、4、3波段RGB假彩色波段合成,利用县级行政区划边界切割,得到全国分县TM遥感影像数据库。图像处理最费时的是几何纠正,图像对图像的几何纠正采用二次多项式方法。在全国1:10万和1:5万地形图的辅助下对遥感图像进行人机交互判读解译得到90年代末期分县级土地利用矢量图。在判读过程中,充分利用该地区的地形、地貌、植被、降雨、温度等辅助数据,其目视判读的最小图斑大小为6个象元。利用ARC/INFO地理信息系统软件将其合并为分省土地利用矢量图,数据被统一到统一的坐标系和等面积割圆锥投影下。中央经线为105°E,双标准纬线为25°N和47°N,所采用的椭球体为KRASOVSKY椭球体。利用遥感图像得到土地利用动态变化时有各种数据处理方法[6, 7]。作者主要采用了分类比较法来获取土地利用动态图斑。利用土地利用分类系统对20世纪90年代末期的遥感图像进行判读,对90年代中期TM图像经过几何纠正、比较判读解译得到90年代中期至末期的土地利用动态变化数据,利用90年代初期和中期的TM图像得到90年代初期至中期的土地利用动态变化数据。利用ARC/INFO的RESELECT功能提取2000年农村居民点用地矢量数据、1990~1995年农村居民点用地动态变化数据和1996~2000年农村居民点用地动态变化数据。

1.1.2 精度分析 在居民点用地中,城市和建制镇用地利用地形图、各地城市和建制镇数据进行辅助判读,低于城镇的居民点用地为农村居民点用地。在遥感图像解译时,需要进行野外训练。通过不同区域、不同季节的比较,加强对遥感图像的感性认识。在判读过程中,对判读不准的图斑要到野外考察。在对2000年数据抽查中,质量检查组以10%的抽样比例,在每个抽样县布设3~4条样线,对样线穿过的所有图斑进行了图斑属性和边界等方面的检查,符合本底数据库技术规范者视为合格。根据全国抽查结果,总体定性正确率98.72%。在土地利用类型判读正确率中,从高到低依次是居民点与工矿建设用地、水域和未利用地、耕地、林地、草地。经过质量检查组检查,对错误的图斑改正,从而提高判读精度。

1.2 数据处理 IGBP, IHDP等全球变化研究国际组织以1km网格全球数据库为背景,开展了土地利用/土地覆盖变化动力学、机理及全球和区域模型的研究[8, 9]。1 km网格土地利用分类成分数据,经研究认为是进行区域尺度土地利用变化监测、预测及进行驱动分析的一种易于表现和进行有效空间融合的数据集成形式[10, 11]。利用ARC/INFO的GENERATE功能产生全国1 km矢量网格数据。(1) 为了分析2000年中国农村居民点用地的空间格局,利用2000年农村居民点用地矢量数据和全国1 km矢量网格数据叠加,得到全国1 km网格的农村居民点用地成分数据。每个网格为一个单元。农村居民点用地比重PR可以表示为: $PR = PL/TL \times 10$

0% (1) 式中: PR表示每个单元农村居民点用地比重 (%), RL表示每个单元农村居民点用地面积(hm²), TL为每个单元总土地面积 (hm²)。每个单元农村居民点用地比重差别较大, 为了进一步进行分析, 将每个单元的农村居民点用地比重分为5级, 分级值为S1。每个单元的农村居民点用地比重越大, 级别越高。当PR < 0.001% 时, S1 = 1; 0.001% ≤ PR < 1%, S1 = 2; 1% ≤ PR < 5%, S1 = 3; 5% ≤ PR < 10%, S1 = 4; PR ≥ 10%, S1 = 5。根据农村居民点用地比重分级, 可以得到中国农村居民点用地分级分布 (图1)。(2) 为了分析农村居民点用地动态变化时空特征, 利用1990-1995年农村居民点用地动态变化矢量数据和全国1 km矢量网格数据叠加, 得到全国1 km网格农村居民点用地动态变化成分数据。农村居民点用地扩展指数SI可表示为: $SI = \frac{RL_j - RL_i}{RL_i} \times 100\%$ (2) 式中: SI为单元i阶段到j阶段农村居民点用地扩展指数, RL_i为i阶段单元农村居民点用地面积 (hm²), RL_j为j阶段单元的农村居民点用地 (hm²)。将农村居民点用地扩展指数SI分为5级。当SI < 0.001%, 为无变化区; 当0.001% ≤ SI < 0.1%, 为缓慢扩展; 0.1% ≤ SI < 1%, 为较快扩展; 1% ≤ SI < 5%, 为快速扩展; SI ≥ 5%, 为急速扩展。根据农村居民点用地指数分级数据, 可以得到1990-1995年农村居民点用地动态变化格局 (图2a)。同样利用1996-2000年农村居民点用地动态变化数据得到1996-2000年农村居民点用地动态变化格局 (图2b)。

2 农村居民点用地地区划方法和方案

2.1 农村居民点用地地区划方法

区域对比, 包括变化的过程、模式、驱动力对比等是全球土地利用/土地覆盖变化研究中的重要内容[9]。为了分析20世纪90年代2个阶段中国农村居民点土地利用的时空特征, 利用单元自动机CA (Cellular Automata) 和人工神经网络ANN (Artificial Neural Network) 的理论框架, 对全国进行农村居民点用地地区划。农村居民点用地地区划, 是在土地利用现状 (遥感调查数据) 基础上, 根据农村居民点用地的地域分异规律, 考虑农村居民点用地分布和自然环境条件、区位优势因素, 对农村居民点用地在空间上进行分区。我国对土地利用区划进行了较多研究, 80年代初编制了《中国1: 100万土地资源图》, 80年代后期完成了《全国土地合理利用区划》、90年代初完成了《全国土地利用总体规划》, 90年代中期在全国土地资源详查的基础上完成了土地利用区划。这些研究主要是对土地利用进行分区, 以县级行政区划单位作为全国分区的基本单元, 保留了县级行政单位的完整性[12]。目前, 国内尚没有出现农村居民点用地地区划, 农村居民点用地的研究相对薄弱[13]。ANN是通过模仿人类大脑的功能进行运算和模拟的[14], 已被广泛应用于处理非线性或无法用数学来描述的复杂系统。以往的区划是以社会经济指标为基础, 利用行政单位进行区划。显然, 行政区划单位以省或县界线为基础, 降低了空间数据的异质性。本文以基于1km格网的农村居民点用地成分数据为基础, 利用CA和ANN模型的基本理论框架[15, 16], 建立全国农村居民点区划模型。ANN模型由输入、隐藏和输出3层组成。输入层有n个神经元对应着n个空间变量 (单元的属性) (S1, S2, S3 ... Sn)。输入层变量为每个单元的属性值, 每个单元的属性值包括农村居民点用地比重S1, 坡度S2, 地貌类型S3, 每个单元的邻近性指数S4。变量S1是每个单元农村居民点用地比重的分级值。在此农村居民点区划方法中, 变量S1为主导变量。变量S2为坡度数据。利用全国1: 25万DEM数据产生全国坡度数据, 将其分为6级。其坡度分级范围分别是0o-5o, 5o-8o, 8o-15o, 15o-25o, 25o-35o, 35o-90o。利用坡度分级数据和1 km网格数据得到基于1 km网格的坡度数据。变量S3为地貌类型, 按照全国地貌类型划分, 地貌类型可分为山地、黄土梁峁、台塬、塬、风蚀地貌、台地、平原、冲积扇平原、河漫滩和水域10种类型。将地貌类型矢量数据和1 km网格数据叠加得到1 km网格的地貌类型数据。变量S3和S4是为了保持农村居民点区划的完整性, 确保同一坡度、地貌类型的单元处于同一区划类型。变量S4为每个单元的邻近性指数。为了保持区划边界的连续性, 利用邻近性指数来纠正。即每个单元的输出值不仅取决于自身状态, 而且取决于其周围单元的状态值。根据Von Neumann邻点法, 按照“五邻方正”原则确定计算单元的邻近性指数值, 即每个单元的邻近性指数为其周围5个单元状态的函数[17]。邻近性指数S4由变量S1求出, 每个单元的邻近性指数为本身S1值和周围4个方向邻近单元S1值出现频率最多的值。输入层为最底层, 接收到输入变量S1, 即得到1 km网格的农村居民点用地比重分级值。然后利用隐藏层对S2、S3、S4进行模拟。设x为对应的模拟单元, t为模拟时间, net(x, t) 为隐藏层所接收到的信号, W_i 为连接输入层第i个神经元之间的参数。隐藏层对信号的响应为: $f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}$ (3) 这些响应被直接输出到输出层。输出层只有一个神经元, 负责输出最后的信号, 即: $Rd(x, t) = W_i \cdot net(x, t)$ (4) 式中: Rd(x, t) 为每个神经经模拟时间t为的变量值, W_i 为连接隐藏层神经元和输出层神经元之间的参数。利用输入变量S1对农村居民点用地进行划分, 如华北平原边界 (S1 = 5) 和辽吉中部平原 (S1 = 4) 相区分, 与河套平原 (S1 = 3)、黄土高原 (S1 = 2)、汉中盆地 (S1 = 4) 相区分。利用变量S2进行第二次模拟, 使输出的每个单元变量 Rd(x, t) 值在同一坡度等级的为同一的值; 利用S3进行第三次模拟, 使输出的每个单元变量Rd(x, t) 值在同一地貌类型的为同一变量值; 然后利用邻近指数S4进行模拟, 使同一区划范围内为同一变量值。利用ARC/INFO的栅格数据转变为矢量数据的功能将其转变为区划边界矢量曲线, 如利用上述方法得到完整的农村居民点用地地区划边界。

2.2 农村居民点用地地区划方案

利用得到的农村居民点区划边界, 将全国划分为33个二级农村居民点用地地区, 对二级农村居民点用地地区进行归纳得到9个一级农村居民点用地地区 (图3、表1)。将图3和图1相对照, 可以发现, 农村居民点用地地区划基本反映了全国农村居民点用地分布的空间差异。农村居民点的分布更多的受到自然条件的影响, 平原地区农业相对较为发达, 人居环境较好, 农村人口分布较为密集; 高原、沙漠、山地、丘陵地区农村居民点分布相对较少。按照农村居民点用地比重将全国分为农村居民点密集区 (5%-11%)、较密集区 (1.7%-4%)、较稀疏区 (1%-1.5%)、稀疏区 (0.2%-0.7%) 和极稀疏区 (0.0019%-0.05%) (表1)。可以看出, 中国农村居民点用地比重较好反映了全国农村居民点的区域差异, 东部的华北平原、辽吉中部平原、长江三角洲、胶东丘陵、珠江三角洲等农业发达, 是全国农村居民点主要的密集区; 中西部的平原地区较为密集, 东北北部和中西部山区农村居民点较为稀疏; 青藏高原、内蒙古高原西部、塔克拉玛干沙漠和新疆东部戈壁人口密度很低, 农村居民点比重很小。新疆农村居民点主要分布在绿洲地区, 受到地势及河流影响明显。

3 中国农村居民点用地的时空特征分析

根据计算, 20世纪90年代中国农村居民点用地增长了 7.88×10^5 hm²。1990-1995年农村居民点用地增长了 5.54×10^5 hm², 占90年代农村居民点用地增长的70.3%, 扩展较快; 1996-2000年农村居民点用地增长了 2.34×10^5 hm², 占90年代农村居民点用地增长的29.7%, 增长速度趋缓。90年代中国农村居民点扩展主要表现为如下特征: (1) 1990-1995年农村居民点用地扩展主要集中在东部沿海地区, 尤其是华北平原、长江三角洲和珠江三角洲地区。华北平原、长江三角洲、珠江三角洲农村居民点用地增长占全国的72.34%。其中珠江三角洲、长江三角洲农村居民点用地分别增长28.11%和24.31%。前5年中国经济增长迅速, 尤其

沿海地区受到外资和乡镇企业发展速度增长较快的影响,农村居民点用地大规模扩张。广西丘陵平原、闽东沿海平原、胶东丘陵、海南等沿海地区农村居民点用地增长较快,这些地区农村居民点用地增长占全国的3.34%。(2) 1996~2000年东部沿海地区农村居民点用地扩展大幅回落,在空间格局上表现为向西部转移的趋势。长江三角洲、珠江三角洲、华北平原农村居民点用地扩展明显放缓,农村居民点用地增长占全国的比重下降为35.44%。广西丘陵平原、闽东沿海平原、胶东丘陵、海南等沿海地区农村居民点用地扩展也大幅回落,这些地区农村居民点用地扩展占全国的1.45%。(3) 1990~1995年鲁中山地丘陵、大别山区、江南丘陵、幕阜山地、洞庭湖和江汉平原、鄱阳湖平原地区等中部地区农村居民点用地增长稍快,农村居民点用地扩展占全国的4.47%;1996~2000年扩展缓慢,但占全国的比重上升为6.64%。90年代东北区农村居民点用地扩展普遍较慢,前5年农村居民点用地扩展占全国的5.35%,后5年占全国的0.21%。这主要是因为东北区经济发展相对缓慢,城镇化程度较高,对农村居住用地需求较少。(4) 1990~1995年西部地区农村居民点用地增长较慢,1996~2000年农村居民点用地增长有所回升。前5年农村居民点用地增长占全国的14.5%;后5年上升为56.26%,超过沿海地区农村居民点用地扩展面积。四川盆地增长较快,前5年增长9.62%,后5年增长9.84%。内蒙古高原西部、宁夏平原、关中和汉中盆地、晋陕甘接壤黄土高原区和新疆区后5年农村居民点用地增长都快于前5年。河西走廊、云贵高原、川渝东部山地、河套平原、洞庭湖和江汉平原、内蒙古高原东部等农村居民点用地增长速度略微降低,青藏高原农村居民点用地增长很小。西部地区前5年城镇用地扩展较慢,国家主要控制沿海地区城镇及区位条件较好的农村居民点扩展,对西部控制较小。随着经济发展速度加快,西部地区农村居民点用地扩展速度加快。20世纪90年代中国农村居民点用地动态变化格局受到区域位置、自然条件、经济发展和国家宏观政策的影响,从而导致90年代前5年和后5年空间格局的差异。20世纪90年代中国经济得到了较快发展,但经济增长呈现一定的阶段性。根据1991~2001年中国统计年鉴利用可比价格计算,90年代前5年,国民生产总值年均增长11.56%,沿海地区房地产开发及经济技术开发区的设立促进了城镇扩张,并带动了区位条件较好的沿海地区农村居民点扩张。90年代后5年国民生产总值年均增长8.33%,经济发展速度明显放缓。由于沿海地区城镇盲目扩张导致大量耕地资源流失,国家加大了对建设用地的管理力度。1994年7月,国家颁布实施了《基本农田保护条例》,沿海地区乱占耕地的现象得到遏制,农村居民点扩张速度放慢。为了避免东西差距扩大,国家加大了对西部投资力度,西部地区经济发展加快,农村居民点用地也较快。作者利用90年代国家资源环境数据库的研究表明,中国90年代农村居民点扩张受到区位条件、自然条件、经济发展和国家宏观政策的影响,对于认识中国土地利用/土地覆盖的动态变化格局及其驱动力具有重要意义。The Temporal-spatial Characteristics of Rural Residential Land in China in the 1990s TIAN Guangjin, LIU Ji yuan, ZHUANG Dafang (Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China) Abstract: According to statistics of the rural land vector datasets on the scale of 1:100000, rural residential land in China increased by 7.88×10^5 hm² in the 1990s. Rural residential land expanded more rapidly during the first five years, which took up 70.3% of that of the 1990s and slowly during the latter five years, being 29.7%. In order to compare the spatial pattern of rural expansion in the two periods, the rural residential land zoning is completed using CA (cellular automata) and ANN (artificial neural network). Rural land percentage, morphology, slope and neighborhood index are used to build the bottom-top zoning model. The paper studies the temporal-spatial characteristics of rural residential land in China. (1) During 1990-1995, rural residential land expanded dramatically in the Yangtze River Delta, Pearl River Delta and North China Plain. It increased most rapidly in the Pearl River and Yangtze River deltas, being 28.11% and 24.31% respectively or 72.34% of the total rural expansion in China during 1990-1995. (2) During 1996-2000 the rural expansion in eastern coastal area slowed down but speeded up in the western area. The rural expansion in the Yangtze River Delta, Pearl River Delta and North China Plain was 35.44%. The other coastal areas fell to 1.45%. (3) In central area the rural land expansion took up 4.47% of the country's total while it expanded a little rapidly during the first five years (6.64%) although it slowed down in the latter five years. Rural land expansion slowed down in the eastern part of North China in the 1990s. (4) Rural land expanded slowly in the first five years (14.5% of the country's total) while it increased in the latter five years in western area (increased to 56.26%). Rural land increased more rapidly in the Sichuan Basin. During the first five years, it was slower than the coastal area. With the economic development and the loose control on cropland of the western area, the rural land expanded more rapidly. Key words: Cellular Automata; artificial neural network; temporal-spatial characteristics; rural residential land; China

关键词: 中国; 农村居民点用地; 时空特征; 单元自动机; 人工神经网络

