

1990-2015年长江中游地区耕地利用转型时空特征

李全峰^{1,2}, 胡守庚^{1,2,3}, 瞿诗进^{1,2}

(1. 中国地质大学公共管理学院, 武汉 430074; 2. 国土资源部法律评价工程重点实验室, 武汉 430074; 3. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

摘要: 依据土地利用转型理论内涵, 尝试性地从显性形态视角构建耕地利用转型特征识别框架, 基于1990-2015年间6期Landsat TM影像解译数据, 定量刻画长江中游地区县域耕地利用形态时空特征, 揭示不同时段耕地利用转型分异规律。结果表明: ① 1990-2015年间长江中游地区耕地利用显性形态经历了剧烈而非均衡的转型过程, 耕地转换减少8075 km², 且耕地转换量累积率在前20%的县域占总耕地转换量的66.9%; ② 25年间数量形态经历了“先减后增”的变化过程, 且长江中游地区耕地利用转型均衡度呈现“阶段下降, 快速上升, 平稳降低”的变化趋势; ③ 耕地空间形态整体呈现以武汉、长沙、南昌为中心向外扩散的分布特征, 其中耕地转换量高值区主要呈现出明显的梯度分布特征, 转型幅度高值区主要呈现“大聚集小分散”分布特征, 转型速度高值区则主要呈现出“条带式”分布特征; ④ 从地形起伏度上看, 耕地利用转型整体呈现随地形起伏度上升而逐级降低的趋势, 在1~2级地形起伏度上的县域耕地利用转型呈现无序状态, 而在3~5级地形起伏度上的县域主要以低转型幅度和低转型速度为主。研究框架及结果对区域耕地利用转型识别和适度调整耕地利用和经营模式等具有积极意义。

关键词: 耕地; 土地利用转型; 地形梯度; 时空特征; 长江中游地区

DOI: 10.11821/dlyj201708008

1 引言

自20世纪80年代以来, 中国社会经济快速发展, 区域资源分配重组, 产业结构不断升级, 土地利用/覆盖尤其是耕地利用变化明显^[1,2]。在城镇化和工业化快速推进背景下, 由无序的建设用地扩张和不尽合理发展模式所导致的农业土壤污染、生态环境恶化和耕地大量流失等现象频出^[3,4], 农地非农化、耕地非粮化、农民老弱化、农村空心化等“乡村病”问题凸显^[5]。如何有效破解农村社会经济及生态环境的恶化现象及现实难题, 寻求耕地利用可持续发展路径, 已成为学术界与政府部门关注的焦点。

近年来, 国内外耕地可持续利用研究主要围绕土地利用/覆盖变化^[6]、耕地集约利用^[7]、规模经营^[8]、生产能力^[9]、政策制度^[10]和农户行为^[11]等方面开展, 而土地利用转型作为国家/区域土地利用/覆盖变化综合研究的新途径被提出, 为耕地利用可持续研究提供了新方向。土地利用转型的实质是在经济社会变化和革新的驱动下, 一段时期内与经济和社会发展阶段转型相对应的区域土地利用形态的转变过程, 其中, 土地利用形态又包括

收稿日期: 2017-01-08; 修订日期: 2017-06-09

基金项目: 国土资源部公益性行业科研专项 (201511004)

作者简介: 李全峰 (1987-), 男, 黑龙江佳木斯人, 博士研究生, 主要从事乡村土地利用转型研究。

E-mail: lqfdy@163.com

通讯作者: 胡守庚 (1978-), 男, 浙江庆元人, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事城乡土地利用转型与资源优化配置研究。E-mail: husg2009@gmail.com

1489-1502 页

数量、空间结构等显性形态和质量、固有投入、产出能力等隐性形态^[12]。在区域社会经济快速发展过程中,耕地作为主要用地类型与其他土地利用类型的转换频繁,其转型过程是土地利用转型的重要内容和延伸方向。在土地利用转型理论下,耕地利用转型受到自然地理条件、区域风俗文化、生态保护战略、区域发展政策等多重因素交互影响,转型过程复杂多变^[13-15]。可见,全面系统开展耕地利用转型研究,可以准确认识特定时期和社会经济条件下耕地数量、质量、权属等属性的动态演变过程,有效地掌握并揭示耕地属性演变过程的经济、自然、社会文化、制度管理等因素的差异规律。

目前,学者们从农用地整治、新农村建设、农村居民点用地变迁、资源消耗与能源供给、土地产权制度及公共利益等^[16-18]不同角度对耕地利用转型开展了大量研究,并取得了丰硕的研究成果。在理论上,基于对区域土地利用变化^[19]、资源优化配置与可持续等方面的系统总结,土地利用转型的基本理论与假说被提出^[20],理论体系日趋完善^[21,22]。在具体研究内容上,借助于“3S”技术、数理统计、空间计量等方法手段,土地利用转型与其他土地利用活动关系得到了全面分析,区域土地利用转型特征、规律、动力机制及其生态效应被有效揭示^[23-25]。综合来看,前期成果系统地研究了土地利用转型基础内容和理论方法,为本研究提供了诸多可资借鉴的经验。但仍需指出的是已有研究大多从区域土地利用整体层面开展土地利用转型研究,而针对耕地这一具体地类的转型研究还处于“描述—解释”的初期阶段,对相关转型特征刻画、规律揭示的定量研究尚不多见,已有研究成果对区域耕地可持续发展的具体指导和参考价值受限。

鉴于此,在总结已有的土地利用转型相关研究的基础上,从耕地利用转型显性形态视角构建耕地利用转型特征识别框架,系统刻画1990-2015年长江中游地区耕地利用转型特征,尝试从耕地数量形态、空间形态以及不同地形起伏度的角度揭示县域间耕地利用转型分异规律,以期为区域耕地利用转型模式和耕地利用可持续发展研究提供参考。

2 研究方法 with 数据来源

2.1 研究区概况

长江中游地区主要包括湖南、湖北、江西三省,处于中国地形梯度中第二阶梯向第三阶梯过渡地带,地形条件复杂,被大别山、巫山、武陵山、雪峰山、南岭、武夷山等山脉包围,中部存在罗霄山脉将江西和湖南分割,区域地貌以丘陵山地为主,但长江沿线也分布有江汉平原、洞庭湖平原和鄱阳湖平原,区域总面积56.47万km²(图1)。长江中游地区四季分配均匀,夏季高温多雨,冬季温和少雨。适宜的气候和优越的自然地理条件促进了区域农业的稳定发展,使得长江中游地区成为中国重要的粮食生产基地。而随着中部崛起和长江经济带等国家战略的稳步推进,长江中游地区已成为中国重要的经济增长极。由于区域土地利用发生复杂变化,有限的耕地资源被不断侵蚀,区域粮食生产安全和耕地可持续利用受到严重制约,长江中游地区耕地利用转型剧烈。鉴于此,选取长江中游地区为研究区域,开展耕地利用转型特征及时空分布规律,具有较强的典型性和现实指导意义。

2.2 研究方法

数量和空间形态是质量、结构等耕地利用形态的外在表征和研究基础。因此,以此为切入点,开展耕地利用转型时空特征研究。在一定时空范围内,耕地数量的增减变化会导致数量形态和空间形态的改变,而在不同自然地理区位、社会经济和体制政策驱动下,区域间耕地增减量的大小和速度快慢也存在差异,进而会导致区域间耕地利用转型

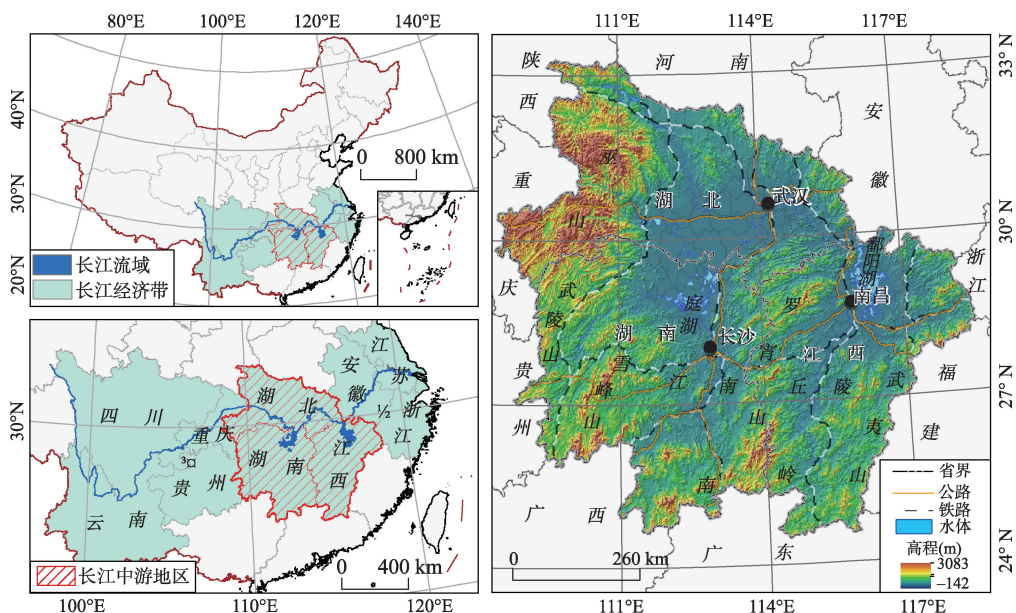


图1 长江中游地区示意图

Fig. 1 The sketch map of the Middle Yangtze River region in China

的非均衡性。为了全面刻画耕地利用转型过程中的耕地利用形态变化幅度、速度及区域不均衡度等特征,参考单一土地利用类型动态度等指标,构建耕地利用转型幅度和转型速度模型,定量刻画耕地数量和空间形态时空变化特征,并借助“3S”手段予以空间可视化。而通过引用区域经济统计学中的洛伦兹曲线、基尼系数和变异系数等指标,定量刻画区域间耕地利用转型均衡程度,以此深入揭示区域间耕地利用转型时空分异特征。此外,为进一步探讨自然地理区位条件下耕地利用转型时空特征及其分异规律,借用县域地形起伏度测算方法,分析不同等级地形起伏度下耕地数量和空间形态转型特征,尝试从自然地理学视角揭示区域耕地利用转型分异规律,为进一步探索耕地利用转型模式和驱动机理奠定重要基础。

2.3 耕地利用显性转型测度模型

2.3.1 耕地数量形态来源 耕地的来源及其流向是耕地利用转型的动力基础,通过分析耕地类型与其他土地利用类型的转换关系,可以明确耕地数量的转入转出情况。在土地利用变化转移矩阵分析的基础上,采用土地利用类型转换率开展耕地转换规律的针对性研究^[26],以消除其他土地利用类型面积相互转换的影响。基本步骤:基于研究基期和末期的遥感解译数据,计算土地利用变化转移矩阵;以转移矩阵为基础,测算耕地数量的转入转出和净转换面积;在上述步骤的前提下,根据式(1)和式(2)计算不同时期耕地类型的“转换减少”或“转换获得”在净转换面积中所占百分比。具体公式如下:

$$P_{\text{loss}(i),j} = (P_{j,i} - P_{i,j}) / (P_{i,\cdot} - P_{i,i}) \times 100 \quad i \neq j \quad (1)$$

$$P_{\text{gain}(i),j} = (P_{i,j} - P_{j,i}) / (P_{i,\cdot} - P_{i,i}) \times 100 \quad i \neq j \quad (2)$$

式中: $P_{\text{loss}(i),j}$ 是转移矩阵中行 i 土地利用类型转为 j 土地利用类型在行 i 土地利用类型净减少中所占的比例,即转换贡献率; $P_{\text{gain}(i),j}$ 是转移矩阵中行 i 土地利用类型转为 j 土地利用类型在行 i 土地利用类型净增加中所占的比例; $P_{i,j}$ 和 $P_{j,i}$ 是转移矩阵表中的单个数值; $P_{i,\cdot}$ 是

行 i 土地利用类型期末面积; P_i 是行 i 土地利用类型期初面积。 $P_{\text{loss}(i,j)}$ 和 $P_{\text{gain}(i,j)}$ 数值的“±”表意为耕地利用转型方向。

2.3.2 耕地利用显性转型幅度 转型幅度是耕地利用转型数量形态变化幅度的表征。结合土地利用转型理论内涵,采用区域耕地面积在区域总面积的份额表示耕地利用转型数量形态^[21]。因此,耕地利用数量形态变化幅度 ($CLTA$) 可以认为是研究末期 (X_b) 和基期 (X_a) 耕地利用数量形态的相对变化值:

$$X_a = S_a / S \times 100\% \quad (3)$$

$$X_b = S_b / S \times 100\% \quad (4)$$

$$CLTA = (X_b - X_a) \times 100 \quad (5)$$

式中: X_a 为基期区域耕地面积在区域总面积的份额; X_b 为末期区域耕地面积在区域总面积的份额; S_a 为基期耕地面积; S_b 为末期耕地面积; S 为区域总面积; X_a 和 X_b 分别为研究基期和末期耕地利用转型数量形态; $CLTA$ 为耕地数量形态转型幅度,其数值的“±”表意为耕地利用转型方向。

2.3.3 耕地利用显性转型速度 转型速度是表征耕地利用转型数量形态变化速度的指标。在土地利用/覆盖变化 (LUCC) 研究中,单一土地利用动态度被广泛用来表示某种土地利用类型的变化速度,本文参考其原理,结合耕地利用转型内涵,构建耕地数量形态转型速度 ($CLTS$) 以刻画耕地利用显性转型速度:

$$CLTS = (X_b - X_a) / X_a \times (1/T) \times 100\% \quad (6)$$

式中: T 为研究时段; X_a 、 X_b 、 $CLTS$ 数值的“±”表意为耕地利用转型方向。

2.3.4 耕地利用显性转型均衡度 转型均衡度是表征耕地利用转型数量形态变化在区域间均衡程度的指标。在耕地利用转型中,耕地面积的变化值为考虑区域面积、基期耕地数量等因素,可以视为绝对量,而转型幅度为耕地面积变化与区域总面积的比值,可以视作相对变化量^[27]。因此,采用区域经济学中的洛伦兹曲线与基尼系数,从绝对意义层面刻画区域间耕地转换量的均衡度,而采用变异系数探究不同阶段耕地利用转型均衡度的变化趋势,进一步从相对意义层面刻画区域间耕地转换量的均衡度。

(1) 绝对均衡系数。洛伦兹曲线是美国经济学家 Lorenz 在研究国民收入分配是否公平时利用频率累积数绘制成的曲线,其基本原理是指一定区域内,通过人口百分比 (从最贫穷的人口计算起到最富有的人口) 对应各个百分比的收入百分比的点构成一条曲线,并与该区域“人口—收入”的绝对平均线进行比较,越靠近绝对平均线表明收入分配越平均;用以表示县域耕地利用显性转型绝对均衡曲线。基尼系数则根据洛伦兹曲线而提出表征该区域均衡性的定量化指标,用以表示耕地利用显性转型绝对均衡系数。本文借用洛伦兹曲线表达含义和基尼系数公式,将各研究单元的耕地转换量从小到大排列,横坐标为县域个数累计百分比,而纵坐标则表示耕地转换量累积百分比,以此分析绝对意义上的耕地利用转型均衡度。

(2) 相对均衡系数。变异系数是衡量一组数据内各观测值离散程度的指标,用以表征耕地利用显性转型相对均衡系数。若一组数据拥有较大的变异系数,则说明各观测值非均衡性较强。因此,本文采用变异系数刻画研究单元间耕地利用转型均衡度变化情况。计算公式为:

$$CV = (SD/MN) \times 100\% \quad (7)$$

式中: CV 为相对均衡系数; SD 为相对均衡系数的标准差; MN 为相对均衡系数的平均值。

2.4 耕地利用显性转型区域差异模型

地形起伏度是描述区域地形特征的宏观指标，能够直观反映区域海拔高度和地表切割程度特征。受不同自然地理条件的长期性影响，耕地利用转型数量和空间形态在不同地形条件下会呈现不尽相同的分布特征。因此，提取县域地形起伏度，以刻画不同地形起伏度等级下耕地利用转型的分布规律与差异。其基本原理是以某一县域内平均海拔高度和平均高差的数据为基础测算该县地形起伏程度，以海拔高程 500 m 视为一个基准山体高程，某县地形起伏度值为 1 的几倍表示该县地形起伏为几个基准山体的高度，小于 1 则表明低于一个基准山体的起伏。具体操作流程参见相关文献^[28]。

$$RDLS = ALT/1000 + [RALT \times (1 - P(A)/A)]/500 \tag{8}$$

式中：RDLS 为县域地形起伏度；ALT 为县域平均高程；RALT 为县域平均高差；P(A) 为县域内相对高差低于 30 m 平地的面积；A 为县域总面积。RDLS 值越小，表明该县域内地形越平坦。

本文将提取的地形起伏度分为五级：0~0.2（1 级）、0.2~0.5（2 级）、0.5~1（3 级）、1~2（4 级）、>2（5 级），不同级别地形起伏度的空间分布如图 2 所示，而地形起伏度的统计结果如表 1 所示。分析可知，县域地形起伏度以低值（<0.5）为主。且长江中游地区不同等级地形起伏度呈现低值地形起伏度对应低值海拔与高平地比例的特征，反之亦然。

2.5 数据来源与处理

本文使用的遥感影像数据为长江中游地区 1990 年、1995 年、2000 年、2005 年、2010 年、2015 年 6 期 Landsat TM 影像及 ASTER GDEM 高程数据，空间分辨率均为 30 m。根据研究区行政边界裁剪遥感影像图，运用监督分类与人机交互解译的方法进行信息提取，参照国家基本资源与环境本底动态遥感调查数据库的分类体系，将土地利用类型划分为耕地、林地、草地、水域、城乡建设用地和未利用地六类。计算得到长江中游地区土地利用类型变化转移矩阵，结果如表 2 所示。

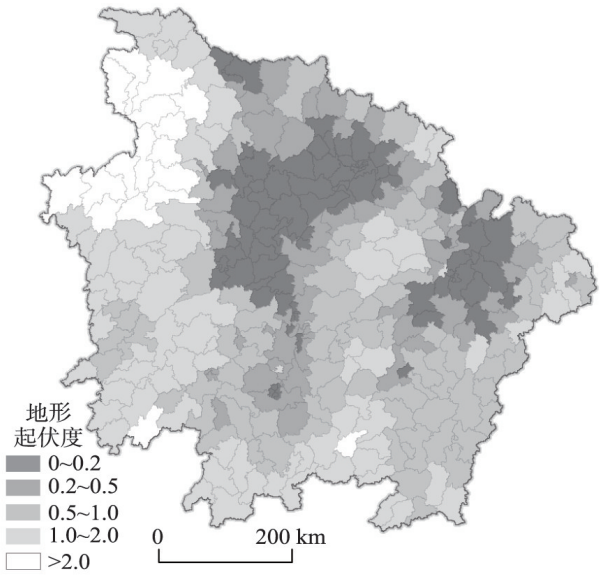


图2 长江中游地区县域地形起伏度示意图
Fig. 2 Relief amplitude terrain of the Middle Yangtze River at county level

表1 地形起伏度主要参数统计
Tab. 1 Main parameters of RDLS

地形起伏度	区域总面积(km ²)	平均海拔(m)	平地比例(%)
1 级	88399	45.2	77.08
2 级	86375	111	18.48
3 级	165107	251	39.3
4 级	171721	498	0.51
5 级	53120	1058	0

表 2 1990-2015 年长江中游地区土地利用变化转移矩阵 (hm²)

Tab. 2 Change matrix of each compared land use type in the Middle Yangtze River in 1990-2015 (hm²)

1990 年	2015 年						1990 年 总计
	耕地	林地	草地	水域	城乡建设用地	未利用地	
耕地	16684142	299040	15916	323714	497741	6495	17827049
林地	168653	32286379	49310	67375	235771	2340	32809828
草地	23565	171941	1988094	13724	20004	648	2217976
水域	122039	18730	4936	2192797	29356	48018	2415875
城乡建设用地	17474	9420	785	6809	961477	473	996438
未利用地	3677	825	548	64797	1622	133479	204949
2015 年总计	17019550	32786336	2059588	2669216	1745972	191454	56472115
期内转换量	-807499	-23493	-158388	451240	749534	-13495	-

3 结果分析

3.1 耕地数量形态变化特征

3.1.1 耕地数量转换来源分析 1990-2015 年间长江中游地区耕地利用转型数量形态整体处于减少状态且转换较为剧烈 (表 3), 其中, 耕地净转换减少量为-8075 km², 减少幅度达-4.53%, 而转换减少于城乡建设用地、水域、林地和未利用地, 转换获得于草地。从转换来源看, 25 年间转入耕地面积为 3354 km², 增幅 1.88%, 主要来源于林地和水域; 转出耕地面积为-11429 km², 减幅-6.41%, 主要贡献于城镇建设用地、水域和林地。频繁的耕地数量转换或许是由于生态保护意识的加强和城乡一体化战略实施, “退耕还林”“退耕还湖”和“农村居民点拆迁”和城乡建设用地扩张^[29-32]所导致。

25 年间长江中游地区耕地数量转换来源存在显著差异 (图 3), 不同时段耕地净转换减少率为-1.33%~-0.22%。从转出情况看, 不同时段耕地转出率为-7.38%~-3.54%, 其中耕地贡献于林地和水域持续减少, 而贡献于城乡建设用地持续上升, 这种现象一定程度上说明 1990 年以来长江中游地区生态保护成效显著且状态趋于稳定, 而自 2000 年以来城乡建设用地扩张发生剧烈且程度逐渐加深。从转入情况看, 不同时段耕地转入率为 2.74%~6.16%, 其中 2005-2010 年耕地转入率最低; 而不同时段耕地从其他土地利用类型转换获得情况差异明显, 其中耕地 1995-2000 年转换获得于城乡建设用地, 2000-2010 年间转换获得于林地。

3.1.2 转型幅度与转型速度分析 1990-2015 年间长江中游地区耕地利用转型数量形态经

表 3 1990-2015 年长江中游地区耕地数量转换来源和转换变化率

Tab. 3 Conversions sources of cultivated land use types in the Middle Yangtze River from 1990 to 2015 and the percentages of the corresponding types in such loss or gain conversions

转换类型	期内转换率 (%)	转换类型 I	贡献率 (%)	转换类型 II	贡献率 (%)	转换类型 III	贡献率 (%)	转换类型 IV	贡献率 (%)	转换类型 V	贡献率 (%)
耕地转入	1.88	林地	50.28	草地	7.03	水域	36.39	城乡建设用地	5.21	未利用地	1.10
耕地转出	-6.41	林地	-26.16	草地	-1.39	水域	-28.32	城乡建设用地	-43.55	未利用地	-0.57
耕地净转换	-4.53	林地	-16.15	草地	0.95	水域	-24.98	城乡建设用地	-59.48	未利用地	-0.35

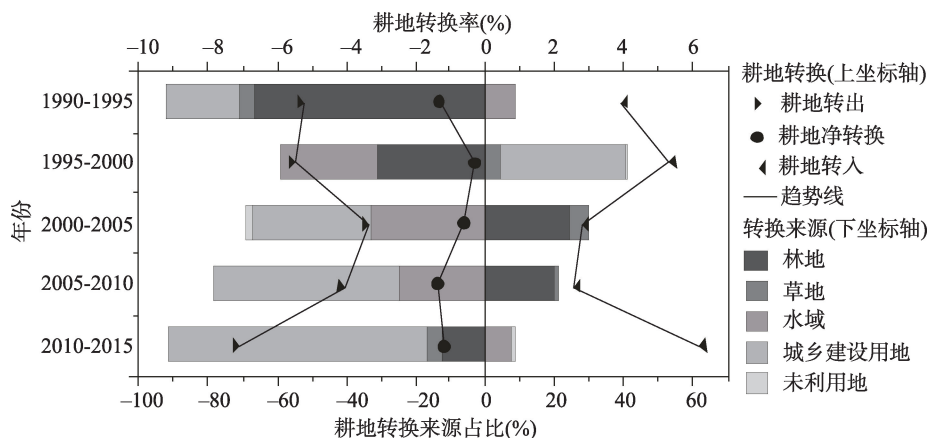


图3 长江中游地区不同时段耕地数量转换来源与转换率

Fig. 3 Conversions sources and conversion rate of cultivated land use in the Middle Yangtze River in different periods

历了“先减后增”的变化过程, 转型幅度为-1.41%, 转型速度为-0.84% (图4), 其中在1995-2000年达到最小, 而在2005-2010年达到最大。波动的耕地数量形态转型或许与《基本农田保护条例》实施、中部地区经济升级、产业转型以及长江经济带和“一带一路”发展战略等不同时期的国家/区域特定社会经济环境及制度政策有关。

3.1.3 转型均衡度分析 1990-2015年长江中游地区耕地数量形态变化的非均衡程度较高, 其中绝对均衡系数为0.60, 耕地转换量累积率排名在前20%的县域占总耕地转换量为66.9% (图5)。从不同时序上看, 变异系数呈现“阶段下降, 快速上升, 平稳降低”的变化趋势 (图6), 其中1995-2000年县域间不均衡度最低, 其相对均衡系数为1.38; 2000-2005年县域间不均衡度最高, 相对均衡系数为2.59; 而2005-2010年和2010-2015年间耕地利用转型不均衡度呈现逐渐降低趋势。

3.2 耕地空间形态分异特征

3.2.1 耕地转换量的空间分布 1990-2015年长江中游地区耕地转换量的空间形态呈现出明显的梯度分布特征 (图7), 其中耕地转换量小于-50 km²的县域主要集中在武汉—鄂州—黄冈、天门—潜江—仙桃、长沙和南昌等长江中游平原区; 而耕地转换量大于0的县域分布较为分散, 主要集中在赣州、恩施等地处偏远、社会经济发展有待改善的区域。

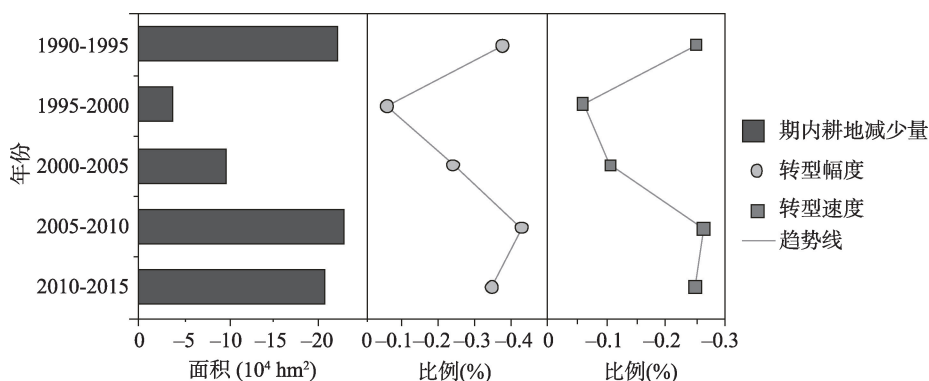


图4 长江中游地区不同时段耕地利用转型特征

Fig. 4 Characteristics of cultivated land use transition in different periods in the Middle Yangtze River

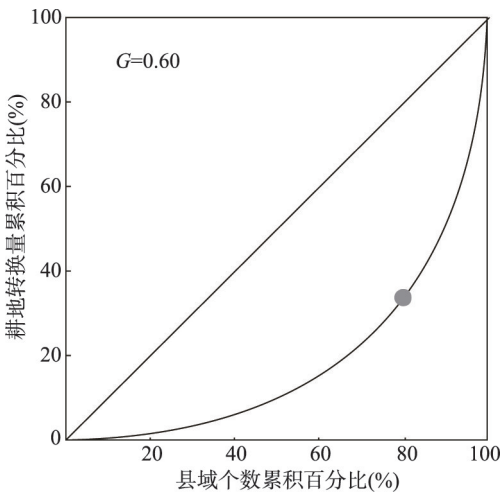


图5 县域耕地转换量洛伦兹曲线
Fig. 5 The Lorenz curve of cultivated land use conversion

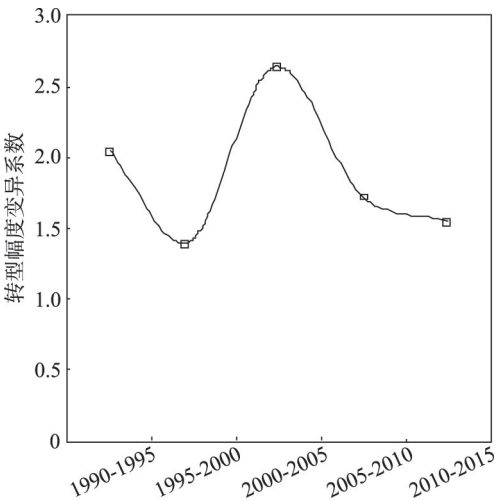


图6 耕地数量形态转型变异系数曲线
Fig. 6 The CV of cultivated land quantity

值得注意的是，岳阳耕地增加或许与近年来洞庭湖水域面积减少而采取围湖造田行为^[33]密切相关。

3.2.2 转型幅度空间分布 1990-2015 年间长江中游地区耕地数量形态转型幅度空间分布较为集中（图8），其中转型幅度高值区在全域呈现“大聚集小分散”式分布格局，主要集聚在江汉平原和洞庭湖平原区，分散于襄阳、南昌、永州的部分县域；而转型幅度低值区在全域均匀分布，其中转型幅度在-2%~0 间的县域共计185 个。从分布情况看，耕地数量形态转型幅度高值区集中在主要城市辖区及周边县域，一定程度上反映耕地利用转型幅度大小与社会经济发展有关。

3.2.3 转型速度空间分布 1990-2015 年长江中游地区耕地数量形态转型速度整体呈现“多重金字塔”分布格局（图9）：其中转型速度值小于-0.06% 的县域呈现“点状”分布，分布在武汉、长沙、南昌等主要市辖区；而转型速度介于-0.03%~-0.01% 间的县域呈现“条带式”分布，主要分布在十堰—武汉、宜昌—武汉、武汉—长沙、长沙—南昌—九江等部分县域；转型速度在-0.01%~0 间的县域则均匀覆盖全域。结合长江中游地区交通分布可知，拥有较快转型速度的县域呈现沿区域内主要公路和铁路分布的特点，并呈现大体呈“两横三纵”的空间分布特征。与此同时，交通枢纽所在地县域的耕地数量形态转型速度要快于其他县域。这种现象一定程度上反映耕地数量形态变化的快慢与经济社会发展速度、区位条件的密切联系。

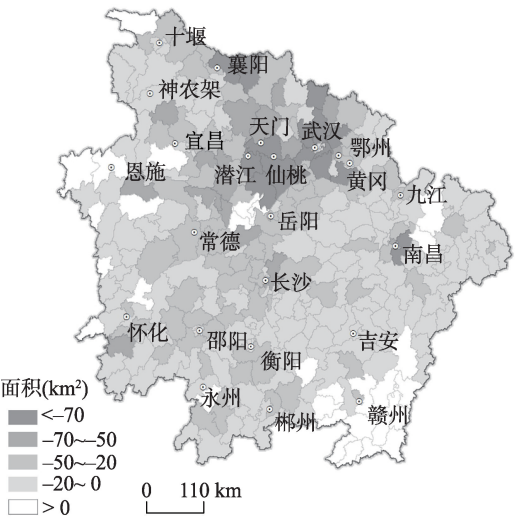


图7 长江中游地区县域耕地转换量空间分布
Fig. 7 The spatial distribution of cultivated land conversion quantity at county level in the Middle Yangtze River

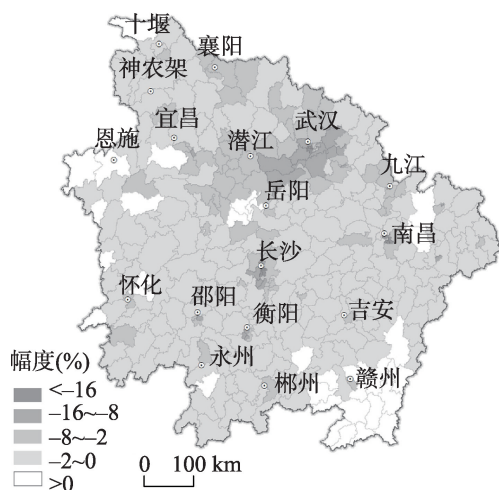


图8 县域耕地数量形态转型幅度空间分布

Fig. 8 The distribution of cultivated land quantity transition degree at county level

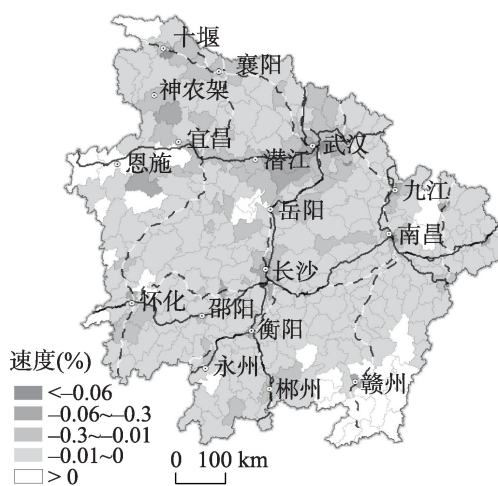


图9 县域转型速度空间分布

Fig. 9 The distribution of land transition speed at county level

3.3 耕地利用转型的区域差异

结合长江中游地区地形起伏度测算与统计的结果发现: 1990-2015年, 长江中游地区的耕地数量形态变化表现在随地形起伏度上升, 耕地净转换量和转型幅度逐级递减, 而转型速度出现先减少后增加的变化趋势(图10)。在1级~5级地形起伏度上, 耕地净转换减少量占耕地总转换量的比例分别为: 50.15%、20.13%、16.41%、10.22%和3.09%; 耕地转型幅度依次为: -7.06%、-3.01%、-1.12%、-0.54%和-0.51%; 转速速度的值分别为-0.04%、-0.02%、-0.008%、-0.006%和-0.01%。由上可知, 耕地利用转型主要发生在1级和2级地形起伏度上, 在5级地形起伏度上转型幅度虽然最小, 但转型速度变快。

25年间长江中游地区耕地利用转型县域空间分布在不同地形起伏度上呈现出明显差异(图11)。其中, 在1~2级地形起伏度上的县域耕地利用转型整体呈现无序状态, 转型幅度及速度值从高到低均有县域分布, 而3~5级地形起伏度上的县域主要以低转型幅度和低转型速度为主, 转型幅度和转型速度范围分别在-0.01%~0和-2%~0之间。与此同时, 发生负向耕地利用转型的县域数量在1~4级上分布较为平均, 且平均值为70个, 而在5级地形起伏度上分布14个; 与此同时, 发生正向耕地利用转型的县域单元数量较少, 在1级、3级、4级、5级地形起伏度上分别分布5个、8个、14个和3个。

4 结论与讨论

基于长江中游地区1990年、1995年、2000年、2005年、2010年和2015年6期Landsat TM影像解译数据, 借助ArcGIS等技术分析手段, 分析并揭示了1990-2015年间长江中游地区县域耕地利用转型时空分异特征及分异规律。

研究发现: ① 1990-2015年间, 长江中游地区的耕地利用显性形态经历了剧烈而非均衡的转型过程, 其中耕地净转换减少量为-8075 km², 转型幅度为-1.41%, 转型速度为-0.84%, 绝对均衡系数为0.6, 耕地转换量累积率在前20%的县域单元占总耕地转换量的66.9%。② 耕地数量形态经历了“先减后增”的变化过程, 而耕地利用转型均衡度呈

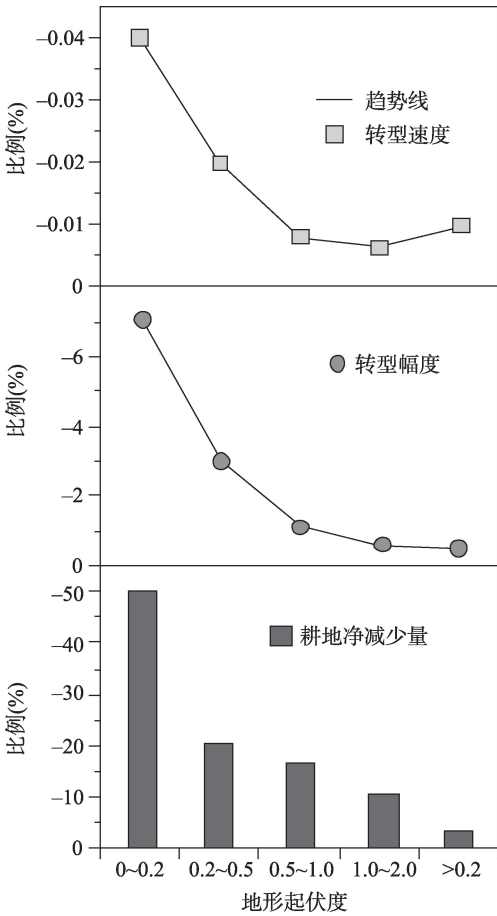


图 10 不同地形起伏度下耕地数量形态转型特征
Fig. 10 Characteristics of cultivated land use transition in relief degree

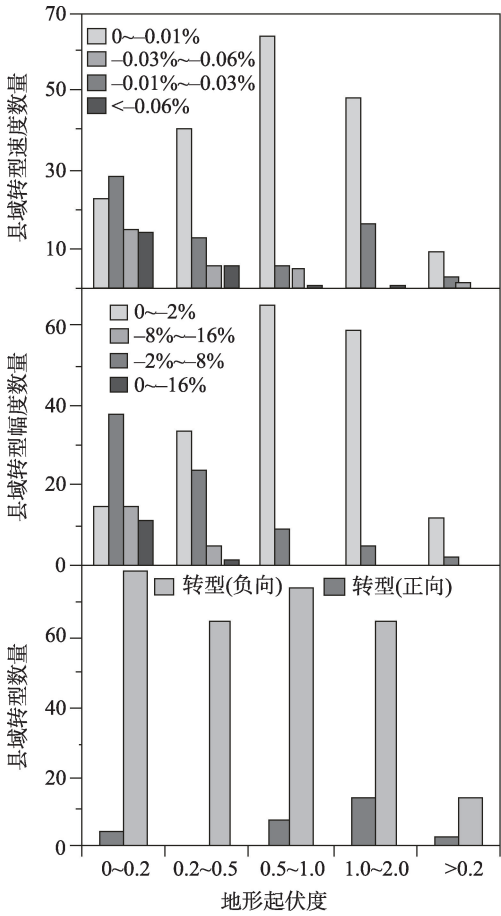


图 11 不同地形起伏度下县域耕地利用转型数量
Fig. 11 Quantity of cultivated land use transition in relief degree at county level

现“阶段下降，快速上升，平稳降低”的变化趋势，但县域耕地形态间的差异整体呈缩小趋势。③ 耕地空间形态呈现出以武汉、长沙、南昌为中心并向外扩散的分布特征。耕地转换量高值区呈现出明显的梯度分布，主要集中在长江中游平原区。转型幅度高值区呈现“大聚集小分散”分布格局，主要集中在重要城市辖区及其周边县域。而转型速度高值区呈现“条带式”空间分布，重点分布在区域内主要公路和铁路等沿线县域。④ 25年间长江中游地区县域耕地利用转型空间分布具体表现出随地形起伏度上升，耕地净转换量和转型幅度逐级递减，而转型速度出现减少后增加的趋势。其中，在1级~2级地形起伏度上的县域耕地利用转型呈现无序状态，转型幅度及速度值从高到低均有县域分布；而3级~5级地形起伏度上的县域主要以低转型幅度和低转型速度为主，转型幅度和转型速度范围分别为-0.01%~0和-2%~0。

长江中游地区近25年来耕地利用转型剧烈，县域耕地转换数量呈减少趋势，主要转换减少于城乡建设用地和林地，这一结论与近年来国内外大多数探讨生态保护和城乡发展转型的研究结论一致^[5-6,25,29]；且不同地形起伏度上耕地利用转型差异显著，表现为平原地区县域耕地利用转型程度和速度不均衡较强而丘陵山地区耕地利用转型则以低幅度和

慢速度为主的特征。结合研究内容发现,不同地理区位条件下耕地利用转型差异符合地理学第一定律^[34],即某县域耕地利用转型与其周边县域有相似性和连通性,且存在空间的非均匀性和非静态性,会呈现出“点状式”“条带式”和“梯形体式”的空间分布格局。已有研究表明,地形起伏度是社会经济发展的关键因素^[35],而社会经济发展变化直接影响着耕地利用转型过程,这正与本文研究的重要城市及其周边耕地利用转型程度较高相吻合,因此长江中游地区耕地利用转型度大小和速度快慢很可能与不同时期的国家/区域特定经济社会发展速度、区位便捷条件等紧密相关^[7]。

本文结合区域经济学和地理学相关理论,尝试性地从耕地利用显性形态视角构建了耕地利用转型特征识别框架来刻画耕地利用转型时空特征。通过对长江中游地区耕地利用转型来源、幅度、速度和均衡度进行系统地分析发现,基于县域尺度的耕地利用形态在不同时段上存在明显的规律性差异,且耕地利用转型程度和速度在区域间也有较大不同。基于耕地利用转型特征识别框架所得结论与长江中游地区近 25 年耕地利用实际情况基本相符,说明这一框架能够有效地刻画不同时段县域耕地利用转型时空特征,对区域耕地数量形态和空间结构的塑造作用是显著的,可以为区域耕地利用转型和适时调整耕地利用和经营模式,提供一个整体和局部融合、数量和空间解析清楚的耕地利用转型研究的整合框架。

区域耕地利用转型是在特定社会经济发展阶段下耕地利用形态在时空上的动态演变过程,其转型程度受自然地理条件、社会经济发展速度、农业基础设施配置和区位交通便捷条件等影响而产生不同。耕地利用转型作为一个复杂的演变过程,本文仅从显性形态视角分析了耕地利用转型时空特征,虽然通过构建耕地利用显性转型特征识别框架有效地揭示了不同时段的耕地利用转型空间分异规律,由于当前县域统计资料的可获得性,未能将隐性形态纳入耕地利用转型时空特征及其分异规律进行全面细致地刻画。而需指出的是显性形态研究恰恰是隐性研究的重要前提。因此,基于本文的有益成果及发展规律,可适当缩小研究范围,开展耕地利用隐性形态转型研究,以期加快区域耕地利用科学合理转型发展,以更加合理资源优化配置利用耕地资源。

参考文献(References)

- [1] 吕立刚,周生路,周兵兵,等.区域发展过程中土地利用转型及其生态环境响应研究:以江苏省为例.地理科学, 2013, 33(12): 1442-1449. [Lv Ligang, Zhou Shenglu, Zhou Bingbing, et al. Land use transformation and its eco-environmental response in process of the regional development: A case study of Jiangsu province. Scientia Geographica Sinica, 2013, 33(12): 1442-1449.]
- [2] 刘纪远,匡文慧,张增祥,等.20世纪80年代末以来中国土地利用变化的基本特征与空间格局.地理学报, 2014, 69(1): 3-14. [Liu Jiyuan, Kuang Wenhui, Zhang Zengxiang, et al. Spatiotemporal characteristics, patterns and causes of land use changes in China since the late 1980s. Acta Geographica Sinica, 2014, 69(1): 3-14.]
- [3] 邓羽,司月芳.北京市城区扩展的空间格局与影响因素.地理研究, 2015, 34(12): 2247-2256. [Deng Yu, Si Yuefang. The spatial pattern and influence factors of urban expansion: A case study of Beijing. Geographical Research, 2015, 34(12): 2247-2256.]
- [4] 戴星翼,董骁.中国发展模式的资源环境负面作用及其对策.复旦学报:社会科学版, 2014, (2): 146-152. [Dai Xingyi, Dong Xiao. The environmental issues as the negative impact of China model and the countermeasures. Fudan Journal: Social Sciences Edition, 2014, (2): 146-152.]
- [5] 刘彦随,陈聪,李玉恒.中国新型城镇化村镇建设格局研究.地域研究与开发, 2014, 33(6): 1-6. [Liu Yansui, Chen Cong, Li Yuheng. The town-villages construction pattern under new-type urbanization in China. Areal Research and Development, 2014, 33(6): 1-6.]
- [6] 赵晓丽,张增祥,汪潇,等.中国近30年耕地变化时空特征及其主要原因分析.农业工程学报, 2014, 30(3): 1-11. [Zhao Xiaoli, Zhang Zengxiang, Wang Xiao, et al. Analysis of Chinese cultivated land's spatial-temporal changes and

- causes in recent 30 years. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2014, 30(3): 1-11.]
- [7] 王国刚, 刘彦随, 陈秧分. 中国省域耕地集约利用态势与驱动力分析. *地理学报*, 2014, 69(7): 907-915. [Wang Guogang, Liu Yansui, Chen Yangfen. Dynamic trends and driving forces of land use intensification of cultivated land in China. *Acta Geographica Sinica*, 2014, 69(7): 907-915.]
- [8] 刘洪彬, 董秀茹, 钱凤魁, 等. 东北三省农村土地规模经营研究. *中国土地科学*, 2014, 28(10): 12-19. [Liu Hongbin, Dong Xiuru, Qian Fengkui, et al. Study on the scale-up management of rural land: Taking typical area of three northeast provinces as example. *China Land Science*, 2014, 28(10): 12-19.]
- [9] 相慧, 孔祥斌, 武兆坤, 等. 中国粮食主产区耕地生产能力空间分布特征. *农业工程学报*, 2013, 28(24): 235-244. [Xiang Hui, Kong Xiangbin, Wu Zhaokun, et al. Spatial distribution characteristics of potential productivity of arable land in main crop production area in China. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2013, 28(24): 235-244.]
- [10] 李全峰, 杜国明, 胡守庚. 不同土地产权制度下耕地利用综合效益对比分析: 以黑龙江省富锦市垦区与农区为例. *资源科学*, 2015, 37(8): 1561-1570. [Li Quanfeng, Du Guoming, Hu Shougeng. Comparative differences of comprehensive benefits from cultivated land use under different land property right systems. *Resources Science*, 2015, 37(8): 1561-1570.]
- [11] 袁宁, 刘小川. 不同耕地规模影响农户粮食经营行为的实证研究. *调研世界*, 2013, (1): 31-34. [Yuan Ning, Liu Xiaochuan. The behaviors of grain business under the effect of different scale arable land. *The World of Survey and Research*, 2013, (1): 31-34.]
- [12] 龙花楼. 土地利用转型: 土地利用/覆被变化综合研究的新途径. *地理与地理信息科学*, 2003, 19(1): 87-90. [Long Hualou. Land use transition: A new integrated approach of land use/cover change study. *Geography and Geo-information Science*, 2003, 19(1): 87-90.]
- [13] Lambin E F, Meyfroidt P. Land use transitions: Socio- ecological feedback versus socio-economic change. *Land Use Policy*, 2010, 27(2): 108-118.
- [14] 龙花楼. 论土地利用转型与土地资源管理. *地理研究*, 2015, 34(9): 1607-1618. [Long Hualou. Land use transition and land management. *Geographical Research*, 2015, 34(9): 1607-1618.]
- [15] 龙花楼, 李婷婷. 中国耕地和农村宅基地利用转型耦合分析. *地理学报*, 2012, 67(2): 201-210. [Long Hualou, Li Tingting. Analysis of the coupling of farmland and rural housing land transition in China. *Acta Geographica Sinica*, 2012, 67(2): 201-210.]
- [16] 龙花楼, 李秀彬. 中国耕地转型与土地整理: 研究进展与框架. *地理科学进展*, 2006, 25(5): 67-76. [Long Hualou, Li Xiubin. Cultivated land transition and land consolidation and reclamation in China: Research progress and frame. *Progress in Geography*, 2006, 25(5): 67-76.]
- [17] 杨忍, 刘彦随, 龙花楼, 等. 中国乡村转型重构研究进展与展望: 逻辑主线与内容框架. *地理科学进展*, 2015, 34(8): 1019-1030. [Yang Ren, Liu Yansui, Long Hualou, et al. Research progress and prospect of rural transformation and reconstruction in China: Paradigms and main content. *Progress in Geography*, 2015, 34(8): 1019-1030.]
- [18] 杨忍, 刘彦随, 龙花楼, 等. 基于格网的农村居民点用地时空特征及空间指向性的地理要素识别. *地理研究*, 2015, 34(6): 1077-1087. [Yang Ren, Liu Yansui, Long Hualou, et al. Spatial-temporal characteristics of rural residential land use change and spatial directivity identification based on grid in the Bohai Rim in China. *Geographical Research*, 2015, 34(6): 1077-1087.]
- [19] Liu Yongqiang, Long Hualou. Land use transitions and their dynamic mechanism: The case of the Huang-Huai-Hai Plain. *Acta Geographica Sinica*, 2016, 26(5): 515-530.
- [20] 陆大道, 史培军, 董光器. 体现土地利用转型的重要理念. *中国国土资源报*, 2006-07-17(5). [Lu Dadao, Shi Peijun, Dong Guangqi. Embody the important idea of land use transformation. *China Land and Resources News*, 2006-07-17(5).]
- [21] 龙花楼. 中国农村宅基地转型的理论与证实. *地理学报*, 2006, 61(10): 1093-1100. [Long Hualou. Rural Housing Land Transition in China: Theory and Verification. *Acta Geographica Sinica*, 2006, 61(10): 1093-1100.]
- [22] 龙花楼, 李秀彬. 区域土地利用转型分析: 以长江沿线样带为例. *自然资源学报*, 2002, 17(2): 144-149. [Long Hualou, Li Xiubin. Analysis on regional land use transition: A case study in transect of the Yangtze River. *Journal of Natural Resources*, 2002, 17(2): 144-149.]
- [23] 宋小青, 吴志峰, 欧阳竹. 耕地转型的研究路径探讨. *地理研究*, 2014, 33(3): 403-413. [Song Xiaoqing, Wu Zhifeng, Ouyang Zhu. Route of cultivated land transition research. *Geographical Research*, 2014, 33(3): 403-413.]
- [24] Long H, Tang G, Li X, et al. Socio-economic driving forces of land-use change in Kunshan, the Yangtze River Delta eco-

- onomic area of China. *Journal of Environmental Management*, 2007, 83(3): 351-364.
- [25] 刘永强, 龙花楼. 黄淮海平原农区土地利用转型及其动力机制. *地理学报*, 2016, 71(4): 666-679. [Liu Yongqiang, Long Hualou. Land use transition and their dynamic mechanism in the Huang-Huai-Hai Plain. *Acta Geographica Sinica*, 2016, 71(4): 666-679.]
- [26] Long H L, Tang G P, Li X B, et al. Socio-economic driving forces of land-use change in Kunshan, the Yangtze River Delta economic area of China. *Journal of Environmental Management*, 2007, 83(3): 351-364.
- [27] 张立生. 县域城镇化时空演变及其影响因素: 以浙江省为例. *地理研究*, 2016, 35(6): 1151-1163. [Zhang Lisheng. Spatial-temporal evolution of county urbanization and its influencing factors in Zhejiang province. *Geographical Research*, 2016, 35(6): 1151-1163.]
- [28] 封志明, 唐焰, 杨艳昭, 等. 中国地形起伏度及其与人口分布的相关性. *地理学报*, 2007, 62(10): 1073-1082. [Feng Zhiming, Tang Yan, Yang Yanzhao, et al. The relief degree of land surface in China and its correlation with population distribution. *Acta Geographica Sinica*, 2007, 62(10): 1073-1082.]
- [29] 闫慧敏, 刘纪远, 黄河清, 等. 城市化和退耕还林草对中国耕地生产力的影响. *地理学报*, 2012, 67(5): 579-588. [Yan Huimin, Liu Jiuyan, Huang Heqing, et al. Impacts of cropland transformation on agricultural production under urbanization and grain for green project in China. *Acta Geographica Sinica*, 2012, 67(5): 579-588.]
- [30] 刘纪远, 刘文超, 匡文慧, 等. 基于主体功能区规划的中国城乡建设用地扩张时空特征遥感分析. *地理学报*, 2016, 71(3): 335-369. [Liu Jiuyan, Liu Wenchao, Kuang Wenhui, et al. Remote sensing-based analysis of the spatiotemporal characteristics of built-up area across China based on the plan for major function-oriented zones. *Acta Geographica Sinica*, 2016, 71(3): 335-369.]
- [31] 何威风, 阎建忠, 周洪. 重庆市山区农户耕地转入特征及其影响因素. *地理科学进展*, 2014, 33(11): 1566-1576. [He Weifeng, Yan Jianzhong, Zhou Hong. Characteristics of farmland transfer-in and determinants in mountainous areas of Chongqing. *Progress in Geography*, 2014, 33(11): 1566-1576.]
- [32] 白雪红, 闫慧敏, 黄河清, 等. 1991-2010 年内蒙古耕地转出时空格局及分布规律. *资源科学*, 2015, 37(2): 360-369. [Bai Xuehong, Yan Huimin, Huang Heqing, et al. Spatiotemporal patterns and distribution characteristics of cropland decrease from 1991 to 2010 in Inner Mongolia. *Resources Science*, 2015, 37(2): 360-369.]
- [33] 东启亮, 林辉, 孙华, 等. 1987-2004 年洞庭湖典型湿地类型动态分析. *水生态学杂志*, 2012, 33(3): 1-8. [Dong Qiliang, Lin Hui, Sun Hua, et al. Dynamic analysis of typical wetland types in Dongting Lake during 1987-2004. *Journal of Hydroecology*, 2012, 33(3): 1-8.]
- [34] 孙俊, 潘玉君, 和瑞芳, 等. 地理学第一定律之争及其对地理学理论建设的启示. *地理研究*, 2012, 31(10): 1749-1763. [Sun Jun, Pan Yujun, He Ruifang, et al. The enlightenment of geographical theories construction from the First Law of Geography and its debate. *Geographical Research*, 2012, 31(10): 1749-1763.]
- [35] 陈田田, 彭立, 刘邵权, 等. 基于 GIS 的横断山区地形起伏度与人口和经济的关系. *中国科学院大学学报*, 2016, 33(4): 505-512. [Chen Tiantian, Peng Li, Liu Shaoquan, et al. Relationship of relief degree of topography with population and economy in Hengduan Mountain area based on GIS. *Journal of University of Chinese Academy of Sciences*, 2016, 33(4): 505-512.]

Spatiotemporal characteristics of cultivated land use transition in the Middle Yangtze River from 1990 to 2015

LI Quanfeng^{1,2}, HU Shougeng^{1,2,3}, QU Shijin^{1,2}

(1. School of Public Administration, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China;

2. Key Laboratory of Legal Assessment Project, Ministry of Land and Resources, Wuhan 430074, China;

3. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China)

Abstract: Based on the theory of land use transition, quantity and spatial forms are external representations as well as research basis of the cultivated land quality and structure. However, on different geographic locations, socio-economy, and institution, the degree and speed of cultivated land use reduction significantly differ. In this perspective, the single land use dynamic amplitude index refers to the construction of cultivated land transition velocity model in order to fully describe the characteristics of speed and regional imbalance. Within the means of the "3S", the spatial visualization is described by the quantity and spatiotemporal variation characteristic of cultivated land use transition. What's more, the Lorenz index curve, the Gini coefficient, and variation coefficient are quoted to describe the equilibrium degree of cultivated land use transition at county level. In addition, to explore the spatiotemporal distribution of the cultivated land use transition in the natural geographic conditions, a county level terrain model is adopted to examine cultivated land quantity and spatial transformation of different topographic gradients. Therefore, the spatiotemporal variations of cultivated land use transition are quantitatively used to interpret the data retrieved from the Landsat TM in the Middle Yangtze River from 1990 to 2015. Results show that there was an unbalanced and drastic transition in this region during the study period. The cultivated land area decreased to 8075 km². Meanwhile, the first 20% of the accumulation rate of cultivated land conversion area accounted for 66.9% of the total cultivated land conversion. During the study period, the quantity of the cultivated land use transition experienced the process of "first reduced and then increased" and shows a trend of "decline, rapid increase, and steady reduction" in the study area. On the other hand, the spatial form of the cultivated land use transition spread outside from Wuhan, Changsha, Nanchang as the center, what's more, the high value area of cultivated land conversion is mainly characterized by the gradient distribution. The high value zone of transition presents a distribution pattern of large aggregation and small dispersion, and the high value area of transformation is mainly characterized by a "strip type". In terms of the topographic relief, transformation of cultivated land use shows a tendency of gradual reduction with the rise of the terrain as a whole, and 1-2 level terrain fluctuation degrees of the county cultivated land use transition are in disorder, but the 3-5 level terrain fluctuation degrees of the county are mainly in low transition amplitude and low transition speed.

Keywords: cultivated land; land use transition; topographic gradient; spatio-temporal characteristic; Middle Yangtze River