

城乡交错带特征识别与空间演变研究

——以哈尔滨市为例

宁 静,马浩植*,张雨林

(东北农业大学公共管理与法学院,哈尔滨 150030)

摘 要:城乡交错带是城乡要素流通的前沿空间,具有复杂的人地关系特征。为科学识别城乡交错带并揭示其动态演变规律,研究以哈尔滨市为研究区,基于土地利用数据构建信息熵模型,并结合中心引力集聚法,精准识别了近40年(1980-2020年)哈尔滨市城乡交错带的演变过程。研究表明:哈尔滨市城乡交错带呈现出明显的圈层形态,其空间演变特征可概括为“低速蔓延—跳跃扩张—内部分异”三个阶段。通过稳定、扩张、退化三种类型的城乡交错带划分,进一步揭示了其规模演变的动态特征。此外,参考以往研究,对城乡交错带的功能空间进行了定位与可视化分析,发现其主导功能由早期的“生产—生态复合”功能逐步向“生产—生活—生态”协调功能过渡。基于研究结果与哈尔滨市社会经济发展背景,提出城乡交错带演变的驱动因素主要包括经济驱动、政策驱动与环境驱动。根据演变特征,哈尔滨市城乡交错带的发展可划分为三个阶段:缓慢孕育期(1980-1990年),城乡要素微弱发展,空间扩张缓慢;快速发展期(1990-2010年),城市扩张显著,城乡交错带快速向城市偏移;稳定重构期(2010-2020年),城乡要素趋于协调,城乡一体化发展与空间重构逐步实现。创新点在于通过长时序土地利用数据与信息熵模型相结合,精准识别了城乡交错带的动态演变过程,并揭示了其功能转型与驱动机制,为未来国土空间规划与城乡一体化发展提供了科学依据。

关键词:城乡交错带;土地利用信息熵;发展演变;空间格局;土地利用

中图分类号:TU985 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-2736(2025)10-0033-13

0 引言

我国自改革开放以来,城市化快速推进,在城市和乡村的过渡区域形成了一种兼具城市与乡村特征的独特二元空间—城乡交错带^[1]。其区位特征的核心表现是“过渡性”,城乡各要素的变化梯度明显,并且区域内存在着频繁的能量与物质的交流。城乡交错带为城市与乡村要素共存的过渡区域,具有较为矛盾的双重性,多以不规则的圈层状、环带状分布于城市核心区域外围,边缘效应明显,部分学者也称其为城乡结合部^[2]。在新型城镇化时期,城乡要素趋于融合协调发展,城市资源也逐步郊区化,城乡交错带

逐渐成为城乡格局重构、要素联通的前沿地带,其战略发展意义凸显。对城乡交错带开展相关的研究对城市发展布局、城乡产业转型及城乡一体化发展具有重要作用。城乡交错带虽为复杂混乱的灰箱系统^[3],但众多要素在城市性和乡村性之间上下波动,互相渗透交融,分别展现着差异的属性,这也就为识别城乡交错带提供了理论依据^[4]。

城乡交错带的范围识别是整项研究的基础和重点任务,在早期囿于技术和数据的限制,大多数研究集中于定性划定城乡交错带。国外部分学者认为“城区—城乡交错带—乡村”三个圈层是理想化的“同心圆”结构,城乡交错带位于

基金项目:国家自然科学基金面上项目“基于社会-生态系统分析框架的黑土区农田土地退化特征及适应性生态修复研究——以宾县为例”(41971217)。

城市建成区外 50km 至 150km 范围内^[5,6]。种定性的研究大多都是学者们凭借经验,主观进行粗略判断,识别结果具有局限性。随着研究的不断深入,学者们开始运用定量的方法对城乡交错带进行识别^[7]。我国学者早期尝试引入人口密度、区域经济及土地利用指标定量划定城乡交错带^[8],但其识别结果往往粒度过粗,难以精准划定。随着遥感技术的发展,学者们大多偏向于采用遥感影像数据,结合诸如土地利用信息熵、不透水面指数、夜间灯光指数等地理学模型及社会经济指标数据,定量划定城乡交错带^[9-12]。方法选取上多采用断裂点法、突变理论、阈值法等地理信息技术^[13,14],识别结果更为直观精确。还有部分学者利用景观格局指数^[9]、建设用地数据^[15],小波变换等方法基于其异质性识别城乡交错带^[16]。现阶段随着互联网及大数据的发展,创新地利用 poi 数据、手机信令数据结合深度学习算法^[17],或是其他计算机交互处理方式^[18],摒弃传统的“同心圆”圈层分布思想,在更精细的尺度下划定城乡交错带,使城乡交错带地范围精度得以提高。

城乡交错带的土地利用问题同样得到学者们的普遍关注,此类区域通常已经失去了城市或是乡村的显著特征,并且最终步入城市化进程^[19-22],为限制这种不均衡的城市化侵占,部分学者将城乡交错带视为城市化进程的缓冲地带,发挥保护功能^[23]。在大型城市的虹吸效应下,现有的政策框架在应对城市化对外围土地的侵蚀方面面临一定挑战。尽管城市化进程不可避免地对城乡交错带产生影响^[24],但这一过程也伴随着城乡要素的流动与重组,为区域发展注入了新的活力。城乡交错带作为城乡融合的前沿地带,其土地利用和功能转型具有显著的动态性和复杂性。因此,在科学识别大型城市城乡交错带的基础上,如何通过政策引导实现其合理规划与可持续利用,成为当前研究的重要课题^[25]。城乡交错带在城市化进程中演化特征复杂多样,但现存的大部分研究仅采取各类指标体系针对单一时期城乡交错带进行识别,而对其发展演变

关注不足。城乡交错带的动态性研究不仅能够成为城市扩张模式和城乡一体化发展提供理论支撑,其揭示的历史演变规律还能为未来城乡国土空间规划提供重要的指向性建议。同时,这类研究对于补充和完善城市地域结构演变理论体系也具有重要价值。由于社会经济数据在长时序研究中的获取和应用存在一定局限。因此,本文选取改革开放以来的土地利用数据(LUCC)构建信息熵模型,并以哈尔滨市为例,对其 1980 年至 2020 年城乡交错带进行演变研究。

建国初期哈尔滨市就是全国重要的农业、工业等产业的聚集地,并形成初步城市化规模。在改革开放后,我国经济迅猛发展,哈尔滨市又经历了剧烈的城市化与产业转型。哈尔滨市地处松花江中游,周边分布着大面积的村庄和农用地,农业资源丰富,是东北地区重要的农业生产基地之一。然而,在城市发展过程中,由于城市规模的无序扩张,建成区与乡村之间的空间挤压问题日益突出,城乡空间形态变化剧烈,城乡关系矛盾逐渐显现。同时,作为东北老工业基地,哈尔滨经历了工业兴衰与转型,成为东北地区城乡发展与产业结构调整的典型代表。因此开展哈尔滨长时序城乡交错带识别研究,对整个东北地区大型城市的城乡演化发展具有重要现实意义,同时也能够对哈尔滨市城乡交错带管控优化提供科学依据。

1 研究区概况与数据来源

1.1 研究区域

研究区选取黑龙江省哈尔滨市,其位于黑龙江省南部,地处东北平原黑土区。由于哈尔滨市行政管辖区域面积过大,部分下辖县远离中心城区。因此本文仅选取主城区及外围部分地区作为研究区,主城区包括南岗、香坊、松北、道里、道外、平房六个区,并以乡镇为单位选取主城区外延圈层的部分区域,涵盖呼兰区、阿城区和双城区。研究区南北长约 68km,东西宽约 82km,位于哈尔滨全域的西侧(图 1)。

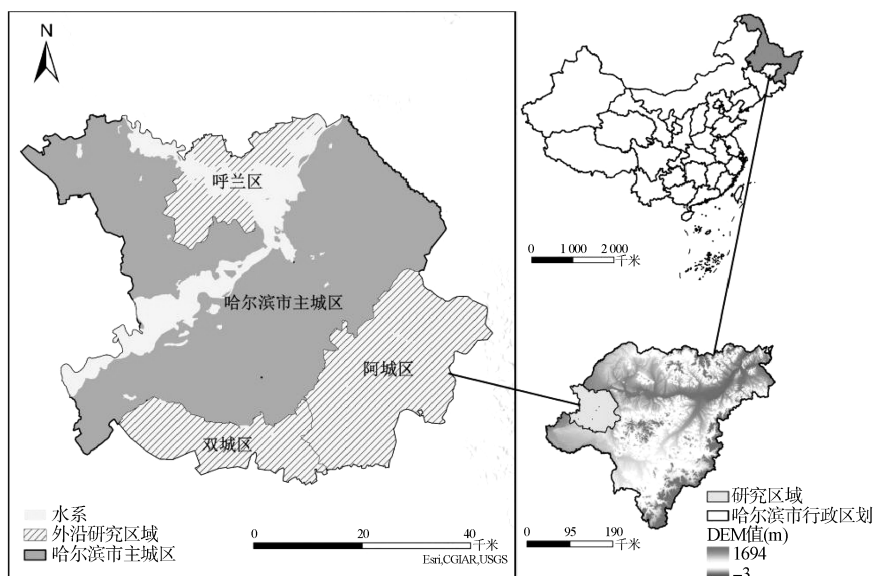


图1 研究区概况图

(审图号:GS(2019)1822号)

1.2 数据来源

本研究采用 30m 分辨率的多时相 Landsat TM/ETM +/OLI 遥感影像作为研究的基础土地利用数据 (LUCC), 具体包含 1980 年、1990 年、2000 年、2010 年与 2020 年五期数据进行城乡交错带动态演变研究。通过面向对象 - 决策树的机器学习方法结合人工目视解译将土地利用类型参照《土地利用现状分类》(GBT21010—2017) 分成耕地, 林地, 草地, 水域, 建设用地和未利用地六类, 将分类结果与同时期的 Google Earth 对比, 保证五期土地利用数据整体精度大于 90%。

2 研究方法

2.1 土地利用信息熵模型

城乡交错带是城市化进程的先导区和热点区^[26], 在长时序的城市发展演变中, 这类区域处于高强度利用状态, 城市与乡村土地相互挤压交融, 景观形态趋于破碎无序, 各类土地利用类型在城乡交错带中混合杂糅, 面积占比发生显著波动, 引起城乡交错带土地利用结构信息熵明显上升^[27]。与此同时周围纯城乡用地有序单一, 土地利用信息熵低。城市中心到城乡交错带再到

乡村内部会呈现熵值“低—高一低”的浮动^[28]。利用土地利用结构信息熵的异质性对哈尔滨城乡交错带进行识别。

$$SHDI = - \sum_{i=1}^m [P_i \times \ln(P_i)]$$

式中: SHDI 为土地利用结构信息熵; P_i 为土地利用类型 i 所占的面积比例; m 为单位格网中土地利用类型的数量。SHDI 是各类用地类型在单位面积内共存的结果, 反映着城乡交错带的景观异质性和多样性。假设城市地区为 U , 乡村地区为 R , 城乡交错带为 $U-R$ 存在:

$$SHDI(U-R) > SHDI(U)$$

$$SHDI(U-R) > SHDI(R)$$

土地利用结构信息熵网格化处理是其可视化的基础, 利用 ArcGIS pro 软件将研究区划分为格网单元, 对比 300m、600m、1000m 分辨率格网, 发现 600m 格网既能够保证研究精度又能有效消除噪声影响。建立 600m × 600m 格网将整个研究区分割成 23863 个像素区域, 将土地利用类型按照用途进行重分类, 统一分为农用地、建设用地、未利用地三类, 在该像素单元的基础上集成土地利用信息熵值。在此基础上结合 Jenks 自然断裂点法将熵值进行分区, 分为极高、高、中、较低、低五类。将熵值异质性尤为突出的极高、高

熵值两类格网单元作为哈尔滨城乡交错带待处

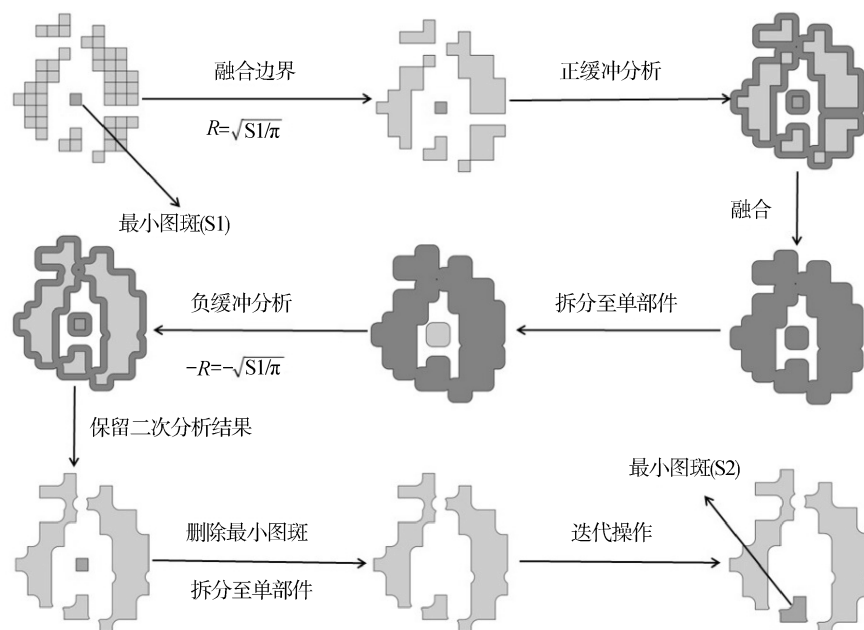


图 2 中心引力集聚法示意图

理样区。

2.2 中心引力集聚方法

“中心引力集聚”方法由学者刘宝元最早提出,用以划定东北三省黑土区^[29],王兴加等利用此方法提取长春市城乡交错带范围^[30],本文以此方法为基础加以改良,针对性处理格网单元。此地理处理方法能够有效地将细碎、不规则的图斑合并或剔除,集聚成规则成片区域,解决熵值单元细碎、边缘化的问题。本文选取中心引力集聚法在土地利用信息熵结果基础上确定城乡交错带范围。以研究提取的部分熵值单元为例(图 2),在 ArcGIS pro3.0.2 软件的支持下演示中心引力集聚法的具体步骤:首先利用“融合边界”功能将相邻的格网单元进行融合,使整个区域化为面积大小不同,且空间分布散乱的多个图斑;以得到的多个图斑为初始对象,找到面积最小的图斑(S1),按照圆面积公式转换计算其半径 R 作为缓冲分析的基础距离;再以 R 为缓冲半径对所有图斑进行正缓冲分析,并同时将得到的结果融合为整体;利用“多部件至单部件”工具将整个区域拆解成独立图斑,利用缓冲半径 R 进行负缓冲分析,得到新的图斑;再次利用“多

部件至单部件”工具将图斑打散,同时比较最小图斑(S1)与邻近大图斑的距离(d)。若距离满足条件($d > R$),则删除该细小图斑继续寻找最小图斑(S2)。按照上述步骤迭代操作,直到整个研究区域内只存在集中连片的大斑块区域,进行平滑处理,最终保证整个区域只由独立的大图斑构成,将处理完的图斑确定为城乡交错带。

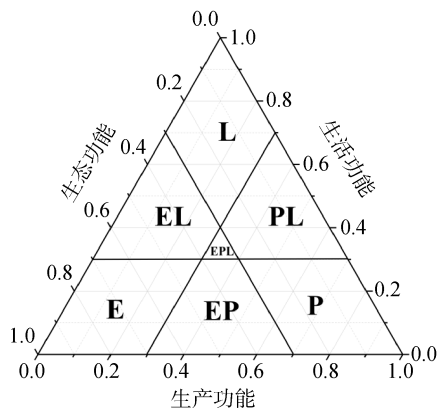
2.3 城乡交错带功能定位测度

城乡交错带作为独立地域体系,其承担城乡各类复杂功能,目前我国“生产—生活—生态”的空间功能划分已形成成熟框架^[31],能够有效借助土地利用数据评价地域空间功能。本文参考既往学者的研究评价背景值^[32],引入功能分类体系分析哈尔滨城乡交错带功能演变情况。

通过 ArcGIS pro3.0.2 对哈尔滨市各时期 LUCC 数据进行功能赋分,为增强精度,将哈尔滨逐年城乡交错带进行 $1\text{km} \times 1\text{km}$ 格网单元等间距采样,计算生产、生活及生态功能得分,生成分析结果。

为更好区分城乡交错带细部功能,并展现其空间格局演化特征,参考现有研究^[33]引入复合功能概念,建立功能得分三角形图,以三生得分

占比为轴,30%为界限将三元图分割成七个细化功能区域,根据格网样本点分布位置(图3)对哈



尔滨城乡交错带格网点功能分区示意图可视化。根据图3,E指生产功能;L指生活功能;E指生态功能;PL指“生产—生活”符合功能;EL指“生活—生态”复合功能;EP指“生产—生态”复合功能;EPL指“生产—生活—生态”复合功能。

3 结果与分析

3.1 土地利用信息熵演变特征分析

计算每个格网内的熵值并进行可视化得到如下1980-2020年土地利用信息熵变化图(图4),利用ArcGIS pro中的Jenks自然断裂点法将

3.2 城乡交错带演变的时空特征分析

利用土地利用结构信息熵结合中心引力集聚法,并叠加各年份水域数据后得到1980-2020年哈尔滨市城乡交错带具体范围及演变过程,反映东北典型核心城市的城乡交错带发展规律(图5)。

40年来哈尔滨市城乡交错带的分布区域不断向外扩张,面积持续增加。从整体空间范围来看,哈尔滨城乡交错带范围多以环带状围绕城市建成区中心向外部渗透延伸,与松花江流域、哈尔滨城市圈层、农村区域密切贴合,城乡景观要素交叉渗透。从1980年至2020年五个时期城乡交错带面积分别为584.25km²(1980年)、589.85km²(1990年)、858.75km²(2000年)、1014.04km²(2010年)和1037.3km²(2020年)。1980-1990年在乡镇企业和城市改革双重推动

熵值进行分区,分成五类分别为低熵值区(0.00-0.12)、较低熵值区(0.12-0.34)、中熵值区(0.34-0.54)、高熵值区(0.54-0.79)、极高熵值区(0.79-1.10)。从单一土地利用类型格网中熵值为0可以得出,哈尔滨中部区域存在大面积均匀的低熵值区,土地利用类型单一,主要为城市建成区。该区域在1980-2020年不断向外扩张蔓延,是城市化扩张发展的具体体现。城市建成区边缘的高熵值和极高熵值区随着城市化进程加快,高和极高熵值区面积逐渐增加,呈放射状向传统的乡村地区渗透,并逐渐由零散分布转变为圈层式聚集在中心城区周围,城乡用地相互渗透的土地利用信息熵值特征逐渐明显。

哈尔滨的农村地区属于低和较低的土地利用信息熵值区。从城市中心向外至传统农村区域,土地利用信息熵值呈现圈层式的低—高一低浮动变化的模式,高和极高熵值区域分布在城市边缘,并随城市扩张不断向外侧缓慢扩展,而城市内部却受到城市扩张的影响逐渐缩减,这一特征表明城乡交错区具有多维的土地变化驱动机制以及复杂的土地利用系统。

下,城市和乡村边缘的过渡性特征增强,城乡交错带逐渐从核心建成区边缘丝带状向乡村不规则延伸,城乡交错带面积增加5.6km²,增长幅度相对较小,城乡要素之间渗透不足且互动失衡。1980-1990年中,空间分布演化显示,城乡交错带分布于在哈尔滨城市建成区外侧,空间具体分布在松花江流域以北的松北区,向南覆盖至平房区,向西小范围延伸至道里区及松花江流域西部一侧。这十年期间哈尔滨城乡交错带发展十分缓慢,面积变化率较低,处于不规则的片状发展阶段,城乡交错带形状不断闭合,趋于规则,表现出半城市化的雏形。

随后的20年是城市化全面推进阶段,伴随城市规模的扩大,城乡交错带也整体加速扩张,面积增长424.19km²。1990年至2000年城乡交错带先内部向外围呈“蛛网状”无规则蔓延,空间分布向南部平房区一带蔓延面积扩张显著,平

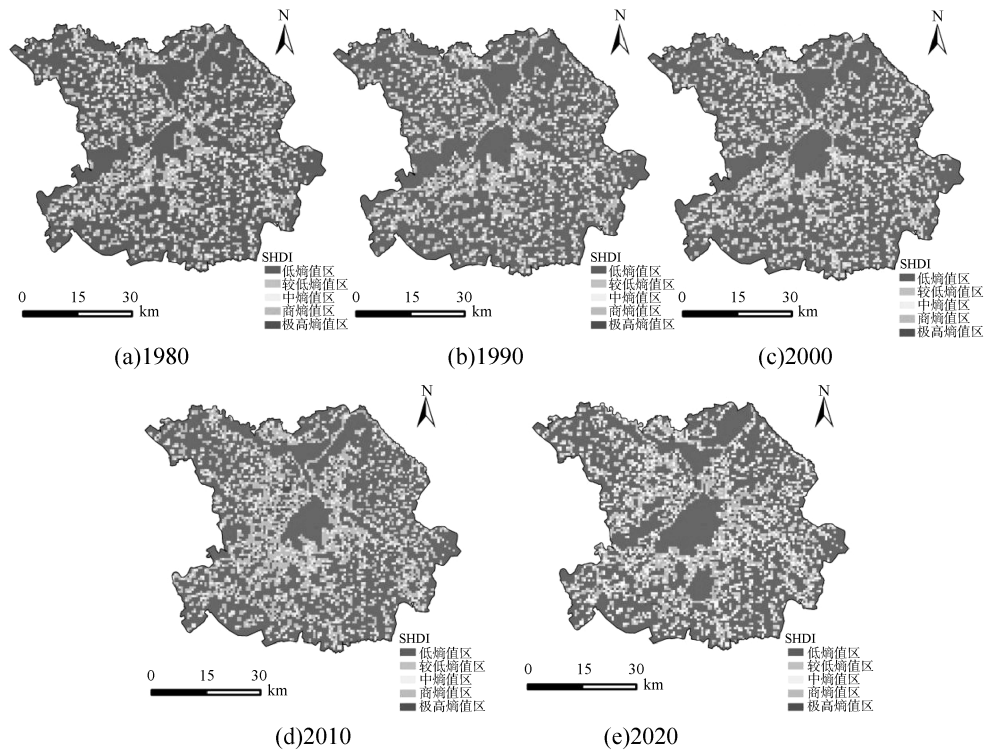


图 4 研究区土地利用信息熵演变图

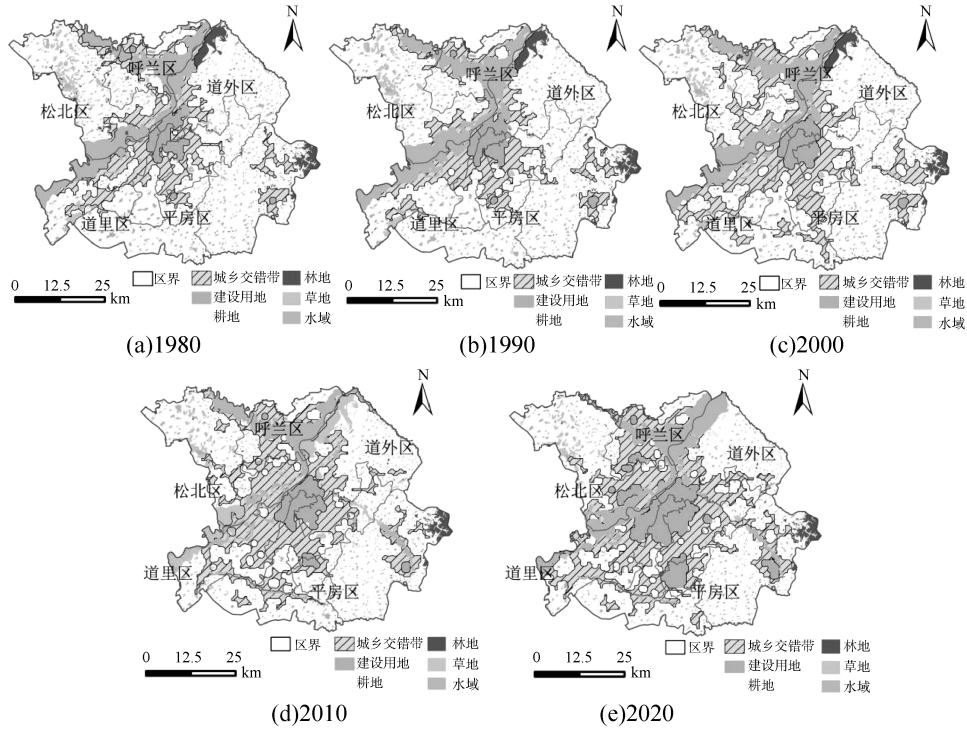


图 5 哈尔滨市城乡交错带发展演变图

平房区成为链接哈尔滨南部城乡系统的枢纽,加速促进临近城乡要素互动发展;2000年至2010年在城乡交错带空间格局呈现跳跃式扩张延伸,城乡系统差异日渐明显,空间分布整体向哈尔滨西

南部延伸至道里区、南岗区南侧,同时沿松花江下游流域扩张覆盖整个群力地区,北部以哈尔滨绕城高速为界限向呼兰区北部延伸,在2010年几乎覆盖整个松北区及其下辖街道,东部城乡交

交错带空间扩张趋势不显著。此阶段扩张范围和面积变化率趋于演化峰值,城乡交错带跳跃式扩张范围变动尤为显著。

2010-2020年,哈尔滨市城乡交错带面积微量增加,增长 23.26km^2 。这一阶段的城乡交错带演变呈现出明显的区域分异特征,主要表现为城市建成区的进一步扩张与城乡交错带内部空间格局的重构。在道里区中部,随着城市基础设施建设和房地产开发的推进,原有的城乡交错带区域熵值显著降低,逐渐演化为城市建成区。这一区域的城乡交错带边界向内收缩,城市功能进一步强化,表现出典型的“偏城市化”特征。与此同时,平房区北部和松北区南部的部分区域也经历了类似的变化,城乡交错带范围向内压缩,城市建成区向外扩展,城乡交错带的新界限逐渐形成。在道外区东部,城乡交错带的空间范围则呈现出向外扩张的趋势。这一区域受到城市扩张的辐射影响,乡村腹地的土地利用结构发生变化,熵值增加,城乡交错带向乡村内部延伸。这种扩张趋势反映了城市发展对周边乡村地区的带动作用,同时也表明城乡交错带的功能逐渐从单一的“生产—生态”功能向“生产—生活—生态复合”功能转型。

此外,哈尔滨城市外围的乡村地区也表现出显著的变化。随着城市建成区的扩张,城乡交错带受到挤压,部分区域逐渐被城市功能取代,农村空间被挤占的趋势更加明显。然而,城乡交错带的内部空间格局在这一阶段发生了重要调整,从外延式扩张转向内涵式重构。城乡要素的互动更加活跃,地理邻近性效应突出,城乡交错带的功能逐渐趋于协调与均衡。

总体来看,2010-2020年期间,哈尔滨市城乡交错带的演变特征可以概括为:道里区、平房区和松北区的部分区域表现为城乡交错带向内收缩、城市建成区向外扩展的“偏城市化”趋势;道外区东部则呈现出城乡交错带向乡村腹地扩张的特征;而城市外围的乡村地区则受到城市扩张的挤压,城乡交错带的功能和空间格局逐步重构。这一阶段的城乡交错带演变反映了哈尔滨

市城市化进程的深化与城乡一体化发展的逐步推进。综上所述,40年发展过程中,哈尔滨城乡交错带演变的时空特征可简要概括为“低速蔓延—跳跃扩张—内部分异”三个阶段。

3.3 城乡交错带演变规模分析

城乡交错带是开放复杂的系统,针对其动态性特征,在上述研究的基础上对城乡交错带的演变情况进行进一步分析,对城乡交错带区域规模演变进行分析。采用叠加分析方法对每相隔十年的城乡交错带变化情况进行研究。假设研究基础年份为 t 年,将 t 年与 $t+10$ 年的城乡交错带区域进行叠加, t 年与 $t+10$ 年均均为城乡交错带的区域定义为“稳定城乡交错带”; t 年不是城乡交错带而 $t+10$ 年转变为城乡交错带的区域定义为“扩张城乡交错带”; t 年是城乡交错带而 $t+10$ 年不再是城乡交错带区域定义为“退化城乡交错带”^[22]。

从哈尔滨城乡交错带各类型空间演变情况来看(图6):各类型城乡交错带的分布区域不断变化重构。由具体数据可知(表1):1980-1990年,稳定城乡交错带细碎分布在哈尔滨主城区边缘及阿城区外围区域,其面积为 499.35km^2 ;扩张城乡交错带面积 90.51km^2 是演变过程的最低值,城乡交错带面积变化速率为 $0.56\text{km}^2/\text{a}$,达到最低水平,表明1980-1990年哈尔滨城乡交错带空间变化及增长速率皆不显著,各类城乡要素及资本均处于积累阶段,空间内缺乏关联互动,大规模城市化进程尚未开始。

1990-2000年,城乡交错带总面积大幅增加,扩张城乡交错带面积增长至 300.85km^2 ,其零散分布于城市外围区域,面积占比达到峰值 33.78% 。退化城乡交错带面积为 31.95km^2 ,占比 3.59% ,为发展过程最低值。城乡交错带变化速率为 $26.86\text{km}^2/\text{a}$,相比1980-1990年增长近48倍,可见城乡交错带在这十年中经历了大面积的城乡要素布局调整,城市建设活动显著增加,城乡要素在外沿空间进行低密度开发,哈尔滨进入了城市化快速推进的阶段。

2000 - 2010 年, 稳定城乡交错带空间分布集中,

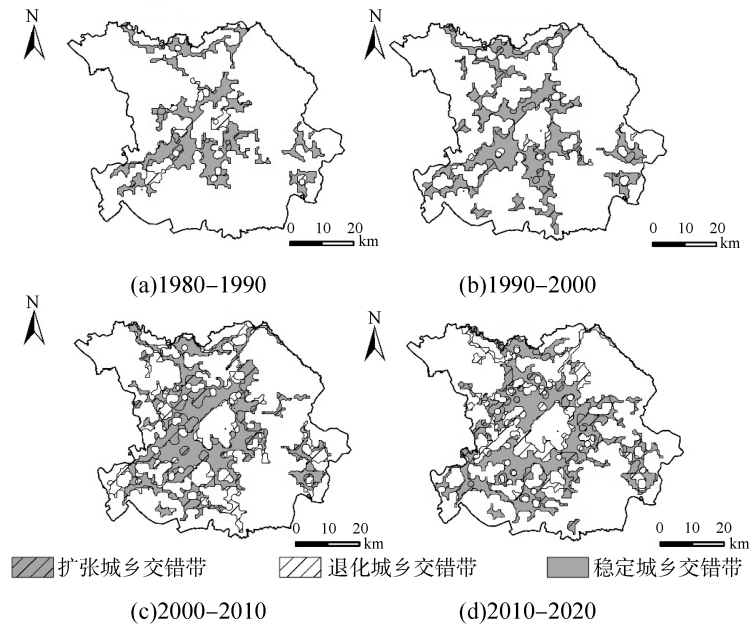


图 6 哈尔滨城乡交错带格局规模演变图

表 1 1980—2020 年哈尔滨城乡交错带演变规模特征

时序 (periods)	1980 - 1990 (年)		1990 - 2000 (年)		2000 - 2010 (年)		2000 - 2020 (年)	
	面积	占比	面积	占比	面积	占比	面积	占比
稳定城乡交错带	499.35	74.00	557.91	62.64	578.03	44.64	666.61	48.14
扩张城乡交错带	90.51	13.41	300.85	33.78	436.01	33.67	370.69	26.77
退化城乡交错带	84.90	12.58	31.95	3.59	280.73	21.68	347.43	25.09
城乡交错带面积变化速率	0.56		26.89		15.53		2.33	

注: 城乡交错带面积变化速率 = $\frac{\Delta S}{t}$, ΔS 为两时期城乡交错带面积之差, t 为时间。

圈层式分布建成区边缘, 面积达到峰值 436.01km², 退化城乡交错带面积增加至 281.73km², 占比 21.68%, 分布在城乡交错带外侧边缘, 城乡交错带变化速率下浮至 18.08% 和 15.53km²/a, 城乡交错带空间大幅扩张, 进入快速城镇化阶段。

2010 - 2020 年, 扩张城乡交错带空间分布零散呈扩散状其占比降至 26.77%, 退化城乡交错带面积增长至 347.43km² 达到峰值。圈层式分布在城乡交错带的内沿区域, 城乡交错带变化速率降为 2.33km²/a。城乡要素交互幅度降低, 内侧城乡交错带呈现集约式发展趋势。这一阶

段的城乡交错带演变呈现出两个显著特征: 一方面, 随着城市化进程的深化, 资本要素在城乡交错带内得到有效释放, 推动区域空间格局重构, 表现为道里区中部等区域逐渐演化为城市建成区; 另一方面, 城乡要素的互动趋于协调。变化表明, 哈尔滨城乡交错带的发展重点已从单纯的空间扩张转向质量提升。

3.4 城乡交错带功能演变分析

基于格网单元在功能三角形图中的分布特征, 本研究对城乡交错带的功能格局进行了可视化分析, 最终得到哈尔滨市城乡交错带功能定位

演变图(图7)。由结果可知单一功能定位在演变过程中从1980年26.2%逐渐降低至2020年

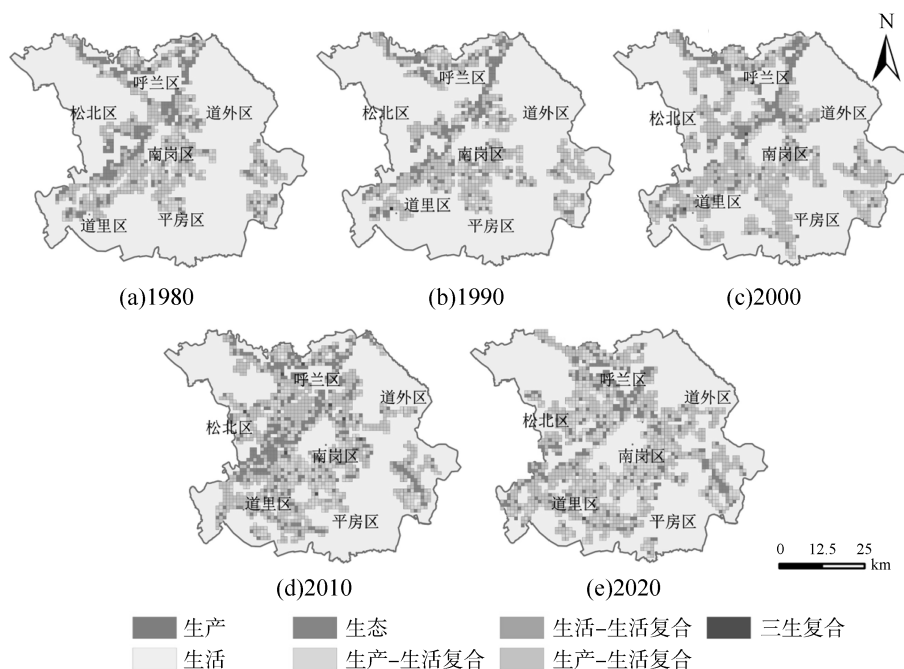


图7 哈尔滨城乡交错带功能定位演变图

的18.4%,表明城乡交错带功能混合程度逐渐增强。总体上,“生活—生活—生态复合”功能单元占比较低,全周期峰值仅1.2%。“生产—生态复合”功能占据主导,其占比在50.5%至65.6%间浮动,分布在城乡交错带外层。“生产—生活复合”功能占比从19.4%上升至30.5%,说明城乡交错带内城市功能在发展中逐步突显,逐步扩大占比。其他单一功能变化较稳定。

具体从空间格局来看,1980年单一生态功能占比为19.4%,为全周期峰值,其稳定分布在松花江及阿什河流域周围,其他功能整体不规则分布在交错带内。1990年功能分布变化不显著,“生产—生态”占比56.6%。2000年伴随城乡交错带范围扩张,“生产—生态”功能扩张明显,达到峰值65.6%,其空间分布在道里、松北、呼兰区城乡交错带外侧,体现了哈尔滨城市化初期农业型生产的活跃性。此外,“生产—生活”功能在此阶段达到最低值16.1%,细碎分布在城乡交错带内沿。

在2010年之后,单一生产功能增长,生态功能回升。单一生产功能增长达至峰值8.9%,其

散点状分布在松北及呼兰区,是城市集约开发建设的集中体现,“生产—生活”复合功能占比增长至20.8%,向南岗与道里区中部扩张,呈组团状集中分布。单一生态功能集中分布在道里区松花江流域下游,得益于道里区湿地开发保护工作开展,生态功能占比回升至15.4%。2020年,随着城市建成区面积持续扩大和城市功能外溢,松北、呼兰、平房区等区域重点推进了经济技术开发区、高新技术产业园区等新型城镇化建设。2020年,城乡交错带的“生产—生活”功能占比显著提升至30.5%,达到研究时段的最高值。在空间分布上,这些功能区呈现明显的圈层结构,主要分布在哈尔滨城市建成区外围,特别是松北、平房和南岗三个行政区的集中建成区外侧。这些区域通过承接商业服务、居住等城市功能,有效分担了中心城区的部分功能压力。哈尔滨城市化导致交错带内第一产业收缩,“生产—生态”功能占比达到最低值50.5%,整体空间受到挤压,呈离散型分布在道外、道里、松北区最外侧,其他各类功能呈现点状不规则分布。截止至2020年,各类功能趋向于复合均衡化,城乡功能

占比协调,单一功能占比减弱,各类复合功能趋于协调有序。

4 结论

本文基于土地利用数据构建信息熵模型,将其以格网样本形式在研究区域内展开,并利用中心引力集聚法设置每十年为一个时期。识别出哈尔滨 1980 年至 2020 年哈尔滨城乡交错带,分别从其空间范围特征、规模格局、功能定位几方面进行深入分析,多维度揭示了其演变特征及规律。根据以上研究结果,将哈尔滨城乡交错带发展总结为三个阶段:

缓慢孕育期(1980 - 1990 年),城乡交错带扩张缓慢,面积变化速率为 $0.56\text{km}^2/\text{a}$,功能以单一生态为主,城乡要素处于积累阶段;快速发展期(1990 - 2010 年),城乡交错带面积大幅增加,变化速率达 $26.89\text{km}^2/\text{a}$,功能由“生产—生态”向“生产—生活”过渡,城市化与资本化进程加速,但城乡矛盾加剧;稳定重构期(2010 - 2020 年),城乡交错带面积趋于稳定,变化速率降至 $2.33\text{km}^2/\text{a}$,功能以复合功能为主,城乡要素流动趋于协调,空间格局由外延扩张转向内部重构。

研究表明,城乡交错带的演变受经济、政策和环境等多重驱动因素影响,其功能由“生产—生态”复合型逐步向“生产—生活—生态”协调型转型。本研究为哈尔滨市城乡交错带的科学识别与动态监测提供了理论依据,也为未来国土空间规划与城乡一体化发展提供了重要参考。未来研究可进一步结合多源数据^[28],深化城乡交错带内部机制与政策优化研究,以推动其可持续发展。

5 讨论

长时序城乡交错带研究难以利用较为复杂的多维度指标,并且其复杂模糊的边界难以被清洗刻画。囿于数据的可获取性,城乡交错带识别结果难以顾及到社会经济功能,因此,结合新数据新方法,深入探讨城乡交错带结构发展是目前城乡交错带识别研究的新方向。

随着城乡边缘的演化,城乡区域功能分工不清、发展机制不协调等问题日益凸显,导致城乡交错带的空间布局呈现出剧烈的无序性特征。在土地利用冲突的驱动下,城乡交互空间的向外扩张成为近几十年来近郊城市化发展的主要模式。然而,城乡交错带内部不同区域在产业结构、贫富差距、资源环境等方面表现出显著的不均衡和不充分现象,呈现出一种“亚健康”的城乡土地发展模式。这表明,当前城乡交错带的功能潜力尚未得到充分发挥。未来,哈尔滨城乡交错带的发展应朝着集约化、均衡化和功能化的方向推进,以实现城乡要素的协调与可持续发展。

本研究基于土地利用信息熵模型和中心引力集聚法,系统揭示了哈尔滨城乡交错带的动态演变特征,但仍存在以下不足:首先,研究主要依托土地利用数据,未能充分整合人口分布、产业布局等社会经济数据,导致对城乡交错带功能转型的驱动机制解析存在局限。其次,研究时间跨度虽长,但对城乡交错带内部微观机制的探讨较为有限。未来研究可结合多源数据,如 POI 数据、手机信令数据等,进一步揭示城乡交错带的空间异质性及其内在演化机制。随着城乡一体化和农村建设用地入市等政策的推进,城乡交错带可能成为政策创新的先行区域。如何在国土空间规划中充分发挥城乡交错带的特有功能,将是未来研究的重点。在“城市病”频发的背景下,城乡交错带是应分担城市功能、推动高强度开发,还是应抑制过快的半城市化、维持城乡要素的均衡,仍需深入探讨^[34]。特别是在城市规模扩张趋于饱和甚至面临逆城市化的背景下,城乡交错带的空间重构方向及其在城乡融合发展中的角色,将成为亟待解决的关键问题。

参考文献(References):

- [1] 陈佑启. 城乡交错带名辩[J]. 地理学与国土研究, 1995, 11(01): 47 - 52.
- [2] 陈佑启. 试论城乡交错带及其特征与功能[J]. 经济地理, 1996, 16(03): 27 - 31.
- [3] Cheng Z, Wang H, Wang L, et al. Mix leading to suc-

- cess? Exploring the innovative development model in peri-urban China[J]. *Habitat International*, 2018, 82: 1-8.
- [4] 彭建, 马晶, 袁媛. 城市边缘带识别研究进展与展望[J]. *地理科学进展*, 2014, 33(08): 1068-1077.
- [5] Krueger R R, Bryfogle R C. *Urban Problems: A Canadian Reader*[M]. Holt McDougal, 1971.
- [6] Webster D. *On the edge: Shaping the future of peri-urban East Asia*[M]. Stanford: Asia/Pacific Research Center, 2002.
- [7] 许鑫, 隆玲. 城市边缘区研究综述[J]. *知识经济*, 2012, 14(08): 63-65.
- [8] 顾朝林. *中国大城市边缘区研究*[M]. 科学出版社, 1995.
- [9] 钱建平, 周勇, 杨信廷. 基于遥感和信息熵的城乡结合部范围界定——以荆州市为例[J]. *长江流域资源与环境*, 2007, 16(04): 451-455.
- [10] 王秀兰, 李雪瑞, 冯仲科. 基于TM影像的北京城市边缘带范围界定方法研究[J]. *遥感信息*, 2010, 25(04): 100-104, 134.
- [11] 周小驰, 刘咏梅, 杨海娟. 西安市城市边缘区空间识别与边界划分[J]. *地球信息科学学报*, 2017, 19(10): 1327-1335.
- [12] 戴俊杰, 董婧雯, 杨晟, 等. 基于空间突变特征的城市边缘区提取方法[J]. *地球信息科学学报*, 2021, 23(08): 1401-1421.
- [13] 琚青青, 尹菡怿, 李微, 等. 海口市城市边缘区空间范围的识别研究[J]. *海南大学学报: 自然科学版*, 2019, 37(02): 180-185.
- [14] 马晶, 李全, 应玮. 基于小波变换的武汉市城乡边缘带识别[J]. *武汉大学学报·信息科学版*, 2016, 41(02): 235-241.
- [15] 王媛, 姜博, 初楠臣, 等. 基于建设用地变化的城市边缘区提取方法与扩张模式研究——以哈尔滨市为例[J]. *经济地理*, 2016, 36(05): 26-32.
- [16] 王海鹰, 张新长, 康停军, 等. 基于多准则判断的城市边缘区界定及其特征[J]. *自然资源学报*, 2011, 26(04): 703-714.
- [17] 周浩, 雷国平, 张红梅, 等. 土地利用空间关联下城乡结合部边界界定方法研究[J]. *中国土地科学*, 2016, 30(06): 81-88.
- [18] 曹辉, 蒋伟莹, 陈江龙, 等. 南京市城乡交错带多维识别与特征分析[J]. *自然资源学报*, 2023, 38(03): 795-807.
- [19] Ravetz J, Fertner C, Nielsen T S. *The dynamics of peri-urbanization*[M]// *Peri-urban futures: Scenarios and models for land use change in Europe*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- [20] Allen A. *Environmental planning and management of the peri-urban interface: perspectives on an emerging field*[J]. *Environment and urbanization*, 2003, 15(01): 135-148.
- [21] Mortoja M G, Yigitcanlar T, Mayere S. What is the most suitable methodological approach to demarcate peri-urban areas? A systematic review of the literature[J]. *Land use policy*, 2020, 95: 104601.
- [22] Silva C. Auckland's urban sprawl, policy ambiguities and the peri-urbanisation to Pukekohe[J]. *Urban Science*, 2018, 3(01): 1.
- [23] Maheshwari B., Thoradeniya B., & Singh V P. (2016). *Balanced urban development: options and strategies for liveable cities*, Springer. 26-38.
- [24] Dadashpoor H., Ahani S., 2021. Explaining objective forces, driving forces, and causal mechanisms affecting the formation and expansion of the peri-urban areas: a critical realism approach. *Land Use Policy* 102, 105232.
- [25] Ahani S., Dadashpoor H., 2021. A review of domains, approaches, methods, and indicators in peri-urbanization literature. *Habitat Int.* 114, 102387.
- [26] 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(01): 95-100.
- [27] 王玉明, 王瑞康. 城市化时期郊区土地利用结构信息熵上升的原因[J]. *地理学报*, 2018, 73(09): 1647-1657.
- [28] 黄琦, 王宏志, 顾江, 等. 城乡景观复杂度视角下的城乡交错带界限确定: 以武汉市为例[J]. *经济地理*, 2019, 39(10): 71-77.
- [29] 刘宝元, 张甘霖, 谢云, 等. 东北黑土区和东北典型黑土区的范围与划界[J]. *科学通报*, 2021, 66(01): 96-106.
- [30] Wang X, Wang D, Lu J, et al. Identifying and tracking the urban-rural fringe evolution in the urban-

- rural transformation period: Evidence from a rapidly urbanized rust belt city in China[J]. *Ecological Indicators*, 2023, 146:109856.
- [31] 董婷,杨朝现,杨璇,等. 基于“三生”功能协调的山地丘陵区土地综合整治分区——以重庆市江津区为例[J]. *农业资源与环境学报*, 2023, 40(03):534-547
- [32] 刘继来,刘彦随,李裕瑞. 中国“三生空间”分类评价与时空格局分析[J]. *地理学报*, 2017, 72(07):1290-1304.
- [33] 崔家兴,顾江,孙建伟,等. 湖北省三生空间格局演化特征分析[J]. *中国土地科学*, 2018, 32(08):67-73.
- [34] Fulman N, Grinblat Y, Benenson I. A project – based view of urban dynamics: Analyzing ‘leapfrogging’ and fringe development in Israel[J]. *Cities*, 2024, 148:104908.
-
- 作者简介:**
第一作者:宁静,1978 年生,女,哈尔滨人,博士,东北农业大学,副教授,主要研究方向为土地资源管理。Email: jning@neau.edu.cn;
通讯作者:马浩植,2000 年生,男,哈尔滨人,硕士,东北农业大学,主要研究方向为土地利用规划。Email: 1214564348@qq.com
-

Research on the Characteristic Identification and Evolution of the Urban – Rural Fringe in Harbin

NING Jing, MA Haozhi^{*}, ZHANG Yulin

(School of Public Administration and Law, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

Abstract: The urban – rural fringe serves as a critical frontier for the circulation of urban and rural elements, characterized by complex human – land interactions. To scientifically identify the urban – rural fringe and reveal its dynamic evolution patterns, this study takes Harbin City as the research area and constructs an information entropy model based on land use data, combined with the central gravitational agglomeration method, to further accurately delineate the evolution of the urban – rural fringe over the past 40 years (1980 – 2020). The results indicate that the urban – rural fringe of Harbin exhibits a distinct concentric structure, with its spatial evolution is characterized by three stages: “low – speed expansion—leapfrog expansion—internal differentiation.” By classifying the urban – rural fringe into stable, expanding, and degrading types, the study further reveals the dynamic characteristics of its scale evolution. Additionally, drawing on previous research, this study spatially locates and visualizes the functional evolution of the urban – rural fringe, showing a transition from a production – ecological composite function to a coordinated production – living – ecological function. Based on the findings and the socioeconomic context of Harbin, the driving factors of the urban – rural fringe evolution are identified as economic, policy, and environmental drivers. The evolution of Harbin’s urban – rural fringe can be divided into three stages: the slow gestation period (1980 – 1990), characterized by weak urban – rural interactions and slow spatial expansion; the rapid development period (1990 – 2010), marked by significant urban expansion and rapid outward shift of the urban – rural fringe; and the stable reconstruction period (2010 – 2020). During this period urban – rural elements became more coordinated, and integrated development and spatial restructuring were gradually achieved. The innovation of this study lies in the integration of long – term land use data with the information entropy model, enabling precise identification of the dynamic evolution of the urban – rural fringe and revealing its functional transformation and driving mechanisms. This research provides a scientific basis for future territorial spatial planning and integrated urban – rural development.

Key words: rural – urban fringe; land use information entropy; development evolution; spatial pattern; land use