

喀什绿洲土地利用空间格局变化特征分析

李 路¹, 孙桂丽^{1,2}, 陆海燕¹,
王桂华³, 卢 航¹, 史浩伯¹

1. 新疆农业大学 林学与园艺学院, 乌鲁木齐 830052; 2. 干旱区林业生态与产业技术重点实验室, 乌鲁木齐 830052;
3. 内蒙古农业大学 沙漠治理学院/沙地生态系统与生态工程重点实验室, 呼和浩特 010018

摘要: 为了监测喀什绿洲土地利用动态扩张程度及其变化方向, 以 2000 年和 2016 年 Landsat 遥感影像数据, 提取喀什地区各县市土地利用数据, 利用土地转移矩阵、空间趋势分析、核密度分析和 CA-Markov 模型等方法, 探究喀什绿洲土地空间分布特征和变化规律, 模拟预测喀什市在“一带一路”建设背景下未来其土地空间的变化情况。结果表明: 近 17 年间喀什绿洲在空间趋势上发生了明显变化, 其整体由西南往东北方向发生偏移, 绿洲图斑的空间规模整体呈现出增大趋势。在数量转化上, 喀什地区各县市各土地类型之间均存在相互转变, 未利用地面积转变最多, 分别转化为建筑用地、耕地、草地和林地; 耕地和建筑用地增加面积相对最多, 其净变化比率均在 40% 以上。县域尺度上, 喀什绿洲各县市土地利用变化密度呈现出“中心式扩散趋势”, 整个地区变化密度值以喀什市为首, 其相邻城市伽师县、疏勒县和岳普湖县紧随其后, 土地变化最为活跃。在未来演变方面, 喀什市城镇化的进程将以原有城市群为中心, 向北继续扩张; 建筑用地的图斑相较之前将更为紧密和连续, 城镇化发展迅速; 水域的面积将出现减少的趋势, 需要合理调控。

关键词: 土地利用变化; 密度分析; 空间格局; 喀什绿洲

中图分类号: F301.2; P237

文献标志码: A

文章编号: 1673-9868(2020)05-0141-10

绿洲是浩瀚荒漠中的片片沃土, 绿洲内水资源相对丰富, 利于植物生长, 是干旱或半干旱地区适宜农牧业发展的最佳地方, 是区域内各族人民赖以生存和发展的基础。绿洲生态系统扩张的程度反映了区域内人类生产实践活动的变化, 直接或间接影响了区域生态系统的稳定。随着社会经济的持续发展, 人类对自然资源开发和利用出现了过度和无序的现象, 导致绿洲内部原本脆弱的生态系统恶化^[1]。因此, 监测绿洲的动态扩张趋势十分必要, 它能够为干旱、半干旱地区脆弱的生态环境建设和修复提供理论指导, 具有一定的实际意义。

自 1996 年土地利用/土地覆盖变化(land-use and land-cover change, LUCC)研究计划被提出以来, 学者们开始广泛地对不同空间区域的 LUCC 进行分析。通过 LUCC 监测和研究, 能够了解不同土地类型的数目、利用方式的变化和空间发展方向等信息^[2], 直观地探究人类活动影响。现阶段已经确定的研究重点可分为 3 个方面: 土地利用变化情况的评估; 人类干扰下, 不同空间规模上土地资源利用方式变化发展方向上的模拟; 引起区域土地变化的不同驱动力之间的关系分析^[3-5]。对于土地资源动态监测的手段, 可以采用以行政区域为单位的逐级上报方式, 也可以通过人工解译卫星影像数据提取土地利用信息的方式^[6]。遥感

技术(remote sensing, RS)和地理信息科学(geographic information science, GIS)作为新兴的技术手段,以其大范围的同步观测、包含信息丰富、空间信息可视化、受地面条件限制少和能够反映动态变化等优点越来越广泛地被应用于区域发展研究中. 利用 RS 和 GIS 技术对典型区域 LUCC 进行分析、动态评价和制图的研究成果呈爆发式增长^[7-8]. 周月敏等^[9]通过临泽地区两期 Landsat 卫星影像的解译判读,分析了 14 年间区域土地状态变化的动态规律;亚库普等^[10]处理了 1990—2010 年间喀什市遥感影像,提取土地利用类型信息,对喀什市土地利用方式变化进行了定量研究并统计其变化程度. 通过 3S 技术,对生态环境脆弱的喀什绿洲进行土地利用动态变化特征分析,能够清晰认识到绿洲内土地资源变化状况,合理有效利用土地资源,同时保护区域脆弱生态环境^[11-13].

喀什绿洲是我国的西大门,区位优势独特. 作为国家西部大开发战略重要节点,喀什绿洲的快速、高质量发展对实现新疆经济的跨越式发展具有重要意义. 但是喀什绿洲位于西北干旱区,生态环境脆弱,区域绿洲的变化情况应进行长期的监测和评价. 综合来看,目前对喀什绿洲空间格局的研究还相对较少,多以研究整体土地类型变化量的分析以及驱动机制分析为主,且时间序列多在 2010 年之前^[14-16]. 尤其是针对 2010 年喀什特区建立以后,运用 GIS 手段对喀什地区绿洲动态扩张程度进行空间格局分析的研究十分少见. 因此本研究利用 Landsat 系列卫星影像,基于监督分类方法提取喀什地区土地资源信息构成绿洲变化分析单元,并利用 GIS 技术,采用土地转移矩阵、空间趋势分析、核密度分析和 CA-Markov 模型(CA: 元胞自动机模型, cellular automata; Markov; 马尔科夫模型, Markov.)等方法,在喀什经济特区建设背景下研究 2000—2016 年近 17 年内喀什地区绿洲土地利用空间格局特征及变化规律,并根据转移规律预测模拟喀什绿洲未来发展变化,以期为喀什绿洲生态建设的可持续发展提供有价值的理论依据.

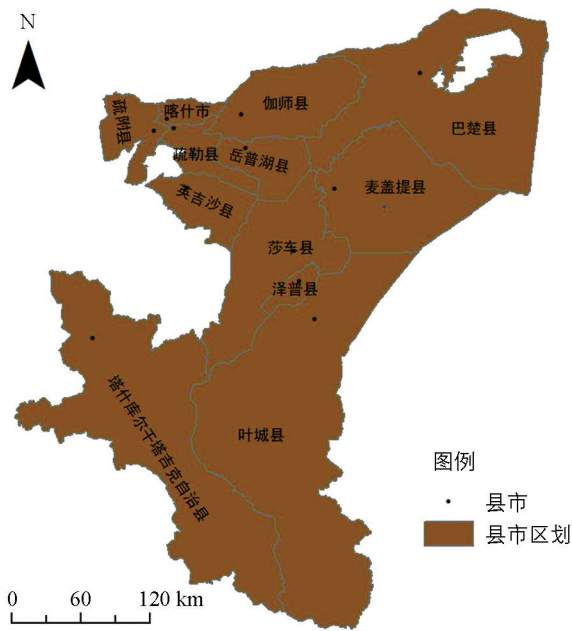
1 研究区概况、数据来源与研究方法

1.1 研究区概况

喀什绿洲在新疆维吾尔自治区的西南部. 喀什地区三面环山,一面敞开,其地理位置独特,北有天山南脉横卧,南部是喀喇昆仑山,西靠帕米尔高原,东临中国最大的沙漠塔克拉玛干,区域内高程大致由西南向东北降低,属暖温带大陆性干旱气候带. 区域内光照长、降水量少、蒸发量大、气候干燥;喀什地区内河系基本发源于高山积雪融水,受温度影响各河的年内枯、洪期差异较大,主要有喀什噶尔河和叶尔羌河两大流域. 根据新疆维吾尔自治区各级行政区划简表,本研究范围(图 1),包括 1 市 11 县,即喀什市、疏附县、疏勒县、英吉沙县、岳普湖县、伽师县、莎车县、泽普县、叶城县、麦盖提县、巴楚县和塔什库尔干塔吉克自治县,不包括图木舒克市(自治区直辖县级市). 2010 年,喀什经济开发区辟为中国第六个经济特区^[17],成为中国内陆第一个经济特区.

1.2 数据来源与处理

以 Landsat 卫星影像为基础数据(表 1),通过地理空间数据云平台下载 2000 年和 2016 的喀什地区各县市的影像数据^[18],成像日期在 6 月到 9 月之间,影像数据条带号为 147—150,图像云量均少于 5%,共



底图来源网址: <http://xinjiang.tianditu.gov.cn/main/bzdt.html>;
审图号: 新 S(2019)103 号.

图 1 喀什地区各县市行政区划示意图

28 景影像, 并通过一系列预处理分析, 每景影像数据先经过辐射定标、几何校正和大气校正等过程增强影像质量, 提升数据分类精度, 然后根据研究区矢量边界对图像进行裁剪与拼接, 最后分别与全色波段影像进行融合提升空间分辨率, 最终获得喀什地区影像的空间分辨率为 15 m. 喀什地区各县市的行政矢量边界来自国家基础地理信息中心全国地理信息资源目录服务系统的 1 : 100 万的基础地理数据^[19]. 影像数据的分类处理所使用的软件为 ENVI 5.3.

表 1 遥感影像数据概况

年份	卫星名称	传感器	多波段空间分辨率/m
2000	Landsat-7	ETM	30
2016	Landsat-8	OLI	30

喀什绿洲土地资源信息的提取依据国家土地利用现状分类标准^[20], 结合喀什地区土地利用的特征和影像空间分辨率, 采用一级类别分类, 将喀什绿洲地表覆盖类型分为林地、耕地、草地、建设用地、水域和未利用地六大类, 建立了喀什地区遥感影像分类方案(表 2), 在 ENVI 中结合数字高程数据(DEM)和归一化植被指数(NDVI), 采用最大似然分类方法进行监督分类, 并通过分类后处理, 分类完成后, 采用随机采样的方法在 Google Earth 上选取评价样本进行混淆矩阵精度验证, 在 ENVI 软件中进行验证, 结果所得总体分类精度大于 80%, Kappa 系数都大于 0.7, 满足分类精度要求.

表 2 喀什绿洲卫星影像土地利用分类方案

一级类别	二级类别	说 明
耕地	水田、水浇地、旱地	种植水稻、棉花、果树和玉米等农产品的土地.
林地	乔木林地、灌木林地	生长乔木(胡杨等)、灌木的土地.
草地	人工牧草地、天然牧草地 其他草地	生长草本植物为主, 用于放牧. 指树木郁闭度小于 0.1, 表层为土质, 不用于放牧的草地.
水域	河流、湖泊、水库、坑塘	
未利用地	冰川及永久冻雪 裸土地、沙地 盐碱地	表层被冰雪常年覆盖的土地. 基本无植被覆盖. 指表层盐碱聚集的土地.
建筑用地	城镇、村庄、道路	

1.3 研究方法

1.3.1 绿洲土地类型变化转移矩阵

基于本研究的分类体系, 利用土地转移矩阵提取喀什各县市绿洲主要用地类型变化. 在土地利用转移矩阵中, 一般用行表示终点时刻点土地利用方式, 用列代表初始时刻点土地利用方式, 矩阵值 R 表示起始时刻到终点时刻各个土地类型转变率, 其计算公式为:

$$R = \frac{F - I}{I}$$

(1)

式中 F 和 I 分别表示某一土地类型终点时刻数量统计值和初始时刻数量统计值. 本研究利用 ENVI 5.3 遥感影像处理软件, 制作喀什地区绿洲土地类型变化状态转移矩阵, 以此来显示近 17 年间区域内绿洲土地利用变化发展情况.

1.3.2 空间趋势分析

标准差椭圆是用于探查样本数据的分布方式和总体发展方向的空间统计方法, 通过对喀什地区 2000—2016 年内绿洲变化的地类图斑进行标准差椭圆分析, 能够反映出区域内人类活动引起的绿洲发展方向的转变和分布趋势空间特征. 标准差椭圆(图 2)关键要素由三部分构成: 确定圆心、确定旋转角度、确定长短

轴的长度. 其计算公式^[21]为:

$$D_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{n}} \quad (2)$$

$$D_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{Y})^2}{n}} \quad (3)$$

式中: D_x 和 D_y 就是计算出来的椭圆的方差(决定了椭圆的大小), 长半轴表示最大方差, 短半轴表示最小方差; x_i 和 y_i 是每个要素的空间位置坐标; $\bar{X}$ 和 $\bar{Y}$ 是所有样本的算数平均中心. 旋转角的计算式为:

$$\tan \vartheta = \frac{\sum_{i=1}^n \tilde{x}_i^2 - \sum_{i=1}^n \tilde{y}_i^2 + \sqrt{(\sum_{i=1}^n \tilde{x}_i^2 - \sum_{i=1}^n \tilde{y}_i^2)^2 + 4(\sum_{i=1}^n \tilde{x}_i \tilde{y}_i)^2}}{2 \sum_{i=1}^n \tilde{x}_i \tilde{y}_i} \quad (4)$$

式中: ϑ 是以正北方为 0° , 顺时针旋转的角度; $\tilde{x}_i$ 和 $\tilde{y}_i$ 是样本平均中心和各个样本的差值. 用来确定椭圆方程的 x, y 轴的标准差分别为 σ_x 和 σ_y :

$$\sigma_x = \sqrt{2} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\tilde{x}_i \cos \vartheta - \tilde{y}_i \sin \vartheta)^2}{n}} \quad (5)$$

$$\sigma_y = \sqrt{2} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\tilde{x}_i \sin \vartheta + \tilde{y}_i \cos \vartheta)^2}{n}} \quad (6)$$

1.3.3 核密度分析

空间分析中, 核密度分析用于计算各元素在其周围空间中的密度分布, 其计算公式为^[22]:

$$\hat{f}(x) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n K\left(\frac{x - x_i}{h}\right) \quad (7)$$

式中: K 为核函数(非负、积分为 1); h 为一个平滑参数, 称做带宽; x_i 为各个样本点. 核密度函数属于非参数检验方法之一, 它完全利用数据本身信息, 能够对样本数据进行最大程度得近似. 通过计算所有要素的密度, 并将每个采样点的值插值到整个研究区域. 本研究在 Arc GIS 10.5 中对 2000—2016 年间喀什地区各县市的绿洲土地类型变化图斑进行核密度分析, 揭示近 17 年喀什地区各县市土地利用在空间分布上的变化特点和差异, 厘清重点变化的县市区域.

1.3.4 CA-Markov 模型

CA-Markov 模型集成了马尔可夫链(markov chain, MC)能长期预测的优势和元胞自动机模型(cellular automata, CA)模拟复杂系统时空演化过程的能力于一体^[23-24], 其工作原理是以某一时期的土地利用分布为初始状态, 以某一时期和之前一定时间段内的土地利用转移面积矩阵及适宜的土地利用类型为基准, 对未来区域土地资源发展情况进行模拟. 通过 IDRISI Selva 17.0 软件对喀什市土地进行 CA-Markov 模型的预测, 既提升了喀什市土地利用类型转化的预测精度, 又行之有效地掌握其未来土地覆盖变化空间的分布, 了解喀什经济特区土地发展变化趋势, 具有较好的科学性和实用性. Markov 模型和 CA 模型可分别简单表示为^[25-26]:

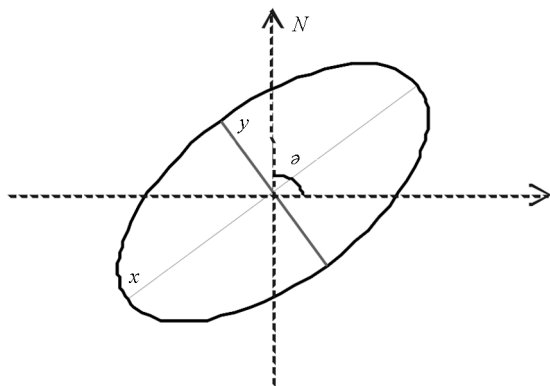


图 2 标准差椭圆示意图

$$\mathbf{S}_{(t+1)} = \mathbf{P} * \mathbf{S}_t$$

(8)

式中: $\mathbf{S}_{(t+1)}$, $\mathbf{S}_t$ 分别表示时间序列 $t+1$ 和 t 时刻研究区内不同土地利用方式的列向量; $\mathbf{P}$ 表示一定时间间隔内某区域内各土地利用相互转变的转移矩阵, 其矩阵元素值表示两两土地类型之间的变化几率。

$$\mathbf{S}_{(t+1)} = f(\mathbf{S}_t, N)$$

(9)

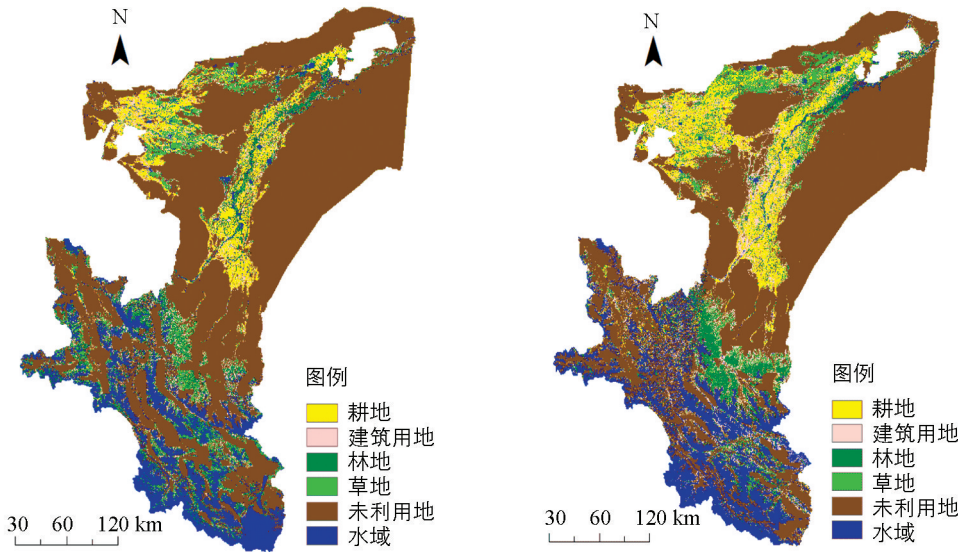
式中: S 是元胞模型的状况集合值, $S_t, S_{(t+1)}$ 分别代表了 t 和 $t+1$ 时刻的状态结果值; N 是元胞模型中定义的领域影响范围(软件默认 $5 * 5$); f 是模型内影响指定范围内相互作用状况的函数。

喀什市土地模拟变化的精度通过 Kappa 系数来检验^[27], Kappa 系数的结果值在-1 到 1 之间, 通常认为若 Kappa 系数大于 0.7, 则其模拟结果可信, 符合精度要求。以 2000 年喀什市土地利用分类为基准, 通过 CA-Markov 模型模拟其 16 年后的变化情况, 之后与 2016 年的实际影像对比验证分类精度, 其 Kappa 系数为 0.736 9, 说明模拟结果较为准确, 可以用于预测喀什市绿洲未来转变情况。

2 结果与分析

2.1 喀什地区绿洲空间格局的变化

由图 3 可知, 从空间尺度上来看, 2000—2016 年喀什地区绿洲在空间规模上有较大的改变, 区域内北部绿洲规模在原有的基础上明显向外扩张, 主要表现为耕地和建筑用地的进一步扩大, 耕地的增多主要集中在喀什绿洲东部的喀什噶尔河下流和西部的叶尔羌河灌区内, 建筑用地则以各个县市为中心继续向四周扩充; 区域内南部山区林地和草地的图斑数量增长较多。从喀什整体绿洲图斑变化情况来看, 近 17 年来, 区域内未利用地不断减少, 绿洲图斑规模变大、形状更加规整, 各县市内绿洲面积没有发生退化现象, 喀什绿洲的稳定性提升。



底图来源: 国家基础地理信息中心全国地理信息资源目录服务系统; 审图号: GS(2016)2556.

图 3 喀什区绿洲土地资源分布图

2.2 喀什绿洲内土地类型数量的转变

喀什地区作为农业大区, 以农业为主导产业, 是全国主要的区域优质棉花和干坚果类生长产地之一, 土地开发利用潜力大。在 Arc GIS 10.5 中经过栅格统计发现, 未利用地的数量占比在 50% 以上, 裸地和沙地比重较大, 喀什地区内绿洲生态环境较为恶劣。绿洲内各土地类型变化量见表 3。在过去 17 年内, 各类型土地之间均存在相互转变。其中, 未利用地面积减少最多, 约 8 826.602 km², 由于人类活动主要向建筑用地、水域、草地发展, 提升了区域内土地资源利用价值, 增强了绿洲的生态系统稳定性; 水域面积由于耕地用水需求量大以及不合理的使用造成部分支流干枯, 大部分向未利用地转化, 减少面积约为 2 430.800 km²; 区域内耕地向别的土地类型转变较少, 局部的耕地改变为建筑用地、林地和草地; 草地主要向未利用

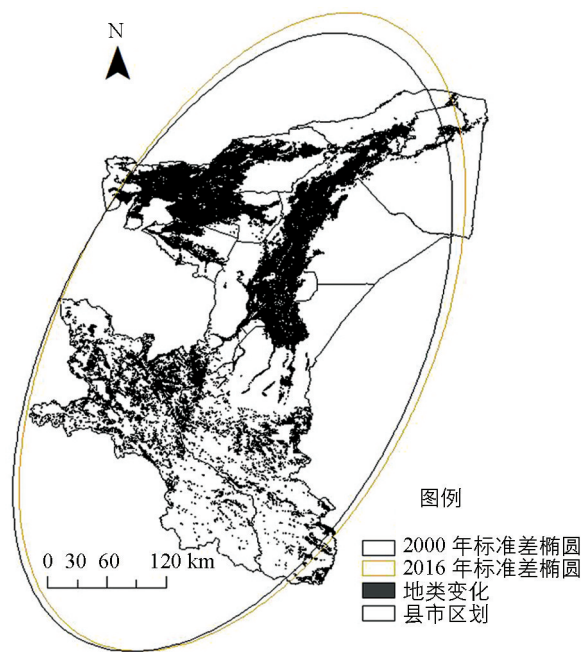
地、水域和耕地转变;在林地的变化中,多被开发为耕地. 各个土地类型净转变量中,林地的变化最不明显,约增加了 270.137 km²,其次是草地,约减少了 444.439 km². 在不同土地利用类型净变化比率中,耕地和建筑用地占比最多,其增加面积相对最多,净增长均在 40%以上.

表 3 2000—2016 年喀什地区绿洲土地利用方式的规模转换量和变化比例

年份	土地类型	2000 年						
		未利用地/ km ²	水域/ km ²	耕地/ km ²	建筑用地/ km ²	草地/ km ²	林地/ km ²	总计/ km ²
2016 年	未利用地/km ²	55 440.133	2 340.800	72.582	1 590.028	1 735.840	536.995	61 720.430
	水域/km ²	3 040.416	9 779.120	29.700	362.754	1 359.857	885.413	15 459.737
	耕地/km ²	1 736.519	353.370	5 162.943	1 639.569	1 271.389	1 006.019	11 171.245
	建筑用地/km ²	5 420.550	531.122	977.629	1 276.472	899.210	520.397	9 626.857
	草地/km ²	3 331.209	202.485	556.035	970.454	1 741.273	487.313	7 289.677
	林地/km ²	1 513.590	310.704	443.426	742.734	708.486	1 315.307	5 035.155
	总计/km ²	70 547.033	13 534.922	7 259.909	6 603.588	7734.116	4 765.018	
	净转变量	−8 826.602	1 924.816	3 911.336	3 023.269	−444.439	270.137	
	变化比例/%	−12.512	14.221	53.876	45.782	−5.746	5.669	

2.3 喀什绿洲变化空间转移趋势

通过 Arc GIS 10.5 软件空间统计工具,以 2000 年和 2016 年各县市绿洲的面积统计数据进行分析获得了喀什绿洲状态转移的标准差椭圆分布图(图 4),以及其各自的属性值,CenterX,Cen-terY,XStdDist,YStdDist,Rotation,ShapeArea 和 ShapePerime 分别表示由样本数据集形成的椭圆的平均中心 X 的经度、平均中心 Y 的纬度、椭圆长轴的标准差、短轴的标准差、旋转方向角度、椭圆的面积和椭圆的周长(表 4). 各个属性值中,中心点代表了喀什地区绿洲土地资源样本数据的中心经纬度;椭圆的长轴代表的是喀什地区各个县市绿洲数据散列的方向性,短轴代表的是全部数据分布的区间,短半轴越长,表示数据的离散程度越大,喀什绿洲内各土地类型景观变化越剧烈,椭圆中长短半轴的比值越大(扁率越大),表示区域土地数据变化的方向性越明显. 通过分析 2 个时间段的标准差椭圆属性可知,近 17 年间喀什绿洲在空间趋势上发生了变化,2016 年椭圆长、短轴的值略大于 2000 年的,说明喀什绿洲动态变化数据的方向性和离散程度有所增大,椭圆中心位置发生改变,其整体方向由西南往东北方向发生偏移,同时椭圆的面积变大,意味着绿洲内土地利用变化图斑的空间规模呈现出增大的趋势.



底图来源: 国家基础地理信息中心全国地理信息资源目录服务系统;
审图号: GS(2016)2556.

图 4 土地利用变化标准差椭圆分布图

表 4 各时期土地利用变化标准差椭圆参数

时间	CenterX/ °	CenterY/ °	XStdDist	YStdDist	Rotation/ °	ShapeArea/ km ²	ShapePerime/ km	扁率
2000 年	76.836	37.834	1.978	3.420	35.659	207 643.086	1 748.857	0.578
2016 年	76.952	37.933	2.017	3.516	34.954	217 436.533	1 795.001	0.573

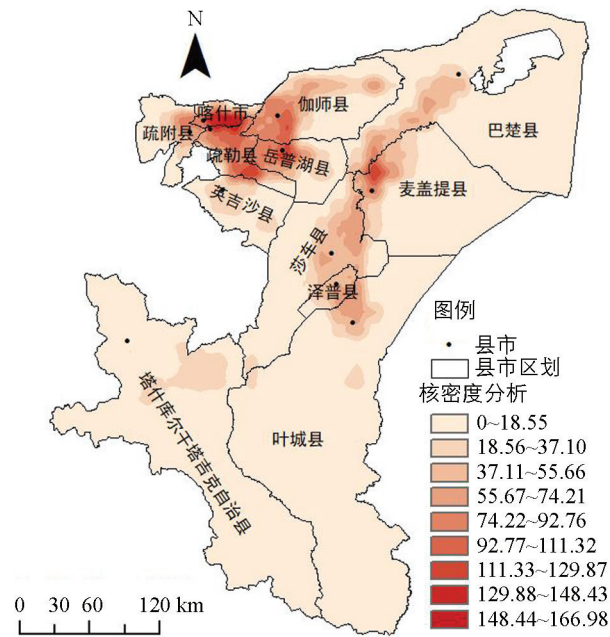
2.4 喀什地区各县市绿洲空间变化特征

在 Arc GIS 10.5 软件中提取喀什绿洲各类土地变化斑块, 采用渔网分割将喀什绿洲分成 15 km×15 km 的等间距网格并统计各个网格内斑块面积, 从而生成 2000—2016 年喀什绿洲土地变化核密度分析图(图 5), 其结果展示了近 17 年间县级尺度上绿洲内部土地利用方式变化的热点区域. 总体来看, 整个绿洲空间变化热点区域可以分为以喀什市为中心和以麦盖提县为中心的两大部分, 喀什绿洲各县市土地利用变化密度值差异较大, 土地变化密度值以喀什市为首, 其相邻城市伽师县、疏勒县和岳普湖县紧随其后, 都有非常密集的变化. 主要原因是自 2010 年以来国家提出对口支援新疆建设战略以来, 山东省、广东省和上海市等省市分别援助喀什地区的经济发展建设, 在原有的农业基础上, 以现代服务业和先进制造业为重点, 建设喀什综合保税区、深圳产业园和喀什新城“深圳城”、中亚南亚工业园区、深喀科技创新中心等项目, 建设用地的大规模扩张改善了喀什绿洲内部分利用效率不高的土地资源, 使得其价值收益产出呈爆发式增长^[28], 有效地推动了喀什绿洲经济发展, 促进了喀什绿洲城镇化的快速发展, 经济驱动因素造成了周边区域土地变化最为激烈. 土地变化密度值其次是以叶尔羌河流域为中心的地区, 这些区域临近叶尔羌河灌区, 区域内修建和改造了大量老旧的水利设施, 有效改善了绿洲农业发展条件, 利于当地棉花和特色林果业的种植. 其余, 如巴楚县和麦盖提县东部、叶城县东北部临近塔克拉玛干沙漠边缘, 这些区域多为荒漠土地, 降雨量很低, 空气干燥, 风沙多, 植被稀疏, 区域土地难以利用; 塔什库尔干塔吉克自治县和叶城县南部山区地处高海拔区域, 气候严寒, 利于作物健康生长的有效积温不够, 其土地利用状况基本没有发生明显变化, 因此这些区域土地变化密度值最低.

2.5 喀什市绿洲变化情况模拟分析

通过喀什地区绿洲变化斑块密度分析, 可以看出喀什市在各省市对口支援建设下, 其周边区域土地利用方式改变最为剧烈, 未来其变化程度在喀什经济特区发展背景下将持续提升, 为了探究其变化趋势, 基于近 17 年喀什市绿洲土地变化数据, 以 2016 年喀什市绿洲情况为基准期, 利用 CA-Markov 模型来分析喀什市下一个时期的发展变化情况. 图 6 是 2016 年到 2032 年喀什市未来各土地类型变化的预测结果, 可以看出未来喀什市城镇化的进程主要以喀什市原有城市群为中心, 向北继续扩张, 同时建筑用地的图斑相较之前更为紧密、连续, 表明未来喀什经济开发区的建设更为完善, 城镇化进程明显, 将强力有效地带动喀什市及周围区域经济的快速发展. 耕地的扩张主要分布在喀什市北部的荒地乡和浩罕乡; 居民用地的扩张较多的分布于喀什市东边的阿克喀什乡和英吾斯坦乡, 同时这两个乡的草地和耕地在原有基础上平稳增长. 总体来看, 未利用地在逐渐减少, 耕地在逐渐增加, 绿洲规模平稳增长, 喀什市生态环境质量持续提升, 未来喀什市绿洲的扩大趋势同近 17 年内的发展方向相同, 大致向北方和东北方向扩张.

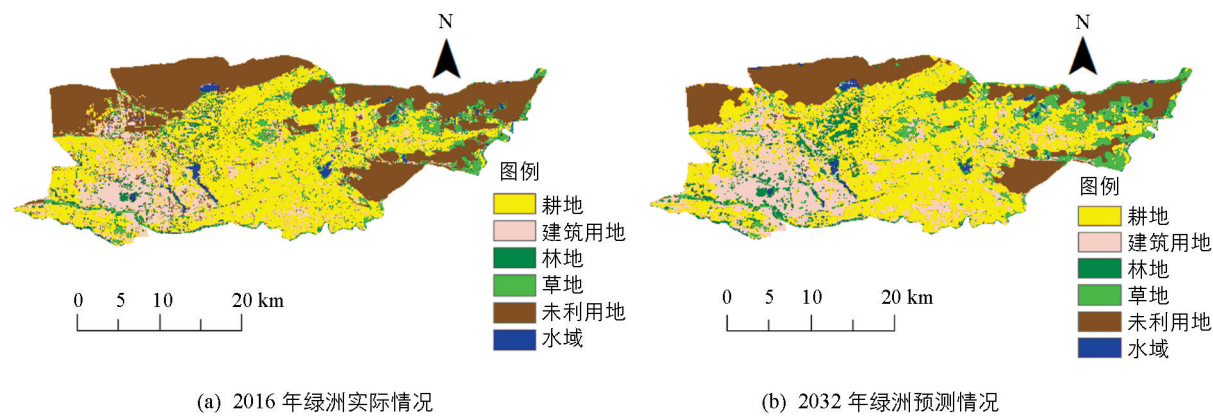
利用 Arc GIS 10.5 栅格计算器工具, 未来喀什市内绿洲像元面积的变化情况统计见表 5. 可以看出, 在 2016 年喀什市土地分类中, 耕地占总体面积比例最大, 达到 41.48%, 其次是未利用地, 达到 30.76%, 建筑用地所占比例为 14.25%. 未来喀什市各类型土地利用方式呈现增长趋势的有耕地、建筑用地、林地和草地, 其中增长幅度较大的是建筑用地和耕地, 分别增长至 19.17% 和 44.67%, 变化幅度分别为 4.92%



底图来源: 国家基础地理信息中心全国地理信息资源目录服务系统;
审图号: GS(2016)2556.

图 5 核密度分析结果

和 3.19%；呈现减少的有水域和未利用地，其中未利用地减少趋势最为明显，其占总体面积的份额减少至 19.39%，变化幅度达到 11.37%，面积约减少了 113.13 km²。水域面积出现减少的趋势，表明喀什市绿洲面积在不断扩张的同时，对水的需求量比较大，未来喀什市水资源面临较大的压力，需要重点防控。



底图来源：国家基础地理信息中心全国地理信息资源目录服务系统；审图号：GS(2016)2556.

图 6 喀什市绿洲变化情况预测结果分布图

表 5 喀什市 2016—2032 年绿洲内各土地利用类型面积变化预测值

类型	2016 年		2032 年		变化比例/ %
	实际面积/km ²	比例/%	实际面积/km ²	比例/%	
耕地	413.463	41.48	445.718	44.67	+3.19
水域	11.387	1.15	8.599	0.86	-0.29
建筑用地	141.969	14.25	191.216	19.17	+4.92
林地	32.356	3.25	51.760	5.19	+1.94
草地	90.823	9.11	107.001	10.72	+1.61
未利用地	306.552	30.76	193.419	19.39	-11.37

3 结 论

本研究以 2000 年和 2016 年 Landsat 卫星影像数据、DEM 数据、NDVI 数据，采用监督分类提取喀什绿洲土地覆盖变化数据，结合 GIS 空间分析，分析其在最近 17 年的时间尺度上喀什绿洲土地空间分布特征和变化规律，并根据其变化特点模拟预测未来喀什市在“一带一路”建设背景下其土地空间的变化，得出以下结论：

1) 空间分布上，2000—2016 年内喀什绿洲在空间趋势上发生了变化，其整体方向由西南往东北方向发生偏移，地区内绿洲图斑的空间规模在原有基础上沿着流域附近稳定扩充。数量变化上，近 17 年间喀什绿洲内各土地类型之间均存在相互转变。其中，未利用地面积减少最多，主要向建筑用地、耕地和草地变化。绿洲内不同土地利用类型净变化比率中，耕地和建筑用地占比最多，净增长均在 40% 以上。

2) 县域尺度上，喀什地区各县市绿洲土地利用变化密度差异较大，呈现出“中心式扩散趋势”。在国家提出对口支援新疆建设战略以来，整个地区绿洲土地变化密度值以喀什市为首，其相邻城市伽师县、疏勒县和岳普湖县紧随其后，经济驱动因素造成了这些地区土地变化最为活跃，而疏附县、英吉沙县和塔什库尔干塔吉克自治县土地变化密度值相对较低。除此之外，巴楚县和麦盖提县东部、叶城县东北部和南部山区由于环境恶劣其绿洲发展状况没有发生明显变化。

3) 喀什市土地利用分类模拟预测结果显示，未来喀什市绿洲变化情况主要以喀什市原有城市群为中心，向北继续扩张，同时建筑用地的图斑相较之前更为紧密、连续，表明未来喀什经济开发区的建设更为完善，引领区域内经济发展，城镇化进程明显。未来喀什市各类型土地利用方式呈现增长的有耕地、建筑用地、林地和草地，其中增长幅度较大的是建筑用地和耕地；呈现减少的有水域和未利用地，喀什市绿洲

面积在不断扩张的同时,对水的需求量比较大,喀什市城市化发展过程中水资源面临较大的压力,需要进行合理调控,促进喀什地区国土资源合理利用发展。

喀什绿洲作为农业大区,绿洲规模扩充方向由西南向东北方向转移,扩充形式主要表现为耕地和建设用地的快速增长,其中喀什噶尔河下游和叶尔羌河流域内耕地数量增长最迅速,区域内应重点杜绝弃耕抛荒耕地等土地资源粗放利用问题,同时进一步调整不合理灌溉措施,避免次生盐渍化,使得该地区绿洲长期稳定发展。随着喀什经济特区的快速发展^[29],城镇化建设持续推进,区域土地变化将更为剧烈,合理安排绿洲内土地资源的空间布局,提升绿洲土地利用效率尤为必要,使区域生态环境和经济共同发展,打造高质量、高活力的绿色丝绸之路经济带。本研究分析了喀什地区2000—2016年绿洲土地利用空间变化的趋势以及特征,但是由于数据空间分辨率(15 m)较大,采用一级分类提取绿洲信息,只能从整体上挖掘土地资源变化量,发现喀什地区热点变化区域。在未来的绿洲土地资源动态特征变化研究中,可以通过高分辨率影像来进一步提升数据质量,提升精度,深入讨论脆弱环境下喀什地区热点变化区域内绿洲内部空间特征、变化趋势,探究人类干扰程度,为喀什地区绿色城镇化发展提供理论建设支持。

参考文献:

- [1] 高 超,雷 军,金凤君,等. 新疆绿洲城市生态环境系统脆弱性分析 [J]. 中国沙漠, 2012, 32(4): 1148-1153.
- [2] 杨华容,王怀英,彭文甫,等. 区域土地利用/覆被时空动态变化研究——以四川省金堂县为例 [J]. 中国农业资源与区划, 2016, 37(8): 37-46.
- [3] 王一航,夏 沛,刘志锋,等. 中国绿洲城市土地利用/覆盖变化研究进展 [J]. 干旱区地理, 2019, 42(2): 341-353.
- [4] 李孝永,匡文慧. 京津冀 1980—2015 年城市土地利用变化时空轨迹及未来情景模拟 [J]. 经济地理, 2019, 39(3): 187-194, 200.
- [5] 马恩朴,蔡建明,林 静,等. 远程耦合视角下的土地利用/覆被变化解释 [J]. 地理学报, 2019, 74(3): 421-431.
- [6] 义白璐. 土地资源动态监测研究进展与展望 [J]. 吉林农业, 2018(22): 39.
- [7] 付 刚,白加德,齐 月,等. 基于 GIS 的北京市生态脆弱性评价 [J]. 生态与农村环境学报, 2018, 34(9): 830-839.
- [8] 陈 尧,蒋文伟,陈 闪,等. 基于 RS 和 GIS 城镇生态脆弱性评价研究——以慈溪市龙山镇为例 [J]. 西北林学院学报, 2015, 30(6): 242-249.
- [9] 周月敏,王建华,马安青,等. 基于遥感和地理信息系统的临泽县土地利用动态变化分析 [J]. 中国沙漠, 2003, 23(2): 142-146.
- [10] 亚库普·约麦尔,阿里木江·卡斯木. 喀什市土地利用变化下的生态敏感性研究 [J]. 生态科学, 2016, 35(2): 19-25.
- [11] 王冬辰,杜培军,苏红军,等. 近 20 年大同市土地利用/覆盖遥感变化分析 [J]. 干旱区资源与环境, 2015, 29(7): 68-75.
- [12] 张景华,封志明,姜鲁光. 土地利用/土地覆被分类系统研究进展 [J]. 资源科学, 2011, 33(6): 1195-1203.
- [13] 吕霜霜,王子芳,王金柱,等. 基于 LUCC 的生态服务价值变化研究 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2019, 41(9): 125-133.
- [14] 刘光禹,高敏华,颜 亮,等. 基于 RS 与 GIS 的喀什地区绿洲近 30 年的变化研究 [J]. 陕西科技大学学报(自然科学版), 2008, 26(3): 120-124.
- [15] 王文杰,张永福. 基于 GIS 的新疆喀什地区耕地变化及驱动力研究 [J]. 湖北农业科学, 2016, 55(17): 4560-4564.
- [16] 陈西亮,张佳华. 基于 TM 影像的喀什地区土地利用分类 [J]. 湖北农业科学, 2016, 55(15): 4001-4005.
- [17] 曾 鹏,蒋团标,廉 超. 新疆喀什经济特区跨越式发展战略研究 [J]. 经济地理, 2012, 32(6): 15-20.
- [18] 中国科学院计算机网络信息中心地理空间数据云平台 Landsat 系列数据 [DB/OL]. [2018-06-25]. <http://www.gs-cloud.cn/>.
- [19] 国家基础地理信息中心全国地理信息资源目录服务系统 [DB/OL]. [2017-09-25]. <http://www.webmap.cn/main.do?method=index>.
- [20] 国土资源部. GB/T 21010-2017, 土地利用现状分类国家标准 [S]. 中国国家标准化管理委员会, 2017.
- [21] Mitchell, Andy. The ESRI Guide to GIS Analysis: Volume 2: Spatial Measurements and Statistics [J]. Esri Press, 2005.
- [22] DEHNAD K. Density Estimation for Statistics and Data Analysis [J]. Technometrics, 1987, 29(4): 495.
- [23] 杨 俊,解 鹏,席建超,等. 基于元胞自动机模型的土地利用变化模拟——以大连经济技术开发区为例 [J]. 地理学

- 报, 2015, 70(3): 461-475.
- [24] 周 锐, 苏海龙, 王新军, 等. 基于 CLUE-S 模型和 Markov 模型的城镇土地利用变化模拟预测——以江苏省常熟市辛庄镇为例 [J]. 资源科学, 2011, 33(12): 2262-2270.
- [25] ROGERS L C G, WILLIAMS D. Diffusions, Markov Processes, and Martingales [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2000.
- [26] 黎 夏, 叶嘉安, 刘小平. 地理模拟系统: 元胞自动机与多智能体 [M]. 北京: 科学出版社, 2007.
- [27] PONTIUS R G J. Quantification Error Versus Location Error in Comparison of Categorical Maps [J]. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 2000, 66(5): 1011-1016.
- [28] 丰 燕, 王 操. 基于 DEA 方法的土地利用效率提升 [J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2019, 44(5): 74-78.
- [29] 新疆维吾尔自治区发展和改革委员会. 关于加快喀什、霍尔果斯经济开发区建设的实施意见 [EB/OL]. (2012-5-11) [2018-7-26]. http://govinfo.nlc.cn/xjz/xxgk/xjwwwezqfzhggwyh/201207/t20120712_2247449.s.html.

Analysis of Dynamic Change Characteristics of Land Use Spatial Pattern in Kashgar Oasis

LI Lu¹, SUN Gui-li^{1,2}, LU Hai-yan¹,
WANG Gui-hua³, LU Hang¹, SHI Hao-bo¹

1. College of Forestry and Horticulture, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China;

2. Key Laboratory of Forestry Ecology and Industrial Technology in Arid Areas, Urumqi 830052, China;

3. Key Laboratory of Desert Ecosystem and Ecological Engineering, College of Desert Management/
Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010018, China

Abstract: In order to monitor the dynamic expansion degree and changing direction of the oasis in Kashgar area, the Landsat remote sensing image data of 2000 and 2016 were used to extract the land use data of various counties and cities in Kashgar, so as to explore the spatial distribution characteristics and change regularity of oasis in this area, and the changes of land space in Kashi City were simulated by using land transfer matrix, direction distribution, density analysis and the CA-Markov model. The results showed that in the 17 years from 2000 to 2016 the spatial trend of the oasis changed significantly in Kashgar region, and the general direction of migration shifted from the southwest to the northeast. The spatial scale of the entire oasis map showed an increasing trend. In terms of quantity conversion, there was a mutual change between land types in various counties and cities, the greatest transformation occurred in unused land, which was transformed into construction land, agriculture land, grassland and forest land. The acreage of agriculture land and construction land saw a greater increase, each with a net change ratio of 40% or more. On the county scale, the density of land use change in various counties and cities in Kashgar showed a trend of “central diffusion”. Kashi City had the greatest change density value, followed closely by the adjacent cities of Jiashi County, Shule County and Yuephu County. In the future evolution, the urbanization process of Kashi City will be centered on the original urban agglomeration and will continuously expand northward. The pattern of construction land is more compact and continuous than before. The acreage of water area may decrease, which is a problem that requires reasonable control.

Key words: land use change; density analysis; spatial pattern; Kashgar oasis