

DOI:10.7522/j.issn.1000-0240.2020.0056

JIA Xiang, LI Qi. The temporal and spatial variation characteristics of winter cattle camps in the mountainous area of the Tizinafu River basin[J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2020, 42(2):716-726. [贾翔, 李琪. 提孜那甫河流域山区冬季牲畜宿营地时空变化特征[J]. 冰川冻土, 2020, 42(2):716-726.]

提孜那甫河流域山区冬季牲畜宿营地时空变化特征

贾翔^{1,2,3}, 李琪³

(1. 新疆干旱区湖泊环境与资源实验室, 新疆 乌鲁木齐 830054; 2. 新疆师范大学 地理科学与旅游学院, 新疆 乌鲁木齐 830054; 3. 乌鲁木齐空间遥感应用研究所, 新疆 乌鲁木齐 830054)

摘要: 冬季牲畜宿营地是游牧过程中牲畜和人共同休憩的场所。通过解译提孜那甫河流域2000年、2010年和2018年的Landsat影像, 提取相应时期的冬季牲畜宿营地信息, 探究近18年来宿营地的时空变化特征。结果表明: 研究区冬季牲畜宿营地由2000年的306处增至2018年的712处, 其数量和面积增加显著; 宿营地分布热点区由中部向东西向扩散, 冷点区沿西北-东南方向蔓延; 宿营地分布于海拔2 100~3 000 m的水草条件较好的缓坡区域, 由阴坡逐渐向阳坡过渡, 向居民点方向迁移, 与道路的距离呈两级分化的趋势, 冰雪融水是牲畜和牧民的主要水源; 人口、载畜量、NDVI和农村公路密度是冬季牲畜宿营地时空变化的最主要驱动力因素。鉴于牧民相对恶劣的生产生活现状, 建议因地制宜, 增加和改善露营基础设施, 助力脱贫攻坚。

关键词: 提孜那甫河; 冬季牲畜宿营地; 时空变化; 驱动力

中图分类号: S815.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-0240(2020)02-0716-11

0 引言

畜牧业是新疆主要的生产方式和重要的经济支柱, 也是新疆国民经济的重要组成部分^[1-2]。昆仑山北坡冬季牲畜宿营地作为牲畜越冬的主要场所之一, 在防灾减灾和促进牧业发展方面地位尤为重要^[3]。改革开放以来, 随着社会经济的快速发展, 人口压力不断增大, 载畜量也随之增加^[4-6], 由此引发过度放牧、滥垦、乱采滥挖等不合理现象大量涌现, 进而造成一系列草原生态问题^[7]。分析冬季牲畜宿营地的时空变化特征对提孜那甫河流域畜牧业健康发展和生态环境改善意义重大。国外相关学者^[8-11]将牲畜宿营地(cattle camp)定义为游牧民族在游牧过程中牲畜和人共同休憩的场所, 国内少数学者如章祖同^[12]和麻国庆^[13]称牲畜宿营地为营盘。陈蜀江等^[14]采用遥感手段分析了提孜那甫河流域冬季牲畜宿营地的环境特征, 探究了当地

牧民的生活生存条件, 但是缺乏对该区域牲畜宿营地的空间分布及其动态变化方面的研究。

提孜那甫河流域牲畜宿营地主要在冬春季驻牧, 最冷月份平均气温低至 $-13.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ^[14], 恶劣的低温条件使放牧变得极其艰难^[15-17]。加之宿营地附近没有建筑材料, 如建设固定居所则成本极高, 而牧民财力有限, 只能依靠牛、骆驼作为迁运工具就地取材, 适时转移宿营地来勉强维持冬春放牧以保证生活来源^[18-19]。

本研究以提孜那甫河流域冬季牲畜宿营地研究成果为基础^[14], 借助遥感技术和统计分析方法, 利用不同时期Landsat影像, 并结合实地调查, 提取2000年、2010年和2018年冬季牲畜宿营地(cattle camp)的位置及其范围, 探究近18年来提孜那甫河流域宿营地的动态变化特征, 以期当地畜牧业健康可持续发展、生态环境保护和脱贫攻坚提供科学依据。

收稿日期: 2019-04-12; 修订日期: 2020-01-17

基金项目: 新疆师范大学新疆干旱区湖泊环境与资源实验室招标课题(XJNUSYS2019B20); 新疆维吾尔自治区高校科研计划(XJEDU2019Y031)资助

作者简介: 贾翔(1988-), 男, 河南南阳人, 经济师, 2015年在新疆师范大学获硕士学位, 从事资源环境遥感研究。

E-mail: jiaxiang19891204@126.com

通信作者: 李琪, 经济师, 从事遥感与地理信息系统研究. E-mail: 530003439@qq.com.

1 研究区概况

研究区位于昆仑山西北坡叶尔羌河流域支流——提孜那甫河流域山区(图1), 地理坐标 $77^{\circ}26' \sim 77^{\circ}39' \text{E}$, $36^{\circ}56' \sim 37^{\circ}47' \text{N}$, 平均海拔 2 850 m, 西部和南部高大的昆仑山脉和喀喇昆仑山脉减弱了太平洋和印度洋海洋气流的湿润作用, 东部地形开阔, 干燥的大陆气团和北冰洋寒冷气流长驱直入进而形成典型的暖温带大陆性干旱气候^[20-22]。独特的地理位置和生态环境使得当地广泛分布着荒漠

和草原化荒漠^[23], 可利用天然草地面积 $53.33 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 畜牧业成为主导产业, 年理论载畜量 $47 \times 10^4 \text{ CU}$ (CU 全称 cattle units, 代表统计体型大小不同牲畜数量的一种单位, 单个 CU 约等于 1 头牛/羊/马/驴/骆驼)。其中: 夏秋场 $20 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 理论载畜量 $79 \times 10^4 \text{ CU}$; 冬春场 $34 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 理论载畜量 $32 \times 10^4 \text{ CU}$ ^[3]。主要牲畜品种为叶城绵羊, 采取半牧放半圈养, 多依赖四季草场放牧, 而马、耕牛、奶牛、驴等牲畜多圈养, 山羊则采取牧放方式, 80% 骆驼在前山地带牧放^[26]。

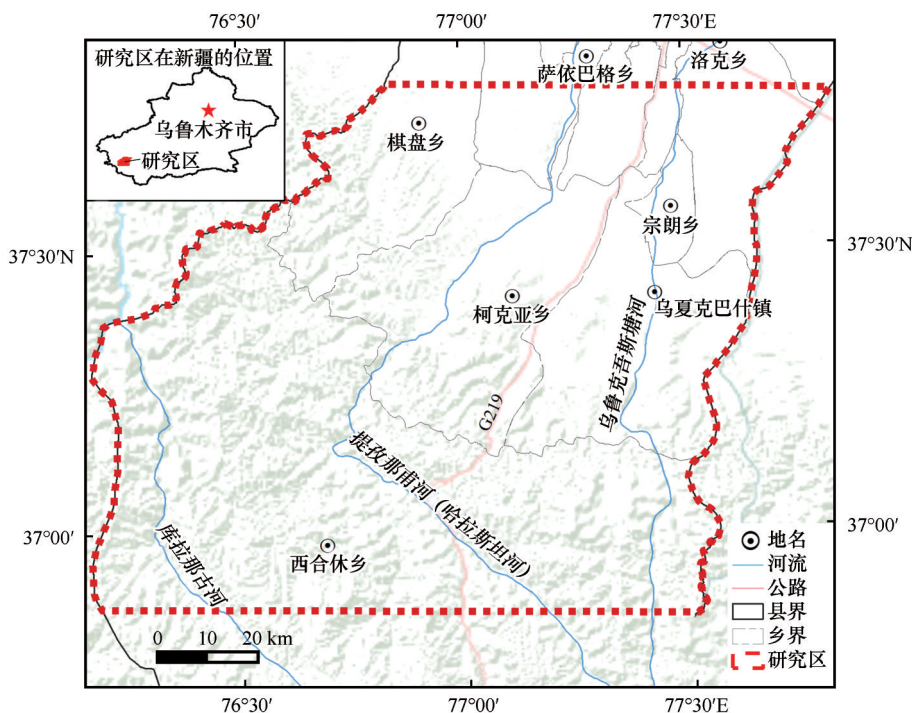


图1 研究区位置示意图

Fig. 1 Map showing the study area

研究区常住人口由 2000 年的 24.2×10^4 人增至 2018 年的 30.5×10^4 人, 近 18 年来人口增长率高达 25%, 其牲畜量也由 2000 年的 $92.62 \times 10^4 \text{ CU}$ 增至 2018 年的 $129.35 \times 10^4 \text{ CU}$ ^[24]。高速增长的人口, 一方面为绿洲资源的开发带来较为丰富的人力资源, 同时也增加了流域内土地资源和水资源的承载压力^[25-26]。鉴于研究区草场所有权归国家所有, 其使用权包草到户, 单个草场较大, 对冬季牲畜宿营地选择和固定居所建立的影响较小。

2 资料与方法

2.1 数据源与预处理

研究区地处山区, 夏季云量较冬季少, 且宿营

地植被覆盖度较周围更低, 利用遥感影像易于区分相关地物。因此, 本文选用来源于美国地质勘探局的 2000 年 8 月和 2010 年 7 月 landsat7 ETM+ (LE71490342000232EDC00、LE71480342010191SGS00) 以及 2018 年 5 月 Landsat8 OLI (LC81480342018129LGN00) (影像云量均低于 3%), 用于提取冬季牲畜宿营地; ASTER GDEM 数字高程数据来源于地理空间数据云, 空间分辨率为 30 m, 用于分析冬季牲畜宿营地沿地形分布情况; 50 个冬季牲畜宿营地样点来源于野外实地调查, 用于验证宿营地提取精度; 其他数据包括来源于国家基础地理信息数据库的行政界线、道路等和 2014 年新疆森林资源补充二类调查成果中的森林资源、居民点等。

运用 ENVI、ERDAS IMAGINE 等遥感数据处理软件对 Landsat 影像进行辐射定标、大气校正、几何纠正、波段融合等预处理, 最终得到空间分辨率为 15 m 的影像; 为了与上述影像相匹配, 运用 ArcGIS 把 DEM 影像转换成地形等高线, 通过插值处理等高线计曲线和首曲线后转换成分辨率为 15 m 的 DEM, 以满足研究需要。

2.2 冬季牲畜宿营地信息提取

冬季牲畜宿营地以木栅栏和铁丝网材料为主, 以大量牲畜排泄物覆盖及少量草组成的半露天圈棚。由于其下垫面原为草地, 经过累积使用, 内部牲畜排泄物厚重, 含水量丰富, 加之牲畜践踏, 使得宿营地内部及周围草地基本消失, 裸露地表与其他类型相比变得有所不同, 光谱特征与草地有显著差异。同时, 研究区地广人稀, 以荒漠草原为主, 每户牧民居所相距短则 5~7 km, 长则数十千米以上。因此, 宿营地在影像上的纹理特征极其显著。宿营地表面以黄土为主, 同时有 30% 左右的粪便

(黑色)堆积, 植被覆盖度较周围低, 使得宿营地本身在影像上显得非常突出, 其色调较深较周围地物更黑, 差别更大, 一般为灰褐色的不规则斑块状, 且远离绿洲农田(图 2a)。陈蜀江等^[14]研究发现, 冬季牲畜宿营地的反射率整体高于草地、绿洲的反射率, 在近红外和热红外波段处, 宿营地反射率比草地反射率分别高出 0.0091 和 0.0087, 在短波红外处, 宿营地反射率明显高于绿洲反射率, 差值为 0.0212。沿用陈蜀江等^[14]提取冬季牲畜宿营地的方法和流程, 借助宿营地光谱特征, 确定最佳波段为 5~7~10 波段组合(Landsat8 OLI)和 4~3~6 波段组合(landsat7 ETM+), 提取宿营地的遥感影像基础特征(图 2b)。利用人工交互方式, 借助 ERDAS IMAGINE 平台, 采用质心型增长模型解译并提取 2000 年、2010 年、2018 年冬季牲畜宿营地信息。利用野外实地调查记录的 50 个冬季牲畜宿营地样点对已提取宿营地进行精度验证, 整体精度达到 92%。

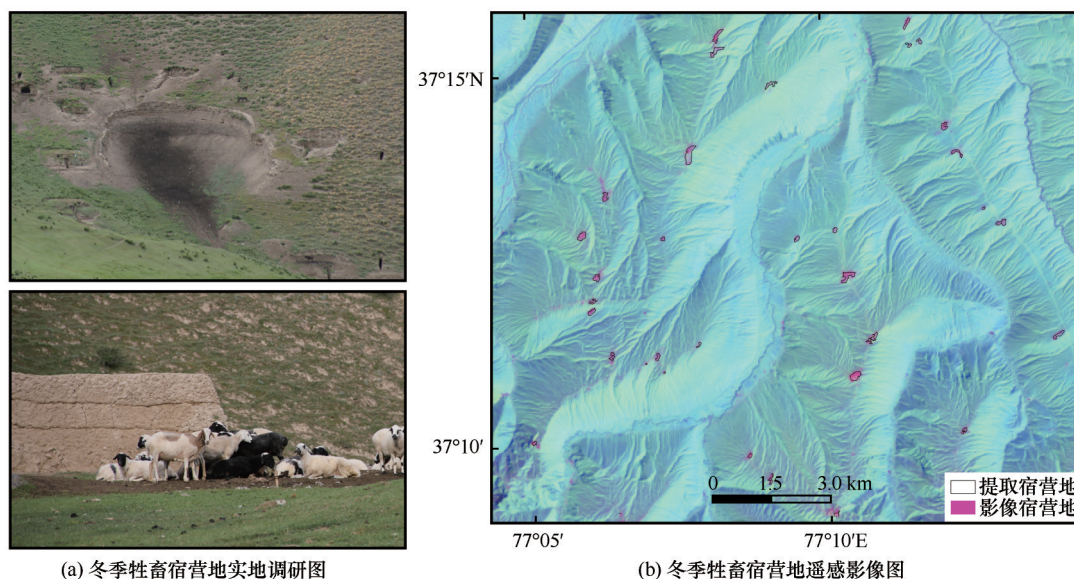


图 2 冬季牲畜宿营地示意图

Fig. 2 Photo showing the winter cattle camp (a) and remote sensing imagery of the study area (b)

2.3 空间统计分析

基于 3 个时期冬季牲畜宿营地分布数据, 分别采用 Moran 指数和 Getis-Ord 指数来衡量不同时期宿营地面积的全局空间关联特征和局部空间关联特征^[28], 借此说明各时期宿营地面积的空间总体相似程度和局部集聚程度。

(1) Moran 指数计算公式^[29]为:

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} \right) \left[\left(\sum_{i=1}^n x_i - \bar{x} \right)^2 \right]} \quad (1)$$

式中: I 为 Moran 指数; x_i, x_j 为冬季牲畜宿营地 x 在相邻配对空间单元的取值, \bar{x} 为所用宿营地面积平均值; w_{ij} 为相邻权重(通常规定, 若宿营地 i 和 j 相邻则 $w_{ij}=1$, 否则 $w_{ij}=0$); n 为空间单元总数。Moran

I 值域为 $[-1, 1]$, >0 表示正相关, $=0$ 表示不相关, <0 表示负相关。

(2) Getis-Ord 指数计算公式^[29]为:

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^n w_{i,j} x_j - \bar{x} \sum_{j=1}^n w_{i,j}}{S \sqrt{\frac{n \sum_{j=1}^n w_{i,j}^2 - \left(\sum_{j=1}^n w_{i,j} \right)^2}{n-1}}} \quad (2)$$

$$\bar{x} = \frac{\sum_{j=1}^n x_j}{n} \quad (3)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n x_j^2}{n} - (\bar{x})^2} \quad (4)$$

式中: G_i^* 为 Getis-Ord 指数; x_j 是冬季牲畜宿营地 j 的面积值; $w_{i,j}$ 是宿营地 i 和 j 的空间权重; n 为宿营地总数。利用自然断裂法对不同时期 Getis-Ord 指数进行可视化表达。

2.4 环境特征变化分析

利用 ArcGIS、ERDAS IMAGINE 等遥感软件, 综合分析了 2000 年、2010 年、2018 年等 3 期冬季牲畜宿营地的海拔、坡度、坡向、水源及其它环境特征, 探究宿营地的环境优劣性, 比较不同时期宿营地因环境变化所产生的迁移特征。

3 结果与分析

通过对研究区牲畜宿营地环境特征变化进行定量分析, 从中获取有关研究对象的空间位置、空

间分布、空间演变等规律。了解和掌握提孜那甫河流域牲畜宿营地的分布规律和发展趋势, 便于对研究区畜牧业发展提出科学合理建议。为此, 针对沿海拔坡度坡向分布特征、与水源距离及其他环境特征进行全方面的解析牲畜宿营地的发展及其规律, 探究了山区牧草场的优劣及牧民的生活生存条件, 从而可以为当地畜牧业可持续发展、生态环境平衡及草原资源合理利用提供一定的科学依据。

3.1 面积和数量变化

冬季牲畜宿营地的面积和数量一定程度上反映了载畜量和过牧程度。统计结果显示: 2000—2018 年间宿营地由 306 处增至 712 处, 增幅达 133%, 单处平均面积由 14 166 m² 降至 11 400 m², 降幅为 20%, 单处最大面积和单处最小面积的降幅分别为 33% 和 25%, 其中 2000—2010 年的宿营地数量和面积的变化幅度远高于 2010—2018 年, 随时间推移宿营地数量和面积渐趋稳定(表 1)。

对于不同面积区间的分布数量指标, 2000—2018 年, 冬季牲畜宿营地数量增长较大的面积区间为 10 000 ~ 20 000 m² 和大于 20 000 m², 但增长趋势较为缓慢。

依据《天然草地合理载畜量的计算》^[30], 研究区实际载畜量超过理论载畜量的 115%。随着畜群数量多, 放牧场平均面积相对变小, 同一放牧场频繁利用导致草地质量下降和过度放牧^[14], 解决过度放牧问题已成为转变草原退化趋势的核心问题之一^[31]。

表 1 2000—2018 年冬季牲畜宿营地的面积和数量

Table 1 Area and number of the winter cattle camps in 2000, 2010 and 2018

年份	单处最大面积/m ²	单处最小面积/m ²	总面积/m ²	平均面积/m ²	数量/处	营地在不同面积区间的分布数量/处		
						≤10 000 m ²	10 000 ~ 20 000 m ²	≥20 000 m ²
2000	48 780	8 499	3 488 500	14 166	306	89	175	42
2010	42 690	7 850	8 267 900	13 389	618	55	478	85
2018	32 860	6 358	10 085 920	11 400	712	46	520	146

3.2 时空演变

3.2.1 全局空间关联特征

2000 年、2010 年和 2018 年冬季牲畜宿营地面积均呈现较弱的全局空间正相关性, 空间自相关系数分别为 0.14、0.25 和 0.23, 相关性先增强后减弱, 各宿营地的面积不受研究区整体宿营地面积的影响, 其发展多处于无序状态^[31]。

3.2.2 局部空间关联特征

2000 年、2010 年和 2018 年的 Getis-Ord 指数可

视化结果表明(图 3): 2000 年热点区分布于研究区中部, 整体上呈条带状分布, 较明显热点中心 2 个, 冷点区分布于西北部, 冷点中心 4 个; 2010 年较 2000 年热点区整体分布范围并未扩大, 但内部瓦解为 6 个热点中心, 较之前逐步转为小聚集分布, 冷点区沿西北—东南方向扩散, 冷点中心增至 7 个, 贯穿整个研究区; 2018 年较 2010 年热点区沿东北方向扩散, 热点中心增至 8 个, 冷点区只在西部区域有所扩散, 冷点中心并无增加。冬季牲畜宿

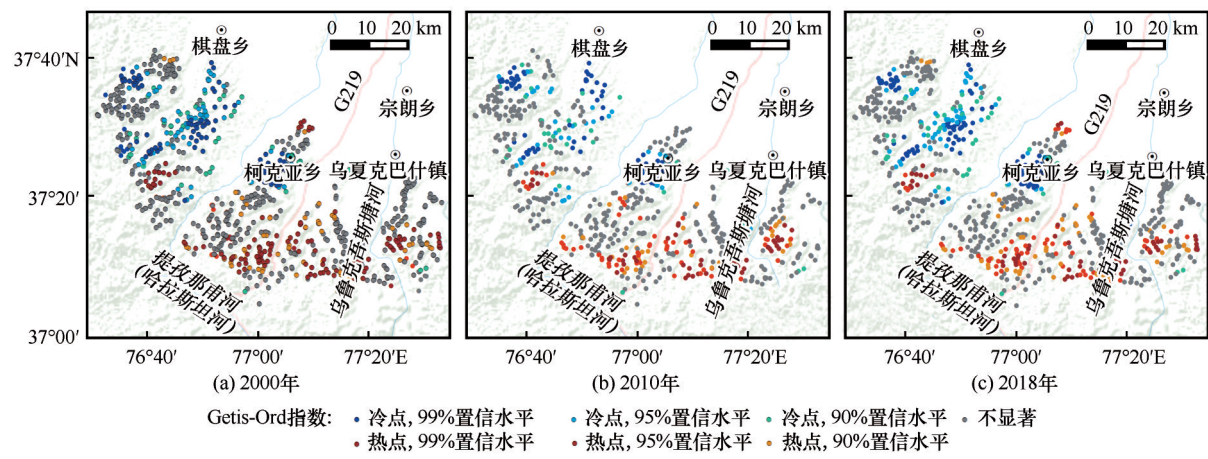


图3 2000–2018年冬季牲畜宿营地水平空间格局演化

Fig. 3 Visualization results of the Getis-Ord index of the winter cattle camps in 2000, 2010 and 2018

营地的局部集聚程度越来越高，与人口的增长和良草资源的趋少有较大关系^[31]。

结合对海拔、坡度、坡向统计结果，将 Getis-Ord 指数可视化图与 DEM、坡度、坡向数据叠加，发现 2000 年冬季牲畜宿营地冷点区处于海拔 2 192 ~ 2 966 m，热点区处于海拔 2 774 ~ 2 971 m；2010 年冷点区处于海拔 2 206 ~ 2 979 m，热点区处于海拔 2 788 ~ 2 987 m；2018 年冷点区处于海拔 2 215 ~ 2 989 m，热点区处于海拔 2 798 ~ 2 998 m。近 18 年来宿营地分布的海拔整体上升，主要是由于中海拔区域水草条件较好，有利于冬季宿营^[32]。

3.3 环境特征变化

3.3.1 海拔特征

近 18 年来冬季牲畜宿营地分布于海拔 2 100 ~ 3 000 m，其中：2 100 ~ 2 600 m，三个时期分别占各时期总数的 5.56%、9.22%、9.41%；2 600 ~ 2 800 m 占比分别为 15.36%、24.11% 和 23.60%；2 800 ~ 3 000 m，比例分别达 79.08%、66.67% 和 66.99%。各时期宿营地主要分布于 2 800 ~ 3 000 m，其次为 2 600 ~ 2 800 m；沿各高度带的分布均呈现逐渐增大的趋势(表 2)。研究区中海拔区域温度适宜，冰雪融水相对充裕，具有较好的水草条件，更适宜冬季宿营^[32]。

3.3.2 坡度特征

坡度的缓急会影响小气候的变化，进而作用于冬季牲畜宿营地的分布。根据相关技术规程，结合研究区实际情况，将坡度等级划分为平坡(0°~5°)、缓坡(6°~15°)、斜坡(16°~25°)、陡坡(26°~35°)、急坡(36°~45°)和险坡(45°以上)，利用 DEM 得到的坡度与冬季牲畜宿营地进行叠加统计，结果如表 3

所示。研究表明，冬季牲畜宿营地主要分布于平坡和缓坡，其中：2000 年宿营地主要集中于缓坡，其次为平地；2010 年缓坡为宿营地的主要分布区域，其次为平地和斜坡，分布数量相近；2018 年宿营地多数分布于缓坡，其次为平地。因地形有利防卫，可避免发生踩空，缓坡更适合作冬季牲畜宿营地^[14]。

表 2 2000–2018 年各海拔宿营地数量(处)

Table 2 Number of the winter cattle camps at various altitude ranges in 2000, 2010 and 2018

年份	2 100 ~ 2 600 m	2 600 ~ 2 800 m	2 800 ~ 3 000 m
2000	17	47	242
2010	57	149	412
2018	67	168	477

表 3 2000–2018 年各坡度宿营地数量(处)

Table 3 Number of the winter cattle camps on various slopes in 2000, 2010 and 2018

年份	平地	缓坡	斜坡	陡坡	极坡	险坡
2000	92	147	51	12	2	2
2010	118	361	114	21	1	3
2018	145	415	122	25	1	4

3.3.3 坡向特征

坡向对于山地生态有着较大的作用，山地的方位对日照时数和太阳辐射强度有一定的影响。将坡向分为北坡(315°~45°)、东坡(45°~135°)、南坡(135°~225°)和西坡(225°~315°)四个坡向，其中北坡和东坡为阴坡，南坡和西坡为阳坡，利用 DEM 得到的坡向与冬季牲畜宿营地叠加(表 4)。冬季牲畜宿营地主要分布于南坡和西坡，其中：2000 年西坡和南坡的宿营地数量占总数的

73.86%, 2010 年占比增至 83.33%, 2018 年占比微降至 83.15%。宿营地由阴坡向阳坡逐渐过渡, 主要是由于阳坡的光照条件较好, 冰雪融水相对充足, 草覆盖度高^[32], 更利于越冬放牧。

表4 2000–2018 年各坡向宿营地数量(处)
Table 4 Number of the winter cattle camps on the four slopes in 2000, 2010 and 2018

年份	北	东	南	西
2000	42	38	100	126
2010	21	82	230	285
2018	25	95	262	330

3.3.4 水源特征

水是牲畜生存的主要因素, 不合理的饮水将严重影响营养物质在牲畜体内的转化效率, 进而减少畜产品收入^[33]。由于特殊的地形地貌, 山区草地成为研究区主要的水源涵养地^[32]。冬季牲畜宿营地距离水源较远, 集中于 1 000~3 000 m, 此段距离相应的宿营地数量分别占总数的 78.43%、77.35% 和 77.95%, 基本无差异(表 5), 选择宿营地时不仅要考虑水源远近, 还要综合考虑地形和温度等多种因素^[14], 因取水较为困难, 与水源水平距离是影响宿营地空间分布变化的主要因素。

表5 2000–2018 年到水源地不同水平距离的宿营地数量(处)

Table 5 Number of the winter cattle camps on the different horizontal distance from the cattle camp to water source in 2000, 2010 and 2018

年份	≤1 000 m	1 000~2 000 m	2 000~3 000 m	≥3 000 m
2000	37	141	99	29
2010	91	281	197	49
2018	93	339	216	64

2000 年、2010 年和 2018 年冬季牲畜宿营地距水源高差主要集中于 300 m 以上, 特别是 500 m 以上数量较多, 距水源高差 300 m 以上的宿营地数量在各时期分别占总数的 78.10%、73.30% 和 85.11%(表 6), 冰雪融水是牲畜和牧民的主要水源, 但受水源稀少和复杂地形影响, 取水困难^[14]。

3.3.5 其他环境特征

(1) 位置特征

利用 ArcGIS 软件的邻域分析工具, 对到山脊不同水平距离的宿营地数量进行统计(表 7)。结果表明: 冬季牲畜宿营地靠近山脊, 水平距离多小于

200 m, 各时期 200 m 以下宿营地数量分别占总数的 41.50%、54.37% 和 43.40%, 其次为 200~500 m。宿营地多分布于山梁或山坡, 主要由于上述地形视野开阔, 便于牧民放牧过程中监视羊群食草、大范围放牧及预判危险^[32]。

表6 2000–2018 年到水源地不同垂直距离的宿营地数量(处)

Table 6 Number of the winter cattle camps on the different vertical distance from the cattle camp to water source in 2000, 2010 and 2018

年份	≤100 m	100~200 m	200~300 m	300~400 m	400~500 m	≥500 m
2000	21	13	33	73	76	90
2010	39	43	83	143	121	189
2018	55	21	30	177	170	259

表7 2000–2018 年到山脊不同水平距离的宿营地数量(处)

Table 7 Number of the winter cattle camps on the different horizontal distance from the cattle camp to ridge in 2000, 2010 and 2018

年份	≤200 m	200~500 m	500~1 000 m	≥1 000 m
2000	127	76	59	44
2010	336	108	81	93
2018	309	229	89	85

(2) 交通特征

借助 ArcGIS 软件的距离分析工具, 统计各宿营地几何中心至最近道路的距离(表 8)。结果显示, 宿营地离道路水平距离极不均衡, 水平距离多在 100 m 以下和 1 000 m 以上, 其中: 2000 年 100 m 以下和 1 000 m 以上宿营地数量各占总数 30.39% 和 39.87%, 2010 年比例为 36.41% 和 40.94%, 2018 年为 36.38% 和 35.11%。总体来看, 三个时期宿营地与道路的距离呈两极分化的特征, 在 ≤100 m 和 ≥1 000 m 范围内广泛分布。冬季牲畜宿营地与居民点之间的交通主要依靠简易牧道, 大部分道路弯曲复杂, 坡度较大, 多数仅供摩托车行驶, 极为不便^[14]。

(3) 到居民点的距离

利用 ArcGIS 软件的邻域分析工具, 对到居民点不同水平距离的宿营地数量进行统计(表 9)。结果表明: 冬季牲畜宿营地离居民点的水平距离多在 20 000~50 000 m, 距离较远, 交通极为不便。2000 年离居民点的水平距离 20 000~50 000 m 的宿

营地数量占总数的 87.91%，2010 年降至 80.42%，2018 年降至 75.70%，10 000~20 000 m 宿营地数量占比增至 21.91%，宿营地逐渐向居民点靠近。

表 8 2000—2018 年到道路不同水平距离的宿营地数量(处)

Table 8 Number of the winter cattle camps on the different horizontal distance from the cattle camp to road in 2000, 2010 and 2018				
年份	≤100 m	100 ~ 500 m	500 ~ 1 000 m	≥1 000 m
2000	93	63	28	122
2010	225	83	57	253
2018	259	148	55	250

表 9 2000—2018 年到居民点不同水平距离的宿营地数量(处)

Table 9 Number of the winter cattle camps on the different horizontal distance from the cattle camp to housing estate in 2000, 2010 and 2018				
年份	≤10 000 m	10 000 ~ 20 000 m	20 000 ~ 50 000 m	≥50 000 m
2000	4	30	269	3
2010	18	97	497	6
2018	4	156	539	13

3.4 时空变化特征驱动力分析

随着社会经济进程的加快，经济和人口有所增长，产业结构变化显著。其中，基础设施的建设拉近了农牧业产品与消费群体的物理距离。社会经济结构的复杂变化导致对自然资源需求随时间序列发生变化，相应宿营地时空分布也随之改变。根据研究区冬季牲畜宿营地与自然因素和社会经济等其他因素之间的潜在关联性，选择理论上的驱动力指标来构建驱动力指标体系(表 10)，揭示宿营地时空变化的原因。

表 11 主成分载荷矩阵及 Pearson 相关性分析

Table 11 Principal component load matrix and Pearson correlation analyses									
指标	A1	A2	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7
载荷	0.98	0.94	0.92	0.78	0.97	0.93	0.94	0.46	0.54
相关系数	0.95**	0.93**	0.93**	0.82	0.89*	0.88*	0.89	0.29	0.37

注：*表示在 0.05 水平上显著；**表示在 0.01 水平上显著。

4 讨论

提孜那甫河流域冬季牲畜宿营地广泛分布于海拔 2 100~3 000 m 的水草条件较好的中海拔区域。草场利用类型多为冬春草场，取水困难，交通

表 10 2000—2018 年宿营地时空变化驱动力指标体系
Table 10 The time and space change driving force index system about winter cattle camp from 2000 to 2018

驱动因素	指标	指标标号
自然因素(A)	载畜量	A1
	NDVI	A2
	人口	B1
	人均生产总值	B2
社会经济等其他因素(B)	农牧民人均纯收入	B3
	农村公路密度	B4
	第一产业	B5
	第二产业	B6
	第三产业	B7

运用 SPSS 19.0 软件对反映宿营地时空变化原因的 9 个指标进行主成分分析，降维处理后得到第一主成分，其贡献率达 87.62%，表明该成分可以很好地反映原始数据的信息，第一成分的荷载矩阵如表 11 所示。第一主成分与人口、载畜量、NDVI、第一产业、农牧民人均纯收入、农村公路密度成正相关，且载荷均在 0.9 以上，与第二产业和第三产业相关程度不高。为了能够进一步突出主要驱动力，采用 SPSS 19.0 对宿营地时空变化和驱动力指标体系进行 Pearson 相关性分析(表 11)。整体上来看，Pearson 相关性分析与主成分分析呈现一致的结果，均表明人口、载畜量、NDVI、第一产业、农牧民人均纯收入、农村公路密度对宿营地时空变化的驱动作用。但是在选取的众多指标中，人口、载畜量、NDVI 与宿营地时空变化的相关系数分别为 0.93、0.95、0.92，在 0.01 的水平上呈显著相关关系(极显著)，表明人口、载畜量和 NDVI 是提孜那甫河流域山区冬季牲畜宿营地时空变化最主要的驱动因素。

不便，冬季主要靠雪水过冬。缓坡和平坡是冬季牲畜宿营地优先选择的地方，山梁或山坡等视野较为开阔的地带，便于搭建宿营地休憩与放牧，预判风险以防范发生事故^[35]。

近 18 年来受资源和地形等多因素的限制，宿

营地面积和数量渐趋稳定。山区畜牧业发展的过程中,应科学控制牲畜数量,分散放牧,避免草场的严重退化,达到经济效益与生态环境保护的平衡^[36]。

研究区内冰雪融水不足,河流稀疏分布,牲畜和牧民饮水路途遥远,往往只能2~3天才饮水1次,近18年来由于绿洲进山放牧的牧民数量不断增加,高海拔有限的区域已不能满足放牧需求,冬季牲畜宿营地在2 100~2 600 m海拔上数量有所增加。南坡和西坡收到阳光照射优于北坡和东坡,光照条件较好,冰雪较易消融,草覆盖度相对较高,宿营地由阴坡逐渐向阳坡过渡^[37]。

宿营地与水源的水平距离和垂直距离均较大,与水源水平距离非影响宿营地空间分布变化的主要因素;宿营地水平方向上与道路的距离不均衡,多在100 m以下和1 000 m以上;离居民点的距离大多在20 000~50 000 m,表现出向居民点方向迁移的趋势;受交通不便和离居民点较远的制约,加之煤炭、石油等燃料运距远、价格高、路况差而无法广泛普及,大部分越冬燃料只能就地使用畜粪^[38]。改善路况、提高燃料多样性是改善牧区生产生活条件的较为有效的措施。

人口、载畜量、NDVI、第一产业和农村公路密度作为冬季牲畜宿营地时空变化主要的驱动力因素。加大农村公路密度有助于提高宿营地牲畜产品的输出效率。人口增加为牧区提供劳动力的同时,也加大了生存发展压力。宿营地分布范围扩大,牲畜和宿营地数量增加,第一产业比重和牧民收入相应提高。宿营地的变化与载畜量密切相关,载畜量变化依赖于草地覆盖度,而反应草地覆盖度的最佳因子为NDVI,后续应进一步深入研究牲畜宿营地对NDVI的响应关系^[39]。由于牧区草场范围和草地资源有限,一方面应改良养殖技术,合理高效利用草地资源,发展合理有效、可持续利用的资源模式;另一方面需加大科技投入,加强生态补偿机制的研究,推进研究区生态文明建设。

尽管政府在农牧民定居、交通设施、水源等方面已投入较多资源,“五通七有”条件有所改善,但受制于牧区范围较大且分布分散,目前提孜那甫河流域冬季牲畜宿营地的环境仍为恶劣,宿营地多在背风向阳处,冬季气温多在-20~-30℃,缺水和高效薪柴,燃料为牛羊粪,即在荒漠处搭露天火床,借助牛羊粪把沙子烧热,薄土覆表,待燃料耗尽,

铺草或毡子,以此取暖。宿营地的条件不足以进行大规模基础建设,建议相关部门因地制宜,发放可移动便携式帐篷,并适地集中建设固定避险设施,以改善牧民的生存条件,助力牧区的脱贫攻坚^[40]。

由于选取Landsat系列影像,处理后的空间分辨率为15 m,虽然冬季牲畜宿营地提取结果的验证精度较高,能够满足研究需要,但是仍然对后续环境特征变化的分析结果存在一定的影响。以此研究为基础,后续尝试利用高分辨率遥感影像和精细化地理数据对新疆牧区冬季牲畜宿营地进行大范围高精度的研究,为畜牧业可持续健康发展提供科学参考。

5 结论

本研究借助遥感技术和统计分析方法,通过解译不同时期提孜那甫河流域Landsat影像,提取相应时期的冬季牲畜宿营地信息,探究近18年来宿营地的时空变化特征,主要结论如下:

提孜那甫河流域冬季牲畜宿营地数量由2000年的306处增加至2018年的712处,增幅达233%。其中,2000-2010年间的增幅较大,且主要分布于缓坡地带,致使斜坡分布数量增加明显。单个宿营地的平均面积呈减小趋势。

近18年来宿营地发展多处于无序状态,分布的热点区由中部向东西方向扩散,冷点区沿西北-东南方向扩散,贯穿整个研究区,宿营地面积和数量渐趋稳定。

2000年以来宿营地主要分布于2 100~3 000 m的缓坡区域,该区域具有较好的水草条件,且由阴坡逐渐向光照条件较好的阳坡过渡。宿营地距水源的距离集中于1 000~3 000 m,距水源高差主要集中于300 m以上,水源条件普遍较差。宿营地多分布于山梁或山坡,与道路的距离呈两级分化,逐渐向居民点方向迁移。人口、载畜量和NDVI是宿营地时空变化较为主要的驱动因素。

参考文献(References):

- [1] Liu S, Li A, Feng X, et al. A dynamic model of human and livestock tuberculosis spread and control in Urumqi, Xinjiang, China[J]. Computational and Mathematical Methods in Medicine, 2016, 11: 1-10.
- [2] Huang X, Luo G, Lü N. Spatio-temporal patterns of grassland evapotranspiration and water use efficiency in arid areas[J]. Ecological Research, 2017, 32(4): 523-535.
- [3] Xinjiang Comprehensive Investigation Team of Chinese Academy of Sciences. Xinjiang animal husbandry[M]. Beijing: Sci-

- ence Press, 1964: 15 – 16. [中国科学院新疆综合考察队. 新疆畜牧业[M]. 北京: 科学出版社, 1964: 15 – 16.]
- [4] Han Fei, Wang Bingquan, Wang Lijie, et al. *Echinococcus granulosus* infection in dogs and cattle from Xinjiang production and construction corps[J]. Chinese journal of parasitology & parasitic diseases, 2014, 32(3): 245 – 246. [韩菲, 王炳全, 王立杰, 等. 新疆生产建设兵团家犬和家畜细粒棘球绦虫感染情况调查[J]. 中国寄生虫学与寄生虫病杂志, 2014, 32(3): 245 – 246.]
- [5] Wang Y Z, Mu L M, Zhang K, et al. A broad-range survey of ticks from livestock in Northern Xinjiang: changes in tick distribution and the isolation of *Borrelia burgdorferi sensu stricto* [J]. Parasites & Vectors, 2015, 8(1): 449.
- [6] Liu Shoudong, Yu Jinqiu, Ha Nati. Study on the climatic model of grass-feeding cattle geographical distribution in Xinjiang [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2010, 26(8): 294 – 297. [刘寿东, 于晋秋, 哈纳提. 新疆家畜地理分布气候模式研究[J]. 中国农学通报, 2010, 26(8): 294 – 297.]
- [7] Sampat A M, Martín-Hernández E, Martín M, et al. Technologies and logistics for phosphorus recovery from livestock waste [J]. Clean Technologies and Environmental Policy, 2018, 20(7): 1563 – 1579.
- [8] Braithwaite D P, Hemsted W R T. The Exhaustion of cattle spray-race fluid [J]. The East African Agricultural Journal, 1956, 22(2): 88 – 91.
- [9] Clark N J, Soares M R J. Airborne geographical dispersal of Q fever from livestock holdings to human communities: a systematic review and critical appraisal of evidence [J]. BMC Infectious Diseases, 2018, 18: 1 – 9.
- [10] Impey A. Keeping in touch via cassette: tracing Dinka songs from cattle camp to transnational audio-letter [J]. Journal of African Cultural Studies, 2013, 25(2): 197 – 210.
- [11] Haile A, Hassen H, Gatew H, et al. Investigations into nematode parasites of goats in pastoral and crop livestock systems of Ethiopia [J]. Tropical animal health and production, 2018, 50(3): 643 – 650.
- [12] Zhang Zutong. Inner Mongolia grassland resources and their rational utilization [J]. Resources Science, 1982, 22(4): 31 – 39. [章祖同. 内蒙古草场资源及其合理利用[J]. 资源科学, 1982, 22(4): 31 – 39.]
- [13] Ma Guoqing. Grassland ecology and Mongolian folk environmental knowledge [J]. Inner Mongolia Social Sciences, 2001, 22(1): 52 – 57. [麻国庆. 草原生态与蒙古族的民间环境知识[J]. 内蒙古社会科学, 2001, 22(1): 52 – 57.]
- [14] Chen Shuijiang, Li Qi, Huang Tiecheng, et al. The analysis of environmental characteristics about the winter cattle camp in the Tizinafu River using remote sensing technology [J]. Pratacultural Science, 2016, 33(1): 153 – 163. [陈蜀江, 李琪, 黄铁成, 等. 提孜那甫河流域冬季牲畜宿营地环境特征遥感分析[J]. 草业科学, 2016, 33(1): 153 – 163.]
- [15] Wang Penghe, Zhao Chengyi, Wang Dandan, et al. Influence of climate change on hydrological extremes of Yarkant River basin [J]. Ecological Science, 2018, 37(6): 1 – 8. [王鹏赫, 赵成义, 王丹丹, 等. 气候变化对叶尔羌河流域极端水文事件的影响[J]. 生态科学, 2018, 37(6): 1 – 8.]
- [16] Liu Jiao, Liu Tie, Huang Yue, et al. Simulation and analysis of the hydrological processes in the Yarkant River basin based on remote sensing data [J]. Progress in Geography, 2017, 36(6): 753 – 761. [刘蛟, 刘铁, 黄粤, 等. 基于遥感数据的叶尔羌河流域水文过程模拟与分析[J]. 地理科学进展, 2017, 36(6): 753 – 761.]
- [17] Chen Yuning, Hu Linjin, Yan Wei, et al. Study of the changes in summer climate and runoff in two upper streams of the Yarkant River [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2014, 36(3): 678 – 684. [陈昱凝, 胡林金, 颜伟, 等. 叶尔羌河上游不同流域夏季气候和径流变化研究[J]. 冰川冻土, 2014, 36(3): 678 – 684.]
- [18] Herrero M, Thornton P K, Gerber P, et al. Livestock, livelihoods and the environment: understanding the trade-offs [J]. Current Opinion in Environmental Sustainability, 2009, 1(2): 111 – 120.
- [19] Herrero M, Wirsensius S, Henderson B, et al. Livestock and the environment: what have we learned in the past decade? [J]. Annual Review of Environment and Resources, 2015, 40: 177 – 202.
- [20] Chen Shuijiang, Jia Xiang, Huang Tiecheng, et al. The study of spatial pattern and dynamic changes of the ice-grass ecotone in the mountain region of the Xinjiang Tizinafu River basin [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2015, 37(6): 1650 – 1659. [陈蜀江, 贾翔, 黄铁成, 等. 新疆提孜那甫河流域山区冰 – 草生态交错带的空间格局及其动态变化研究[J]. 冰川冻土, 2015, 37(6): 1650 – 1659.]
- [21] Zhuang Yujiao, Jia Xiang, Chen Mengyu, et al. Dynamic features of the ice-grass ecotone in Tizinafu River basin based on MODIS Data [J]. Mountain Research, 2016, 34(6): 780 – 787. [庄宇娇, 贾翔, 陈孟禹, 等. 提孜那甫河流域冰 – 草生态交错带 MODIS 动态特征[J]. 山地学报, 2016, 34(6): 780 – 787.]
- [22] Liu Kai, Wang Ninglian, Bai Xiaohua. Variation of glaciers in the Nubra basin, Karakoram Mountains, revealed by remote sensing images during 1993 – 2015 [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2017, 39(4): 710 – 719. [刘凯, 王宁练, 白晓华. 1993 – 2015 年喀喇昆仑山努布拉流域冰川变化遥感监测[J]. 冰川冻土, 2017, 39(4): 710 – 719.]
- [23] Yang Faxiang, Li Shengyu, Yue Jian, et al. Characteristics of desert types and their protection and utilization in Xinjiang [J]. Arid Land Geography, 2019, 42(1): 12 – 19. [杨发相, 李生字, 岳健, 等. 新疆荒漠类型特征及其保护利用[J]. 干旱区地理, 2019, 42(1): 12 – 19.]
- [24] Shache County Local Records Compilation Committee. Shache County [M]. Urumqi: Xinjiang People's Publishing House, 1996: 42 – 43. [莎车县地方志编纂委员会. 莎车县志[M]. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 1996: 42 – 43.]
- [25] Shang Huaming, Cheng Lei, Zhu Kebiao, et al. Long-term variation of streamflow in Tizinafu River based on tree-ring hydrology [J]. Journal of China Hydrology, 2018, 38(3): 49 – 56. [尚华明, 程磊, 朱克标, 等. 基于树轮水文研究的提孜那甫河径流量长期变化[J]. 水文, 2018, 38(3): 49 – 56.]
- [26] Xiang Yanyun, Wang Zhicheng, Zhang Hui, et al. Study of snow melt runoff simulation in arid regions: progress and prospect [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2017, 39(4): 892 – 901. [向燕芸, 王志成, 张辉, 等. 干旱区融雪径流模拟的研究进展与展望[J]. 冰川冻土, 2017, 39(4): 892 – 901.]
- [27] Liang Yi. The Research of rural economic pro-poor growth measure in Xinjiang [D]. Urumqi: Xinjiang University of Finance and Economics, 2015. [梁毅. 新疆农村经济贫式增长测度研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆财经大学, 2015.]
- [28] Cai Peng, Li Fang, Wang Zhengquan, et al. Correlation analysis of ground temperature and temperature change in Jinjing City, Shandong Province from 1961 to 2015 [J]. Journal of

- Glaciology and Geocryology, 2016, 38(6): 1538 – 1543. [蔡鹏, 李芳, 王政权, 等. 1961-2015年山东省济宁市地温与气温变化的相关分析[J]. 冰川冻土, 2016, 38(6): 1538 – 1543.]
- [29] Thompson E S, Saveyn P, Declercq M, et al. Characterization of heterogeneity and spatial autocorrelation in phase separating mixtures using Moran's I[J]. Journal of Colloid and Interface Science, 2018, 513: 180 – 187.
- [30] Su Daxue, Meng Youda, Wu Baoguo. Calculation of reasonable livestock volume of natural grassland[S]. Agricultural Industry Standards of the People's Republic of China (NY/T635-2015), 2002. [苏大学, 孟有达, 武保国. 天然草地合理载畜量的计算[S]. 中华人民共和国农业行业标准(NY/T635-2015), 2002.]
- [31] Hou Dongmin. The sustained growth situation and solution of grassland population ecological pressure: feasibility analysis of economic induced ecological migration project[J]. China Population Science, 2002(4): 65 – 71. [侯东民. 草原人口生态压力持续增长态势与解决方法——经济诱导式生态移民工程的可行性分析[J]. 中国人口科学, 2002(4): 65 – 71.]
- [32] Department of Animal Husbandry of Xinjiang Uygur Autonomous Region. Xinjiang grassland resources and the use[M]. Urumqi: Xinjiang Science and Technology Health Press, 1993: 88 – 89. [新疆畜牧厅. 新疆草地资源及其利用[M]. 乌鲁木齐: 新疆科技卫生出版社, 1993: 88 – 89.]
- [33] Du Mengjie, Zheng Jianghua, Ren Xuan, et al. Effects of topography on the distribution pattern of net primary productivity of grassland in Changji Prefecture, Xinjiang[J]. Acta Ecologica Sinica, 2018, 38(13): 4789 – 4799. [杜梦洁, 郑江华, 任璇, 等. 地形对新疆昌吉州草地净初级生产力分布格局的影响[J]. 生态学报, 2018, 38(13): 4789 – 4799.]
- [34] Zheng Wei, Zhu Jinzhong. Analysis on Desertification process and driving factors of grassland in Xinjiang[J]. Pratacultural Science, 2012, 29(9): 1340 – 1351. [郑伟, 朱进忠. 新疆草地荒漠化过程及驱动因素分析[J]. 草业科学, 2012, 29(9): 1340 – 1351.]
- [35] Xue Ran, Guo Yajing, Miao Fuhong, et al. Effects of short-term grazing on constitution and stability of soil water-stable aggregates in alpine meadow[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2014, 34(3): 82 – 86. [薛冉, 郭雅婧, 苗福泓, 等. 短期放牧对高寒草甸土壤水稳性团聚体构成及稳定性的影响[J]. 水土保持通报, 2014, 34(3): 82 – 86.]
- [36] Huang Yanxin, Li Yang. Stock cooperation is an effective organization form for the development of grassland ecological animal husbandry[J]. Issues in Agricultural Economy, 2017(9): 7 – 12. [黄延信, 黎阳. 股份合作是发展草地生态畜牧业的有效组织形式[J]. 农业经济问题, 2017(9): 7 – 12.]
- [37] Zhu Erxiong, Zhan Wei, Hu Ji, et al. Early effects of different grazing intensities on respiration of alpine meadow ecosystems[J]. Chinese Journal of Applied and Environmental Biology, 2016, 22(4): 561 – 566. [朱二雄, 詹伟, 胡骥, 等. 不同放牧强度对高寒草甸生态系统呼吸的早期影响[J]. 应用与环境生物学报, 2016, 22(4): 561 – 566.]
- [38] Meng Xiaoxian. Research on the development of animal husbandry in Xinjiang[D]. Urumqi: Xinjiang Agricultural University, 2013. [孟晓娴. 新疆畜牧业发展研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2013.]
- [39] Shi Lei, Zhou Huarong. Analysis of spatio-temporal change and driving force of ecological footprint in Bazhou from 2009 to 2014[J]. Environmental Science & Technology, 2017, 40(Suppl 2): 311 – 316. [史磊, 周华荣. 2009 – 2014年巴州生态足迹时空变化及驱动力分析[J]. 环境科学与技术, 2017, 40(增刊2): 311 – 316.]
- [40] Ran Jincheng, Su Yang, Hu Jinfeng, et al. An empirical study on the relationship between the economic benefits of animal husbandry and the decoupling of carbon emissions in Xinjiang[J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2017, 38(1): 17 – 23. [冉锦成, 苏洋, 胡金凤, 等. 新疆畜牧养殖经济效益与碳排放脱钩关系的实证研究[J]. 中国农业资源与区划, 2017, 38(1): 17 – 23.]

The temporal and spatial variation characteristics of winter cattle camps in the mountainous area of the Tizinafu River basin

JIA Xiang^{1,2,3}, LI Qi³

(1. Xinjiang Laboratory of Lake Environment and Resources in Arid Zone, Xinjiang Normal University, Urumqi 830054, China;

2. College of Geography Science and Tourism, Xinjiang Normal University, Urumqi 830054, China;

3. Urumqi Institute of Spatial Remote Sensing Applications, Urumqi 830054, China)

Abstract: The winter cattle camp is a place where cattle and people can rest together during the nomadic process. The article interpreted the Landsat images of the Tizinafu River basin in 2000, 2010 and 2018, extracted the information of the winter cattle camps in the corresponding period, and explore the spatiotemporal characteristics of the winter cattle camps in the past 18 years. The results showed that: (1) The number of winter cattle camps in the study area increased from 306 in 2000 to 712 in 2018, and the number and acreage had increased significantly. (2) The hot spots distributed among the camps spread from the middle to the east, and the cold spots spread along the northwest-southeast direction. (3) The camps were distributed in gentle slopes with good water and grass conditions at an altitude of 2 100 to 3 000 m, and the transition from the shady slope to the sunny slope to the residents Point-direction migration, snow and ice melting was the main source of water for cattle and herders, and the distance from the road was two-level differentiation. (4) Population, stocking capacity, NDVI and rural road density were the main driving force for the time and space changes of winter cattle camps. In view of the relatively poor production and living conditions of herders, it is recommended that camping infrastructure should be increased and improved according to local conditions to help overcome poverty.

Key words: Tizinafu River watershed; winter cattle camp; time and space change; driving force

(责任编辑: 王世金; 编辑: 周成林)