

文章编号: 1008-2786-(2018)1-034-09

DOI:10.16089/j.cnki.1008-2786.000298

质变和量变两种维度下新疆山区土地覆盖变化分析

马勇刚^{1,2}, 黄 粤², 陈 曦²

(1. 新疆大学 资源与环境科学学院, 乌鲁木齐 830046;

2. 中国科学院新疆生态与地理研究所 荒漠与绿洲生态重点实验室, 乌鲁木齐 830011)

摘 要: 山区是新疆主要的产流区, 山区土地覆被变化对新疆经济发展和生态环境安全具有重要意义, 但新疆山区的土地利用整体变化情况尚不太清楚。该文基于新疆 1:10 万土地覆被类型数据和 GIMMS 3 g 植被指数数据, 综合运用 GIS 空间分析和月平均、距平和趋势保留预置白处理方法及 Mann-Kendall 非参数趋势检验方法, 提取与分析了新疆三大山区在 1990—2010 年土地覆盖类型转化和 1982—2013 年的植被覆盖变化情况, 尝试从 2 个维度分析新疆山区土地覆被变化情况, 探讨了植被覆盖的显著变化与土地覆盖类型之间的空间关系。结果表明: 1) 以土地覆盖类型转化为标志的新疆土地覆被质变情况发生比例很小, 99% 的土地覆被类型没有发生变化; 2) 新疆三大山区中均有大于 35% 的面积植被状态发生了不同方向上的显著变化, 阿勒泰山区植被退化 30.38%, 植被改善 4.07%, 天山山区植被退化 25.27%, 植被改善 18.26%, 昆仑山区植被退化 33.69%, 植被改善 19.83%; 3) 发生退化的区域主要分布于人类活动干扰较强的低海拔及山前地区, 且主要以草地和稀疏草地为主, 阿勒泰山区草地退化面积占到总面积 22.18%, 天山山区稀疏草地和草地退化面积占到总面积 18.88%; 昆仑山区植被稀疏草地和草地退化面积占到总面积 10.74%。研究结果说明从质变和量变二种角度的分析能够提供对山区土地覆被变化提供更全面的认识, 在分析土地覆被变化的生态水文响应时应当给予综合考虑。

关键词: 新疆山区; 土地覆盖变化; NDVI; 植被退化

中图分类号: P962

文献标志码: A

自 20 世纪末, 在 IGBP 和 IHDP 计划的联合推动下, 国内外学者就土地利用/覆被变化主题在建库与制图^[1-4]、动态变化分析方法^[5]、空间结构分析^[6]、驱动力^[7, 8]和空间模拟预测^[9]等内涵问题进行广泛探索, 同时, 对与气候变化^[10, 11], 全球变化模拟^[12], 生态环境服务价值^[13, 14], 碳、氮、磷循环^[15-17], 环境质量^[18]和水文效应^[19, 20]之间的相互关系和影响过程等外延问题上开展了大量的研究工作, 近几年来, 一些学者从土地利用对大气成分动态的影响^[21]、对城市洪水的影响^[22], 与青少年体力活动相互作用^[23]等方面, 进一步拓宽了土地利用领域的研究工作。

新疆山区作为新疆主要的产流区, 其土地覆被

变化对区域经济发展、环境保护和可持续发展具有特殊的意义。上游山区土地利用/覆盖变化通过改变蒸发、截留、下渗等水文过程, 导致产汇流过程发生变化, 进而影响到山区上游地区的水文循环和水资源循环过程, 对新疆山地-绿洲-荒漠系统的水资源分配和安全造成影响。已有一些研究对新疆局部区域、流域土地利用/覆盖变化及其对土地退化、景观格局和生态环境^[24-27]等产生的影响开展研究工作。然而, 对新疆整个山区土地利用/覆被变化的研究仍比较缺乏, 哪些区域土地利用/覆被没有发生变化, 哪些区域发生了变化, 变化程度如何? 这一科学问题还缺乏更明确回答。土地覆盖的变化分为质变和量变两种情况, 质变是指土地覆盖类型之间

收稿日期 (Received date): 2016-08-01; **改回日期** (Accepted date): 2017-10-16

基金项目 (Foundation item): 国家自然科学基金 (U1503183)。[National Natural Science Foundation of China (U1503183)]

作者简介 (Biography): 马勇刚, (1981-), 男, 河南郾城人, 博士, 副研究员, 现从事土地利用、气候变化方面的研究。[Ma Yonggang (1981-), male, born in Yancheng, Henan Province, Ph. D., associate professor, mainly engaged in research on land cover change and climate change]
E-mail: thank5151@163.com

的转化,量变是指土地覆盖类型内部变化^[28]。本文从质变和量变2种角度出发,通过1990—2010年三期土地覆被数据集对新疆阿勒泰山、天山、昆仑山山区近20年来的土地覆盖的质变情况进行分析,同时利用长时间序列植被指数 GIMMS 3 g (third generation GIMMS NDVI from AVHRR sensors) 数据从新疆山区植被覆盖的角度检查土地覆盖的量变情况,以期获取1990—2010年新疆山区土地覆被变化的准确信息,为全面掌握新疆山区的土地利用变化和识别新疆山区重点变化区域情况提供参考。

1 研究区范围

关于山地范围界定的方法,国内外学者已有大量的研究成果^[29, 30],然而从范围上说,山区比山地存在更大的不确定性,其在空间分布上被认为更连续和完整^[31]。本研究在山区的范围划定时,利用 SRTM 高程影像在 ArcGIS 软件平台下,提取大于 1500 m 的区域范围,去除中空区域,再结合新疆地势图 (http://ads.xjts.cn/zt/xj_map/4.html) 新 S (2008)065 号进行修正,最后获得新疆阿勒泰,天山和昆仑山山区范围(图1)。

2 数据源

2.1 土地利用类型分类数据

通过下载 1989—1992 年,1999—2001 年和

2010—2013 年三个时段 6~10 月新疆地区 Landsat TM, Landsat ETM 和 Landsat-8 影像数据,通过辐射校正、图像镶嵌完成影像预处理后,通过面向对象分类方法和人工目视修正方法,获得三期新疆山区土地利用数据(图2)。

2.2 GIMMS 3 g 数据

本研究使用美国宇航局地球交换网 (NASA Earth Exchange, NEX) 提供 1982—2013 年共计 32 年的 GIMMS 3 g 数据,该数据是基于 GIMMS 框架上发展的最新 AVHRR 长时间序列植被指数数据,该数据全球镶嵌数据空间分辨率为 8 km,时间分辨率为 15 d。本研究中根据该数据说明文档提供的数据说明,在 MATLAB 和 ENVI 平台下进行 NDVI 原始数据的提取、研究区裁剪和格式转化。

3 研究方法

3.1 基于土地利用数据的变化分析

罗格平等 (2003)^[5] 提出一整套表征土地利用与覆被变化的过程和趋势的方法并得到了广泛的应用。本研究采用该方法对山区土地覆盖的质变情况进行分析。采用的指标包括:

单一土地覆被类型面积变化幅度:

$$R_s = \frac{U_b - U_a}{U_a} \times 100\% = \frac{\Delta U_{in} - \Delta U_{out}}{U_a} \times 100\% \quad (1)$$

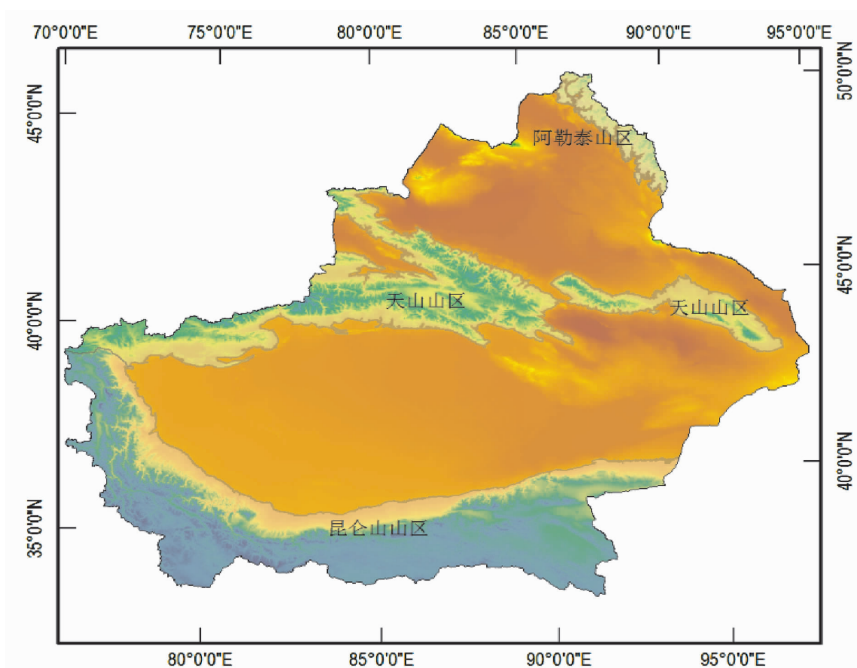


图1 研究区范围

Fig. 1 The research area

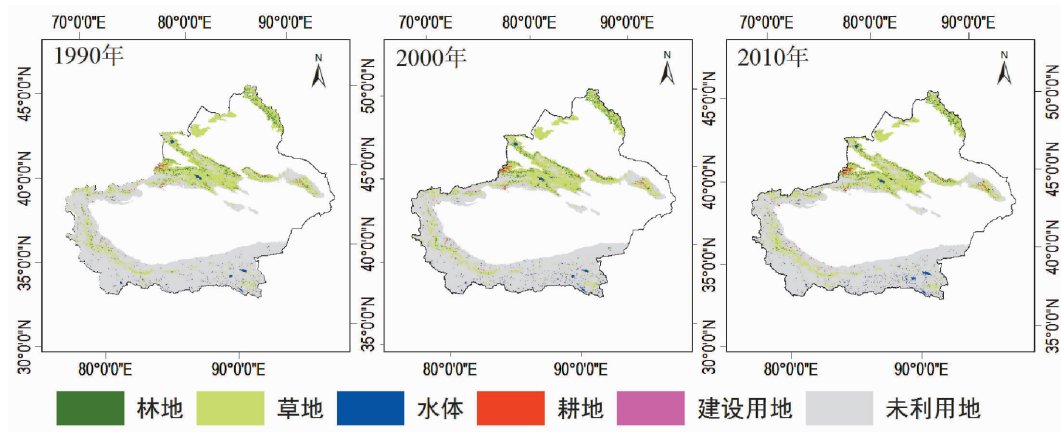


图2 新疆山区土地利用类型

Fig. 2 LUC map of Xinjiang in 1990, 2000 and 2010

U_a 和 U_b 分别为类型 i 在研究时段的起始和末期的面积; ΔU_{out} 为转变为其他类型的面积总和; ΔU_{in} 为其他类型转入的面积总和。

单一土地覆被类型空间变化幅度:

$$R_{ss} = \frac{\Delta U_{out} + \Delta U_{in}}{U_a} \times 100\% \quad (2)$$

R_t 为研究时段内研究区所有类型的面积变化幅度:

$$R_t = \frac{\sum_{i=1}^n |U_{bi} - U_{ai}|}{2 \sum_{i=1}^n U_{ai}} = \frac{\sum_{i=1}^n |\Delta U_{in-i} - \Delta U_{out-i}|}{2 \sum_{i=1}^n U_{ai}} \times 100\% \quad (3)$$

U_{ai} 和 U_{bi} 分别为研究初期和末期类型 i 的面积; ΔU_{out-i} 为类型 i 转变为其他类型的面积之和; ΔU_{in-i} 为其他类型转变为第 i 种类型的面积总和; n 为土地覆被类型数。

R_{ts} 为研究区所有类型空间变化幅度:

$$R_{ts} = \frac{\sum_{i=1}^n |\Delta U_{in-i} + \Delta U_{out-i}|}{2 \sum_{i=1}^n U_{ai}} \times 100\% = \frac{\sum_{i=1}^n |\Delta U_{out-i}|}{\sum_{i=1}^n U_{ai}} \times 100\% = \frac{\sum_{i=1}^n |\Delta U_{in-i}|}{\sum_{i=1}^n U_{ai}} \times 100\% \quad (4)$$

3.2 基于 GIMMS 3 g 的变化分析

(1) 月合成

月合成方式能够降低时间序列的自相关误差, 本研究将 GIMMS 15 d 数据进行逐月合成, 合成方法为每月内 2 期进行算术平均值计算, 获得新的月合成数据。

(2) 标准距平

标准距平能降低自相关误差带来的影响, 较之距平能在消除离差的影响下在距平幅度上提供更多有效信息, 同时对数据分布没有特定要求。计算方式如下:

$$Z = (x - \mu) / \sigma$$

其中, x 为对应时间点的数据值, μ 为长期算术平均值, σ 为标准方差。以本研究中月合成数据而言, x 为象元在某年 1 月的 NDVI 值, μ 即为 32 年的每个 1 月组成数据序列的算术平均值, σ 为该点 32 年的每个 1 月组成数据序列的标准方差。

(3) 趋势保留预置白

时间序列的自相关现象能够改变 MK 检验的检测能力, 当样本数量大于 50 且序列具有明显变化趋势时自相关的影响可以考虑被忽略, 在应用趋势分析方法前需对考虑序列进行预置白处理^[32]。本研究中序列样本数量为 32, 采用趋势保留预置白 (Trend preserving prewhitening, TPP) 方法消除残差^[33]。

(4) 趋势分析

采用 Man-Kendall (M-K) 趋势分析方法对每个象元 1982—2013 年 32 个数据值进行趋势分析和 Theil Sen 斜率计算, 分别分析研究区内的植被指数变化趋势和强度。MK 检验和 Theil Sen 斜率的计算, 并进行相关的统计。MK 趋势检验方法为:

设有时间序列 X

$$X = \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_n\} \quad (5)$$

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sign}(x_i - x_j) \quad (6)$$

$$\text{sing}(x_i - x_j) = \begin{cases} 1 & \text{if}(x_i - x_j) > 0 \\ 0 & \text{if}(x_i - x_j) = 0 \\ -1 & \text{if}(x_i - x_j) < 0 \end{cases} \quad (7)$$

式2中: S 为M-K相关系数,设各变量独立同分布,则统计量 S 近似服从正态分布,其均值 $E(S)$ 、方差 $Var(S)$ 分别为:

$$E(S) = 0$$

$$Var(S) = \frac{n(n-1)(20+5) - \sum_{k=1}^q t_k(t_k-1)(2t_k+5)}{18} \quad (8)$$

式6中: q 为序列中秩次相同的组数; t_k 为第 k 组秩次相同所包含观测值的个数,当样本数量大于10时,用公式7来计算 Z 统计量:

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{Var(S)}} & S > 0 \\ 0 & S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{Var(S)}} & S < 0 \end{cases} \quad (9)$$

显著性水平 P 的计算方法为:

$$P = 2[1 - \Phi(|Z|)] \quad (10)$$

4 结果

4.1 基于土地覆盖数据的分析

采用3期离散土地覆盖数据对新疆三大山区的土地覆盖转化情况进行分析。表1给出了三大山区土地覆盖各类型1990—2010面积及三期单一土地类型面积变化指标 R_s 和空间变化指标 R_{ss} 。阿勒泰山区面积比例以草地、林地和未利用地为主,其中草地面积约占76.5%(该数值为1990年、2000年和2010年三个时段的算术平均值,下同),林地面积占17.5%,未利用地占5.5%,其他类型面积占比很小合计不到1%,除耕地和建设用地 R_s 和 R_{ss} 在1990—2000年和2000—2010年2个时间段大于100%外,其他类型的 R_s 和 R_{ss} 都很小。天山山区按面积比例依次为草地、林地和未利用地,1990年草地约占48.5%,未利用地约占45%,林地约占4.6%,耕地只占1%,其余小于1%;从 R_s 上看,耕地和建设用地增加幅度较大,从 R_{ss} 上看,除耕地和

表1 新疆三大山区土地覆盖分类面积,面积变化幅度和空间变化幅度

Tab.1 The area, area change extent and spatial change extent of three mountain regions in Xinjiang

		1990年	2000年	2010年	R_s (%)			R_{ss} (%)		
					1990—2000	2000—2010	1990—2010	1990—2000	2000—2010	1990—2010
阿勒泰山区	草地	18961.76	18956.13	18960.16	-0.03	0.02	-0.01	0.04	0.18	0.21
	水体	78.69	78.69	79.12	0.00	0.55	0.55	0.00	1.25	1.25
	耕地	2.05	4.15	4.32	102.28	4.12	110.62	102.28	4.12	110.62
	建设用地	0.04	0.18	0.19	332.61	3.52	347.83	332.61	3.52	347.83
	未利用地	1403.41	1402.50	1385.39	-0.07	-1.22	-1.58	0.07	1.44	1.68
	林地	4350.51	4354.82	4367.29	0.10	0.29	0.48	0.10	0.32	0.52
天山山区	草地	111276.24	111037.35	111013.24	-0.21	-0.02	-0.24	1.81	4.34	5.43
	水体	1589.10	1642.90	1662.19	3.39	1.17	4.60	24.92	29.31	32.74
	耕地	2431.70	3178.14	3905.64	30.70	22.89	60.61	35.06	32.12	68.29
	建设用地	183.28	256.33	379.47	39.87	48.04	107.04	40.69	65.24	115.21
	未利用地	103138.04	102488.32	101625.81	-0.63	-0.84	-1.47	1.14	3.04	3.74
	林地	10634.45	10649.71	10666.34	0.14	0.16	0.30	0.30	10.60	10.76
昆仑山区	草地	26914.88	25852.39	29764.84	-3.95	15.13	10.59	5.69	22.52	26.46
	水体	6224.01	7470.84	8260.32	20.03	10.57	32.72	24.70	25.91	49.68
	耕地	679.73	852.18	1029.67	25.37	20.83	51.48	34.26	32.44	69.94
	建设用地	71.88	114.70	123.10	59.57	7.33	71.25	59.77	27.05	88.28
	未利用地	338694.28	338273.42	333327.40	-0.12	-1.46	-1.58	0.78	2.05	2.67
	林地	941.06	962.13	1020.39	2.24	6.05	8.43	2.35	13.95	16.29

建设用地外, 林地在 2000—2010 年期间有超过 10% 的空间变化幅度, 这说明林地与其他用地之间存在一定强度的转化, 水体在 20 年内空间变化幅度超过 30%, 意味着水体与其他类型之间转化频繁。昆仑山区未利用地面积占比最大达到 90% 左右, 其余还包括 7.4% 的草地, 2% 的水体。未利用地变化的 R_s 最小, 1990—2010 年期间 R_s 为 1.58%, 草地 R_s 为 10.57%, 水体 R_s 为 24.7%, 耕地和建设用地由于面积很小, R_s 和 R_{ss} 也更高; 从空间变化幅度上看, 耕地、建设用地的空间变化幅度也更大。

整体看来, 面积越大的类型 R_s 和 R_{ss} 数值也越小, 利用土地覆盖综合变化指数 R_t 和 R_{ts} 对三大山区的整体土地覆盖变化进行进一步分析发现(表 2), 三大山区的整体土地覆盖变化在面积变化幅度和空间变化幅度上都不超过 1%, 这说明三大山区的土地覆盖类型整体变化都很小。

4.2 基于连续植被指数数据的分析

对长时间序列植被指数数据 GIMMS 3 g 进行趋势判断分析(图 3), 对山区的植被覆盖变化情况进行判断, 根据显著性结果将变化趋势分为 5 类: 极显著退化(负方向, $P < 0.01$), 显著退化(负方向, $P <$

0.05), 不显著($P \geq 0.05$), 显著改善(正方向, $P < 0.05$), 极显著改善(正方向, $P < 0.01$)。

表 2 新疆三大山区土地覆盖综合变化指数

Tab. 2 The integrated change of three mountain regions in Xinjiang

综合变化 指数		1990— 2000 年	2000— 2010 年	1990— 2010 年
阿勒泰 山区	R_t	0.026%	0.069%	0.005%
	R_{ts}	0.030%	0.141%	0.009%
天山山区	R_t	0.039%	0.039%	0.039%
	R_{ts}	0.099%	0.234%	0.147%
昆仑山区	R_t	0.040%	0.132%	0.072%
	R_{ts}	0.080%	0.203%	0.134%

趋势分析统计结果表明(表 3), 阿勒泰山区、天山山区和昆仑山区均有较大比例区域发生显著变化, 其面积比例从 34.45% 至 53.63% 逐渐升高, 这意味着显著变化面积的比例逐个增加。同时, 对各个山区而言, 发生退化的区域(显著退化与极显著退化)的区域面积比例均高于发生改善(显著改善与极显著改善)的区域。

结合图 3 和表 3 可发现, 阿勒泰山区发生退化的区域(30.38%), 明显大于改善的区域(4.07%), 退化区域主要集中在包括喀纳斯湖附近山区等西北

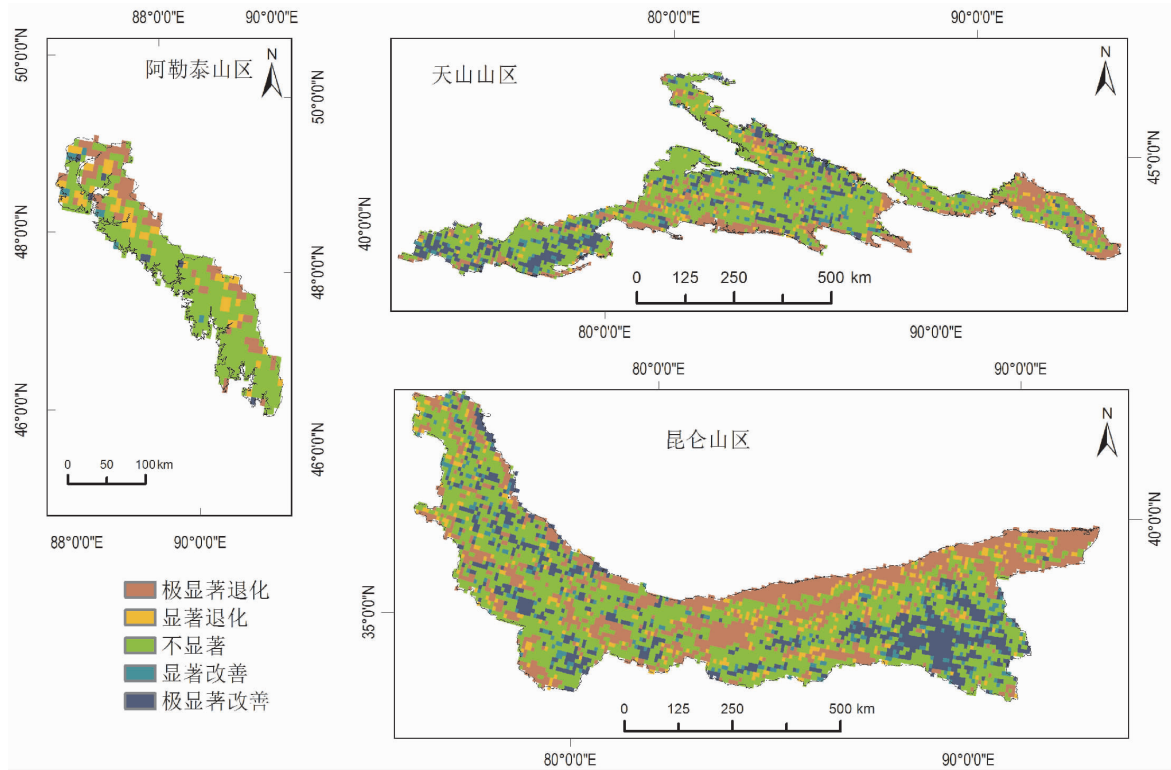


图 3 新疆三大山区植被指数趋势变化

Fig. 3 Trend change types for three mountain regions in Xinjiang

部区域。天山山区退化区域达到 25.27%, 主要分布在天山东段巴里坤和中段南缘区域, 改善区域达 18.26%, 分布在西段喀什北部低海拔山区。昆仑山山区退化区域占 33.69%, 多集中在山区北缘, 改善区域为 19.83%, 分布于西南部阿尔金山高海拔区域。

表 3 新疆三大山区植被指数趋势变化分类统计比例(%)

Tab. 3 Percentage of trend change types for three mountain regions in Xinjiang

变化类型	变化面积比例		
	阿勒泰山区	天山山区	昆仑山山区
极显著改善	1.92	11.99	14.80
显著改善	2.15	6.27	5.03
不显著	65.55	56.46	46.37
显著退化	17.46	19.50	27.47
极显著退化	12.92	5.77	6.32

为了进一步分析植被发生显著变化区域在空间分布情况, 将植被显著变化结果与土地覆盖数据进行空间叠加分析, 判断发生植被显著变化类型在土地覆盖类型上的组成情况(表 4)。阿勒泰山区植被极显著和显著退化和改善的主要发生在草地和林地类型上, 其中所有的草地退化面积占到阿勒泰山区总面积 22.18%, 天山山区植被发生极显著和显著退化区域主要是由未利用地中的二级地类稀疏草地, 草地和林地组成, 而极显著和显著改善的类型依次为草地、未利用地和林地, 其中稀疏草地和草地退化面积占到 18.88%; 昆仑山区植被极显著和显著退化和改善的类型依次为未利用地中的二级地类裸岩裸土和稀疏草地, 草地, 其中稀疏草地和草地退化面积占到 10.74%。三大山区植被发生显著变化的区域在土地覆被分类上存在差异, 但一级地类草地和二级地类稀疏草地的植被的退化在三大山区达到了 10% 以上。

表 4 新疆三大山区植被显著变化类型在土地覆盖中的分布比例(%)

Tab. 4 Distribution of land cover in different trend change types for three mountain regions in Xinjiang

山区	变化类型	林地	草地	水体	耕地	建设用地	未利用地	稀疏草地	裸土和裸岩
阿勒泰山区	极显著退化	13.64	78.79	0.00			7.58		
	显著退化	22.92	68.75	0.00			8.33		
	显著改善	44.44	55.56	0.00			0.00		
	极显著改善	0.00	100.00	0.00			0.00		
天山山区	极显著退化	1.74	23.84	0.29	0.58	0.44	73.11	44.40	
	显著退化	6.30	44.54	0.00	2.10	0.84	46.22	32.10	
	显著改善	5.24	55.90	2.62	1.75	0.00	34.50	25.30	
	极显著改善	5.58	45.98	0.89	2.01	0.22	45.31	32.40	
昆仑山区	极显著退化	0.00	3.40	1.60	0.27	0.00	94.73	18.80	53.00
	显著退化	0.29	5.23	1.74	0.87	0.00	91.86	28.78	52.61
	显著改善	0.00	12.41	2.92	0.73	0.36	83.58	43.43	41.88
	极显著改善	0.62	9.62	2.84	0.12	0.12	86.68	43.77	34.67

注:稀疏草地,裸土和裸岩在分类体系中均属于未利用地下的二级类型。

5 结论

本文基于 1990 年,2000 年和 2010 年 3 期离散土地覆盖数据对新疆山区土地覆盖质变情况进行分析,同时利用 1989—2013 年长时间序列植被指数 GIMMS 3 g 的变化趋势进行新疆山区土地覆盖量变判断,从质变、量变 2 个角度综合分析了新疆山区的土地覆盖变化情况。主要结论有:

①新疆山区的土地覆盖类型之间的变化很小,

但新疆山区地表植被覆盖状况存在显著变化,且在空间上分布广泛。这反映出,新疆山区土地覆被在气候变化和人为作用的双重驱动下,地表状况有显著变化,这种变化主要体现在地表植被状况和土地利用强度上的变化;而直接类型转变很少。笔者认为这与新疆山区地处偏远,受资源禀赋等因素限制,产业结构长期比较单一等因素有关。在关注新疆山区等典型生态水文重点区域的土地覆被变化过程中,从更多的角度用不同的数据方法进行分析有利于对土地覆被变化情况提供更综合的判断。在土地

利用/覆盖变化的生态水文效应等研究过程中,应当不仅关注土地覆盖类型变化产生的影响,同时也应当考虑土地覆被类型不变的情况下植被状况等量变信息带来的潜在作用,在生态水文模拟过程中给予量化考虑,为协调区域土地资源和人类活动的关系提供了科学依据。

②从统计比例上看,三大山区发生退化的区域明显超过改善的区域,从空间分布上看,退化区域更趋向于人类活动强度大的低海拔及山区前缘地区。这反映出人类活动对植被覆盖的干扰作用十分明显。从植被显著变化的区域在土地覆被分类分布上看,三大山区草地和稀疏草地等类型的植被退化最为明显,其中以阿勒泰山区草地,天山山区草地和稀疏草地,昆仑山区稀疏草地最为突出,新疆三大山区的草地和稀疏草地也按比例地表现出明显退化情况。这一结论与以往的学者在阿勒泰,天山,昆仑山西段和阿尔金山的相关抽样调查研究结论相一致^[34-38],一方面印证了采用大尺度长时间序列遥感数据进行山区土地覆被调查的准确性,另一方面也进一步明确了新疆山区植被退化空间分布和幅度,有助于辅助支持山区草场资源保护和修复。新疆山区的草地资源退化问题早在 21 世纪初就已经引起科学界和管理部门的广泛重视,气候变化,虫害,鼠害及放牧,采药和采砂、采矿等人类活动均对草地产生不利影响,不同因素和影响权重也因区域而不同,在今后使用多源时间序列遥感数据诊断植被状况变化和利用无人机进行动态侦测将具有很好的应用前景^[39],而在遥感大数据技术支持下解决遥感空间-时间-光谱分辨率的瓶颈问题将提升遥感在山区地表覆被状况的应用水平。

参考文献 (References)

- [1] 李道峰,柳长顺,刘昌明,等. 基于地理信息系统的土地利用变化制图方法研究——以黄河小浪底水库库周为例[J]. 水土保持学报,2003, 17(2): 110-113 [LI Daofeng, LIU Changshun, LIU Changming, et al. Study on method of making landuse change map based on GIS—taking surrounding districts of Xiaolangdi Reservoir in Yellow River as an example, Journal of Soil and Water Conservation, 2003, 17(2): 110-113]
- [2] 曾永年,靳文凭,何丽丽,等. 青海高原东部农业区土地利用遥感分类制图[J]. 农业工程学报,2012, 28(16): 225-231 [ZENG Yongnian, JIN Wenping, HE Lili, et al. Land use mapping using remote sensing for eastern part of Qinghai Plateau [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2012, 28(16): 225-231]
- [3] 宋章建,曹宇,谭永忠,等. 土地利用/覆被变化与景观服务:评估、制图与模拟[J]. 应用生态学报,2015, 26(5): 1594-1600 [SONG Zhangjian, CAO Yu, TAN Yongzhong, et al. Land use and land cover change (LUCC) and landscape service: evaluation, mapping and modeling [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2015, 26(5): 1594-1600]
- [4] Ji Yuan L, Mingliang L, Xiangzheng D, et al. The land use and land cover change database and its relative studies in China [J]. Journal of Geographical Sciences, 2002, 12(3): 275-282.
- [5] 罗格平,周成虎,陈曦. 干旱区绿洲土地利用与覆被变化过程 [J]. 地理学报,2003, 58(1): 63-72 [LUO Geping, ZHOU Chenghu, CHEN Xi. Process of land use/land cover change in the oasis of arid region [J]. Acta Geographica Sinica, 2003, 58(1): 63-72]
- [6] 刘彦随. 山地土地类型的结构分析与优化利用——以陕西秦岭山地为例 [J]. 地理学报, 2001, 56(4): 426-436 [LIU Yansui. Structural analysis and optimal use of land types in mountainous regions —taking Qinling Mountains of Shaanxi Province as an example [J]. Acta Geographica Sinica, 2001, 56(4): 426-436]
- [7] 占达·黑马万,吴次芳. 老挝森林覆被变化及其驱动力分析 [J]. 地理研究, 2009, 28(2): 391-401 [CHANHDA Hemmavanh, WU Cifang. Study on forests cover change and its driving forces in Lao PDR [J]. Geographical Research, 2009, 28(2): 391-401]
- [8] 潘彦虎,苏有才,黄永生,等. 近 30 年玉门市土地利用与景观格局变化及其驱动力 [J]. 地理研究,2012, 31(9): 1631-1639 [PAN Jinghu, SU Youcai, HUANG Yongsheng, et al. Land use & landscape pattern change and its driving forces in Yumen City. Geographical Research, 2012, 31(9): 1631-1639.]
- [9] MAS J. F., KOLB M, PAEGELOW M, et al. Inductive pattern-based land use/cover change models: A comparison of four software packages [J]. Environmental Modelling & Software, 2014, 51: 94-111.
- [10] 李克让,陈育峰,黄玫,等. 气候变化对土地覆被变化的影响及其反馈模型 [J]. 地理学报,2000, 55(S1): 57-63 [LI Kerang, CHEN Yufeng, HUANG Mei, et al. Model studies of the impacts of climate change on land cover and its feedback [J]. Acta Geographica Sinica, 2000, 55(S1): 57-63.]
- [11] Li Z, Wu W, Liu X, et al. Land use/cover change and regional climate change in an arid grassland ecosystem of Inner Mongolia, China [J]. Ecological Modelling, 2017, 353: 86-94.
- [12] 田汉勤,刘明,张弛,等. 全球变化与陆地系统综合集成模拟——新一代陆地生态系统动态模型 (DLEM) [J]. 地理学报,2010, 65(9): 1027-1047 [TIAN Hanqin, LIU Mingliang, ZHANG Chi, et al. The dynamic land ecosystem model (DLEM) for simulating terrestrial processes and interactions in the context of multifactor global change [J]. Acta Geographica Sinica, 2010, 65(9): 1027-1047.]
- [13] 张继飞,邓伟,朱昌丽,等. 岷江上游生态系统服务与居民福祉的空间关联及其动态特征 [J]. 山地学报,2017, 35(03): 388-398 [ZHANG Jifei, DENG Wei, ZHU Changli, et al. Spatial relationship and its dynamic features of ecosystem services and human wellbeing in the upper reaches of Minjiang River [J]. Mountain Research, 2017, 35(03): 388-398]
- [14] PULLANIKKATIL D, PALAMULENI L G, RUHIGA T M. Land

- use/land cover change and implications for ecosystems services in the Likangala River Catchment, Malawi [J]. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 2016, 93:96 – 103.
- [15] 陆安祥,赵云龙,王纪华,等. 不同土地利用类型下氮、磷在土壤剖面中的分布特征[J]. *生态学报*, 2007, 27(9): 3923 – 3929 [LU Anxiang, ZHAO Yunlong, WANG Jihua, et al. Distribution characteristics of nitrogen and phosphorus in agricultural soil profiles under different landuse [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(9): 3923 – 3929]
- [16] 马晓哲,王铮. 土地利用变化对区域碳源汇的影响研究进展[J]. *生态学报*, 2015, 35(17): 5898 – 5907 [MA Xiaozhe, WANG Zheng. Progress in the study on the impact of land-use change on regional carbon sources and sinks[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2015, 35(17): 5898 – 5907]
- [17] YIGINI Y, PANAGOS P. Assessment of soil organic carbon stocks under future climate and land cover changes in Europe [J]. *Science of the Total Environment*, 2016, 557: 838 – 850.
- [18] 宋翔,颜长珍,朱艳玲,等. 黄河源区土地利用/覆被变化及其生态环境效应[J]. *中国沙漠*, 2009, 29(6): 1049 – 1055 [SONG Xiang, YAN Changzhen, ZHU Yanling, et al. Land use/cover change and associated effects on eco-environment in source region of yellow river[J]. *Journal of Desert Research*, 2009, 29(6): 1049 – 1055]
- [19] 李丽娟,姜德娟,李九一,等. 土地利用/覆被变化的水文效应研究进展[J]. *自然资源学报*, 2007, 22(2): 211 – 224 [LI Lijuan, JIANG Dejuan, LI Jiuyi, et al. Advances in hydrological response to land use/land cover change. *Journal of Natural Resources*, 2007, 22(2): 211 – 224.]
- [20] ISIK S, KALIN L, SCHOONOVER J E, et al. Modeling effects of changing land use/cover on daily streamflow: an artificial neural network and curve number based hybrid approach[J]. *Journal of Hydrology*, 2013, 485: 103 – 112.
- [21] KHAROL S. K., KASKAOUTIS D. G., BADARINATH K. V. S., et al. Influence of land use/land cover (LULC) changes on atmospheric dynamics over the arid region of Rajasthan state, India [J]. *Journal of Arid Environments*, 2013, 88: 90 – 101.
- [22] ZOPE P. E., ELDHO T. I., JOTHIPRAKASH V. Impacts of land use – land cover change and urbanization on flooding: A case study of Oshiwara River Basin in Mumbai, India [J]. *Catena*, 2016, 145: 142 – 154.
- [23] MATISZIWT. C., NILON C. H., STANIS S. A. W., et al. The right space at the right time: the relationship between children's physical activity and land use/land cover [J]. *Landscape and Urban Planning*, 2016, 151: 21 – 32.
- [24] 冯异星,罗格平,周德成,等. 近50a土地利用变化对干旱区典型流域景观格局的影响——以新疆玛纳斯河流域为例[J]. *生态学报*, 2010, 30(16): 4295 – 4305 [FENG Yixing, LUO Geping, ZHOU Decheng, et al. Effects of land use change on landscape pattern of a typical arid watershed in the recent 50 years: a case study on Manas river watershed in Xinjiang [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30(16): 4295 – 4305.]
- [25] 杨涵,王芳芳,吴世新,等. 基于分形理论的新疆土地利用空间格局分析[J]. *干旱区研究*, 2009, 26(2): 194 – 199 [YANG Han, WANG Fangfang, WU Shixin, et al. Evaluation of the spatial pattern of land use in Xinjiang in the last 15 years based on fractal theory[J]. *Arid Zone Research*, 2009, 26(2): 194 – 199]
- [26] 冯异星,罗格平,尹昌应,等. 干旱区内陆河流域土地利用程度变化与生态安全评价——以新疆玛纳斯河流域为例[J]. *自然资源学报*, 2009, 24(11): 1921 – 1932 [FENG Yixing, LUO Geping, YIN Changying, et al. Change of land-use degree and ecological security assessment of inland river basins in the arid area —A case study on Manas River Basin in Xinjiang[J]. *Journal of Natural Resources*, 2009, 24(11): 1921 – 1932.]
- [27] 刘新平. 新疆绿洲土地利用变化对生态环境影响分析[J]. *干旱区资源与环境*, 2006, 20(3): 25 – 29 [LIU Xinping. Impact of land utilization changes on eco-environment in Xinjiang Oasis[J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2006, 20(3): 25 – 29]
- [28] 史培军. 人地系统动力学研究的现状与展望[J]. *地学前缘*, 1997, (Z1): 201 – 211 [SHI Peijun. Today and future of the dynamics of human earth (earth surface) system [J]. *Earth Science Frontiers*, 1997, (Z1): 201 – 211]
- [29] 江晓波. 中国山地范围界定的初步意见[J]. *山地学报*, 2008, 26(2): 129 – 136 [JIANG Xiaobo. Preliminary study on computing the area of mountain regions in China based on geographic information system[J]. *Journal of Mountain Science*, 2008, 26(2): 129 – 136]
- [30] 张伟,李爱农,江晓波. 基于DEM的中国山地空间范围定量界定[J]. *地理与地理信息科学*, 2013, 29(5): 58 – 63 [ZHANG Wei, LI Ainong, JIANG Xiaobo. Study on computing the area of mountain regions in China Bbased on DEM[J]. *Geography and Geo-Information Science*, 2013, 29(5): 58 – 63]
- [31] 江晓波,曾鸿程. 量化中国山区范围——以四川省为例[J]. *山地学报*, 2009, 27(1): 24 – 32 [JIANG Xiaobo, ZENG Hongchen. Quantifying mountain regions of china——a case study in Sichuan[J]. *Journal of Mountain Science*, 2009, 27(1): 24 – 32]
- [32] YUE S, WANG C. Y. Applicability of prewhitening to eliminate the influence of serial correlation on the Mann-Kendall test[J]. *Water Resources Research*, 2002, 38(6) 4.1 – 7
- [33] WANG X. L., SWAIL V. R. Changes of extreme wave heights in Northern Hemisphere oceans and related atmospheric circulation regimes[J]. *Journal of Climate*, 2001, 14(10): 2204 – 2221
- [34] 什爱良,杨刚,郑晓红,等. 新疆荒漠草地退化的原因分析与修复对策探讨[J]. *草食家畜*, 2009, 142(1): 6 – 7 [SHI Ailiang, YANG Gang, ZHENG Xiaohong, et al. Discussion on the cause of degradation and restoration countermeasures of desert grassland in Xinjiang[J]. *Grass-feeding Livestock*, 2009, 142(1): 6 – 7]
- [35] 杨齐,赵万羽,李建龙,等. 新疆天山北坡荒漠草地退化现状及展望[J]. *草原与草坪*, 2009, 134(3): 86 – 91 [YANG Qi, ZHAO Wanyu, LI Jianlong, et al. Analysis of present situation and research progress of desert grassland degradation in northern slope of Tianshan Mountains in Xinjiang[J]. *Grassland and Turf*, 2009, 134(3): 86 – 91]
- [36] 李培先,郑江华,倪亦非,等. 阿尔金山草地鼠害发生区及鼠荒地面积遥感估算[J]. *新疆农业科学*, 2016, 53(7): 1346 – 1355

- [LI Peixian, ZHENG Jianghua, NI Yifei, et al. Estimating area of grassland rodent damage rangeland and rat wastelands based on remote sensing in Altun Mountain, Xinjiang, China[J]. Xinjiang Agricultural Sciences, 2016, **53**(7):1346 – 1355]
- [37] 刘世梁, 赵海迪, 董世魁, 等. 基于 SPOT NDVI 的阿尔金山自然保护区植被动态变化研究[J]. 干旱区研究, 2014, **4**(31): 382 – 387 [LIU Shiliang, ZHAO Haidi, DONG Shikui, et al. Dynamic of vegetation in the Altun Mountain nature reserve based on SPOT NDVI[J]. Arid Zone Research, 2014, **4**(31):382 – 387]
- [38] 于涛, 魏永强, 王冬梅. 浅析克孜勒苏州草地退化状况[J]. 干旱环境监测, 2007, **21**(2):110 – 114 [YU Tao, WEI Yongqiang, WANG Dongmei. Analysis of meadow degradation status in Kizilsu Kirghiz Autonomous Prefecture, Xinjiang, China [J]. Arid Environmental Monitoring, 2007, **21**(2):110 – 114]
- [39] 付萧, 鲁恒, 朱庆, 等. 利用无人机影像进行山区土地利用信息动态监测[J]. 山地学报, 2016, **34**(1):121 – 126 [FU Xiao, LU Heng, ZHU Qing, et al. Landuse information of mountain areas dynamic monitoring based on VAV images [J], Mountain Research, 2016, **34**(1):121 – 126.]

Land Cover Change of Mountainous Regions in Xinjiang in View of Qualitative and Quantitative

MA Yonggang¹, HUANG Yue², CHEN Xi²

(1 College of Resources and Environment Science, Xinjiang University, Urumqi 830046, China;

2 State Key Laboratory of Desert and Oasis Ecology, Xinjiang Institute of Ecology and Geography,
Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011, China)

Abstract: More than 90% of water resources in Xinjiang originate from mountainous areas. As one of the important drives leading to hydrological and ecological change, land use change may influence canopy interception, evapotranspiration and percolation and eventually cause flood-drought disasters and ecological problems. During past decades, climate change and human activity have deeply changed mountain environment in Xinjiang. However, the direction and magnitude of land cover change were not clear in the three mountain areas (i. e. the Altai Mountains, the Tianshan Mountains and the Kunlun Mountains). In this paper, land cover change of mountainous regions in Xinjiang were explored qualitatively and quantitatively. Land cover types transition were extracted and analyzed from 2000 to 2010 based on the land cover maps of 1990, 2000 and 2010; vegetation change were also examined from 1982 to 2013 with the help of Geographic Information System (GIS) and Mann-Kendall non-parametric test method, based on GIMMS 3 g NDVI data preprocessed with the monthly mean, standardized anomalies and trend preserving prewhitening methods. Then, the spatial relationship between land cover type transition and vegetation condition change were discussed. In addition, qualitatively change were observed. Land cover classes did not changed in 99% of the area. But in more than 30% of mountainous area, NDVI have significantly changed. The area with vegetation degradation accounts for about 30%, 25.27% and 33.69% in the Altai, the Tianshan and the Kunlun mountains respectively, while 4.07%, 18.26% and 19.83% area of the vegetation have improved, respectively. Vegetation degradation mostly occurred in the low elevation area with strong disturbance of human activities; the grassland and sparse grassland are main land cover types which have degraded. The degraded grassland area accounts for 22.18% of the total grassland area in the Altai Mountains; the degraded areas of grassland and sparse grassland account for 18.88% and 10.74% of their total area in the Tianshan and the Kunlun mountains, respectively. Analysis from qualitative and quantitative views could supply an insight of land use and cover change of mountains in Xinjiang, which should be essential and useful in evaluating the ecological and hydrological responses of climate change and human activities.

Key words: Xinjiang mountain region; land cover change; NDVI; vegetation degradation