第32卷 第3期 干旱区资源与环境 Vol. 32 No. 3
2018年3月 Journal of Arid Land Resources and Environment Mar. 2018

文章编号:1003-7578(2018)03-170-06 doi:10.13448/j.cnki.jalre.2018.091

敦煌绿洲近30年的景观变化研究*

张秀霞[1,2],颉耀文[1],吕利利[1]
(1.兰州大学资源环境学院,兰州 730000;2 兰州理工大学土木工程学院,兰州 730050)

提 要:以敦煌绿洲为例,基于4期Landsat遥感数据,采用监督分类及目视解译修正方法对研究区进行地物分类,利用数理统计模型等开展绿洲变化过程,采用邻域分析方法剖析绿洲细部变化特征。结果表明:1986-2015年间敦煌绿洲的变化主要以人工绿洲扩张为主,总绿洲面积增加了40.71%。以10年为间隔统计,研究区80%以上的人工绿洲扩张发生在其1km邻域范围内,且人工绿洲扩张具有方向性,主要向北、东北、东和西南方向扩张。1995年之前,人工绿洲面积的增加主要是由于天然绿洲和过渡带转化造成的,而1995之后,由荒漠转为人工绿洲的面积逐渐增加。

关键词:遥感;景观分析;时空变化;绿洲
中图分类号:P94 文献标识码:A

绿洲是干旱区和半干旱区典型的、独特的区域性景观[1-2]。在中国,绿洲主要分布在温带和暖温带区域,以贺兰山以西和青海-西藏高原以北较为集中。相较其他区域,这里的景观异质性较高,对水源有较强的依赖性[3-5]。在干旱地区,绿洲不仅可以为人类提供丰富的土壤和生存空间,也可以通过调节其内部的植被和水资源影响局部气候。研究干旱区绿洲的变化对维持绿洲的稳定和可持续发展非常重要。

目前干旱区绿洲变化研究已经受到学术界的广泛关注,已成为全球变化、土地退化与区域可持续发展等研究和实践中最活跃的领域之一[6-8]。其中,绿洲的变化研究主要集中在,绿洲变化的时空过程分析等[9-11];绿洲土地利用与覆被变化及生态环境效益[12-13];绿洲变化过程的驱动机制分析[14-16]等。然而,以上研究鲜有涉及绿洲变化的细部特征。为此,文中选取中国西北极干旱地区的一个典型戈壁绿洲-敦煌绿洲为研究对象,以1986-2015年近30年4期的遥感影像为数据源,采用监督分类方法,结合目视解译对研究区景观进行分类,然后采用面积变化率、转移矩阵模型、邻域分析法等,对绿洲时空变化特征进行分析,并对绿洲变化做细部剖析。

1 材料与研究方法

1.1 研究区域

敦煌市地处甘肃省西北部,是河西走廊西端交通枢纽,也是内地进入新疆、西藏的门户。该区域地理坐标介于92°13′~95°30′E,39°40′~41°40′N之间,地势南北高,中间低,自西南向东北倾斜,平均海拔不足1400m。敦煌境内东有三危山,南有鸣沙山,西面是沙漠,北面是戈壁,故有"戈壁绿洲"之称。该地区地处内陆,气候干燥,降雨量少,蒸发量大,昼夜温差大,日照时间长。敦煌绿洲主要由党河和疏勒河滋补,形成了以人工绿洲为主的党河冲积平原绿洲和以天然绿洲为主的疏勒河下游支流绿洲。党河冲积平原绿洲区自西南向东北展开,具有其独特的扁形绿洲结构(图1)。

1.2 数据来源与预处理

以研究区4期Landsat影像(行列号为172/32)为数据源,获取时间分别是1986/07/23,1995/08/17,

* 收稿日期:2017-3-17;修回日期:2017-4-12。
基金项目:国家自然科学基金项目(41471163);中央高校基本科研业务费专项资金项目(lzujbky-2016-247);甘肃省青年科技基金计划(1610RJYA017)资助。
作者简介:张秀霞(1985-),女,汉族,甘肃高台人,博士研究生,主要从事3S技术应用研究。E-mail:zhangxx13@lzu.edu.cn
通讯作者:颉耀文(1969-),男,汉族,甘肃天水人,教授,博士生导师,主要从事3S技术与干旱区环境研究。
E-mail:xieyw@lzu.edu.cn

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

2005/07/11,2015/08/08。所有影像均进行了几何校正、大气校正,并利用研究区范围裁切[17]。

为了利用遥感技术分析绿洲时空演变过程,文中采用监督分类结合归一化植被指数(ND-VI)[18,19],植被覆盖度(FVC)指标[20]对研究区地物分类,最后通过野外调查与 Google Earth 高清影像目视解译修正分类结果。结合研究区特点和前人研究[21-24],并且以最小化分类误差为目的,将研究区地物分为三大类:绿洲、过渡带和荒漠。绿洲又包括:天然绿洲(分布于人工绿洲周边,有较好的水资源条件的天然植被或植被覆盖较好的草地或灌丛周边的中覆盖度草地,植被覆盖度大于 40%。),人工植被(包括可灌溉耕地,林地,果园及防护林,具有较好的连通性,有一定的规则形状。),居民地(城镇,农村居民点,及用于各种建筑的建设用地,及开放的交通设施。),水域(水库,河流,池塘,湖,溪水等)。而荒漠包括植被覆盖小于 20% 的盐碱地,戈壁裸露地,光板地及沙质地表等。过渡带主要指分布于人工绿洲或者天然绿洲周边,主要靠降水和地下水补给,植被覆盖度介于 20% -40%,在水源等条件的影响下可转化为绿洲或者荒漠的区域。由于影像分辨率受限,地面上一些线性的地表特征,例如农村公路,灌溉水渠等在分类时不作单独划分,归并于以上 6 个地类当中。

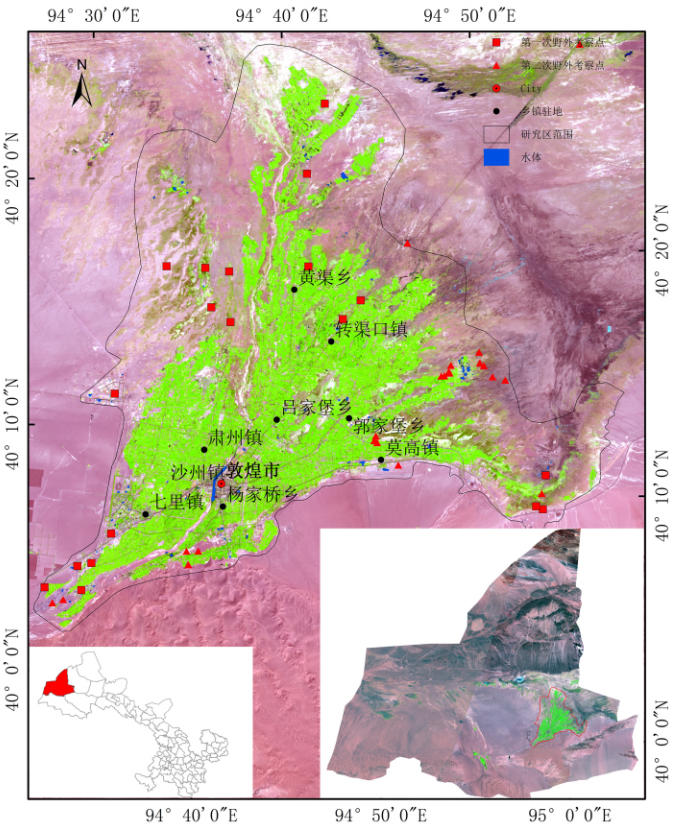

图 1　研究区分布位置

Figure 1 The location of Dunhuang oasis

1.3　绿洲时空变化探测

关于绿洲时空变化分析方法,已有许多数量方法。文中拟选取面积变化率[25],土地利用类型转移矩阵和邻域分析法对研究区的绿洲变化进行分析。

1.3.1　绿洲面积变化率

采用式(1)可定量的描述绿洲面积的动态变化。

$$K = \frac{U_b - U_a}{U_a} \times \frac{1}{t_2 - t_1} \times 100\% \tag{1}$$

式中:U_a 和 U_b 分别表示监测初期 t_1、末期 t_2 的绿洲面积,K 表示研究时段($t_2 - t_1$)内绿洲的面积变化率。

1.3.2　土地利用类型转移矩阵

利用 ARCGIS10.2 软件对不同时期的土地利用类型数据进行交叉分析,借助于 excel 数据透视表处理,得到各期土地类型转移矩阵。

1.3.3　绿洲邻域分析

以 1986 年人工绿洲重心为中心,45°为间隔,分为 8 个方向,再以人工绿洲边界做 1km 缓冲区,统计分析人工绿洲 8 方向上 1km 邻域的绿洲变化信息。

2　结果与分析

2.1　绿洲整体规模变化

通过遥感影像解译得到 1986 -2015 年不同时期的土地类型面积,并对其统计(图 2,表 1),1986 年 -2015 年间研究区内绿洲一直处于持续增加的状态,其面积由1986年的307.70km^2,增加

表 1　1986 -2015 年研究区绿洲面积变化

Table 1 Variations of the oasis during 1986 -2015 in study area

土地类型	面积(km^2)			
	1986	1995	2005	2015
人工植被	233.91	239.64	325.53	350.92
居民地	23.23	31.47	33.34	38.21
水域	7.90	10.08	22.15	2.81
天然绿洲	42.66	33.16	44.58	41.02

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

到 2015 年的 432.96km^2，近 30 年间绿洲面积增加了 40.71%。1995 – 2005 年绿洲规模迅速增加，增加面积为 111.25km^2，约占 1995 绿洲面积 1/3，人工绿洲的变化决定了整个绿洲的变化趋势。

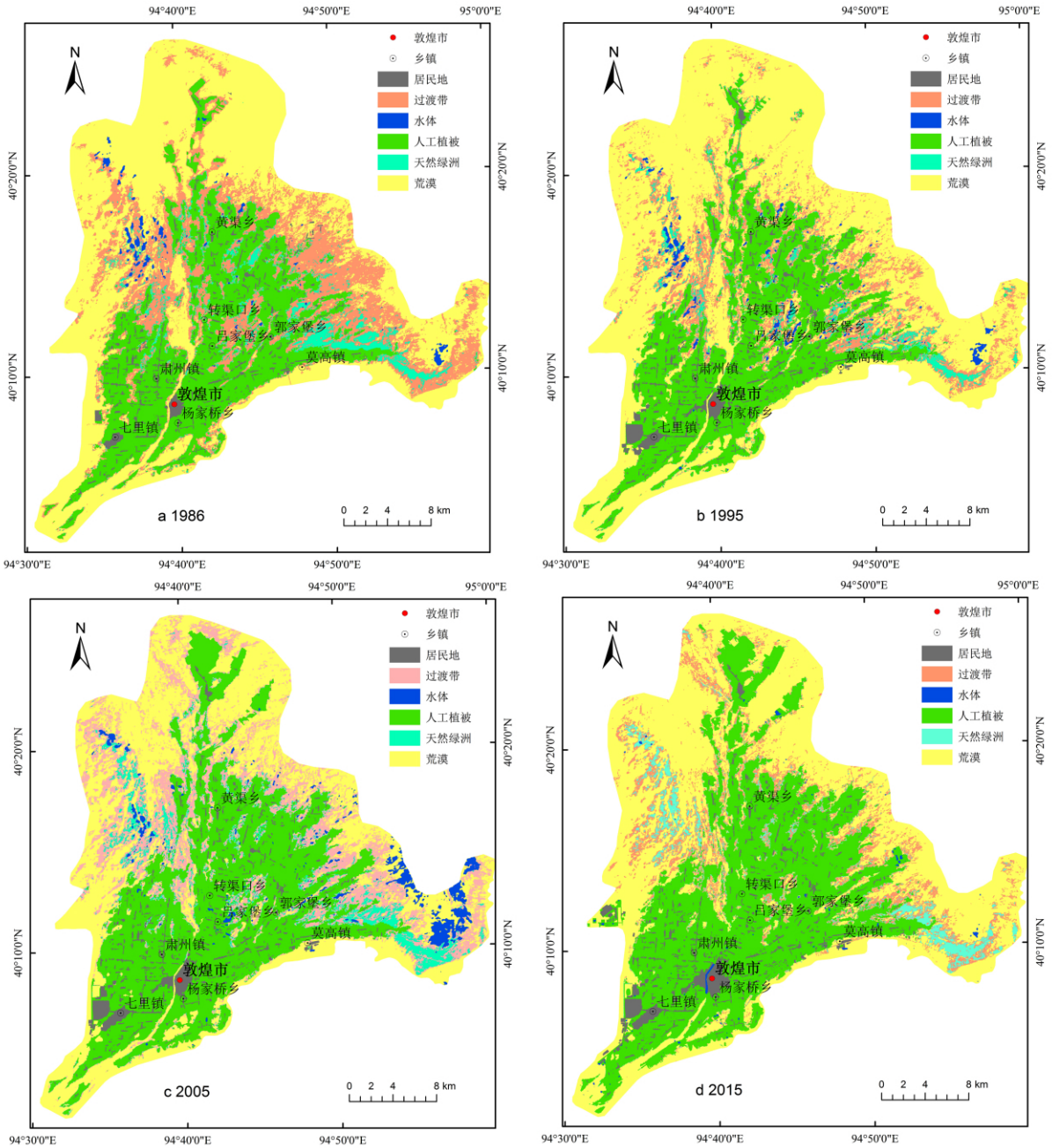

图 2　研究区景观分布变化图

Figure 2 The changes main landscape patterns in study area

2.2　绿洲内部景观类型变化

转移矩阵分析表明(表 2)，1986 – 1995 年间，人工植被的增加主要来源于天然绿洲和过渡带的开垦，其转化面积为 32.80km^2，占 1995 年整个绿洲的 13.69%。1995 – 2005 年，天然绿洲、过渡带及荒漠为人工植被的增加起了主要的作用，但相对于第一阶段，天然绿洲转化为人工植被的面积明显减少。2005 – 2015 年间，由天然绿洲、过渡带及荒漠转化来的人工植被占 2015 年人工绿洲植被的面积分别占 3.29%，5.60%，4.46%。1995 – 2005 和 2005 – 2015 年两个阶段内，荒漠转化为人工植被的面积比 1986 – 1995 年的 5.51km^2 有所增加。居民地的面积在整个研究期内一直处于增加的趋势，由 1986 年的 23.23km^2 扩大到 38.21km^2。天然绿洲在整个研究期间内表现为先增加后减少的趋势，天然绿洲的恢复主要是过渡带和荒漠转化而来的，其中 1995 – 2005 年是恢复期，由过渡带及荒漠转化的天然绿洲比例达到 69.70%。水域

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

面积占绿洲区面积最小的一个部分，由 1986 年的 7.90km^2 增长到 2005 年的 22.15km^2，但 2005 – 2015 年间，水域面积大幅度减少，至 2015 年只有 2.81km^2。

2.3　绿洲细部变化分析

以上分析表明，研究区绿洲主要以人工绿洲扩张为主，且多发生在人工绿洲边界邻域内，以 10 年为间隔统计，经过多次实验及野外考察发现，研究区 80% 以上的人工绿洲扩张区域发生在其邻域 1km 范围内，因此有必要分析绿洲邻域内的量变信息（表 3，图 3）。统计结果表明，各研究期间内，人工绿洲扩张在各方向上面积不等。总体上，人工绿洲的扩张主要发生在北，东北，东和西南方向。

表 2　1986 – 2015 年研究区绿洲变化转移矩阵

Table 2 The conversion (change) matrix of oasis change from 1986 to 2015

时间	土地类型	人工植被 (km^2)	居民地 (km^2)	水域 (km^2)	天然绿洲 (km^2)	过渡带 (km^2)	荒漠 (km^2)	总量 (km^2)
1986 ~ 1995	人工植被	201.25	0.00	0.08	8.62	24.18	5.51	239.64
	居民地	4.49	21.88	0.00	0.17	1.93	3.06	31.52
	水域	0.21	0.02	4.50	0.00	5.35	0.00	10.08
	天然绿洲	0.00	0.02	0.15	12.88	18.14	2.01	33.20
1995 ~ 2005	人工植被	234.00	0.10	0.92	14.13	34.77	41.60	325.53
	居民地	2.18	30.19	0.00	0.02	0.06	0.90	33.34
	水域	0.91	0.00	3.91	0.67	2.65	14.01	22.15
	天然绿洲	0.39	0.02	0.99	12.37	22.58	8.22	44.57
2005 ~ 2015	人工植被	302.39	0.00	1.70	11.56	19.64	15.63	350.92
	居民地	2.58	33.33	0.00	0.04	0.20	2.07	38.21
	水域	0.73	0.26	0.59	0.04	0.24	0.95	2.81
	天然绿洲	5.17	0.00	1.60	18.15	13.29	2.80	41.02

表 3　人工绿洲 1000m 邻域绿洲化面积（km^2）

Table 3 The increased areas of artificial oasis within 1km

方向	1986 – 1995	1995 – 2005	2005 – 2015
北	7.16	26.32	14.90
东北	6.95	13.23	9.35
东	6.09	13.17	9.11
东南	0.61	1.19	0.73
南	2.19	2.84	1.12
西南	9.17	8.68	6.40
西	4.25	7.35	2.07
西北	1.29	8.27	3.76
总	37.71	81.05	47.44

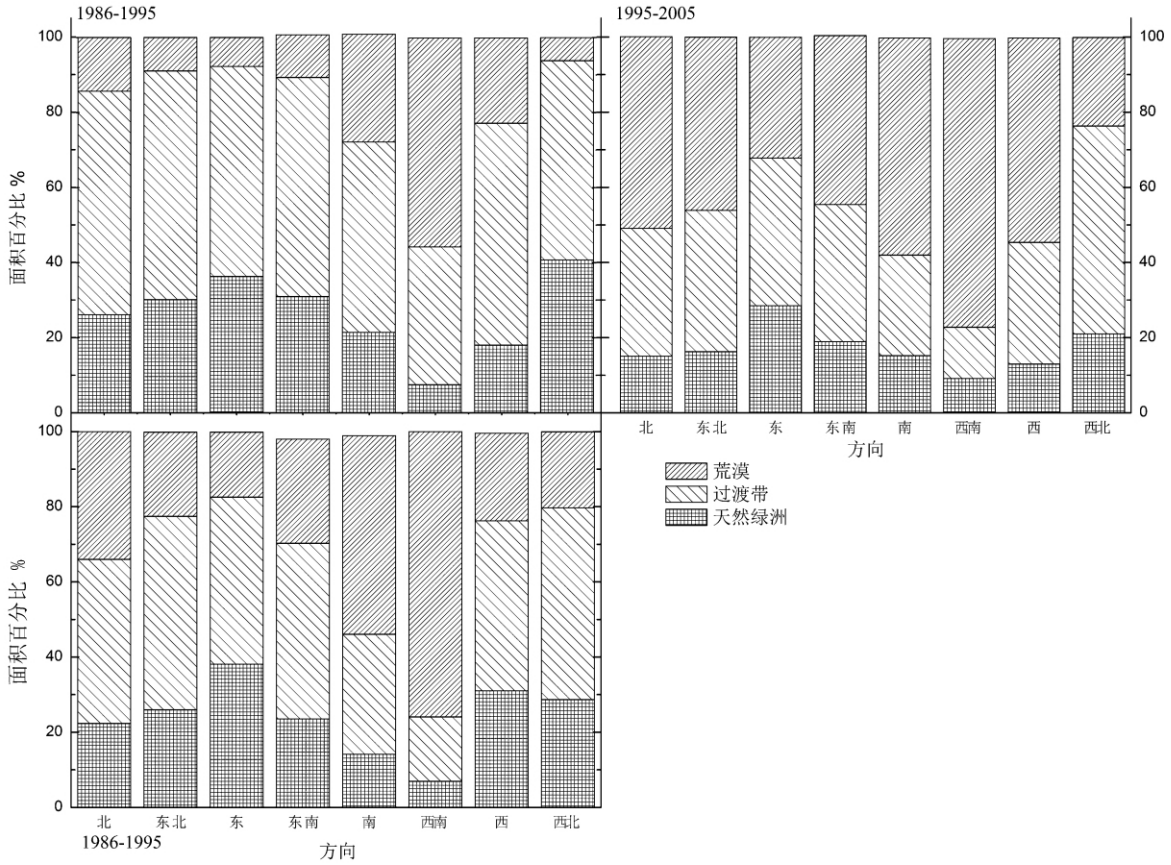

图 3　1km 人工绿洲邻域内人工绿洲扩张来源面积百分比

Figure 3 The percentages of expanded artificial oasis area that transformed from natural oasis, ecotone and desert within 1km

而人工绿洲 1km 邻域范围内，绿洲面积增加最多的年份是 1995 – 2005 年间，其次是 2005 – 2015，最后是 1986 – 1995 年间。在第一阶段（1986 – 1995 年间），人工绿洲的增加在 8 个方向上主要是天然绿洲

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

与过渡带的转化造成的，与整体表现一致。1995－2015年间，这两个阶段人工绿洲的扩张中荒漠所占面积比例增加显著。

3 讨论

近30年来，敦煌绿洲的变化主要表现为人工绿洲的扩张。人工绿洲中植被的增加主要是由天然绿洲及过渡带的转化造成的，主要与人类过度开垦、开荒有关系。而1995年后，由荒漠转化为人工植被的面积比例逐渐增加，说明人们开始开垦和改造可利用荒漠(条件较好的盐碱地，沙地等)扩大耕地面积，主要以大面积斑块方式扩张。北，东北，东和西南方向扩张面积最多，其他方向面积扩张较少，且人工绿洲的扩张主要是以天然绿洲及过渡带的开发为代价。在东南及南等方向，由于敦煌市地理条件限制(主要是沙漠，戈壁包围)，人工绿洲外围开发受限，多是内部填充及边缘小范围扩张。人工绿洲中的居民地的扩张主要是人工植被减少和荒漠的转化为主，说明一方面人类利用已有的绿地进行开发满足建筑需求，尤其是农村居民点和城市的扩张，主要以绿洲植被损耗为基础；另一方面，满足人类生活所需的部分建筑及工矿企业适当利用沙漠、戈壁及盐碱地修建，例如敦煌西面建立的工业园区。天然绿洲在整个研究期间内表现为波动状态，其面积随着人工绿洲的扩张，先表现为减少后增加又减少的趋势。虽然整个研究期内天然绿洲都有一定比例转化为人工绿洲，但是其数量并不是一味地减少，而是以一定周期呈现恢复的趋势。这是由于人工绿洲的灌溉形成的水资源下渗，使得附近的天然植被长势逐渐好转，从而形成了一定范围的天然绿洲。

水域面积占绿洲区面积最小的一个部分，前两个阶段主要表现为增加的趋势，水域面积增加可能与西北干旱气候暖湿化的影响有关[26]。2005－2015年间水域的减少可能与人工绿洲的扩张与疏勒河综合治理项目的实施有关(地表水被水库拦截)。在干旱区，地表水累积，地面植被长势较好，地表水干枯，植被退化，从而造成了荒漠化现象。人工绿洲的开发是一个"双刃剑"，一方面促进了土地的充分利用，利于离人工绿洲较近的天然植被的恢复；另一方面，由于人工绿洲的开发，导致水资源的重新分配，离人工绿洲较远的生态系统供水不足，从而促进了荒漠化进程。

4 结论

利用1986－2015年间4期Landsat遥感影像，以10年为间隔，分别从整体、局部及细部分析敦煌绿洲变化特征，主要得到了以下结论：

研究区绿洲面积的增加主要是人工绿洲扩张造成的。人工绿洲的转化主要来源于天然绿洲、过渡带。而天然绿洲面积并不是一味地减少，而是有增有减，其大面积转化为人工绿洲的同时，也有荒漠和过渡区转化为天然绿洲的。以10年为间隔统计，研究区人工绿洲扩张80%以上发生在其1km邻域范围内，且人工绿洲扩张具有方向性异质性，主要向北，东北，东和西南方向扩张。1995年之前，人工绿洲面积的增加主要是由于天然绿洲和过渡带转化造成的，而1995之后，由荒漠直接转为人工绿洲的面积明显增加。

参考文献

[1] 韩德林. 中国绿洲研究之进展[J]. 地理科学，1999，19(4)：313－319.
[2] 陈曦，罗格平. 干旱区绿洲生态研究及其进展[J]，干旱区地理，2008，31(4)：487－495.
[3] 高华君. 我国绿洲的分布和类型[J]，干旱区地理，1987，10(4)：23－29.
[4] 程国栋，肖笃宁，王根绪. 论干旱区景观生态特征与景观生态建设[J]. 地球科学进展，1999，14(1)：11－15.
[5] 王涛. 干旱区绿洲化、荒漠化研究的进展与趋势[J]. 中国沙漠，2009，29(1)：1－9.
[6] 贾宝全，慈龙骏，韩德林，等. 干旱区绿洲研究回顾与问题分析[J]. 地球科学进展，2000，15(4)：381－388.
[7] Luo G P，Zhou C H，Chen X，et al. A methodology of characterizing status and trend of land changes in oases: A case study of Sangong River watershed，Xinjiang china[J]. Journal of Environmental Management，2008，88(4)：775－783.
[8] Wang Y G，Li Y. Land exploitation resulting in soil salinization in a desert－oasis ecotone[J]. Catena，2013，100:50－56.
[9] Xie Y W，Wang G S，Wang X Q. Spatio－temporal process of oasification in the middle－Heihe River basin during 1368－1949 AD，China[J]. Environmental Earth Sciences，2015，73(4)：1663－1678.
[10] 崔卫国，穆桂金. 绿洲演变动态监测的遥感分析[J]. 地球信息科学，2004，6(3)：35－39.
[11] 谢霞，塔西甫拉提·特依拜. 艾比湖流域绿洲化与荒漠化过程时空演变研究[J]. 中国沙漠，2013，33(1)：38－45.
[12] 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.

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

[13] 张飞，塔西甫拉提·特依拜，丁建丽，等. 干旱区绿洲土地利用/覆被及景观格局变化特征 [J]. 生态学报，2009，29(3)：1251 - 1263.
[14] 岳东霞，杜军，巩杰，等. 民勤绿洲农田生态系统服务价值变化及其影响因子的回归分析 [J]. 生态学报，2011，31(9)：2567 - 2575.
[15] 张杰，潘晓玲. 焉耆盆地库鲁克绿洲扩展时空格局动态分析 [J]. 资源科学，2009，31(8)：1369 - 1377.
[16] 马晴，李丁，廖杰，等. 疏勒河中下游绿洲土地利用变化及其驱动力分析 [J]. 经济地理，2014，34(1)：148 - 155.
[17] 赵晓冏，颉耀文，李琳琳. 1986 - 2009 年高台县绿洲化荒漠化时空过程 [J]. 兰州大学学报(自然科学版)，2012，48(1)：49 - 54.
[18] Tucker C J. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation [J]. Remote Sensing of Environment，1979，8(2)：127 - 150.
[19] Wu W C. The Generalized difference vegetation index (GDVI) for dryland characterization [J]. Remote sensing，2014，6(2)：1211 - 1233.
[20] Zhang X F，Liao C H，Li J，et al. Fractional vegetation cover estimation in arid and semi - arid environments using HJ - 1 satellite hyperspectral data [J]. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation，2013，21(1)：506 - 512.
[21] 许亚平，王心源，王长林. 基于 Lansat 长时间序列数据的敦煌绿洲动态变化分析 [J]. 干旱区地理，2013，36(5)：938 - 954.
[22] Amuti T，Luo G P. Analysis of land cover change and its driving forces in a desert oasis landscape of Xinjiang，northwest China [J]. Solid Earth，2014，6(2)：1071 - 1085.
[23] Kuang W H，Chen L J，Liu J Y，et al. Remote sending - based artificial surface cover classification in Asia and spatial pattern analysis [J]. Science China Earth Science，2016，59(9)：1720 - 1737.
[24] 穆桂金，贺俊霞，雷加强，等. 再议绿洲 - 沙漠过渡带 - 以策勒绿洲 - 沙漠过渡带为例 [J]. 干旱区地理，2013，36(2)：195 - 202.
[25] 王秀兰，包玉海. 土地利用动态变化研究方法探讨 [J]. 地理科学进展，1999，18(1)：81 - 87.
[26] 文星，王涛，薛娴，等. 1975 - 2010 年石羊河流域绿洲时空演变研究 [J]. 中国沙漠，2013，33(2)：478 - 485.

Landscape changes in Dunhuang oasis for recent 30 years

ZHANG Xiuxia[1,2]，XIE Yaowen[1]，LV Lili[1]
(1. College of Earth Environmental Sciences，Lanzhou University，Lanzhou 730000;
2. School of Civil Engineering，Lanzhou University of Technology，Lanzhou 730050，China)

Abstract: Taking Dunhuang oasis as an example，the landscape of the study area were classified by the method of supervised classification based on the four Landsat images，and the results were corrected by visual interpretation. The changes of oasis were studied by using mathematical statistics，and the characteristics of the oasis were analyzed by using the neighborhood analysis method. The results showed that the changes of oasis were mainly manifested as the expansion of artificial oasis in 1986 - 2015，and the area of oasis was increased by 40.71%. More than 80% of the oasis expansion in the study area occurred within its 1 km neighborhood with a 10 - year statistical interval. The expansion of artificial oasis showed a certain direction，mainly along the north，northeast，north and southwest. The expansion of artificial oasis before 1995 was mainly the transformation of natural oases and ecotone，and the area transformed by desert gradually increased after 1995.

Key words: remote sensing; landscape analysis; spatio - temporal change; Oasis

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net