

新疆和田地区水土资源开发利用特征及匹配性分析

徐永波¹, 侯一峰², 朱成刚^{3*}

¹新疆塔里木河流域和田管理局, 新疆 和田

²新疆大学地理与遥感科学学院, 新疆 乌鲁木齐

³中国科学院新疆生态与地理研究所荒漠与绿洲生态国家重点实验室, 新疆 乌鲁木齐

收稿日期: 2022年11月5日; 录用日期: 2023年2月2日; 发布日期: 2023年2月24日

摘要

水土资源是区域生态系统稳定和安全的组成和基础。本文以和田地区为研究区, 采用土地利用转移矩阵和基尼系数方法探究区域水土资源开发利用特征和匹配关系。结果表明, 在过去20年间(2000~2020年), 和田地区主要呈耕地和草地面积增加和未利用地面积减少趋势, 耕地增长率高达24.02%, 且在2000~2010年增加显著, 未利用地面积共计减少509.27万亩。期间主要以草地转变为耕地、林地和建设用地, 未利用地不断开发利用转化为耕地和草地为主。和田地区的耕地和绿洲面积空间具有较大的差异性, 各县市人均耕地面积匹配度较好, 而人均绿洲面积匹配度较差。随着社会经济的快速发展, 和田地区耕地的不断扩张, 需要科学配置水资源, 进一步提升水资源利用效率。

关键词

和田地区, 土地利用, 水土资源, 匹配系数

Characteristics and Matching Analysis of Water and Soil Resources Development and Utilization in Hotan Area, Xinjiang

Yongbo Xu¹, Yifeng Hou², Chenggang Zhu^{3*}

¹Xinjiang Tarim River Basin Hotan Administration, Hotan Xinjiang

²College of Geography and Remote Sensing Sciences, Xinjiang University, Urumqi Xinjiang

³State Key Laboratory of Desert and Oasis Ecology, Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi Xinjiang

作者简介: 徐永波, 男, 高级工程师, 主要从事干旱区水资源管理研究, Email: 1541797872@qq.com

*通讯作者 Email: Zhuchg@ms.xjb.ac.cn

Abstract

Soil and water resources are an important component and foundation of regional ecosystem stability and security. This study used the land-use transfer matrix and Gini coefficient method to explore the characteristics and matching relationships of regional soil and water resources development and utilization in the Hotan area, Xinjiang. The results show that a trend of increasing arable land and grassland area and decreasing unutilized land area in the past 20 years (2000~2020). The growth rate of arable land was as high as 24.02% and increased significantly from 2000 to 2010, and the unutilized land area decreased by 509.27 ten thousand mu in total. The period is mainly dominated by the transformation of grassland into arable land, forest land and construction land, and the continuous development and utilization of unused land into arable land and grassland. The spatial variability of arable land and oasis area is large, and the per capita arable land area matches well with each county and city, while the per capita oasis area matches poorly. With the rapid socio-economic development and the continuous expansion of arable land, scientific allocation of water resources is needed to further improve the efficiency of water resources utilization.

Keywords

Hotan Area, Land-Use, Water and Soil Resources, Matching Coefficient

Copyright © 2023 by author(s) and Wuhan University.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

土地利用/覆盖变化(LUCC)影响全球区域气候变化[1]、生态环境和生物多样性,在人类与自然环境的关系中发挥重要作用[2],是可持续发展研究的一个重要方面[3],目前已成为全球共同关注的热点问题[4]。随着开发需求的日益增加,水土资源匹配的问题随之而来,对和田地区水土资源开发利用现状及其匹配程度进行研究是确保水土资源合理利用的前提,同样也是解决经济快速发展下与水土资源是否匹配的问题[5],水土资源匹配的问题成为当前迫切解决的问题[6]。本文以和田地区水土资源匹配为切入点,分析区域内土地利用现状和变化特征,进一步探究耕地和绿洲面积变化特征,利用基尼系数法和单位面积耕地所拥有的水资源量法来分析和田地区水土资源匹配关系。探究和田地区在近二十年土地利用变化下,水土资源的匹配程度,为和田地区土地利用规划和科学配置水资源提供科学依据。

2. 研究区域与方法

2.1. 研究区概况

和田地区位于新疆维吾尔自治区最南端,南依昆仑山,北连塔克拉玛干大沙漠,降水稀少,气候干燥,属典型的内陆干旱区[7][8]。和田地区行政管辖范围包括和田市、和田县、墨玉县、皮山县、洛浦县、策勒县、于田县和民丰县,境内有大小河流 36 条,区域水资源量匮乏,经济布局 and 结构、经济发展速度和规模以及区域生态和环境问题等,无不与水密切相关,绿洲化与沙漠化过程以及脆弱生态系统的修复等均面临巨大的挑战[9](见图 1)。

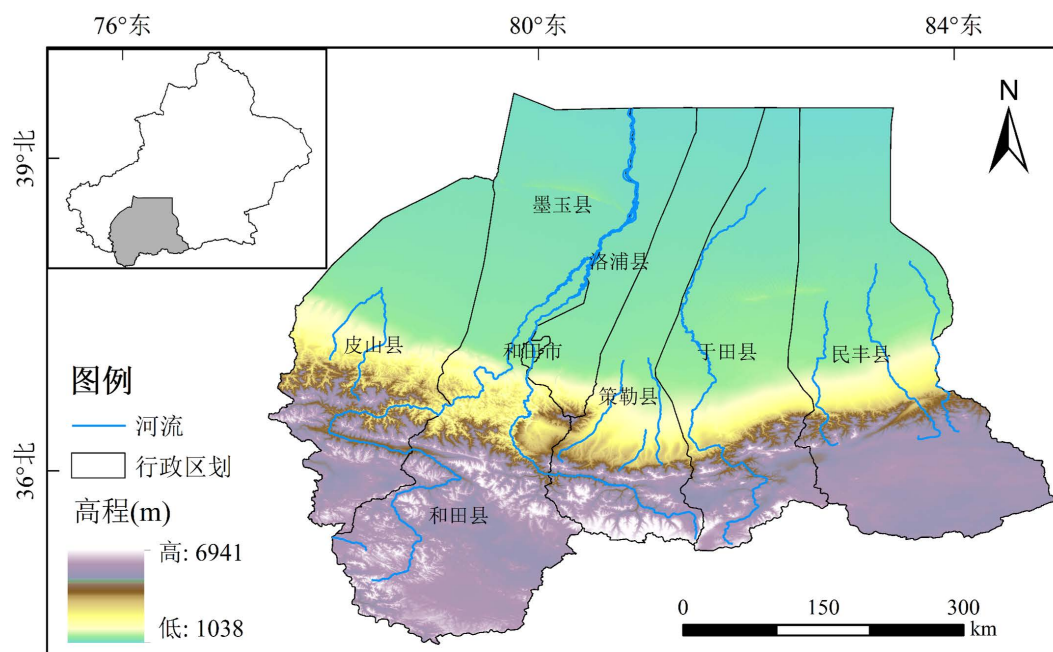


Figure 1. Overview of the study area ((2019) 1822)

图 1. 研究区概况((2019) 1822)

2.2. 数据来源

1) 遥感数据源自中国科学院资源环境科学与数据中心 2000~2020 年 30 m 空间分辨率的 TM 土地利用数据 (<http://www.resdc.cn>)。本研究选取 2000、2010 和 2020 年 3 期影像, 通过辐射校正和图像裁剪和田河流域等处理后进行信息提取, 供后续分析使用。根据《土地利用现状分类》国家标准, 采用一级标准分类体系, 将塔里木河流域划分为耕地、林地、草地、水体、建设用地和未利用地六类。

2) 属性数据来源于《新疆辉煌 50 年》和《新疆统计年鉴》(2000~2020)。根据前人对绿洲的定义, 本文将除未利用地及草地以外的土地利用类型作为绿洲, 统计 2000、2010、2020 年和田地区的绿洲面积。

2.3. 土地利用转移矩阵

土地利用转移矩阵反映研究区内研究初期和研究末期各个土地利用类型面积相互转变的动态过程。通过探究塔里木河流域不同土地利用类型间面积变化情况及其相互转化过程, 进一步研究土地利用的演变过程[10]。

$$S_{ij} = \begin{bmatrix} S_{11} & \cdots & S_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ S_{n1} & \cdots & S_{nn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

式中: S 表示面积; $i, j (i, j = 1, 2, \dots, n)$ 转移前与转移后的土地利用类型; S_{ij} 表示土地利用从类型 i 变化为 j 的面积; n 表示转移前后土地利用类型数。

2.4. 基尼系数法

基尼系数由意大利统计与社会学家 Corrado Gini 在 1912 年提出[11], 是目前研究水土资源匹配关系常用的方法。由于水资源在空间上的分配同样具有非均衡性, 所以, 基尼系数法计算模型在人均耕地/绿洲或水资源空间分布上同样适用, 因此, 我们将水资源与耕地或者绿洲的匹配的区域基尼系数划分为 5 个等级: ① 匹配状况极好 ($0 < G \leq 0.2$); ② 匹配状况较好 ($0.2 < G \leq 0.3$); ③ 匹配状况相对合理 ($0.3 < G \leq 0.4$); ④ 匹配状况较差 (0.4

$< G \leq 0.5$); ⑤ 匹配状况极差($G > 0.5$)。

本文分别计算了和田地区各市县的人均耕地和人均绿洲的基尼系数, 探查耕地/绿洲在空间分配上的关系是否良好, 在此基础上, 分别计算了 2000 年、2010 年、2020 年和田地区单位耕地或绿洲所拥有的水资源量的基尼系数, 明确每个年份之间的水资源匹配差异是否合理。

3. 结果与分析

3.1. 和田地区土地利用/覆被变化

2000~2020 年, 和田地区土地利用发生显著变化(见表 1)。主要表现为耕地和草地面积的持续增加以及未利用地面积的不断减少。耕地面积由 2000 年的 279.75 万亩增加至 2020 年的 346.93 万亩, 增长率高达 24.02%, 且在 2000 年~2010 年增加显著, 新增面积主要集中在和田地区中部。未利用地面积共计减少 509.27 万亩, 在和田河流域中游减少十分明显。期间草地新增面积为 228.33 万亩, 主要集中在研究区中下区域。水体面积也处于上升趋势, 同时, 林地和建设用地面积同样增加且变化较小。自 2000 年以来, 研究区不同土地利用/覆被类型的等级基本上保持不变, 表现出未利用地 > 草地 > 水体 > 耕地 > 建设用地 > 林地。

Table 1. Land use changes in Hotan area from 2000 to 2020 (ten thousand mu)

表 1. 2000~2020 年和田地区土地利用变化(万亩)

土地类型	耕地	林地	草地	水体	建设用地	未利用地
2000	279.75	0.72	4317.22	1424.84	1.11	31,191.36
2010	325.11	1.29	4507.12	1660.42	1.88	30,719.18
2020	346.93	2.67	4545.55	1595.74	2.04	30,722.06
变化量	67.18	1.96	228.33	170.90	0.93	-469.30

3.2. 土地利用结构变化分析

由 2000~2020 年和田地区土地类型转移矩阵可以看出(见表 2), 期间内各土地类型间的面积转化频繁。将整个时期分为三个阶段, 分别为 2000~2010 年、2010~2020 年和 2000~2020 年。土地类型间的相互转化情况分析可见:

1) 耕地扩张主要发生在 2000~2010 年, 耕地面积增加的主要是由草地转化而来的, 期间内草地向耕地转化比例占 33.60%。未利用地向草地和水体转化是其面积减少的主要原因, 分别占 16.79%和 18.95%。林地、水体和建设用地在此期间的转化比例较小。

2) 2010~2020 年耕地和草地、草地和未利用地之间的转化十分突出, 耕地面积的增加主要是由未利用地和草地向耕地转化, 占比分别为 24.30%和 1.54%。另外, 则是草地与其他土地类型间的转化十分显著, 其中由草地向林地转入的面积所占比例为 77.52%。期间未利用地面积减少的原因除了转化为耕地外, 还向草地和水体转入, 其中, 占比分别为 13.45%和 7.83%。同时, 还有 11.74%的水体转化为未利用地。

3) 2000~2020 年土地类型间的转化较为平稳, 整体上仍然是耕地、草地和未利用地之间发生转化。其中耕地面积上升主要是由草地和未利用地转入, 转化比例分别为 46.11%和 11.44%。除了部分未利用地转化为耕地外, 还有 2.89%向草地转出, 草地向林地和建设用地转化的比例为 74.91%和 49.02%, 以及有 18.32%的水体由未利用地转入。

总之, 区域内整体趋势为耕地和草地面积增加和未利用地面积减少十分显著, 并且明显转化为其他土地类型。从转移的角度来看, 主要的特征是和田地区的草地转变为耕地、林地和建设用地, 未利用地不断开发利用转化为耕地和草地。除了部分未利用地转化为耕地外, 还有一部分向草地和水体转出。

Table 2. Land type transfer matrix, 2000~2020 (ten thousand mu)
表 2. 2000~2020 年土地类型转移矩阵(万亩)

2000 年	2010 年						总计
	耕地	林地	草地	水体	建设用地	未利用地	
耕地	415	0	31	0	0	0	446
林地	0	1	0	0	0	0	1
草地	94	1	3749	5	1	468	4317
水体	0	0	3	1385	0	37	1425
建设用地	0	0	0	0	1	0	1
未利用地	9	0	725	270	0	30,021	31,025
总计	518	1	4507	1660	2	30,526	

2010 年	2020 年						总计
	耕地	林地	草地	水体	建设用地	未利用地	
耕地	468	0	50	0	0	0	518
林地	0	1	0	0	0	0	1
草地	79	1	3886	4	0	536	4507
水体	0	0	3	1462	0	195	1660
建设用地	0	0	0	0	2	0	2
未利用地	5	0	606	130	0	29,785	30,526
总计	553	3	4546	1596	2	30,516	

2000 年	2020 年						总计
	耕地	林地	草地	水体	建设用地	未利用地	
耕地	392	0	53	0	0	1	446
林地	0	1	0	0	0	0	1
草地	129	2	3588	7	1	591	4317
水体	0	0	3	1328	0	94	1425
建设用地	0	0	0	0	1	0	1
未利用地	32	0	902	261	0	29,830	31,025
总计	553	3	4546	1596	2	30,516	

3.3. 区域水土资源匹配关系

2000~2020 年期间，和田地区耕地面积由 279.75 万亩(2000 年)增加至 346.93 万亩(2020 年)，共计增加 67.18 万亩，增长率为 24.02%。其中，在和田地区中部位置耕地面积增加显著。自 2000 年以来，人口数量由 168.13 万人增加至 2020 年的 250.47 万人，人口增长率高达 48.97%。期间人均耕地面积随着人口数量和耕地面积显著上升而发生变化，由 2000 年的 1.2 亩/人增加至 2010 年的 1.42 亩/人和 2020 年的 1.56 亩/人。和田地区各市县的耕地面积分异性较大，墨玉县的耕地面积最多，而人均耕地面积却相对较少，2020 年人均耕地面积为 1.28 亩/人，民丰县的耕地拥有量最小，2020 年仅 8.55 万亩，但人均耕地面积在和田各市县中最高，2020 年人均耕地面积为 2.23 亩/人(见表 3)。

Table 3. Cultivated land area and per capita cultivated land area by counties and cities in Hotan region
表 3. 和田地区各县市耕地面积和人均耕地面积

	2000		2010		2020	
	耕地面积(万亩)	人均耕地面积(亩/人)	耕地面积(万亩)	人均耕地面积(亩/人)	耕地面积(万亩)	人均耕地面积(亩/人)
和田市	20.60	0.50	19.72	0.48	17.37	0.42
和田县	39.41	1.11	46.56	1.31	48.13	1.35
策勒县	27.78	1.64	30.29	1.79	36.00	2.13
洛甫县	36.94	1.24	38.86	1.31	40.89	1.38
民丰县	7.80	2.03	7.14	1.86	8.55	2.23
墨玉县	65.91	1.02	78.40	1.21	83.01	1.28
皮山县	36.53	1.13	52.28	1.62	59.24	1.84
于田县	44.78	1.55	51.86	1.79	53.74	1.86

2000~2020 年期间,和田地区绿洲面积由 4764.6 万亩(2000 年)增加至 5102.96 万亩(2020 年),共计增加 338.4 万亩,增长率为 7.1%。而人口与绿洲的匹配关系却呈现负相关,人均绿洲面积呈减少的趋势,从 2000 年人均 44.88 亩/人,减少到 2020 年 36.87 亩/人,其中 2010 年人均绿洲面积为 41.27 亩/人。和田地区各市县绿洲分布不均匀,和田市绿洲面积最小,2020 年仅 49.87 万亩,和田县的绿洲总面积最大,达 1383.83 万亩,但民丰县的人均绿洲面积最高,达 137.33 亩/人(见表 4)。

Table 4. Oasis area and per capita oasis area by county and city in Hotan region
表 4. 和田地区各县市绿洲面积和人均绿洲面积

	2000		2010		2020	
	绿洲面积(万亩)	人均绿洲面积(亩/人)	绿洲面积(万亩)	人均绿洲面积(亩/人)	绿洲面积(万亩)	人均绿洲面积(亩/人)
和田市	47.01	2.77	48.78	1.52	49.87	1.22
和田县	1350.09	52.27	1329.89	48.98	1383.83	38.86
策勒县	707.35	53.39	716.09	46.14	767.48	45.36
洛甫县	177.21	7.48	205.45	8.54	203.37	6.85
民丰县	530.10	157.31	554.52	147.48	527.36	137.33
墨玉县	253.94	6.25	310.80	5.85	309.42	4.77
皮山县	930.25	43.34	1087.67	40.95	1071.59	33.26
于田县	768.65	36.22	774.96	30.67	790.04	27.27

采用基尼系数法评估模型计算了各市县的耕地面积基尼系数,从图 2 可以看出,基尼系数有增加的趋势,但增加幅度不大,各市县耕地面积分布相对较为合理。人均耕地面积呈现相似的对应关系,说明耕地或人均耕地在各市县的匹配度较好。

从图 3 可以看出,各市县的绿洲面积匹配度相对较为合理,基尼系数分布在 0.3~0.4 之间,而人均绿洲面积在各市县的基尼系数大于 0.5,说明各市县人均绿洲面积匹配度较差。和田地区各年份的水均耕地和水均绿洲面积匹配度极好,说明各年份之间的匹配度差异较小(见图 4)。从 2000~2020 年,水均耕地面积持续减少,从 2000 年的 1.44 万 m³/亩减少到 2020 的 1.21 万 m³/亩,说明水资源的开发利用程度在加大。水均绿洲面积的差别不大,基本维持在 0.085 万 m³/亩。

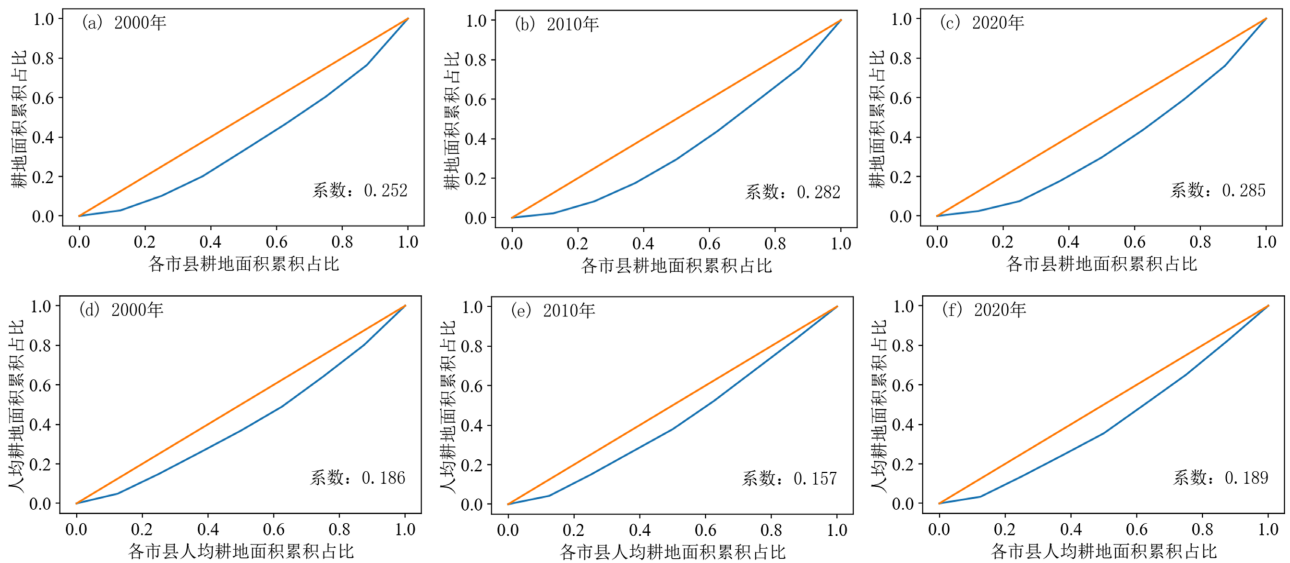


Figure 2. Matching relationship of Gini coefficient method between arable land area per capita of cities and counties in Hotan region

图 2. 和田地区各市县人均耕地面积之间的基尼系数法匹配关系

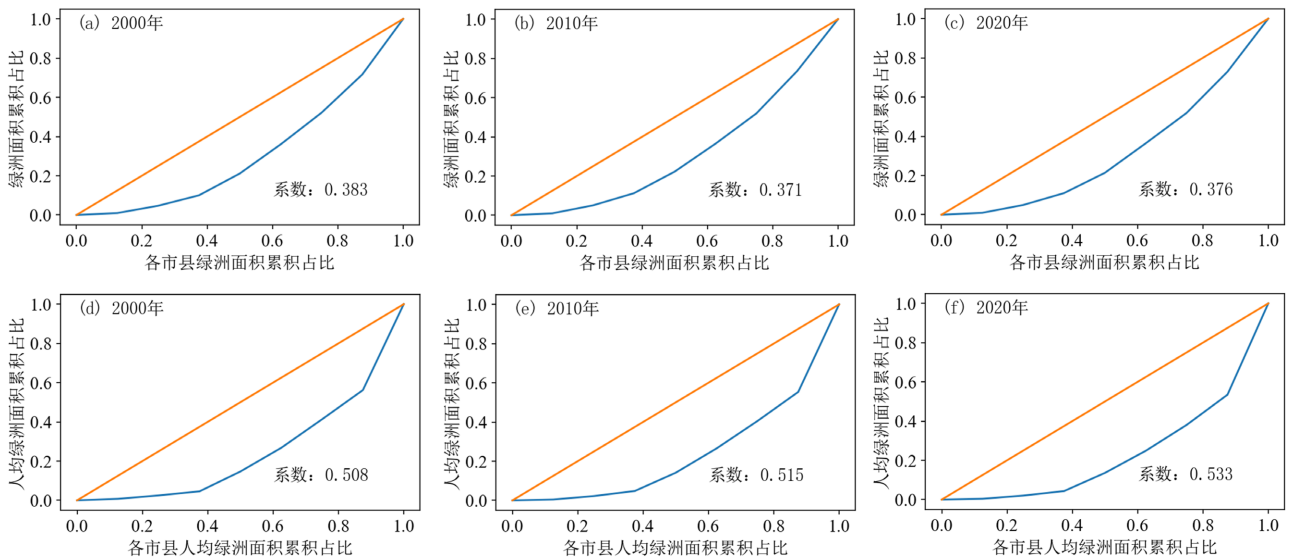


Figure 3. Matching relationship of Gini coefficient method between oasis area per capita in Hotan region

图 3. 和田地区人均绿洲面积之间的基尼系数法匹配关系

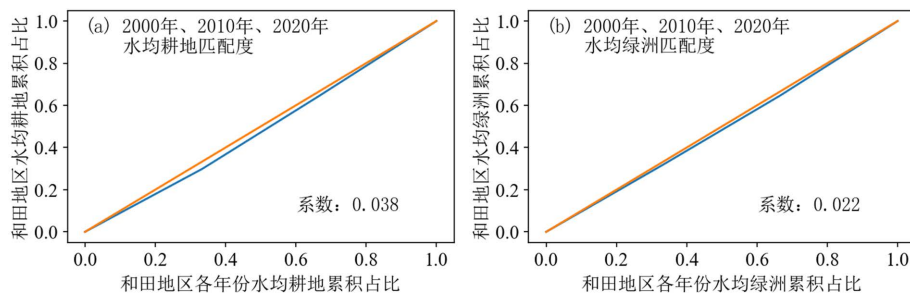


Figure 4. Matching relationship of Gini coefficient method between annual water-average arable land and water-average oasis in Hotan area

图 4. 和田地区各年份水均耕地和水均绿洲之间的基尼系数法匹配关系

4. 讨论

水土资源匹配关系的好坏对区域的可持续发展至关重要,在气候变化及人类活动背景下,水土资源状态受到了显著的影响,加剧了水资源供需矛盾。和田地区人均水资源量较低,人地关系矛盾日益凸显,和田地区处在西北干旱区,其生态环境脆弱,水资源缺乏,水土资源空间关系复杂,容易受到气候变化和人类活动的影响,对于和田地区的水土资源匹配关系研究,对于和田地区的高质量发展具有重要价值。随着社会的发展,人民的生产生活需求不断增加,用地需求随之提升,耕地的不断扩张导致对水资源的需求会进一步加大。因此,在人口增长与经济快速发展的过程中,需要进一步提升水资源利用效率,合理配置农业用水量,更加注重区域内水土资源的匹配关系,提高水资源利用的社会经济效益和生态效益。

5. 结论

2000~2020 年,和田地区土地利用变化显著,主要特征为耕地、草地和建设用地的持续增加以及未利用地面积的不断减少,并且明显转化为其他土地类型。主要由草地转变为耕地、林地和建设用地,未利用地不断开发利用转化为耕地和草地。

和田地区的耕地和绿洲面积空间分布不均,具有较大的差异性,各县市人均耕地面积匹配度较好,而人均绿洲面积匹配度较差。和田地区各年份的水均耕地和水均绿洲面积匹配度较好,各年份之间的匹配度差异较小,随着耕地面积的不断增长,需要科学配置水资源,进一步提升水资源利用效率。

基金项目

昆仑山北坡水资源开发潜力及利用途径科学考察(2021xjkk0100);塔里木河流域水-生态系统优化与可持续管理研究。

参考文献

- [1] 刘纪远, 匡文慧, 张增祥, 等. 20 世纪 80 年代末以来中国土地利用变化的基本特征与空间格局[J]. 地理学报, 2014, 69(1): 3-14.
LIU Jiyuan, KUANG Wenhui, ZHANG Zengxiang, et al. Spatio-temporal characteristics, patterns, and causes of land-use changes in China since the late 1980s. *Journal of Geographical Sciences*, 2014, 69(1): 3-14. (in Chinese)
- [2] 陈琼, 张懿铨, 刘峰贵, 等. 黄河流域河源区土地利用变化及其影响研究综述[J]. 资源科学, 2020, 42(3): 446-459.
CHEN Qiong, ZHANG Yili, LIU Fugui, et al. A review of land use change and its influence in the source region of Yellow River. *Resources Science*, 2020, 42(3): 446-459. (in Chinese)
- [3] MOONEY, H. A., DURAIAPPAH, A. and LARIGAUDERIE, A. Evolution of natural and social science interactions in global change research programs. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2013(110): 3665-3672.
- [4] 王志成, 李稚, 张辉, 等. 阿克苏河流域灌区土地利用变化对蒸散耗水的影响[J]. 灌溉排水学报, 2018, 37(6): 79-85.
WANG Zhicheng, LI Zhi, ZHANG Hui, et al. The impact of land use change on evapo-transpiration of the irrigated areas in Aksu Basin. *Journal of Irrigation and Drainage*, 2018, 37(6): 79-85. (in Chinese)
- [5] 张莹, 雷国平, 张弘强, 等. 微观尺度分析挠力河流域耕地利用水土资源匹配时空动态[J]. 农业工程学报, 2019, 35(8): 185-194.
ZHANG Ying, LEI Guoping, ZHANG Hongqiang, et al. Spatiotemporal dynamics of land and water resources matching of cultivated land use based on micro scale in Naoli River Basin. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2019, 35(8): 185-194. (in Chinese)
- [6] 陈亚宁, 陈亚鹏, 朱成刚, 等. 西北干旱荒漠区生态系统可持续管理理念与模式[J]. 生态学报, 2019, 39(20): 7410-7417.
CHEN Yaning, CHEN Yaoeng, ZHU Chenggang, et al. The concept and mode of eco-system sustainable management in arid desert areas in northwest China. *Acta Ecologica Sinica*, 2019, 39(20): 7410-7417. (in Chinese)
- [7] 胡栩, 聂勇, 徐霞, 等. 塔里木盆地南缘和田地区土地利用变化的遥感研究[J]. 地理科学进展, 2020, 39(4): 577-590.
HU Xu, NIE Yong, XU Xia, et al. Monitoring land-use change in Hetian Tarim Basin, China using satellite remote sensing observation between 1990 and 2016. *Progress in Geography*, 2020, 39(4): 577-590. (in Chinese)

-
- [8] 张丽丽, 邓晓雅, 龙爱华, 等. 基于农业水足迹的水资源安全时空变化分析——以新疆和田地区为例[J]. 干旱区研究, 2022, 39(2): 436-447.
ZHANG Lili, DENG Xiaoya, LONG Aihua, et al. Spatial-temporal assessment of water resource security based on the agricultural water footprint: A case in the Hotan Prefecture of Xinjiang. *Arid Zone Research*, 2022, 39(2): 436-447. (in Chinese)
- [9] PAN, Z. K., LIU, P., GAO, S. D., et al. Improving hydrological projection performance under contrasting climatic conditions using spatial coherence through a hierarchical Bayesian regression framework. *Hydrology and Earth System Sciences*, 2019, 23(8): 3405-3421.
- [10] LONG, H., LIU, Y., HOU, X., et al. Effects of land use transitions due to rapid urbanization on ecosystem services: Implications for urban planning in the new developing area of China. *Habitat International*, 2014(44): 536-544.
- [11] 姜秋香, 付强, 王子龙, 等. 三江平原水土资源空间匹配格局[J]. 自然资源学报, 2011, 26(2): 270-277.
JIANG Qiuxiang, FU Qiang, WANG Zilong, et al. Spatial matching pattern of soil and water resources in the Sanjiang Plain. *Journal of Natural Resources*, 2011, 26(2): 270-277. (in Chinese)