

天津地区湿地退化特征与驱动因素的多变量相关分析

孟伟庆¹, 莫训强¹, 李洪远², 贺梦璇²

(1. 天津师范大学 城市与环境科学学院, 天津 300387; 2. 南开大学 环境科学与工程学院, 天津 300071)

摘要: [目的] 以天津市为例, 分析缺水型特大城市湿地退化的各种因素与湿地退化指标之间的相关关系, 筛选出导致湿地退化的关键因素, 为制定湿地保护和恢复提供科学依据。[方法] 采用单因子相关分析、多元线性逐步回归模型和典型相关分析方法。[结果] 人口的增加和城市经济的快速发展是导致湿地减少的主要驱动因素; 水资源量的减少导致湿地补水不足是直接的自然因素。农业人口比例和人均水资源量是近海及海岸湿地面积的主要影响因素。污水排放量和降雨量是湿地水质的主要影响因素。人口密度是湿地生物多样性的主要影响因素。[结论] 水资源短缺、围垦和建设占用是造成天津地区湿地退化的主要原因, 水产养殖、水稻种植和人工硬质护岸改造是自然湿地向人工湿地转变的主要原因, 污水排放和农业化肥的使用是造成湿地功能退化的主要原因。

关键词: 城市湿地; 湿地退化; 驱动因素; 天津市

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2016)04-0326-07

中图分类号: P463.2

文献参数: 孟伟庆, 莫训强, 李洪远, 等. 天津地区湿地退化特征与驱动因素的多变量相关分析[J]. 水土保持通报, 2016, 36(4): 326-332. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2016.04.056

An Analysis on Multivariate Correlations Between Wetland Degradation Characteristics and Its Driving Factors in Tianjin City

MENG Weiqing¹, MO Xunqiang¹, LI Hongyuan², HE Mengxuan²

(1. College of Urban and Environment Science, Tianjin Normal University, Tianjin 300387, China;

2. College of Environment Science and Engineering, Nankai University, Tianjin 300071, China)

Abstract: [Objective] Degradation characteristics of urban wetland of Tianjin City and its driving factors were recognized and their correlation were analyzed to impulse the protection and recovery of wetlands. [Methods] Single factor correlation analysis, multiple stepwise linear regression and typical correlation analysis were used. [Results] The results showed that the increase of population and the rapid development of urban economy were the main artificial factors of wetland degradation, the reduction of water resources resulted from them directly caused wetland degradation. Agricultural population and per capita water resources were main impact factors of coastal wetland. Annual rainfall and sewage were the main influence factors of wetland water quality. Population density was the main impact factors of the wetland biodiversity. [Conclusion] Both natural factors and artificial factors affected the health of wetland. Water shortages, reclamation and construction projects were the main reasons of wetlands degradation in Tianjin City; Meanwhile, aquaculture, rice cultivation and artificial construction were the main factors of transformation of natural wetland to artificial wetland; Sewage and fertilizer use were the main factors for the degradation of wetland function.

Keywords: urban wetland; wetland degradation; driving factors; Tianjing City

从生态学观点看, 湿地是水域和陆地相交错而成的一类独特的生态系统, 兼有水生生态系统和陆地生态系统两种特征^[1], 与人类的生存、繁衍、发展息息相关, 在城市区域, 湿地具有突出的生态功能和社会效

益, 在生物多样性保护、涵养水源、调蓄洪水、调节气候以及为人类的生产和生活提供资源等方面发挥了重要作用^[2], 城市湿地已经成为重要的城市生态基础设施。从世界各国对湿地资源利用和保护的历程看,

收稿日期: 2015-09-19

修回日期: 2015-11-17

资助项目: 国家自然科学基金项目“双向演替下消落带湿地碳汇波动机制及其影响因素”(41301096)

第一作者: 孟伟庆(1979—), 男(汉族), 山西省长治市人, 博士, 讲师, 主要从事生态系统管理方面的研究。E-mail: mengweiqing01@126.com。

通讯作者: 李洪远(1963—), 男(汉族), 天津市人, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事生态恢复方面的研究。E-mail: eialeee@nankai.edu.cn。

发达国家由于已经完成了城市化和工业化进程,这些国家的湿地资源普遍得到了良好的保护,而发展中国家由于经济发展的压力以及湿地生态系统的脆弱性,湿地资源往往面临巨大的破坏干扰和保护压力。中国城市化进程正在加速推进,如果中国实现60%的人口城市化,意味着将有3亿人口由农村进入城市,对于本身就比较脆弱的湿地资源,将会面临巨大的压力。从具体的影响因素来看,伴随着城市化过程,湿地退化的受影响机制是一个综合过程,包括了自然因素和人为因素的共同影响,而这些众多的影响因素,有直接影响,也有间接影响,有可逆影响,也有不可逆影响。通过筛选影响湿地退化的影响因素,加深对湿地退化驱动机制的研究,分析各因子的直接和间接影响过程,采取最紧迫的湿地资源保护和恢复策略,对于保护和恢复具有高生态价值的湿地具有关键的指示作用。本研究以天津市为例,分析缺水型特大城市湿地的退化特征,并采用相关分析的方法,分析导致湿地退化的各种因素与湿地退化指标的相关关系,筛选天津市湿地退化的关键因素,为该地区的湿地保护和恢复采取简单有效的措施提供依据。

1 缺水型特大城市天津的湿地退化特征

如何在城市化的快速发展中实现湿地资源的保护与可持续利用,已经成为政府管理部门亟待解决的问题。自从中国于1992年加入《湿地公约》以来,政府对湿地资源的保护工作逐渐得到重视,分别于1995—2003年和2009—2013年开展了两次全国性的湿地摸底调查。制度层面,截止到2014年底,中国共有陕西省、辽宁省等18个省市出台了地方性的湿地保护条例,建立了429处国家湿地公园试点。国家层面相继出台了《全国湿地保护规划(2002—2030年)》和《全国湿地保护工程规划(2004—2030年)》,对湿地保护进行了制度性的规划设计,湿地资源的保护和恢复得到空前重视。在取得进步的同时,也必须清醒的认识到,我国在湿地资源保护特别是城市湿地保护方面,形势依然十分严峻。天津地处海河流域下游,是子牙新河、独流减河、永定新河、潮白新河、蓟运河等众多河流的入海地。天津市河流纵横,形成了水系相通的平原河网。同时还分布着大小不同,深度不一的洼淀、水库60余座,因此天津被称为建在湿地上的城市,同时天津市也是中国水资源匮乏最严重的城市,全市多年平均人均水资源量约 170 m^3 ,大约为世界平均水平的6%~7%,而且远低于国际公认的人均 $1\ 000\text{ m}^3$ 的水资源缺乏下限^[3]。截至2014年末,天津市常住人口达到1 516.81万人^[4],随着天津市

经济社会的发展、快速的城镇化以及居民生活方式的改变,天津市面临着巨大的水资源短缺和水环境污染压力。长期以来,天津市的直接水消费量远远超过本地区水资源拥有量。除了长期引滦入津外,还经常性的引黄济津,目前正在进行的南水北调中线工程也将引水入津,以满足日益增长的用水缺口。水质方面,根据天津市环境质量报告的统计数据,天津境内所有的地表水体都被严重污染。水资源是决定湿地生态系统完整性的首要因子,同时加上天津属于特大城市,对湿地的利用强度和干扰强度都很大,造成天津市的湿地自然保护面临比中国其他地区更加复杂的压力。

由于长期以来人们对湿地生态价值认识不足,加上保护管理能力薄弱,天津市的湿地存在面积逐渐减少、生态质量逐渐降低、生态功能逐渐退化的趋势。存在的主要问题有:(1)气温上升,降水量减少以及上游来水减少造成湿地的水量严重不足。近百年来,天津地区的降水量处于不断减少的趋势。特别是上个世纪后50 a,降水量减少的态势更为明显,50 a来降水量减少了200 mm多。同时随着全球气候的变暖,年平均气温的不断升高,天津的年平均气温也处在缓慢上升阶段,1949—2013年,天津年平均气温升高了 $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 多。降水量减少,气温升高无疑使地表蒸发量增大,自然界水量的减少对湿地存在构成严重威胁。天津地处海河流域,从近50 a的统计资料来看,降水量、地表水资源量和入海水量的减少趋势十分显著,与20世纪50年代中期相比,目前天津地区的区域外来水量已由约 $1.50\times 10^{10}\text{ m}^3$ 减少到不足 $1.00\times 10^9\text{ m}^3$ 。由于上游来水的减少,导致河流、湖泊等湿地水量严重缺乏。(2)围填海导致大量近岸滩涂湿地消失。随着经济社会的迅速发展和人口的持续增长,土地资源越来越紧缺,围垦大型水面或沿海滩涂成为增加陆地面积的重要手段。天津市的较大规模围海造地始于20世纪80年代,随着天津滨海新区2006年纳入国家发展战略以及总体规划的实施,天津市开始了大规模高强度的填海造地工程,景观自然性急剧下降、自然岸线所剩无几,造成人工斑块数量增加、景观破碎化程度加重。对于整个天津市而言,围海造地所造成的生态环境负面影响已经显现并造成不可逆转的局面。根据遥感影像的解译结果,天津市的海岸线长度从1979年的153 km增加到2010年的263 km,填海面积到1993年累计为 27.28 km^2 ,但从2004年开始,填海速度大大加快,仅在2004—2008年4 a间,就累计填海达到 81.32 km^2 ,规划到2020年将累计填海达到 425.94 km^2 。(3)城市建设拓展和农业经济发展导致大量湿地被占用。传统的

农业生产、农田开垦等活动,直接占用湿地面积,城市减少导致湿地变为建设用地;农业经济的发展导致湿地被占用,人工湿地转换为旱田数量较大。农业、牧业发展带来的村落扩张,同样也占用了一定的湿地,使得湿地植被受到破坏。近年来,许多芦苇湿地被以各种方式承包苇塘进行鱼、虾和蟹的养殖。鱼、虾、蟹养殖需要大片水面,因此而带来芦苇湿地的开垦和破坏。一些重要湿地如七里海国家级自然保护区被当地政府用于开发旅游业,开展了大量的旅游设施建设,直接非法占用核心区和缓冲区,甚至还自我命名为国家湿地公园,给湿地生态系统带来了极大的干扰和破坏,同时也反映了当地政府湿地保护意识的薄弱和自然保护区力量的不足。(4) 湿地水环境污染日益加重。水资源是制约湿地健康的主要因素,根据调查,天津湿地生态系统水环境质量不容乐观,全市地表水水质绝大部分为V类水或劣V类水质,只有北部局部地区能达到IV类水质标准。湿地水环境污染主要来自于工业废水废渣、农业面源污染、城镇污水和垃圾、农村生活污水和垃圾、围网养殖等。2014年天津市污水排放总量为 5.95×10^8 t,大量的污水进入湿地,直接导致了湿地水环境的恶化,很高比例的湿地已经丧失了自净能力,造成湿地生态系统的结构被破坏,湿地土壤污染,植被退化。(5) 生物多样性减少,生物入侵威胁湿地生态系统稳定。根据调查,分布面积严重缩减、数量剧烈减少的植物有地笋、地黄、盒子草等。一些中生、旱生、盐生生境被侵占和急剧缩减,依赖此类生境生存的小果白刺、补血草属植物、黄耆属植物、鸭跖属植物、角蒿等,其分布已极度压缩甚或消失。人为胁迫比如大规模的土壤干扰活动(开垦耕地、修建道路和建筑物等)、大规模的外来物种引进栽植、大规模的施用除草剂等活动,可能抑制部分植物的发展,同时为部分植物的入侵和取得竞争优势创造条件,从而产生繁殖快、分布广、数量大、生物量极高的“超级”植物。调查发现天津湿地中出现20余种“超级”植物,包括桑科的葎草,蓼科的篇蓄,藜科的碱蓬、地肤,苋科的长芒苋,萝藦科的鹅绒藤,茄科的曼陀罗,旋花科的牵牛属植物,葫芦科的马泡瓜,菊科的大刺儿菜、苍耳、黄花蒿、猪毛蒿、茵陈蒿、翅果菊,禾本科的狗尾草、虎尾草、羊草、马唐属植物以及莎草科的扁秆蔗草等。生物多样性的降低和外来物种的入侵造成生态系统的健康度下降,功能退化。(6) 自然湿地人工化,造成湿地生态功能退化。一方面是自然湿地转变为养殖池塘等人工湿地,导致自然湿地的生态系统结构被改变,造成湿地退化。另一方面是位于城市建成区的许多河流、湖泊湿地大多都进行了人

工护岸的建设,同时由于上游来水减少,湿地生态系统结构被彻底破坏,大量的河流和湖泊湿地转变为不具有湿地完整性的人工死水渠。

2 天津市湿地退化的驱动因素分析

对退化湿地进行科学保护和生态恢复,首先需要弄清湿地退化的机制和驱动因素。从已有的研究和调查来看,湿地生态系统退化的主要驱动因素可以分为自然因素和人为因素。根据国家林业局发布的结论,中国湿地主要受到污染、围垦、基建占用、过度放牧、过度捕捞和采集、外来物种入侵等6类威胁因子的影响。一些学者也已经针对不同的区域进行了湿地退化机制和驱动因素的研究,从目前的研究看,由于湿地退化受到多种因素的共同影响,相关研究还主要进行一些定性描述和统计学指标进行解释。例如陈锦等^[5]基于湿地面积的变化,对自然因素和人为因素进行了定性和半定量描述。更多的学者^[6-10]利用景观生态学方法从宏观层面,对湿地退化进行了研究,为湿地生态退化研究提供了整体数据的表征,有助于对区域湿地退化情况的总体把握,但景观生态学方法不能反映湿地生态过程和功能的变化,对一些区域的研究结果显示,一些地方的湿地面积变化不大,但湿地内部,大量的自然湿地被转变为养殖池塘、水稻田等人工湿地类型^[11],这实际上导致了湿地功能的严重退化。本研究是从分析到的可能原因中,筛选出主导的驱动因素,为保护和恢复湿地采取最有效的措施提供指导。因此,本文在湿地景观面积和功能指标调查的基础上,结合气候以及社会经济等因素分析,利用多变量相关分析对湿地退化的驱动因素进行相关讨论,为湿地恢复和保护提供支持。

2.1 数据来源

天津市各类型湿地面积数据源为Landsat TM和ETM影像(分辨率为30 m),对遥感数据要以湿地资源为主体进行图像增强处理,并进行几何精校正后,使用面向对象的分类方法进行目视解译。社会、经济、环境方面的指标来源于1996—2014年天津市统计年鉴^[12]。

2.2 研究方法

采用单因子相关分析、多元线性逐步回归模型和典型相关分析的方法分析驱动因素与湿地指标之间的相关关系。其中典型相关分析(canonical correlation analysis)是利用综合变量对之间的相关关系来反映两组指标之间的整体相关性的多元统计分析方法^[13]。该方法在土地利用结构变化以及景观类型变化中得到了广泛的应用^[14-16]。本文将这一方法应用

于湿地退化驱动因素的分析,为湿地退化的原因提供定量解释。典型相关分析又称为规则相关分析,是利用综合变量对之间的相关关系来反映两组指标之间的整体相关性的多元统计分析方法,其基本原理是:为了从总体上把握两组指标之间的相关关系,分别在两组变量中提取有代表性的两个综合变量 U_1 和 V_1 (分别为两个变量组中各变量的线性组合),利用这 2 个综合变量之间的相关关系来反映两组指标之间的

整体相关性。利用典型相关分析方法进行分析,指标的选取是重要的环节。在参考相关研究的基础上,本文通过逻辑分析,首先构建湿地退化驱动机制框架(图 1),然后选取天津湿地退化指标为因变量组(Y 组),湿地退化驱动因素为自变量组(X 组)。由于有些指标没有连续性的定量统计,因此只能舍弃,最终选择 12 个自变量指标和 7 个因变量指标(表 1)。然后采用 SPSS 19.0 进行相关性检验和典型相关分析。

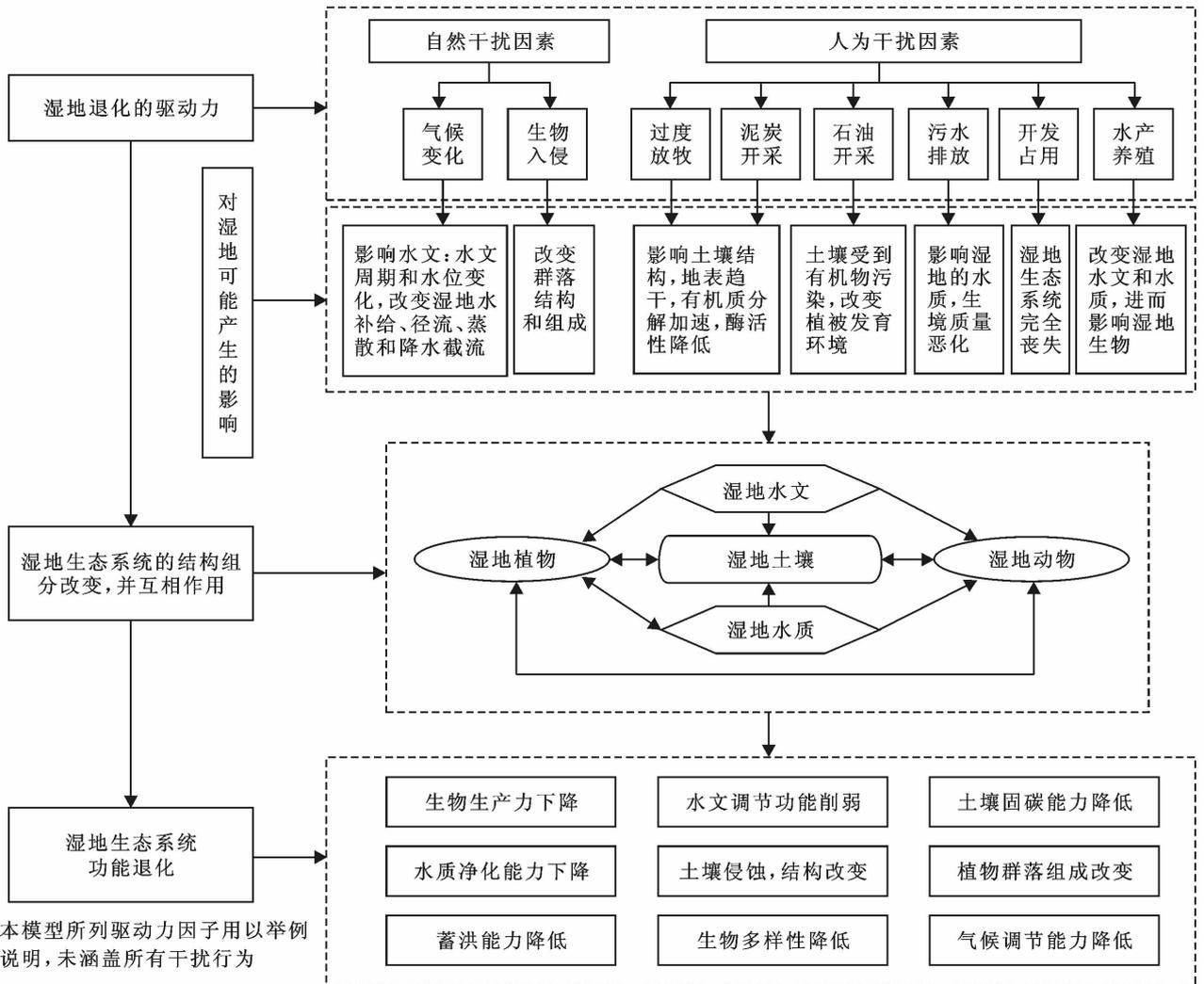


图 1 湿地生态系统退化驱动机制

表 1 选取的分析变量

| 变量组 | 具体指标 |
|-----|---|
| Y | 近海及海岸湿地面积(Y_1), 河流湿地面积(Y_2), 湖泊湿地面积(Y_3), 沼泽湿地面积(Y_4), 人工湿地面积(Y_5), 重点湿地水质指数(Y_6), 重点湿地生物多样性(Y_7) |
| X | 人口密度(X_1), 年均气温(X_2), 年降雨量(X_3), 人均水资源量(X_4), 人均 GDP(X_5), 农业人口比例(X_6), 建设用地面积(X_7), 水产养殖面积(X_8), 化肥施用量(X_9), 原油生产量(X_{10}), 污水排放量(X_{11}), 农业用水量(X_{12}) |

2.3 结果分析

2.3.1 湿地面积变迁 从各类型湿地的面积变化

看,整体上天津湿地在减少,中间略有波动,其中河流湿地面积增加。

经过调查,其原因是这些河流的河道大多本来是存在的,后来由于灌溉以及在入海口修建人工闸口以防止海水倒灌,河道中的需水量增加而导致河流湿地

面积增加。其中人工湿地占大约 1/2 的比例(表 2),天津市区域内,从调查结果看,真正意义上的自然湿地所剩无几。

表 2 天津市 1995—2013 年湿地面积统计

| 湿地类型 | 1995 年 | 2000 年 | 2005 年 | 2009 年 | 2013 年 | 变化率 % |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| 近海及海岸湿地 | 1 147 | 1 108 | 1 096 | 1 076 | 1 043 | -9.062 |
| 河流湿地 | 1917 | 201 | 247 | 287 | 321 | 67.613 |
| 湖泊湿地 | 407 | 40 | 39.98 | 39 | 36 | -10.317 |
| 沼泽湿地 | 321 | 312 | 254 | 220.54 | 120 | -62.467 |
| 人工湿地 | 2 228 | 1 435 | 1 504 | 1 495 | 1 444 | -35.178 |
| 总计 | 3 927 | 3 096 | 3 140 | 3 118 | 2 965 | -24.518 |

注:变化率=($A_{2013}-A_{1995}$)/ $A_{1995} \times 100\%$,其中, A_{2013} , A_{1995} 分别为 2013 年和 1995 年的湿地面积(km^2)。

2.3.2 单因子相关分析结果 从表 3 的单因子相关分析结果可以看出,人口密度除了与人工湿地面积不相关外,与近海及海岸湿地面积、湖泊湿地面积、沼泽湿地面积以及水质和生物多样性呈现显著负相关,说明人口密度的增加对湿地的负面影响非常明显。年降雨量与人工湿地面积呈显著正相关,说明降雨量的增加会增加人工湿地的蓄水面积。人均 GDP 的相关性与人口密度一致。农业人口比例与河流湿地面积

呈显著负相关。却与近海及海岸湿地面积、沼泽湿地面积和湿地生物多样性呈显著正相关,这一结论与实际不符合,因此该指标的选择是不合适的。建设用地面积的增加会减少湿地面积,这一假设也在表 3 中得到很好的表征,但建设用地面积与河流湿地面积呈显著正相关,与实际情况有待进一步解释。污水排放量与重点湿地水质呈显著负相关,说明污水的排放是湿地水质恶化的主要原因。

表 3 湿地退化与驱动因素的 Pearson 相关系数

| 湿地指标 | 人口密度 | 年均气温 | 年降雨量 | 人均水资源量 | 人均 GDP | 农业人口比例 |
|-----------|----------|--------|--------|--------|----------|----------|
| 近海及海岸湿地面积 | -0.933* | -0.216 | 0.78 | 0.086 | -0.953* | 0.996** |
| 河流湿地面积 | 0.953* | 0.161 | -0.567 | 0.209 | 0.985** | -0.972** |
| 湖泊湿地面积 | -0.966** | 0.225 | 0.636 | -0.107 | -0.928* | 0.898* |
| 沼泽湿地面积 | -0.979** | 0.038 | 0.610 | -0.245 | -0.994** | 0.962** |
| 人工湿地面积 | -0.511 | -0.605 | 0.898* | 0.676 | -0.548 | 0.722 |
| 重点湿地水质指数 | -0.995** | 0.035 | 0.522 | -0.265 | -0.993** | 0.952* |
| 重点湿地生物多样性 | -0.996** | 0.072 | 0.624 | -0.186 | -0.992** | 0.964** |

| 湿地指标 | 建设用地面积 | 水产养殖面积 | 化肥施用量 | 原油生产量 | 污水排放量 | 农业用水量 |
|-----------|---------|--------|---------|----------|----------|--------|
| 近海及海岸湿地面积 | -0.926* | -0.835 | 0.587 | -0.943* | -0.889* | -0.069 |
| 河流湿地面积 | 0.978** | 0.813 | -0.327 | 0.997** | 0.963** | 0.183 |
| 湖泊湿地面积 | -0.741 | -0.503 | 0.347 | -0.843 | -0.912* | 0.309 |
| 沼泽湿地面积 | -0.918* | -0.699 | 0.289 | -0.977** | -0.969** | -0.058 |
| 人工湿地面积 | -0.636 | -0.819 | 0.959** | -0.567 | -0.412 | -0.156 |
| 重点湿地水质指数 | -0.902* | -0.672 | 0.253 | -0.962** | -0.996** | 0.038 |
| 重点湿地生物多样性 | -0.882* | -0.661 | 0.329 | -0.952* | -0.973** | 0.072 |

注:* 在 0.05 水平上显著相关; ** 在 0.01 水平上显著相关; 其他无显著相关性。

2.3.3 多元线性回归分析结果 由于湿地的变化指标是由多个驱动因子共同作用的,因此在单因子相关性分析的基础上,进行多变量相关分析,在众多的驱动因素中寻找出影响湿地变化的关键驱动因素。湿地指标与驱动因素的多元线性逐步回归模型都达到显著性水平($p < 0.05$),回归模型中的因素对湿地的影响均较大($R^2 > 0.8$)。不同的湿地类型和湿地指标

受到不同自然和人类干扰因素的影响,其中近海及海岸湿地受农业人口比例和人均水资源量的影响明显,河流湿地面积与人均 GDP 和建设用地面积影响。从实际的调研看,天津地区由于自然岸线超过 90% 被人工化,同时上游来水减少导致海平面高于河流水面,为防止海水倒灌,所有入海河流均建设了人工闸,因此回归方程中的影响因素是否是真正影响近岸湿地

面积的因素,还存在疑问。天津市区内河流的河岸基本采用了硬质铺装,没有采取人工铺装的会受到水资源量的影响。湖泊湿地面积和沼泽湿地面积分别只受到人口密度和人均 GDP 的负面影响,反映了人口的增加和经济的发展对这两类湿地的影响。人工湿地面积与年降雨量呈正相关,原因可能是由于统计中的人工湿地主要包括了水库、水稻田和盐田等类型,降雨量的增加会扩大水面面积。重点湿地水质指数与污水排放量呈负相关,与降雨量呈正相关,进入回归模型的这两个因子很好地验证了指标的选择预期。重点湿地生物多样性与人口密度负相关,表明人口的增加会对湿地生物造成干扰。

2.3.4 典型相关分析结果 依据选取的指标数据,利用统计软件进行典型相关分析,可以得到两组变量的典型相关系数和显著性水平(表 4)。根据典型相关分析的原理,计算得到的典型变量对的数目等于两组变量中数目少的一组数目,本研究中自变量组为 12 个指标,因变量组为 7 个指标,即典型相关分析可以得到 7 对典型变量。由表 4 中可以看到,前 4 对典型变量的关系显著,相关性显著并均通过了卡方统计检验,能够用自变量的指标来解释湿地指标的变化,且相关系数均超过了 0.9,根据累计比例,也就是说前 4 组有 93.23%的信息可以由相应的自变量指标进行解释。

表 4 典型变量的典型相关系数与显著性水平

| 序号 | 典型相关系数 | 典型相关系数的平方 | 比例 | 累计比例 | 显著性水平 |
|----|---------|-----------|---------|---------|---------|
| 1 | 0.997 8 | 0.995 6 | 0.527 2 | 0.527 2 | 0.000 0 |
| 2 | 0.991 5 | 0.983 1 | 0.241 6 | 0.768 8 | 0.001 2 |
| 3 | 0.980 5 | 0.961 4 | 0.101 2 | 0.870 0 | 0.003 9 |
| 4 | 0.961 4 | 0.924 3 | 0.062 3 | 0.932 3 | 0.057 0 |
| 5 | 0.825 6 | 0.681 6 | 0.050 1 | 0.982 7 | 0.463 0 |
| 6 | 0.658 1 | 0.433 1 | 0.014 5 | 0.996 9 | 0.654 0 |
| 7 | 0.269 4 | 0.072 6 | 0.003 1 | 1.000 0 | 0.867 9 |

根据表 2 和表 4 的分析结果,可以定量分析出天津市湿地退化驱动因子及其对湿地退化影响的大小。在分离出的 7 对典型变量中,前 4 对典型变量对湿地退化的贡献最大,其中第 1 对分离出的人均水资源量占比达到了 52.72%,说明水资源短缺是造成本区域湿地退化的主要原因;第 2 对分离出的建设用地面积的贡献为 24.16%,表明人类活动的占用直接导致了湿地的大量减少,也是湿地退化的主要驱动因子;第 3 对分离出的水产养殖面积因素贡献为 10.12%,表明水产养殖对湿地的退化也产生了明显的影响。总体上,水资源量、建设占用、水产养殖、人均 GDP 和污水排放量等共同成为驱动湿地退化的自然和人为因子。

但需要注意的是,通过本方法,只是从统计学上进行了分析,并不代表其他因子对湿地退化的影响小,因为这些自然和人为因素是相互影响,共同作用,同时某些因子之间也有本身的因果关系,因此如果要进行湿地的恢复与保护,还需要综合协调,不能采取单一的措施。

3 讨论

(1) 针对天津地区的湿地环境变化和退化状况,已经有多位学者^[17-19]采用定性和遥感等手段进行了特征性描述和分析。从已有的研究结果看,大家基本都认为引起天津地区湿地退化是由于自然因素和人为因素造成的,其中人为因素其主要作用。也有学者通过调查分析,发现兴修水利工程、淤积造田等是主要因素^[20]。随着生态文明建设进程的推进,天津市在湿地保护和生态恢复方面开展了相应的工作,天津市近年来开展的独流减河河岸改造工程、潮白新河清淤工程等湿地恢复项目,资金耗费巨大,通过作者的调查发现,由于前期研究不足,导致大量资金投入,但效果不好。但由于湿地退化的原因多种,而且相互之间的关系复杂,直接原因和间接原因交织,因此,通过研究,找到驱动因素与湿地退化特征因子之间的简单相关,对于采取恰当有效的湿地保护和恢复方式具有重要意义。

(2) 在针对湿地退化因素驱动机制研究方面,单因子分析方法只能对影响某一类型湿地的某一个单一因子进行分析,展示其一一对应的关系,多元线性回归,能够分析影响某一类型湿地退化的多种因素的相关性,但由于统计数据的问题,不能归纳出不同类型湿地,不同湿地特征指标之间与多种驱动因素之间的整体相关性。因此通过典型相关分析,可以弥补单因子分析方法和多元线性回归的不足,通过降维的主成分思想,筛选出影响湿地退化的主要驱动因子。

(3) 在驱动因子的分析和筛选中,肖庆聪等人^[21]也已经采用了典型相关分析进行了研究,他们的研究结论认为人均 GDP、水产养殖和非农业人口比例依次是天津滨海新区湿地退化的最主要驱动因素。人均 GDP 是衡量当地经济发展情况指标,河流湿地面积是衡量湿地基本性质的指标,二者不可能存在直接相互影响的关系。通过构建了湿地的驱动机制框架(图 1),找出影响湿地退化的直接因子,在本文的分析过程中,由于相关数据的缺乏,利用相关的统计数据作为第一数据源,然后与湿地驱动机制中的因素进行分析,尽可能的筛选出湿地退化相关的因子。通过本文的分析,可以得到湿地退化的主要原因是水资源短

缺、围垦和建设占用。湿地退化的主要特征是湿地面积的减少和自然湿地向人工湿地的转变,通过分析,自然湿地转变为人工湿地的主要原因是水产养殖、水稻种植和人工硬质护岸改造。从分析的结果看,这些因子与实际的调查相符,说明本文采用的方法具有较好的适用性。

4 结论

中国经过两次全国性的湿地调查,对整体的湿地状况进行了较为详细的掌握,但湿地作为一种脆弱性、易受多种因素干扰的生态系统类型,目前对湿地评价的方法中存在宏观定量和微观定性的偏差,即大尺度的遥感分析方法能够比较准确地监测湿地面积的变化,但无法准确评价湿地生态系统结构和功能的健康状态。而微观的群落调查等方法耗时耗力,在分析退化和干扰原因时也缺乏大尺度观察。面对湿地资源面临的多重干扰因素,如何将宏观和微观结合,在评价湿地生态系统健康的同时,找到主要的干扰因子很重要。本研究对此内容进行了尝试性的分析,得到的结果与预期的定性评价有较好的一致性。

(1) 天津的城市湿地退化严重。自然湿地大量减少,人工湿地增加。即使现存的自然湿地中,很高比例的河流湿地也被高度人工化,湿地生态功能大大减弱。围垦使大量天然湿地面积消失或转变为人工湿地。

(2) 通过单因子相关分析和多元线性回归方法,人口的增加和城市经济的快速发展是湿地退化的主要人工干扰因素;水资源量的减少导致湿地补水不足是直接的自然因素。农业人口比例和人均水资源量是近海及海岸湿地面积的主要影响因素,人均 GDP 和建设用地面积是河流湿地面积的影响因素,人口密度是湖泊湿地面积的主要影响因素,人均 GDP 是沼泽湿地的主要影响因素,年降雨量是人工湿地的主要影响因素,污水排放量和降雨量是湿地水质的主要影响因素,人口密度是湿地生物多样性的主要影响因素。

(3) 典型相关分析的结果表明,前 4 典型变量中,能够很好地解释湿地退化的原因,该结果与回归分析的结果相一致。根据湿地的调查结果和影响因素的定量分析,自然因素和人工因素共同影响着湿地的健康状态。根据对天津湿地的分析,水资源短缺、围垦和建设占用是造成湿地退化的主要原因,水产养殖、水稻种植和人工硬质护岸改造是自然湿地向人工湿地转变的主要原因,污水排放和农业化肥的使用是造成湿地功能退化的主要原因。

[参 考 文 献]

- [1] 刘红玉. 湿地景观变化与环境效应[M]. 北京: 科学出版社, 2004: 43-45.
- [2] 仇保兴. 科学谋划开拓创新全面加强城市湿地资源保护[J]. 中国园林, 2012, 28(12): 5-13.
- [3] 刘宝勤, 姚治君, 高迎春. 北京市用水结构变化趋势及驱动力分析[J]. 资源科学, 2003, 25(2): 38-43.
- [4] 天津市统计局. 天津统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2015.
- [5] 陈锦, 李东庆, 孟庆州, 等. 江河源区的湿地退化现状与驱动力分析[J]. 干旱区资源与环境, 2009, 23(4): 43-49.
- [6] 刘红玉, 张世奎, 吕宪国. 20 世纪 80 年代以来挠力河流域湿地景观变化过程研究[J]. 自然资源学报, 2002, 17(6): 698-706.
- [7] 赵锐锋, 周华荣, 肖笃宁, 等. 塔里木河中下游地区湿地景观格局变化[J]. 生态学报, 2006, 26(10): 3470-3478.
- [8] 李玉凤, 刘红玉, 朱丽娟. 挠力河流域平原区湿地景观完整性评价[J]. 生态学报, 2009, 29(9): 4857-4864.
- [9] 孙贤斌, 刘红玉. 基于生态功能评价的湿地景观格局优化及其效应: 以江苏盐城海滨湿地为例[J]. 生态学报, 2010, 30(5): 1157-1166.
- [10] 赵锐锋, 姜朋辉, 赵海莉, 等. 黑河中游湿地景观破碎化过程及其驱动力分析[J]. 生态学报, 2013, 33(14): 4436-4449.
- [11] 孟伟庆, 李洪远, 郝翠, 等. 天津滨海新区湿地环境演化与景观格局动态[J]. 城市环境与城市生态, 2009, 22(2): 4-7.
- [12] 天津市统计局. 1996—2014 年天津统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2014.
- [13] 孙培立. 辽宁省滨海湿地资源类型及时空演变的驱动力分析[D]. 辽宁 大连: 辽宁师范大学, 2007.
- [14] 龙华楼, 王文杰, 翟刚, 等. 安徽省土地利用变化及其驱动力分析[J]. 长江流域资源与环境, 2002, 11(6): 525-530.
- [15] 张明, 朱会义, 何书金. 典型相关分析在土地利用结构研究中的应用[J]. 地理研究, 2001, 12(6): 760-766.
- [16] 蒙吉军, 李正国. 河西走廊景观类型变化的社会经济驱动力研究[J]. 中国沙漠, 2004, 24(1): 56-62.
- [17] 曹喆, 丁立强, 梅鹏蔚. 天津市湿地环境变迁及成因分析[J]. 湿地科学, 2004(1): 74-79.
- [18] 杜林芳, 冯仲科, 刘东云, 等. 天津滨海新区湿地景观格局变化研究[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(10): 5439-5442.
- [19] 孟伟庆, 李洪远, 郝翠, 等. 近 30 年天津滨海新区湿地景观格局遥感监测分析[J]. 地球信息科学学报, 2010(3): 436-443.
- [20] 吴静. 天津市湿地资源开发的累积环境影响评价初探[J]. 环境科学与技术, 2007, 30(2): 64-66.
- [21] 肖庆聪, 魏源送, 王亚炜, 等. 天津滨海新区湿地退化驱动因素分析[J]. 环境科学学报, 2012, 32(2): 480-488.