

饮用水水源保护区高尔夫球场 卫星遥感监察技术研究

姚延娟 刘思含 高彦华 王 晨

(环境保护部卫星环境应用中心, 北京 100094)

【摘要】 饮用水安全是影响经济发展、社会稳定和人体健康的重要因素。快速准确地确定饮用水水源保护区内的高尔夫球场空间分布信息, 以信息化手段辅助水源地安全现场检查以提高监管效能, 是饮用水源地保护区环境监察的关键。本文基于高空间分辨率卫星遥感数据, 首次提出了高尔夫球场遥感监测分类体系, 并构建高尔夫球场遥感监测技术体系, 实现基于卫星遥感的水源地保护区内高尔夫球场分布信息提取, 以及对球场各组成要素的空间定位和面积计算。基于水源地保护区现场执法系统, 实现了卫星监测的高尔夫球场空间分布信息、水源地保护区边界信息、行走路线等现场数据采集等多源信息的现场业务集成与显示, 可为水源地保护区高尔夫球场现场监察提供有效的数据与技术支持。

【关键词】 饮用水源; 水源保护区; 高尔夫球场; 卫星遥感

中图分类号: X81 文献标识码: A 文章编号: 1673-288X(2016)06-0052-05

1 引言

饮用水安全是影响经济发展、社会稳定和人体健康的重要因素, 保障饮用水安全是维护广大人民群众根本利益的基本要求。党中央、国务院高度重视饮用水安全保障工作。提供给千家万户的自来水质量与水源地提供的原水水质紧密相关, 原水保护具有极佳的经济效益和较小的生态风险, 是饮水安全保障的基础和关键所在, 水源地保护对于保障饮用水安全具有重要意义。《全国地下水污染防治规划》、《水污染防治行动计划》等都将饮用水水源保护作为重点, 对水源地环境管理工作明确了具体任务和要求。

水源地环境保护是一项复杂的系统工程, 为从源头上加大饮用水安全的保障水平, 防治饮用水水源地污染、保证水源地环境质量, 各级政府对为人民群众生活供水水源的水源地划定特殊保护的一定面积的水域和陆域即水源保护区。集中式饮用水水源地(包括备用的和规划的)都应设置饮用水水源保护区; 饮用水水源保护区一般划分为一级保护区和二级保护区, 必要时可增设准保护区。我国对于水源保护区范围实施严格的环境监管。水源保护区的划定是水源地水质保护提供了基本保障, 如何真正落实水源保护区内各项环保要求已成为水源地水质保护的工作重点。

《中华人民共和国水法》、《中华人民共和国水污染防治法》都规定: 禁止在饮用水水源保护区内设置排污

口, 禁止在饮用水水源一级保护区内新建、改建、扩建与供水设施和保护水源无关的建设项目; 禁止在饮用水水源二级保护区内新建、改建、扩建排放污染物的建设项目; 禁止在饮用水水源准保护区内新建、扩建对水体污染严重的建设项目。2015年4月发布的“水污染防治行动计划(水十条)”第(二十四)款要求“保障饮用水水源安全, 要求依法清理饮用水水源保护区内违法建筑和排污口”。可能向饮用水水源地释放有毒有害物质, 造成饮用水水源水质恶化的污染源称为水源地风险源^[1,2]。《集中式饮用水水源环境保护指南(试行)》要求对饮用水源地的风险源进行控制与管理, 这就需要对水源保护区内的所有风险源进行全面调查, 并将识别出的风险源建档立案, 一档一档, 实施分级分类动态管理, 并及时更新有关信息。

高尔夫(GOLF)运动在20世纪传入我国, 高尔夫球是一项与大自然亲密接触的运动。随着我国经济的高速发展和改革开放的不断深入, 高尔夫球运动在我国迅速普及和发展。大量建设高尔夫球场有许多弊端, 除了需巨额投资和占用大量宝贵土地之外, 日常维护管理需要大量浇水, 消耗宝贵的水资源, 高尔夫球场绿化区(特别是草坪)在天气干旱的季节需要大量水补充, 生长期长、叶面积大、生长速度快、根系发达的草坪绿地, 需水量更大; 对北方缺水地区, 高尔夫球场对水资源的消耗严重^[3]。高尔夫球场对果岭、发球台场地的草种、草色要求极为严格, 为使人工种植的草坪保持新绿, 不长

项目资助: 国家自然科学基金(41271349); 高分辨率对地观测系统重大专项(民用部分)(05-Y20A33-9001-15/17)等课题资助

作者简介: 姚延娟, 正高级工程师, 研究为饮用水源地环境安全遥感监测与评价

通讯作者: 王晨, 博士, 工程师, 主要从事流域生态环境遥感方面研究

引用文献格式: 姚延娟 等. 饮用水水源保护区高尔夫球场卫星遥感监察技术研究 [J]. 环境与可持续发展, 2016, 41(6): 52-56.

杂草, 不生病虫害, 必须施用较多数量的化肥、农药, 所需化学药品可多达 50 种^[4,5]。通常一个标准的高尔夫球场草坪和树木占整个球场面积的 70% 左右, 所有的草坪和树木都要人工进行养护, 其中氮肥和磷肥, 以及球场常用的多菌灵、百菌清、五氯硝基苯和吡喃丹等化肥和农药通过球场的排水口流入附近的河流、水库等水体中造成污染。大量施肥, 喷洒杀虫剂、杀菌剂、除草剂等化学药品, 严重污染土壤, 污染地表和地下水源。球场开业年限越长, 其影响或者潜在威胁周边水体环境的可能性越大^[6]。此外, 高尔夫球场同时存在破坏生态平衡、影响生物多样性、降低生态承载力、影响城镇生态系统的稳定等生态风险。

水源保护区范围大且具有空间分布的特点, 完全基于地面调查手段对影响水质的风险源进行详查的工作量巨大, 而环境管理所需的动态持续更新则更为困难。占地面积大是高尔夫运动最基本的特点, 目前有些高尔夫球场使用农药杀虫剂超标, 有些球场建设在水源上游, 对饮用水造成一定影响, 高尔夫球场属于高风险污染行业, 环境安全隐患较大。准确、及时掌握饮用水水源保护区内的占地面积巨大的高尔夫球场分布及动态变化是开展环境监察的基础, 本文首先创建高尔夫球场的国产高分卫星遥感监测技术体系, 其次提出并开发基于移动端的水源地现场执法技术支持系统^[2], 为水源保护区内高尔夫球场的现场生态监察提供技术支持, 提高水源地高尔夫球场现场环境监察效率。

2 饮用水水源保护区高尔夫球场遥感监测技术体系构建

由于高尔夫球场各组成要素空间尺度较小, 开展高尔夫球场卫星监测需要基于高空间分辨率卫星数据进行。在构建球场各组分遥感分类体系的基础上, 采用面向对象的信息提取方法, 对高尔夫球场空间分布及动态变化进行卫星遥感监测; 并通过移动端的水源地现场执法技术支持系统, 将球场空间遥感监测结果应用于高尔夫球场现场环境监察。

2.1 遥感数据源

高尔夫球场空间分布遥感信息提取以 2 米空间分辨率的卫星数据为基础数据源, 本研究以 GF-1 卫星数据为主, 辅以 SPOT5、ZY1-02C 和 ZY-3 等卫星数据, 参考 Google Earth 影像数据, 所有空间数据的投影及后续制图均采用 Albers-Krasovsky 等面积投影。高分一号卫星 (GF-1) 是一颗高分辨率对地观测应用卫星, 是高分辨率对地观测系统国家科技重大专项的首发星, 配置了 2 台 2 米分辨率全色/8 米分辨率多光谱相机和, 4 台 16 米分辨率多光谱宽幅相机。高尔夫球场识别应用 2 米全色与 8 米多光谱相机数据, 相机具体指标见表 1 所示, 在对全色与多光谱数据大气纠正、几何纠正、影像融合

的基础上, 进行专题信息提取。

表 1 GF-1 卫星有效载荷技术指标

相机类型	光谱范围/ μm	空间分辨率/m	幅宽/km	重访周期/d
全色	0.45~0.90	2		
多光谱	0.45~0.52 80.52~0.59 0.63~0.69 0.77~0.89	2	60 (2 台相机组合)	侧摆 4 天, 不侧摆 41 天

2.2 高尔夫球场遥感监测分类体系构建

高尔夫球场分布示意图如下, 通常由发球台、球道、果岭、障碍区 (沙坑、水池、河流、树丛)、标志树及其它功能性场所构成。



图 1 高尔夫球场分布示意图

发球台形状多种多样, 以长方形, 正方形、椭圆形为常见, 另外还多用半圆形、圆形、S 形、L 形等。一般面积为 30~150 平方米, 较周围高 0.3~1.0 米, 以利于排水并增加击球者的可见性, 表面为修剪过的短草。球道一般长为 90~550 米, 宽 30~55 米不等, 南北方面是较理想的方向。果岭是高尔夫球场的关键区域, 每个果岭的大小、造型、轮廓和周边的沙坑都各具特色, 果岭草坪高度要求在 5.0~6.4 毫米之间, 表面均匀, 光滑。障碍区一般由沙坑、水池, 树丛组成, 其目的是用来惩罚运动员的不准确击球, 沙坑一般占地面积为 140~380 平方米, 有的沙坑可高达 2400 平方米左右, 大多数 18 洞高尔夫球场有 40~80 个沙坑, 根据打球需要和设计师的设计思想来确定; 水池不仅是击球的障碍, 同时还可起到很好的造景作用。高尔夫球场中的标志树是为使高尔夫球手在击球时能够计算出球落点的位置, 常在距发球台 50、100、150、200 码 (1 码=0.9144 米) 的位置上栽植, 可在 50、150 码处栽植单棵大树或小树, 在 100、200 码处栽植两棵大树或小树, 使击球手容易判断球落地的距离。除去上述涉及的方面以外, 高尔夫球场一般还要包括练习场、会馆以及休息亭等等。

根据高尔夫球场的构成及高空间分辨率遥感数据可识别地表目标类别, 构建高尔夫球场遥感监测分类体系如表 2 所示。

表2 高尔夫球场遥感监测分类体系

序号	名称	说明
1	球场主标志区	包括发球台、球道、果岭, 其独特植被光谱有别于其它植被
2	障碍区-沙坑	沙坑以高反射光谱使得其在卫星影像上为近白色区域
3	障碍区-水体	水体的低反射使得其在卫星影像上为“黑色”区域, 包括水池、河流等水体
4	功能性场所	包括-会馆、休息亭、停车场、相关房地产开发等, 功能性场所以其特有纹理及光谱使得在卫星影像上可以被识别

2.3 高尔夫球场卫星遥感监测技术

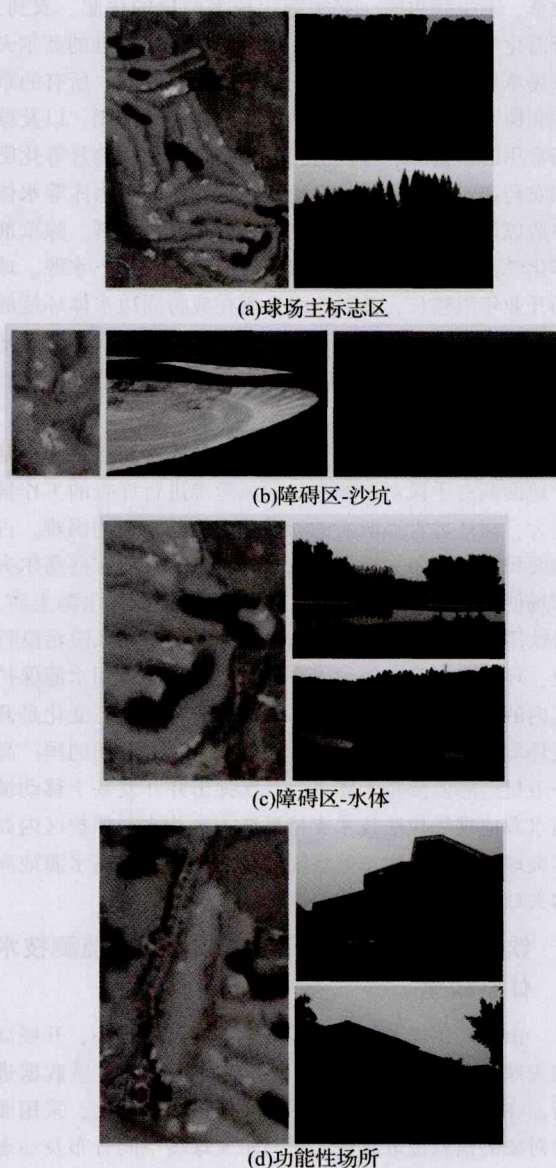
不同空间分辨率遥感数据具有不同的光谱特征与空间纹理特征^[7], 需要采用合适的分类方法才能达到需要的分类效果, 传统的基于统计模式的方法与面向对象的分类方法及人工目视解译方法都有各自的适用范围^[8-15]。本研究根据高尔夫球场分布遥感监测所用卫星数据特点, 采用面向对象的分类方法, 在软件分类的基础上, 加入人工判读, 开展研究区的高尔夫球场分布遥感监测。

高空间分辨率遥感影像解译结果具有较高可信度, 常常是用来做实地验证的替代方案。本研究基于高分辨率卫星数据开展高尔夫球场分布信息提取工作, 从理论上讲, 精度是得以保证, 此外, 我们针对随机选择几类地物开展了分类算法精度验证, 从上述地表类型分类结果的实地验证结果(见图2)来看, 解译结果与实地情况一致, 可以确定该研究的解译结果真实可信。

2.4 水源保护区现场监察技术

水源地环境监察是在水源保护区现场进行的执法活动, 旨在督促和检查相关法律法规以及管理制度措施的落实情况, 与宏观生态环境管理相比, 饮用水源保护区环境监察更为微观、具体, 强调“现场”和“处理”两个概念。水源地生态环境监察工作覆盖范围广, 存在专职监察人员少以及监察装备落后等问题, 严重制约了水源地生态环境监察工作的深入开展, 总体来看, 我国水源地生态环境监察仍处于起步阶段, 迫切需要利用高新技术提高现场执法监督效率。

现场执法呈现显著的“移动性”特征, 移动执法终端无疑是各级环境监察执法人员的理想执法工具, 目前硬件技术的发展为移动执法提供了条件。为提高水源保护区现场执法监督工作效率, 我们开展了面向水源保护区现场环境执法的任务要求和卫星遥感应需求分析, 在此基础上开发了水源保护区现场执法监督系统平台, 该系统平台在利用卫星影像提取饮用水源地保护区高尔夫球场空间分布的基础上, 结合平板电脑的出色便携性, 能够迅速展现水源地保护区现场执法所需要的空间



注: 左图为全色与多光谱融合高分影像, 空间分辨率为2m, 右图为实地照片

图2 高空间分辨率遥感影像与实地情况对比

信息。该平台集成遥感技术、地理信息技术和定位技术, 基于 Android 操作系统的平板电脑, 将 GPS 导航定位功能、数码相机拍照功能以及野外现场数据采集录入等功能有机整合, 为水源地现场执法监督提供了全新技术手段^[3]。

总体来看, 基于平板电脑的饮用水源地现场执法系统实现了现场数据的快速采集和“图属”一体化的业务集成, 将卫星数据提取的高尔夫球场分布信息及水源保护区边界^[16]信息有机融合、应用于水源保护区现场监督, 同时采集现场信息, 解决了以往水源保护区现场监督目标性不强和目标位置不易确定等问题。

水源地现场执法系统可以在现场巡查时,根据具体情况,进行位置信息、图片信息及音频信息的现场采集,该功能可以解决应急状态的信息采集,对于现场执法是非常必要的功能,图3为水源地保护区高尔夫球场现场巡查信息采集工作界面。

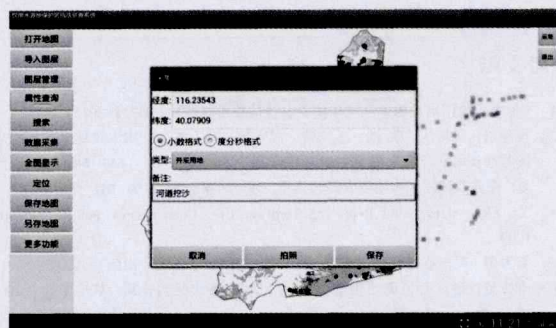


图3 水源地保护区高尔夫球场现场巡查信息采集工作界面

水源地现场执法系统可以对现场巡查路线进行自动记录,图4就是现场行走路线记录界面,通过固定时间间隔与确定距离两种方式,对现场行走的路线进行记录,后期可以对巡查路线进行导出分析等处理。

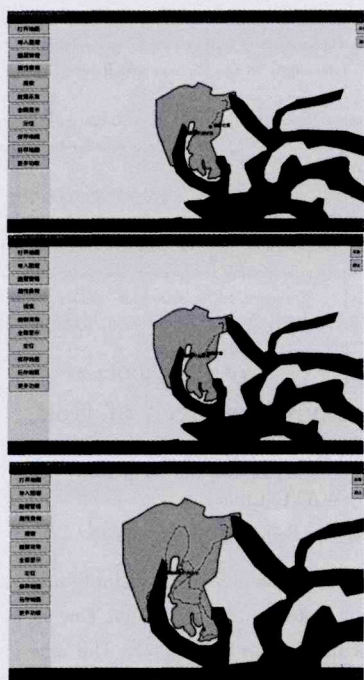


图4 水源地风险源现场执法轨迹示意图

另外,该系统还可以在移动端查看基于卫星数据提取的风险源信息,提前确定高尔夫球场现场检查目的地,并且,现场巡查时,可以依据GPS定位,直观明确的确定高尔夫球场分布与水源地保护区位置关系,进而对球场对水源地影响进行定性判断,为现场决策提供技

术支持。

目前,该系统平台已经开始应用在环保部门开展的水源地保护区高尔夫球场空间分布现场巡查工作中,系列应用实践证明该平台系统性能稳定,解译精度准确,获取执法信息快速可靠,为执法人员提供了准确及时的信息,切实提高了水源地现场执法的工作效率,可成为未来水源地保护区现场执法必备的技术支撑平台。

3 饮用水水源保护区高尔夫球场遥感监测应用示范

本文以某饮用水源地保护区为应用示范区,通过对水源地保护区内高尔夫球场进行卫星遥感监测,并通过水源保护现场监察执法系统,为环保部门高尔夫球场现场检查提供数据与技术支持。图5为高尔夫球场分布遥感监测结果,从图上可以看出,基于高分卫星影像,球场主标志区、障碍区-沙坑、障碍区-水体、功能性场所-会所等球场空间分布均可以通过遥感解译进行识别和监测,获取球场各区域的空间分布可以有效引导环境执法人员的高尔夫球场现场检查工作。图6为高尔夫球场分布与饮用水源保护区空间关系示意图,由图可以看出,球场全部区域分布于饮用水源二级保护区范围内,且距离水源地水体较近。图7为水源保护区现场监察技术的具体应用情况,首先基于高分卫星影像获取高尔夫球场空间分布信息,通过水源地现场执法系统,将室内监测信息带到检查现场,采集现场行走路线数据等新的信息,辅以水源地保护区边界等进行多信息协同的综合分析,为水源保护区范围内的球场现场监察提供有效的数据及技术支持。

高尔夫球场与水源地保护区关系示意图



图5 高尔夫球场分布遥感监测图

4 结论与展望

饮用水源地现场监察工作中,除排污口等固定源类风险有“据”可查外,高尔夫球场等其它风险源常因为目标与位置不明确而使得对其开展环境监察工作的可操作性差。本文探索了基于高空间分辨率卫星数据提取水源保护区内高尔夫球场信息的技术方法,对球场主标志区、沙坑和水体等障碍区、会馆和停车场等功能性场所

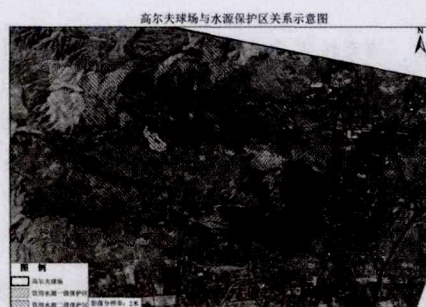


图6 高尔夫球场与水源保护区关系示意图



图7 高尔夫球场现场监察技术示意图

等球场主要区域的面积、具体空间位置及其与水源保护区相互关系进行了分析,并基于典型高尔夫球场地表类型解译结果,对所建立的技术方法进行了精度验证,结果表明,本文所建立的面向饮用水源保护区高尔夫球场环境监察的遥感解译分类体系合理,提出的高尔夫球场遥感监测技术方法可行,应用成效显著,能够有效支撑环保部门开展饮用水源保护区高尔夫球场环境监察技法工作。

针对水源地上执法移动性强的特征,提出了基于平板电脑的水源地现场执法系统平台,综合利用遥感信息、定位信息和地理空间信息,为解决实际水源保护区现场监察常遇到的“目标及执法点是否在保护区边

界内”等问题提供了方法与思路。该系统平台有效解决了水源地现场环境监察目标不明确及不易操作的难题,成为水源地及相关领域现场环境监察不可缺少的技术支撑,对于巩固水源地生态建设成果,促进水源地生态环境质量改善具有重要的现实意义。此外,该成果也可可为其他领域的生态环境监察提供思路与方法借鉴。

参考文献:

- [1] 《集中式饮用水水源地环境保护状况评估技术规范》(HJ774-2015).
- [2] 姚延娟,吴传庆,吴迪,王雪蕾,殷守敬,马万栋,饮用水源地生态环境现场监察技术研究,生态与农村环境学报,2013,29(5):657-661.
- [3] 江夏. 保养草坪用水多播洒农药污染重. 环球时报,2002-08-01.
- [4] US EPA. Background Report on Fertilizer Use. Contaminants and Regulations, 1999.
- [5] 劳秀荣. 现代草坪营养与施肥. 第1版. 北京:中国农业出版社,2002.
- [6] 常智慧. 北京七家高尔夫球场地表水环境状况调查. 草地学报,2007(9):56-58.
- [7] Townshend J, Huang C, Kalluri S, Defries R, et al. Beware of per-pixel characterisation of land cover [J]. International Journal of Remote Sensing, 2000, 21(4):839-843.
- [8] 陈忠. 高分辨率遥感图像分类技术研究[D]. 北京:中国科学院遥感应用研究所,2006.
- [9] 陈秋晓. 高分辨率遥感图像分割方法研究[D]. 北京:中国科学院地理科学与资源研究所,2004.
- [10] Baatz, M and Schape, A. Multi-resolution Segmentation: an optimization approach high quality multi-scale image segmentation [M]. In: Strobl, J., Blaschke, T., Griesebner, G. (Eds). Angewandte Geographische Informations-Verarbeitung XII Wichmann Verlag, Karlsruhe. 2000:12-23.
- [11] Hackelford A K, Davis C H. A combined fuzzy pixel-based and object-based approach for classification of high-resolution multispectral data over urban areas [J]. IEEE Transactions on Geo-Science and Remote Sensing 2003, 41(10):2354-2363.
- [12] Zhu B, Ramsey Marsga II, Chen Hsingchum. Creating a large content-based air-photo image digital library [J]. IEEE Trans. on image Processing, 2000, 9(1):163-167.
- [13] 黄慧萍,吴炳方,李苗苗,等. 高分辨率影像城市绿地快速提取技术与应用[J]. 遥感学报,2004,8(1):68-74.
- [14] Blaschke T, LangS, Lorup E, et al. Object-oriented image processing in an integrated GIS/remote sensing environment and perspectives for environmental applications [J]. Environmental Information for Planning, 2000, 2:555-570.
- [15] 宋杨,李长辉,林鸿,等. 基于eCognition的绿地利用变化检测应用研究[J]. 城市勘测,2011,5,81-83.
- [16] HJ/T 338-2007 《饮用水水源地保护区划分技术规范》.

Satellite Remote Sensing Supervision Technology Research of Golf Course in Drinking Water Source Protection Area

YAO Yanjuan GAO Yanhua LIU Sihan WANG Chen

(Satellite Environment Center, Ministry of Environmental Protection, Beijing 100094, China)

Abstract: Safety of drinking water is an important factor that affects economic development, social stability and human health. There are two important issues for eco-environment supervision of the drinking water source protection. One is to determinate the spatial distribution of golf course in drinking water source protection area quickly and accurately. The other is to use the Information Technology for water source safety site inspection to improve the effectiveness of on-site monitoring. Based on the high spatial resolution satellite data and golf course supervision classification system of drinking water sources, the distribution information of golf course in the water source protection area and the spatial location and area of the various components of the golf course were also determined. Based on the on-site inspection system for drinking water source, The multi source information integration and display are realized, such as the spatial distribution information of the golf course from the remote sensing data, the boundary information of the Water source protection areas, and the walking route. The proposed method and system provides effective data and technical support for the field monitoring of the golf course in the water source area.

Keywords: drinking water source; Water source protection areas; golf course; remote sensing