

基于遥感技术的植被盖度动态变化 在环保验收中的应用研究

田雷, 沈毅, 叶慧海, 董博昶, 付金生

(交通部公路科学研究院, 北京 100088)

摘要: 基于“3S”技术, 利用泰和至井冈山高速公路建设前(2001年)、建设中(2004年)及建设后(2005年)的3个时相的 Landsat-TM5 遥感数据对公路建设影响区的施工场地、取弃土场地等有人为活动干扰的敏感区域进行植被覆盖动态变化分析, 结合 GPS 野外定位等现场调查实际情况进行比对, 结果表明: 在公路沿线的各敏感区域内, 公路建设前的原始植被覆盖率要整体上高于建设中及建设后的; 少数施工场地在公路竣工采取地表恢复后的植被覆盖度仍较低, 植被有待于进一步采取措施恢复; 基于遥感技术分析的公路建设后各敏感区域植被恢复情况与野外调查的实际状况较吻合, 以“3S”为技术手段的植被盖度动态变化分析方法可以用于公路建设影响区的环境保护验收中。

关键词: NDVI; 植被盖度; 环境保护; 验收

中图分类号: X171.1; TP79

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2009)02-0107-05

Application of Dynamic Change of Vegetation Fraction in Environmental Protection for the Check and Accept Project by Remote Sensing

TIAN Lei, SHEN Yi, YE Hu+hai, DONG Bo+chang, FU Jin+sheng

(Research Institute of Highway the Ministry of Communications, Beijing 100088, China)

Abstract: Based on ‘3S’ technique, applying three different time RS data (time before the construction-2001, among construction-2004 and after construction-2005) of Landsat-TM5 analyzed the vegetation fraction changes for the sensitive area of the speedway from Taihe to Jinggangshan. After the comparison with the fieldwork investigation, the result indicated: the vegetation fraction of the time before highway construction was larger than the one of time among construction and after construction in the sensitive range along the highway. Vegetation fraction of few sensitive area was relatively low and it should adopt more measures to renew it. The situation of the vegetation monitored by the remote sensing was correspond to the fieldwork investigation result, so the vegetation fraction dynamic change analysis method based on the ‘3S’ can be used in the environmental protection for check and accept project.

Key words: NDVI; vegetation fraction; environmental protect; check and accept

前言

土地利用/土地覆被变化(LUCC)是全球变化研究的核心内容之一^[1-3]。植被是陆地生态系统的主要组分、是生态系统变化的指示器。植被覆盖是土地覆被最主要的部分, 对于国家建设开发项目防止扰动后土地的水土流失有重要的意义。植被覆盖度是植被覆盖状况的良好指示, 是地表植被覆盖与

环境演变关系、土地利用/土地覆盖变化与陆地生态系统变化等前沿问题中重要的研究对象^[4]。

植被覆盖是主要的地球生态系统指标, 大范围植被覆盖变化体现了自然和人类活动对生态环境的作用。近几十年来, 尤其是近20年来, 随着对地观测系统技术的不断成熟, 利用遥感数据进行植被监测和土地覆被变化的研究日益增多。其中, 具有时间分辨率高、价格低廉且全球覆盖的美国陆地

* 收稿日期: 2008-05-15

基金项目: 交通部公路科学研究院科研创新和人才培养项目(2007-9043)

作者简介: 田雷(1980-), 男, 山东莱阳人, 硕士, 主要从事遥感应用和环境科学研究。E-mail: lei.tian@rioh.cn

卫星 Landsat-TM5 数据在全球及大尺度植被覆盖变化的研究中显示出其优势。国内外利用遥感技术在大尺度范围的角度下分析植被覆盖动态变化方面进行了大量的研究。Tucker 等利用遥感数据对非洲大陆的干旱与沙漠化等植被覆盖变化进行了监测^[5]。CHEN Yun-hao 等利用遥感数据研究了中国 1989–1999 年 NDVI 的变化规律^[6]。国内也有不少关于植被覆盖动态变化的研究。史培军等利用 3 个时相的 Landsat-TM5 数据计算了北京地区植被覆盖度,并着重对其景观变化过程进行了分析^[7]。杨胜天、刘昌明等利用近 20 a 的遥感数据对黄河流域的植被覆盖变化进行了分析,并评估了黄河流域近 20 a 来的生态保护工作成效^[8]。

开发性生态破坏性公路建设项目对陆表扰动较大,尤其是取弃土场的布设,破坏地表植被,改变原有地面径流条件(如坡度、地表糙度等),使原有稳定的地表受到扰动,且中短期地表植被恢复性的生态防护效应较小,易造成水土流失危害。如果建设项目在施工中、竣工后对地表扰动区域未加以生态恢复,则将恶化水土流失现状。目前,国内外已有的科研在从植被恢复、物种选取等微观角度对扰动地表区域进行恢复有所研究,但是对于大型建设项目对地表植被扰动较大的特点,以上研究难以从整体宏观的角度对扰动地表在不同阶段有所把握。遥感技术的发展,从多时相、多分辨率、多光谱的宏观角度下可以提取地表覆盖状况(植被指数)等遥感信息,使得工程施工对陆表破坏情况进行宏观遥感监测成为可能。文章利用 3 个时相的遥感数据,以与植被覆盖度、植被生产力等性状具有很好的线性关系的归一化植被指数 NDVI 为生态指标,对公路建设项目影响区域(各施工场区)的建设前、中、后 3 个时间段的植被覆盖情况进行评估,并与野外踏勘 GPS 定位点进行了比对,对公路沿线各敏感点的植被覆盖动态变化进行了分析并初步评估公路竣工采取地表修复后的成效。

1 研究区域概况

泰井高速公路位于江西省吉安市境内,呈东西走向,境内山川纵横,盆峪相间,地貌大致可分为:构造侵蚀性山地、构造侵蚀性丘陵、堆积河谷盆地及河成阶地 4 类,研究区域属中亚热带丘陵山区湿润季风气候,具有冬春阴冷、夏热秋燥,初夏多雨,伏秋干旱,云系多,光照少,无霜期长等特点,土壤具有有机质积累快、消耗也快的特点。动植物资源较丰富。途径泰和县、吉安县和井冈山市共 2 县 1 市。泰井

高速公路的开工时间是 2003 年底,竣工时间是 2004 年底。

2 数据来源和研究方法

2.1 数据来源

研究所用数据来源于美国陆地卫星 Landsat-5 的 TM 传感器,时相分别为 2001-12-30, 2004-12-06, 2005-7-18 的 7 个波段的遥感数字信息;影像的空间分辨率为 30 m×30 m,投影方式是 Transverse Mercator 投影。该数据无云覆盖,总体成像质量效果较好。结合地面调查点作为参考,该遥感数据空间分辨率可以满足宏观、快速对植被覆盖状况获得认识的基本要求,公路在各县市中的位置及沿线地貌见附图 1。

2.2 研究方法

2.2.1 图像预处理 选择江西泰和至井冈山高速公路两侧 5 km 范围为研究区域,选用完全覆盖研究区的 3 景不同时相的 Landsat-TM5 数据为基本数据源。数据通过辐射纠正,以 1:5 万的地形图为基准,利用二次多项式和双线形内插法对图像进行了几何校正,经重新选点检验,误差在一个象元内。以 2005-07-18 的 TM 数据为基准,应用 SCR (Scattergram Controlled Regression) 方法^[9],以一次线形回归形式,对不同时期的遥感影像做简易标准化处理,以消除可能的物候状况差异。

2.2.2 植被覆盖度运算 基于对研究区多波段光谱统计信息及研究区典型覆盖地物的光谱特性分析,考虑本研究的目的主要在于对植被覆盖动态变化的宏观快速监测,因此,利用植被指数处理以增强植被信息与其它类别的差异。

为研究公路建设前沿线的原始植被覆盖情况、公路建设中沿线在有人为干扰破坏的情况下,植被的覆盖情况以及公路竣工经过地表修复的沿线植被恢复的覆盖情况,文章对路线影响区域内每一个像元进行植被指数运算,之后进行植被覆盖度运算分析。植被指数指从多光谱遥感数据中提取的有关地球表面植被状况的各种数值,通常使用红光波段(R)和近红外(NIR)波段通过数学运算进行线性或非线性组合得到的数值,用以表征地表植被分布和质量情况。

归一化植被指数 NDVI 是广泛应用的植被指数,是植物生长状态和植被空间分布密度的指示因子,与植被分布密度成线性相关^[10]。NDVI 的变化反映了植被覆盖情况的变化从而影响生态系统或植被物候的变化^[6]。

据前人的研究经综合比较, NDVI 与植被覆盖程度、植被生产力等性状具有很好的线性关系。以公路沿线两侧 5 km 范围为研究区域, 以该研究区域为整体, 计算各像元相对于整个研究区域的植被指数值。NDVI 指数如式(1)。

$$NDVI = \frac{DN_{NIR} - DN_R}{DN_{NIR} + DN_R} \tag{1}$$

DN_{NIR} 值近红外波段的亮度值, DN_R 指红光波段的亮度值。对于 Landsat- TM 5 数据而言, 第 4 波段(0.75~ 0.9 μm) 对应于近红外波段 NIR, 第 3 波段(0.63~ 0.69 μm) 对应于红波段 R。在遥感监测植被盖度中, 通常利用植被盖度与 NDVI 之间关系估算区域植被盖度, 如式(2)。

$$f = \frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \tag{2}$$

式中: f ——植被盖度; $NDVI_{min}$ ——研究区裸土最小 NDVI 值; $NDVI_{max}$ ——纯植被像元 NDVI 值或最大 NDVI 值。

通过全球定位系统(GPS) 等手段对施工场地等

有人为干扰的区域的野外调查, 获得了各施工场地、取弃土场等对地表植被有干扰点的植被覆盖度现状值及各点的经纬度坐标值。在地理信息系统(GIS) 技术平台的支持下, 通过各场所的坐标值与 3 个不同时相的植被覆盖度图层相叠加, 分别对沿线范围影响区域在未施工、施工中和施工完成并通车的情况下分析各敏感点在 3 个时相下植被覆盖度的动态变化情况。

3 运算结果及分析

3.1 植被盖度运算结果

在 ENVI 遥感平台及地理信息系统软件(Arcgis) 的支持下, 按照以上方法将植被覆盖划分为无植被覆盖、低植被覆盖、中植被覆盖、较高植被覆盖和高植被覆盖 5 个等级得到公路沿线两侧 5 km 范围的植被覆盖度分布及各施工场所分布结果图, 附图 2~ 4。

通过 GPS 野外定位及 GIS 室内查询等功能得到各点的 3 个时相的植被覆盖度数值, 与野外测量的现状值相对比如表 1~ 3 所示。

表 1 泰井高速公路沿线取土场植被覆盖度一览表

桩号	距路中心/ m	2001 施工前/ %	2004 施工期/ %	2005 竣工后/ %	2005 实测值/ %
K1+ 900	30	51. 72	33. 01	50. 12	48. 1
K2+ 200	14	52. 66	15. 54	30. 80	25. 3
K4+ 600	15	46. 35	30. 90	43. 29	40. 6
K7+ 000	15	45. 45	28. 49	41. 08	45. 3
K12+ 600	120	67. 77	45. 09	54. 19	50. 2
K16+ 500	30	44. 95	35. 64	41. 08	45. 7
K21+ 300	80	44. 19	18. 42	20. 35	16. 9
K22+ 200	80	49. 88	38. 91	44. 85	50. 3
K27+ 200	30	77. 37	36. 44	49. 00	52. 1
K31+ 100	13	70. 36	57. 12	62. 67	65. 5
K43+ 150	110	47. 40	21. 68	23. 71	20. 7
K44+ 700	20	56. 25	38. 40	47. 33	55. 8
K50+ 500	150	58. 24	50. 83	57. 53	50. 3
K53+ 700	20	78. 86	46. 28	51. 50	55. 2
K58+ 500	20	59. 02	42. 88	54. 68	50. 1
K60+ 350	80	59. 91	41. 26	53. 84	60. 4
K77+ 250	100	78. 31	28. 69	31. 42	25. 5

3.2 植被覆盖变化分析

为了定量的分析上述植被覆盖度方法的准确性, 2005 年对沿线各敏感点做了详细的野外调查(样方调查敏感点的植被盖度、GPS 获得采样点的坐标等), 在各研究区域内进行的植被覆盖度实测资料为参照, 对运用遥感及 GIS 技术计算的 2005 年的计算结果进

行精度检验。在实测植被覆盖度过程中, 采用在不同的植被覆盖类型随机采样, 与实测相应经纬度的像元计算值进行拟合比较, 结果如图 1 所示。从图 1 实测值与计算值的拟合线中可以看出: 计算值与实测值的相关性在 90% 以上, 该植被覆盖度方法具有较高的精度, 可以满足后续分析要求。

表 2 泰井高速公路沿线弃土场植被覆盖度一览表

桩号	距路中心/ m	施工前/ %	施工期/ %	竣工后/ %	2005 实测值/ %
K5+ 900	15	43. 86	25. 76	28. 47	20. 3
K15+ 800	15	70. 49	32. 26	49. 61	45. 5
K22+ 450	20	81. 83	41. 89	50. 95	55. 7
K26+ 800	15	83. 19	35. 52	46. 60	50. 8
K29+ 360	25	72. 38	63. 31	63. 50	70. 3
K32+ 000	13	59. 70	41. 23	48. 63	55. 8
K37+ 500	20	81. 25	48. 28	53. 84	60. 9
K40+ 900	150	86. 10	50. 69	65. 40	75. 7
K43+ 500	100	65. 40	54. 95	58. 25	65. 3
K56+ 800	15	61. 06	34. 00	43. 50	45. 2
K57+ 200	13	65. 64	31. 73	32. 36	25. 6
K73+ 400	8	50. 03	45. 25	46. 40	55. 7
K75+ 700	9	56. 48	32. 79	37. 69	45. 7
K79+ 800	8	57. 40	24. 49	53. 61	60. 2
K81+ 200	15	64. 11	15. 21	54. 56	60. 3

表 3 泰井高速公路沿线临时占地植被覆盖度一览表

桩号	距路中心/ m	施工前/ %	施工期/ %	竣工后/ %	2005 实测值/ %
K3+ 550	15	46. 20	21. 30	30. 20	30. 6
K18+ 300	15	49. 35	27. 11	29. 79	20. 2
K19+ 300	15	40. 26	33. 58	37. 85	45. 1
K21+ 800	13	56. 16	45. 45	51. 06	60. 6
K23+ 350	13	74. 68	37. 95	52. 19	65. 3
K24+ 600	13	70. 33	61. 06	65. 83	80. 8
K27+ 680	13	61. 53	27. 09	30. 23	25. 9
K29+ 700	15	63. 13	36. 01	52. 34	45. 3
K30+ 300	13	49. 77	31. 5	44. 56	55. 2
K32+ 300	13	78. 79	46. 69	48. 03	55. 6
K34+ 550	80	84. 38	25. 13	28. 73	20. 7
K44+ 600	300	51. 66	42. 07	47. 36	55. 1
K69+ 500	15	78. 61	54. 18	54. 95	60. 3
K82+ 600	30	69. 20	44. 61	52. 09	55. 6

植被覆盖动态演变过程实质上是不同植被覆盖等级之间复杂的相互转化过程,是自然因素和人为活动的双重结果。从植被覆盖度分布图及各点的统计表中可以知,从整体上看,在公路建设前即高速路还没有开始修建,各点还没有植被破坏的情况下,植被覆盖度最高;公路建设施工中的各敏感点植被覆盖度最低;在公路竣工后,采取了地表植被恢复的情况下,植被覆盖度有所提高,但是植被覆盖情况不如公路建设前原始的植被覆盖度。人为活动对原植被破坏越严重的区域,经过恢复的植被盖度越低。

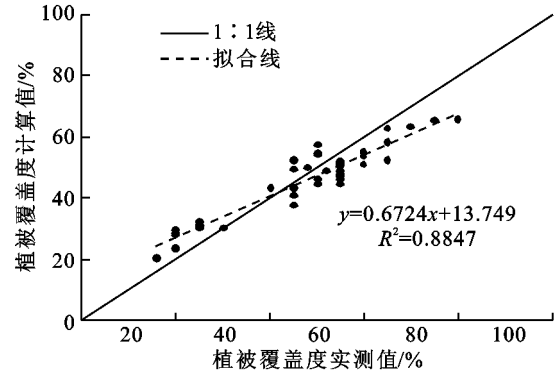


图 1 实测值与计算值的关系

从附图 2- 4 及表 1- 3 沿线各敏感点的植被盖度模拟值及实测值中可以看出, 公路沿线取土场的植被盖度中, K2+ 200、K21+ 300、K43+ 150 和 K77 + 250 等点的植被覆盖度较低, 均小于 35%; 公路沿线的弃土场中, K5+ 900、K57+ 200 处的植被盖度相对较低, 均低于 35%。公路沿线的临时施工用地各点中, K18+ 300、K27+ 680、K34+ 550 处的植被覆盖度较低。在地表整治修复过程中, 以上各点应加大力度采取恢复措施进行处理。

植被覆盖地表要素对竣工后的公路边坡防护、山地坡面保护、水土流失防治、山地坍塌灾害的减弱等具有重要作用。植被覆盖的状况, 将直接影响公路建设项目的效益发挥与生态安全。研究基于遥感技术监测的结果表明: 泰和至井冈山高速路竣工后, 在采取地表修复措施的前提下, 有人为干扰的各区域整体上植被盖度较高, 说明修复措施已经生效, 但是, 局部地区植被覆盖度较小, 还应进一步采取有效措施使之提高植被覆盖度。

4 结 论

(1) 研究区域植被景观总体恢复状况良好, 人为破坏强度与植被覆盖的恢复相关性较大, 破坏强度越高, 植被恢复情况越差。

(2) 遥感监测的局部区域植被覆盖度较小, 与野外现场调查相吻合。对于该区域应该进一步采取有效措施提高下垫面的植被覆盖度。

(3) 在宏观尺度下, 遥感技术在大尺度范围内监测下垫面植被覆盖状况有着不可替代的优势。文章以“3S”技术为依托, 对比了建设目前前后的地表植被覆盖的动态变化情况, 监测值与实际情况较吻合, 该方法可以用于非污染建设项目环保验收中。

(4) 研究区域山高谷深、自然条件特殊, 道路可达性极为有限, 利用常规办法进行相关的地表环境要素野外数据采集与监测存在诸多困难且难以实施,

遥感数据可能是唯一可获得的数据源。因此, 随着众多对地观测系统中的高分辨率遥感数据的大量获取、遥感图像处理系统技术的应用与发展, 遥感技术将在生态环境研究中具有广阔而深远的应用前景。

参考文献:

[1] Watson R T, Noble I R, Bolin B, et al. Land Use, Land- Use Change, and Forestry[J]. Cambridge University Press, 2000: 1-362.

[2] 李秀彬. 全球环境变化研究的核心领域: 土地利用/ 土地覆被变化的国际研究动向[J]. 地理学报, 1996, 51 (6): 553-557.

[3] 方精云, 唐艳鸿, 常杰. 变化中的全球气候[M]// 方精云. 全球生态学: 气候变化与生态响应, 北京: 高教出版社, 2000: 1-24.

[4] 秦伟, 朱清科, 张学霞, 等. 植被覆盖度及其测算方法研究进展[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2006, 34(9): 163-170.

[5] Tucker C J, Townshend J R G. NDVI- derived land cover classification at a global scale[J]. International Journal of Remote Sensing, 1994, 15: 3 567-586.

[6] CHEN Yun-hao, LI Xia-bing, XIE Feng. NDVI changes in China between 1989 and 1999 using change vector analysis based on time series data[J]. Journal of Geographical Sciences, 2001, 11(4): 383-392.

[7] 陈云浩, 李晓兵, 史培军. 基于遥感的植被覆盖变化景观分析[J]. 生态学报, 2002, 22(10): 1581-1586.

[8] 杨胜天, 刘昌明, 孙睿. 近 20 年来黄河流域植被覆盖变化分析[J]. 地理学报, 2002, 57(6): 679-684.

[9] Quarmby N A, Townshend J R G, Settle J J, et al. Linear mixture modeling applied to AVHRR data for crop area estimation[J]. International Journal of Remote Sensing, 1992, 13: 415-425.

[10] Sun Hongyu, Wang Changyao, Niuzheng et al. Analysis of the vegetation cover change and the relationship between NDVI and environmental factors by using NOAA time series data[J]. Journal of Remote Sensing, 1998, 2(3): 205-210.