

# 基于 RS 和 GIS 的土地利用/覆被动态变化监测 ——以九龙县为例

李鹏杰<sup>1,2</sup>, 何政伟<sup>1,2</sup>, 李璇琼<sup>1,3</sup>

(1. 地质灾害防治与地质环境保护国家重点实验室, 成都 610059;

2. 成都理工大学 地球科学学院, 成都 610059; 3. 成都理工大学 地球物理学院, 成都 610059)

**摘要:**区域土地利用动态监测分析是土地利用研究的重要组成部分,可以为区域土地的合理利用和政府部门的宏观调控提供支持依据。为了掌握土地利用状况及动态变化的信息和趋势,对土地利用动态平衡的调控和生态环境保护提供辅助手段,以九龙县为研究区域,利用 1994 年、2000 年和 2007 年三期的 Landsat 卫星 TM 影像,采用遥感(RS)技术和地理信息系统(GIS)技术,对九龙县 13 a 来土地利用变化进行了动态监测分析,通过各年土地利用分布变化图,土地利用转移矩阵,研究了九龙县各种土地利用类型变化的情况。结果表明:林地净增加了 170.96 km<sup>2</sup>,其中 169.94 km<sup>2</sup> 草地净增为林地,1.9 km<sup>2</sup> 旱地净增为林地,说明林地主要是由旱地和退化草地转化而来;冰川净增 18.67 km<sup>2</sup>,裸地净减 6.14 km<sup>2</sup>,说明天然林保护工程和退耕还林工程对当地的水土保持起到了显著成效。利用马尔柯夫模型预测了九龙县未来几十年来土地利用变化的趋势:林地面积将会以每 13 年递增 2% 的速度变化,冰川面积将会以每 13 年递增 1.5% 的速度变化,说明未来九龙县的生态环境将会是良性发展,为九龙县生态环境治理提供了科学依据。

**关键词:**土地利用; 动态监测; RS; GIS; 马尔柯夫模型

中图分类号:F301.24;S157

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2012)02-0038-05

## Dynamic Monitoring on Land Utilization/Land Coverage in Kowloon County Based on RS and GIS

LI Peng-jie<sup>1,2</sup>, HE Zheng-wei<sup>1,2</sup>, LI Xuan-qiong<sup>1,3</sup>

(1. State Key Laboratory of Geohazard Prevention and Geoenvironment Protection,

Chengdu 610059, China; 2. College of Earth Sciences, Chengdu University of Technology,

Chengdu 610059, China; 3. College of Geophysical, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

**Abstract:** Analysis of dynamic monitoring of district land utilization is an important part of the land utilization research and provides the basis for rational utilization of land area and the government's macro-control. In order to grasp information and trend of land use situation and dynamic as well as provide the auxiliary means for the dynamic balance regulation of the land utilization and the protection of ecological environment, Kowloon County was chosen as the research area in this paper. Using three Landsat TM satellite images in the year 1994, 2000 and 2007, remote sensing (RS) and geographic information system (GIS) technology, we finished the dynamic monitoring and analysis in land utilization changes of Kowloon County of 13 years. Through variation diagram in the distribution of land utilization, transition matrix land utilization, various condition of Kowloon County land use types can be reflected. The net increase of the woodland area amounts to 170.96 km<sup>2</sup>, where 169.94 km<sup>2</sup> of grassland is the net change into the woodland and 1.9 km<sup>2</sup> dryland is the net change into the woodland. The condition concludes the woodland mainly changes from dryland and degraded grassland. The net increase of the glacier area amounts to 18.67 km<sup>2</sup>, the net decrease of the bare land area amounts to 6.14 km<sup>2</sup>. The condition concludes

收稿日期:2011-10-17

修回日期:2011-11-25

资助项目:国家自然科学基金“川西藏区矿产资源开发的地质生态环境承载力研究”(40972225);国家自然科学基金(青年)“地表景观时空演化与土壤元素迁移响应机制研究”(41101174);成都理工大学青年科学基金项目“基于多智能体的湿地景观时空演化模拟与优化”(2010QJ08);成都理工大学高层次人才科研启动基金“基于 3S 技术的渝北地区景观时空演化及生态效应研究”(HJ0070)。

作者简介:李鹏杰(1985—),男,硕士研究生,研究方向:生态地理信息系统。E-mail:251747631@qq.com

通信作者:何政伟(1966—),男,教授,博士,博士生导师,主要研究方向为生态地质环境、遥感地质、成矿预测等。E-mail:hwz@cdut.edu.cn

Natural Forest Protection Project and Grain for Green Project has played a remarkable role in the local soil-water conservation. We used Markov model to predict Kowloon County land use trends of the next few decades. The woodland area will be 2% increments every 13 years. The glacier area will be 1.5% increments every 13 years. The trends conclude the ecological environment of Kowloon County will be the healthy development in the future and provide the scientific basis for environment improvement in Kowloon County.

**Key words:** land utilization; dynamic monitoring; RS; GIS; Markov model

土地利用是指直接与土地相关的,并利用其资源或对其实施影响的人类活动。国际上利用RS与GIS技术进行了大量的资源环境调查工作,尤其在土地利用/覆被监测作物评估等方面得到广泛应用。Jensen<sup>[1]</sup>通过对湿地变化的动态监测表明先利用光谱直接比较法探测变化区再进行图像分类确定变化类型的混合法是一种非常有效的变化检测方法。McLeod和Congalton<sup>[2]</sup>的研究表明以差值法为基础的混合动态监测法优于传统的分类方法。我国的土地利用遥感监测始于20世纪70年代,土地利用遥感监测的重点是耕地的变化和建设用地扩展。但近年来,对全球变化及区域土地利用、土地利用变化监测及机理的研究得到明显加强<sup>[3]</sup>。陈泽鹏等<sup>[4]</sup>探讨了单纯利用全色图像和利用多光谱及全色波段快速发现变化区的方法。程学军、李仁东等<sup>[5]</sup>通过应用不同时期的TM假彩色合成图像对武汉市土地利用动态变化进行了实时快速的监测。综合运用RS与GIS技术对土地利用现状变化进行动态监测与分析,能够快速准确地掌握土地利用的状况及动态变化的信息和趋势,为土地利用总量动态平衡的宏观调控和生态环境保护提供高效的辅助手段。九龙县地处长江主要干流雅砻江上游,是天然林资源的重点保护地区和长江上游绿色生态屏障的重要组成部分,所以对九龙县的土地利用动态监测具有重大意义,能够为九龙县的土地管理部门制定管理政策和落实各项管理措施提供科学依据,从而使生态环境步入良性循环。在土地利用变化分析上,采用各年份数据空间叠加的分析方法,应用三个年份的土地利用数据对比分析出土地利用的数量变化,在土地利用变化动态监测的基础上,运用马尔柯夫矩阵模型来定量预测九龙县未来的土地利用变化情况。

## 1 研究区自然概况

九龙县地处四川省西部,贡嘎山西南,甘孜藏族自治州东南部,位于东经 $101^{\circ}17'$ — $102^{\circ}10'$ ,北纬 $28^{\circ}19'$ — $28^{\circ}20'$ 。全县地势北高南低,高差悬殊,地形复杂,海拔高度1440~6010 m,有雅砻江、九龙河、踏卡河等主要河流。属于青藏高原亚湿润气候区,年均气温

8.8℃,1月平均气温0.7℃,最低温度-15.6℃,7月平均气温15.2℃,最高温度31.7℃,年降水量890 mm,无霜期184 d,年日照数1938 h。土地资源丰富,根据2003年统计数据,全县土地总面积为677000 hm<sup>2</sup>,其中农耕地3650.2 hm<sup>2</sup>,农业人口人均0.098 hm<sup>2</sup>,其中山地3576.867 hm<sup>2</sup>,水田73.333 hm<sup>2</sup>;林地面积264285 hm<sup>2</sup>,占总面积的39%,森林106913.333 hm<sup>2</sup>,占15.82%,人均0.267 hm<sup>2</sup>,木材蓄积量3200万m<sup>3</sup>,人均819 m<sup>3</sup>;天然草场319799 hm<sup>2</sup>,占总面积的47%。

## 2 图像处理与信息提取

### 2.1 数据源及处理

本次研究选用1994年1月、2000年1月和2007年1月的甘孜藏族自治州TM遥感影像图作为数据源,地面分辨率为30 m,影像几乎没有云层遮盖,清晰易解译,已进行过辐射校正和几何粗校正。

图像处理步骤:(1)以校正好的1994年的TM影像为准选取控制点分别对2000年和2007年的影像进行精校正;(2)利用九龙县的行政界限裁剪出九龙县的影像区域;(3)用ENVI软件对影像图进行增强处理,以便于识别地物;(4)建立遥感解译标志。

### 2.2 监督分类与人工目视校正

在ENVI软件中,根据图像处理中建立的解译标志和影像中地物的光谱特征来选取各类型的典型区域建立监督分类的样本<sup>[6]</sup>,在ROIs面板中选择Compute ROI Separability计算样本的可分离性。测试结果用Jeffries—Matusita和Transformed Divergence两个参数表示,这两个参数值的范围为0~2.0,大于1.9说明样本之间可分离性好,属于合格样本;小于1.8,需要重新选择样本;小于1,考虑将两类样本合成一类样本。通过多次样本选择与样本可分离性计算后,两个参数的值最终都在1.9以上,说明可分离性好。采用最大似然法(maximum likelihood)进行监督分类<sup>[7]</sup>。由于在分类过程中难免会产生些小图斑,需要对这些小图斑进行剔除和重新分类,用聚类(clump)将周围的小图斑合并到大类中,用过滤(sieve)剔除不符合的小图斑。最后对漏分、错分等像元进行人工目视解译,其中分不出的像元,对其进行坐标标记,运用全球定位系统(GPS)进行实

地采样,其中旱地、林地、草地各采样 20 个样本;水域、冰川、城镇各采样 10 个;裸地采样 15 个,随后通过误差矩阵评价,整体精度达到了 80% 以上(表 1),精度良好。

最后在 ArcGIS 软件里根据全国第二次土地调查的色彩标准调整各个分类的 RGB 参数值,生成的图像见附图 5。

表 1 实地采样误差矩阵

土地利用类型	旱地	林地	草地	水域	冰川	裸地	城镇
旱地	17	2	0	0	0	1	0
林地	1	18	1	0	0	0	0
草地	1	1	16	0	0	1	1
水域	0	1	0	9	0	0	0
冰川	0	0	0	1	8	1	0
裸地	0	0	1	0	1	13	0
城镇	1	0	0	0	0	1	8

在 ArcGIS 软件里,根据全国第二次土地调查的土地类型分类标准生成的三幅土地分布图进行矢量图转换,然后进行面积计算与统计,得到九龙县的土地面积分布统计数据见表 2。

表 2 九龙县土地面积分布统计 km<sup>2</sup>

地类名称	1994 年	2000 年	2007 年
旱地	52.07	51.26	50.13
林地	3248.02	3363.99	3418.98
草地	2178.22	2058.10	1996.48
水域	22.71	22.72	22.78
冰川	1067.92	1075.09	1086.59
裸地	210.64	208.35	204.5
城镇	0.97	1.02	1.05
矿区	0.33	0.35	0.36

3 结果分析与预测

3.1 九龙县土地面积变化分析

通过对表 2 中土地类型面积的统计与比较得到各土地类型的变化情况(表 3)。1994—2007 年间,九龙县土地利用/覆被发生了较明显的变化,面积增加的有林地、城镇和矿区。林地面积占全县总面积分别为 1994 年 47.90%,2000 年 49.61%,2007 年 50.42%;林地面积 2000 年比 1994 年增加 115.97 km<sup>2</sup>,增加 3.57

个百分点;2007 年比 2000 年增加 54.99 km<sup>2</sup>,增加 1.64 个百分点。林地增加是因为 1998 年 9 月 1 日,党中央、国务院率先在四川省“三州两市一地”实施了天然林资源保护工程,全面停止了天然林采伐,加大了森林保护的力度;城镇和矿区面积逐年增加是因为近年来城市经济发展建设,矿产需求加大。面积减少的有旱地、草地,这是由于政府对旱地和退化的草场进行了荒山造林和生态还林措施。

表 3 九龙县 1994—2007 年面积变化 km<sup>2</sup>

地类名称	1994—2000 年	2000—2007 年	1994—2007 年
旱地	-0.81	-1.13	-1.94
林地	115.97	54.99	170.96
草地	-120.12	-61.62	-181.74
水域	0.01	0.06	0.07
冰川	7.17	11.5	18.67
裸地	-2.29	-3.85	-6.14
城镇	0.05	0.03	0.08
矿区	0.02	0.01	0.03

运用空间分析工具里 Zonal 模块的 Tabulate Area 工具来计算,得到九龙县 1994—2000 年,2000—2007 年和 1994—2007 年的九龙县土地利用面积转移矩阵(表 4—6),可以更进一步了解 13 a 来九龙县各土地利用类型面积的变化和各土地利用类型之间的转化情况。从各土地类型面积变化看,林地净增加了 170.96 km<sup>2</sup>,其中草地 169.94 km<sup>2</sup> 净增为林地,旱地 1.9 km<sup>2</sup> 净增为林地,同时草地净减 181.74 km<sup>2</sup>,旱地净减 1.94 km<sup>2</sup>,说明减少的草地和旱地绝大部分都转化为了林地,这主要是由远离居民点的旱耕地和过度放牧的退化草地转化而来,增加的林地主要以杉树和松树为主;冰川净增加 18.67 km<sup>2</sup>,裸地净减少 6.14 km<sup>2</sup>,同时草地 17.07 km<sup>2</sup> 净增为冰川积雪,裸地 0.84 km<sup>2</sup> 净增为冰川积雪,说明天然林保护工程和退耕还林工程的进行,对当地的水土保持起到了显著成效。城镇矿区随着经济发展有所扩张,0.02 km<sup>2</sup> 的旱地转化为了城镇用地,0.03 km<sup>2</sup> 的林地转化为了矿区用地,虽然从全县看扩张的面积很小,可是还是需要合理利用土地资源,对废弃的矿区要采取植被恢复等措施。

表 4 1994—2000 年九龙县土地利用类型的面积转移矩阵 km<sup>2</sup>

土地利用		2000 年							
类型		旱地	林地	草地	水域	冰川	裸地	城镇	矿区
1994 年	旱地	42.63	5.71	3.58	0.12	0	0	0.02	0.01
	林地	4.72	3215.31	10.8	0.09	15.2	1.86	0.01	0.03
	草地	3.62	124.71	2020.74	0.02	25.18	3.91	0.03	0.01
	水域	0.27	0.02	0.72	21.47	0.23	0	0	0
	冰川	0	15.55	1.37	0.98	1017.95	32.07	0	0
	裸地	0	2.68	20.88	0.04	16.53	170.51	0	0
	城镇	0.01	0	0	0	0	0	0.96	0
	矿区	0.01	0.01	0.01	0	0	0	0	0.3

表 5 2000—2007 年九龙县土地利用类型的面积转移矩阵 km<sup>2</sup>

土地利用		2007 年							
类型		旱地	林地	草地	水域	冰川	裸地	城镇	矿区
2000 年	旱地	43.39	3.68	4.07	0.07	0	0	0.04	0.01
	林地	2.5	3336.38	19.97	0	1.48	3.62	0.02	0.02
	草地	4.2	77.19	1964.72	0	11.95	0	0.03	0.01
	水域	0.03	0.02	0.83	21.59	0.25	0	0	0
	冰川	0	0.07	5.15	0.45	1069.39	0.03	0	0
	裸地	0	1.62	1.69	0.66	3.52	200.86	0	0
	城镇	0.02	0.02	0.01	0.01	0	0	0.96	0
	矿区	0.01	0	0.02	0	0	0	0	0.32

表 6 1994—2007 年九龙县土地利用类型的面积转移矩阵 km<sup>2</sup>

土地利用		2007 年							
类型		旱地	林地	草地	水域	冰川	裸地	城镇	矿区
1994 年	旱地	42.75	5.71	3.41	0.16	0	0	0.03	0.01
	林地	3.81	3219.43	19.25	0.09	5.18	0.19	0.02	0.03
	草地	3.56	189.19	1937.21	0.02	41.96	6.22	0.05	0.01
	水域	0	0.02	0.72	21.73	0.23	0	0	0
	冰川	0	3.89	24.89	0.78	1032.7	5.66	0	0
	裸地	0	0.74	10.97	0	6.5	192.43	0	0
	城镇	0.01	0	0.01	0	0	0	0.95	0
	矿区	0	0	0.02	0	0	0	0	0.31

3.2 土地利用变化趋势预测

本文采用马尔柯夫矩阵模型来预测土地利用变化趋势,马尔柯夫矩阵模型的应用关键是两个矩阵的

选取<sup>[8-10]</sup>。首先是初始矩阵选取,本文选取 2007 年的各土地利用类型面积占全部面积的百分比形成的矩阵 A(表 7)作为初始矩阵。

表 7 初始矩阵

地类	旱地	林地	草地	水域	冰川	裸地	城镇	矿区
A	0.007396	0.50421	0.294425	0.003359	0.160243	0.030158	0.000155	0.000053

其次是选取土地利用类型转移概率矩阵,该矩阵的数学表达式为:

$$P=P_{ij}=\begin{bmatrix} P_{11},P_{12},\cdots,P_{1n} \\ P_{21},P_{22},\cdots,P_{2n} \\ \vdots \\ P_{n1},P_{n2},\cdots,P_{nm} \end{bmatrix}$$
$$P_{ij}^{(1)}=\frac{C_{i-j}}{LU_i}$$

式中: $P_{ij}^{(1)}$ ——土地利用类型  $i$  转化为土地利用类型  $j$

的转移概率; $C_{i-j}$ ——研究区域中在研究期内第  $i$  类土地利用类型转化为第  $j$  类土地利用类型的面积; $LU_i$ ——研究初始时期第  $i$  类土地利用类型的总面积。转移矩阵的每一项元素都要满足以下两个条件:① $0\leq P_{ij}\leq 1$ ,即各元素值都是非负数;② $\sum P_{ij}=1$ ,即每一行元素的和为 1。本文选取 1994—2007 年九龙县土地利用类型的面积转移矩阵(表 6),然后用上面的公式算出 1994—2007 年九龙县土地利用类型的面积转移概率矩阵(表 8)。

表 8 1994—2007 年土地利用类型的面积转移概率矩阵

土地利用		2007 年							
类型		旱地	林地	草地	水域	冰川	裸地	城镇	矿区
1994 年	旱地	0.821010	0.109660	0.065489	0.003073	0.000000	0.000000	0.000576	0.000192
	林地	0.001173	0.991198	0.005927	0.000028	0.001601	0.000058	0.000006	0.000009
	草地	0.001634	0.086855	0.889355	0.000009	0.019263	0.002856	0.000023	0.000005
	水域	0.000000	0.000881	0.031718	0.957269	0.010132	0.000000	0.000000	0.000000
	冰川	0.000000	0.003643	0.023307	0.000730	0.967020	0.005300	0.000000	0.000000
	裸地	0.000000	0.003513	0.052079	0.000000	0.030858	0.913549	0.000000	0.000000
	城镇	0.010309	0.000000	0.010309	0.000000	0.000000	0.000000	0.979381	0.000000
	矿区	0.000000	0.000000	0.060606	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.939394

根据马尔柯夫过程的无后效性,研究区任一时刻的状态概率向量  $P(n)$  都可以由它的转移概率矩阵  $P_{ij}$  和前一时刻的概率向量  $P(n-1)$  来确定即:  $P(n) = P(n-1) \times P_{ij}^{[11]}$ 。运用该理论,结合上面两个矩阵得到未来若干年的土地利用类型预测百分比(表 9)。

表 9 马尔柯夫模型预测的各土地利用类型的比例 %

土地利用类型	2020 年	2033 年	2046 年
旱地	0.714644	0.692949	0.674114
林地	52.684783	54.720641	56.554587
草地	27.073762	24.979383	23.126774
水域	0.337191	0.338548	0.339938
冰川	16.240171	16.404191	16.523058
裸地	2.927035	2.840456	2.756369
城镇	0.016593	0.017608	0.018555
矿区	0.005722	0.006123	0.006505

从表 9 分析出林地呈逐年递增趋势,所占比例从 2020 年的 52.68% 增加到 2046 年的 56.55%;草地呈逐年递减趋势,所占比例从 2020 年的 27.07% 减少到 2046 年的 23.13%;冰川呈逐年平缓递增趋势,所占比例从 2020 年的 16.24% 增加到 2046 年的 16.52%;城镇矿区用地所占比例非常小,但是也呈递增趋势。以上变化趋势是伴随着九龙县旱地和草地的持续减少,林地的持续增加,同时水域和冰川积雪的平缓增加,可以看出政府实施的天然林资源保护工程得到了显著成效,说明森林不仅可以调节气候也对水土流失的保护有重要作用。此外由于未来人口的增长,城市建设的需要,矿产资源的需求增加,从表中看出未来的城镇用地和矿区用地也有一定的增加。

## 4 结论

(1) 完成了空间数据采集,通过人机交互解译与实地精度验证生成九龙县 3 a 的土地利用分布图,为动态监测分析提供了数据支撑。

(2) 通过对九龙县 1994 年、2000 年和 2007 年三年的遥感影像进行土地利用信息提取,得出各种地类的变化情况,为九龙县土地的合理利用和土地管理部门制定管理政策和落实各项管理措施提供了有利的

支持依据。

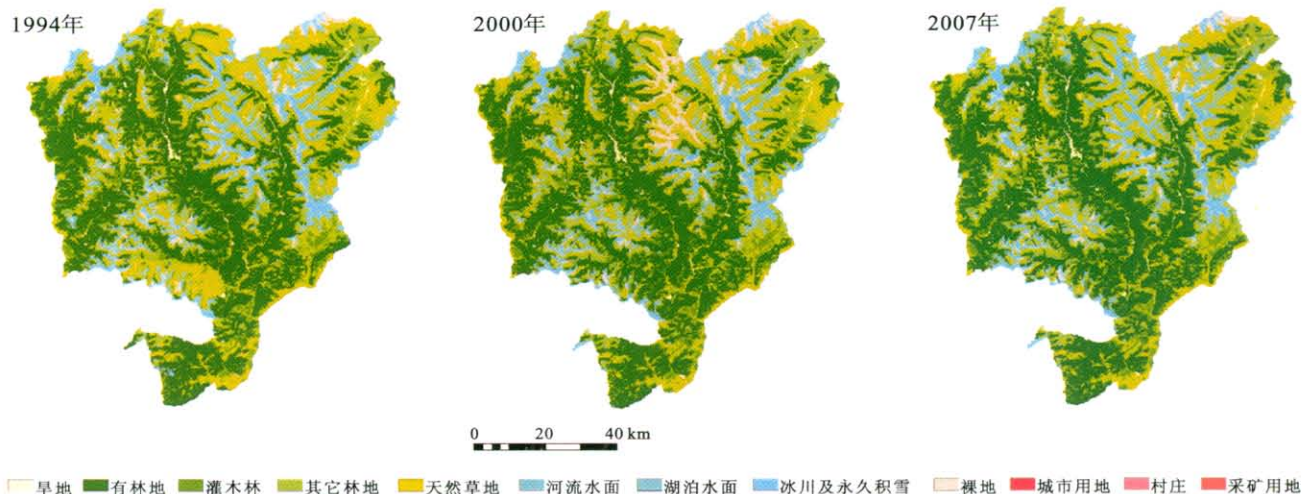
(3) 利用马尔柯夫模型预测出了九龙县未来的土地利用状况。

九龙县的天然林保护工程和退耕还林工程取得的显著成效,对长江上游的水土保持和气候调节都起到了一定的积极作用。但是须注意的是九龙县全县半数面积都是林地,林地分布集中,尽管属于青藏高原亚湿润气候区,但是鉴于全球气候的变暖与反常(厄尔尼诺现象与拉尼娜现象),做好预防森林火灾发生的工作尤为重要。

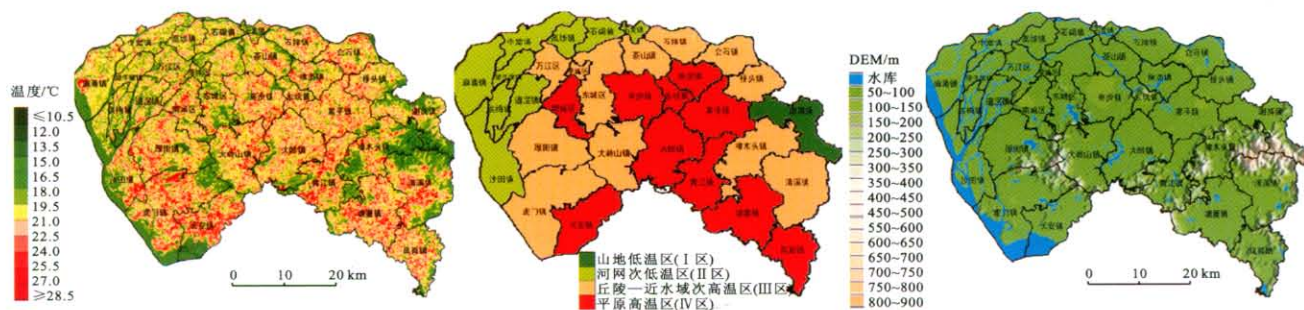
### 参考文献:

- [1] Jensen J R, Cowen D J, Narumalani S. An evaluation of coast watch change detection protocol in South Carolina [J]. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 1993, 59(6): 1039-1046.
- [2] Macleod R D, Congalton R G. A quantitative comparison of change detection algorithms for monitoring eelgrass from remotely sensed data [J]. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 1998, 64(3): 207-216.
- [3] 李秀彬. 全球变化研究的核心领域: 土地利用/覆被变化的国际研究方向 [J]. 地理学报, 1996, 5(6): 553-558.
- [4] 陈泽鹏, 李德仁, 周一. 影像融合及土地利用变化的自动发现 [J]. 应用技术, 2000(3): 29-31.
- [5] 程学军, 李仁东, 薛怀平. 武汉市近期土地利用的动态监测研究 [J]. 华中师范大学学报: 自然科学版, 2001, 35(1): 111-114.
- [6] 梅安新, 彭望禄, 秦其明, 等. 遥感导论 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2001.
- [7] 王静. 土地资源遥感监测与评价方法 [M]. 北京: 科学出版社, 2006: 60-79.
- [8] 王振中. “3S”技术集成及其在土地管理中的应用 [J]. 测绘科学, 2005, 30(4): 62-64.
- [9] 田淑敏, 宇振荣. 县域土地持续利用情景分析 [J]. 干旱区地理, 2002, 25(3): 251-256.
- [10] 王振中, 刘纪元, 张增祥. 近 10 年中国土地利用格局及其演变 [J]. 地理学报, 2002, 57(5): 523-530.
- [11] 谢式千, 潘承毅. 概率论与数理统计 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2001: 316-324.





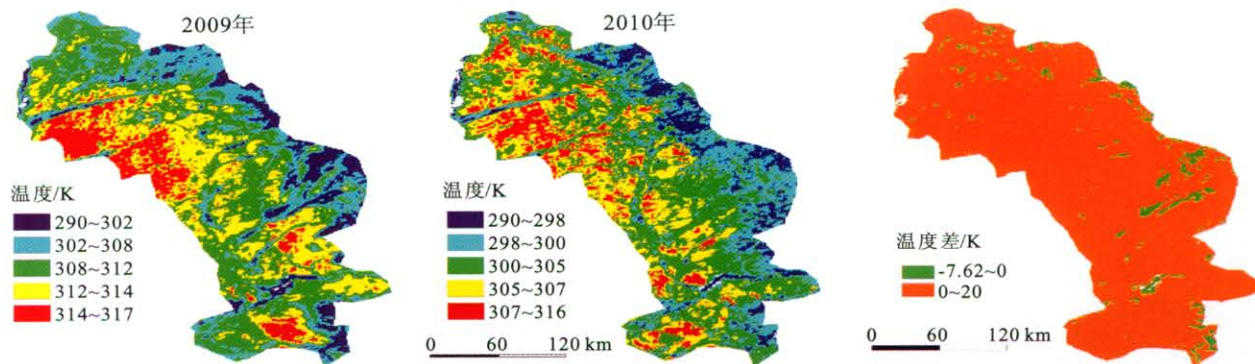
附图5 四川省九龙县不同年份土地利用分布



附图6 2007年1月29日东莞市地表温度分布

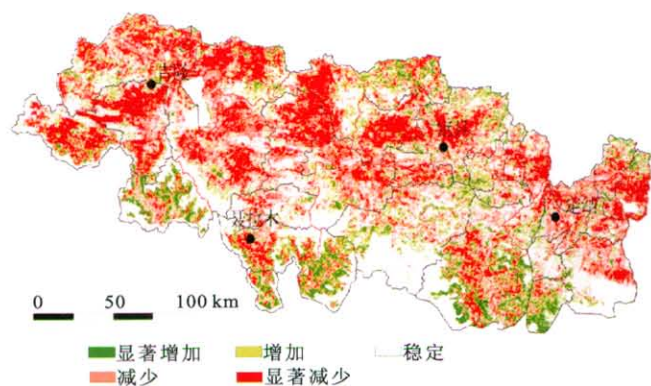
附图7 东莞市地表温度地理分区

附图8 东莞市数字高程模型

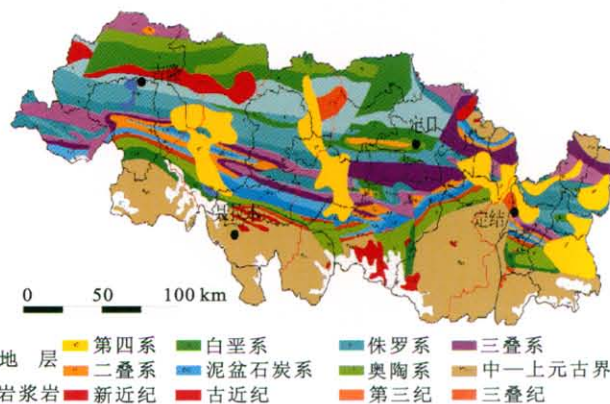


附图9 黑龙江省黑土带不同年份地表温度分布

附图10 2009年与2010年黑土带地表温度差异分布



附图11 2000—2009年珠穆朗玛峰自然保护区植物覆被变化分级



附图12 珠穆朗玛峰自然保护区地层分布