

文章编号: 1007-4619 (2002)05-0387-06

GIS 辅助下的环青海湖地区草地蝗虫生境分类研究

蒋建军^{1,2}, 倪绍祥², 韦玉春²

(1 南京大学国际地球系统科学研究所, 江苏 南京 210008; 2 南京师范大学地理科学学院, 江苏 南京 210097)

摘要: 草地蝗虫是危害中国广大草原地区的主要昆虫之一, 针对草地蝗虫的生态特征, 实现草地蝗虫生境类型的划分, 是草地蝗灾管理迫切需要解决的课题之一。以环青海湖地区为例, 使用 TM 影像数据和 DEM、草地类型图等地理辅助数据, 以及 GPS 定位的野外调查资料, 从遥感图像处理/地理数据/专家知识一体化的角度出发, 应用基于知识的方法进行环青海湖地区草地蝗虫生境类型的分类研究, 其分类总精度为 84.23%。研究表明, 克氏针茅草原、芨芨草草原、紫花针茅草原是草地蝗虫多发的生境类型, 占整个研究区总面积的 29.09%。这为进一步加强环青海湖地区草地蝗虫的管理提供科学依据。

关键词: 地理信息系统; 遥感分类; 知识; 草地蝗虫; 生境

中图分类号: P208 **文献标识码:** A

1 引言

草地蝗虫是危害草地资源的主要昆虫之一, 尽管其个体不可能直接从卫星遥感图像上加以识别, 但大量研究表明, 蝗虫的栖息、生长、繁殖与特定的生境条件有着密切的联系。因此, 从 20 世纪 70 年代国外许多学者开始尝试应用遥感图像监测蝗虫赖以生存的绿色植被及其动态等研究。

20 世纪 90 年代前, 国际上较为注重蝗虫赖以生存的单一生态因子的研究。如澳大利亚昆士兰州西南部及澳大利亚东南部地区的研究中, 使用 Landsat/MSS 图像对蝗虫赖以生存的绿色植被及其动态作出有效的监测^[1,2]。McCulloch 等的研究, 应用 MSS 图像区分出蝗虫的生境, 并通过蝗虫生境的绿度(Greenness)及其特征的识别, 推断可能发生蝗灾的区域^[3]。又如, Tucker 等在北非、中东一带及印度、巴基斯坦等国的干旱区域的研究, 采用遥感技术对绿色植被和土壤水分进行监测^[4]。随着研究的不断深入, 开始注意植被指数与蝗虫发生关系的研究。Hielkema 等研究了 1980—1981 年间北非西北部沙漠蝗暴发的生境条件, 根据所获得的 NDVI 数据, 对 3 个生态区域的特定时相计算出沙漠蝗的“潜在繁殖

因子”。结果表明, “潜在繁殖因子”与实地所记录的沙漠蝗的密度之间存在着较明显的正相关^[5]。再如, Bryceson 在澳大利亚新南威尔士州的研究, 所采用的方法也是计算 Landsat/MSS7 和 5 两个波段的 NDVI 值, 利用 NDVI 值对沙漠蝗的密度做出判断^[6]。

进入 20 世纪 90 年代后, 遥感技术应用于蝗虫灾害的监测逐步走向综合。如 Voss 等在北非苏丹红海沿岸一带的研究^[7]。研究中首先利用最大似然法完成了 TM 图像的沙漠蝗生境类型监督分类, 在此基础上, 应用 GIS 技术将沙漠蝗生境的有关参数数据进行建库并与遥感生境分类图像进行复合, 从而获得“沙漠蝗潜在繁殖区分布图”和沙漠蝗的发生、繁殖和群聚的潜在可能性评价结果, 这对指导地面沙漠蝗防治队伍进行有针对性的防治具有重要的意义。又如, Lockwood, Sehell 等在美国怀俄明州的研究将 GIS 技术应用于蝗虫防治^[8-10]。研究中系统地收集了该州 48 年内的历史草地蝗虫发生资料, 并利用 GIS 技术将每年的蝗虫分布图与行政区界线图叠置, 在此基础上编制了该州“蝗虫成灾频率图”。此外, 还利用 GIS 技术对地形(高程)、土壤、降水及潜在蒸腾等与蝗虫发生有关的生境参数进行了综合分析, 找出了应优先考虑进行重点防治蝗灾的区域。

收稿日期: 2001-06-25; 修订日期: 2001-11-23

基金项目: 本项研究由国家自然科学基金资助(No. 49971056)

作者简介: 蒋建军(1963—), 男, 博士, 副教授, 南京大学地理学博士后流动站进行博士后研究工作(在职), 主要从事资源环境遥感方面的教学与科研工作, 发表论文 15 余篇。

中国是蝗灾发生频率较高的国家之一。建国后,对发生于中国东部农区的亚洲飞蝗非常重视,而发生于西部的草地蝗虫一直未能得到应有的重视,直到 20 世纪 80 年代才开始进行有关草地蝗虫的研究工作。对草地蝗虫的研究一直注重于草地蝗虫生物个体的研究,如李鸿昌等在内蒙古所进行的草地蝗虫取食性特征的研究^[1],康乐、陈永林在内蒙古锡林浩特对遭受蝗灾的食料叶片表皮结构的研究等^[12]。随着研究的深入,逐步开始注重草地生态系统的整体研究,把草地蝗虫作为生态系统的—个组成部分进行研究^[13]。综上所述,中国草地蝗虫研究缺乏蝗灾发生与周围生态环境之间关系的综合研究,应用遥感及 GIS 技术进行草地蝗虫防治研究在中国仅是起步阶段。青海湖地区属青藏高原一部分,在草地蝗虫种类组成及生态习性上有其特殊性,基于遥感与 GIS 的草地蝗虫生境分类,进而确定蝗灾发生的重点防治区域,对有效防治青海湖地区蝗灾的发生和蝗害管理有着非常重要的意义。

2 研究区概况

2.1 研究区的地理位置

研究区位于东经 99°24′12.3″—101°0′58.5″,北纬

36°22′33.6″—37°25′49.3″,总面积约 16730.496km²,属青海湖内陆盆地。包括了布哈河、沙柳河三角洲平原,青海湖湖成阶地和山地等地貌类型,主要植被类型包括高寒灌丛草甸、高寒草原、干草原、沼泽草甸等,是青海省的重要牧区和草地蝗灾多发区。

所用遥感数据为 Landsat TM 133/34、133/35,获取时间为 1997-06-29。辅助信息源有 1:10 万、1:20 万地形图,1:25 万草场类型图和土壤图,环湖地区各县农业区划报告(1986 年),以及 1997、1998 和 1999 三年的野外调查资料。遥感数据利用 1:10 万地形图及野外 GPS 定位资料纠正到 UTM 投影。

2.2 草地蝗虫生境类别的确定

基于青海湖地区草地蝗虫生态特征的分析^[14,15],环青海湖地区草地蝗虫生境类型见表 1。根据实地调查和收集到的有关资料的分析,克氏针茅草原、芨芨草草原、紫花针茅草原是青海湖地区蝗灾高发的生境类型。

3 遥感影像分类

3.1 数据获取

为了取得草地蝗与生境参数的相关特征,在

表 1 环青海湖地区草地蝗虫生境类型特征

Table 1 The characteristics of grasshopper habitat in Qinghai lake region

生境类型	生境特点
克氏针茅草原	优势种为克氏针茅。伴生种为早熟禾、 草 、紫花针茅、赖草、乳白香青、冷蒿、异叶青兰、马先蒿、芨芨草、紫苑、茵陈蒿、紫花苜蓿等。分布海拔高为 3200—3400m,总盖度约 75%—90%,零星分布斑块状裸地。
芨芨草草原	优势种为芨芨草。伴生种为克氏针茅、紫苑、萎陵菜、扁穗冰草、兰花葱、早熟禾、黄芪、异叶青兰、赖草、茵陈蒿、细叶苔草、狼毒、披针叶黄华等。优势种芨芨草成朵状丛生分布,其中稀疏分布伴生,分布大量斑块状裸地。分布海拔高度为 3200—3400m。
紫花针茅草原	优势种紫花针茅。伴生种为狼毒、萎陵菜、火绒草、小蒿草、矮蒿草、 草 、早熟禾、黄芪、阿尔泰紫苑等。
沼泽草甸	优势种为华扁穗草。伴生种为萎陵菜、碱茅、麦冰草、蒲公英等。
灌丛草甸	优势种为高山柳、蒿草、金露梅、珠芽蓼、高山锦鸡儿。伴生种为披碱草、萎陵菜、双叉细柄茅、柴胡、党参、 草 、乳白香青、独活等。
高寒草甸	优势种矮蒿草和线叶蒿草。伴生种为紫花针茅。珠芽蓼、黄华棘豆、泥湖菜、秦艽、石竹、萎陵菜、蒲公英、圆穗蓼、早熟禾、黄芪等。
荒漠草原	优势种为高山柳、蒿草、金露梅、珠芽蓼、高山锦鸡儿。伴生种为披碱草、萎陵菜、双叉细柄茅、柴胡、党参、治草、乳白香青、独活等。
沙地或沙丘	以裸沙为主
湖滨滩地	
耕地	以青稞、油菜等作物为主的农耕地
休耕地	优势种为披碱草、萎陵菜、冷蒿。伴生种为蒲公英、紫苑、兰花葱、异叶青兰、柴胡等

1997—1999 连续 3 年进行了野外考察,分析对照遥感影像、生境类型、蝗虫密度以及生境群落特征等方面的资料收集。

3.2 系统结构和数据流

图 1 给出了基于知识的图像数据分析过程的流程图。框图由遥感影像处理、辅助地理数据处理和基于知识的影像分类 3 部分组成。研究区的 1:10 万草

地类型图和地形图,采用 Intergraph 的 Geovec 软件进行扫描矢量化,并生成 DEM 和其它辅助数据。图像处理采用 Research System 公司开发的 ENVI 3.4 软件进行分析。

3.3 知识库的建立

知识的表示与知识库的构造要结合地学问题的研究特点。具体流程见图 1。

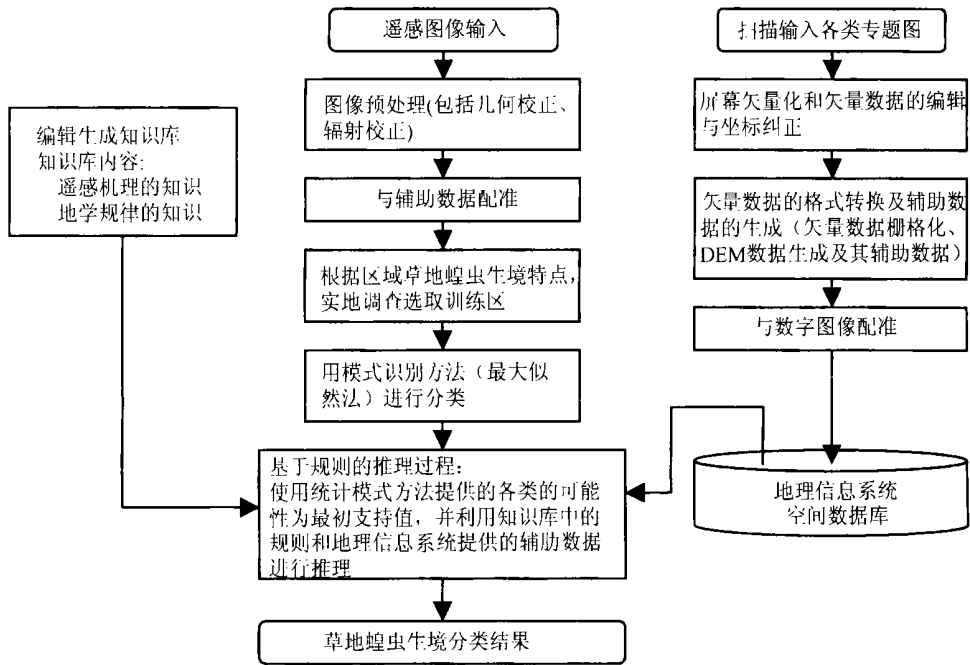


图 1 基于规则的草地蝗虫生境分类流程图

Fig. 1 The classification flow chart of grasshopper habitat according to the rules

3.4 影像分类过程

蝗虫生境分类过程中,首先进行了最大似然法监督分类,其分类精度为 74.73%,以此作为基于知识的草地蝗虫生境分类基础。

基于知识的处理过程就是以光谱数据为基础的统计模式识别方法给出的结果作为初始数据,使用辅助数据和知识库中的规则,进行不精确推理,最后确定出像元点所属的类别。影像的解译过程仍采用逐点处理的方法(图 1)。

不精确推理的数学模型已有较为深入研究。如 Dempster 和 Shafer(1976)提出的信度理论(Belief Theory),Zadeh(1978)提出的可能性理论(Possibility Theory)等。由于实际应用领域千差万别,许多专家系统设计时常采用经验方法。与知识库中规则的表达方法相对应,本文采用一种简便有效的可信度计算模型,用来计算前述推理目标的可信度,主要有以下几个步骤:

(1) 因为辅助数据都是当前像元的有关信息,它的每一项都会影响当前像元的类别。若辅助数据能与 n 项规则相匹配,即“可用规则集”中有 n 项规则,这 n 项规则中有 $m(m \leq n)$ 项与当前像元被分为第 k 类($k \in \omega, \omega$ 为类别数)有关。设它们对当前像元分为第 k 类别的可信度为: P_1, P_2, \dots, P_m , 则根据此 m 项规则使用辅助数据推算出当前像元这第 k 类的可信度为:

$$P_k = \prod_{i=1}^m P_i \quad i = 0, 1, 2, \dots, m \quad (1)$$

(2) 设基于光谱特征的统计模式识别方法得出的为第 k 类的后验概率值为 P_{image} , 则最后该点为第 k 类的可能性为:

$$P_{\text{result}}(k) = P_{\text{image}} \cdot P_k \quad (2)$$

(3) 当前点的最后类别确定为:

$$\text{Class} = \max [P_{\text{result}}(1), P_{\text{result}}(2), \dots, P_{\text{result}}(\omega)], \quad (3)$$

式中 ω 为类别数。

4 分类精度的分析

基于上述研究,环青海湖地区的草地蝗虫生境分类统计结果见表 2。

以实地调查资料和 1998 年完成的草场类型图验证基础,在分类图像上随机取 50 块样区,每个样区逐个像元判断其类别,并做记录。这样获取了 1306 个点做为检测数据的地面实况,结果见表 3。

表 2 GIS 支持下的生境与其它地物类别监督分类统计表

Table 2 Grasshopper habitat and other landuse type using monitoring classification supported by GIS

生境类型	面积/hm ²	占总面积/%
克氏针茅草原	144545.60	8.640
芨芨草草原	95274.63	5.695
紫花针茅草原	246864.30	14.755
沼泽草甸	121935.60	7.288
灌丛草甸	79632.09	4.760
高寒草甸	190901.30	11.410
荒漠草原	39681.81	2.372
沙地或沙丘	41830.29	2.500
湖滨滩地	26764.92	1.600
耕地	18650.16	1.115
休耕地	44345.16	2.651
湖泊	461731.10	27.598
裸岩或裸地	131639.10	7.868
云的阴影	14672.70	0.877
云和雪	14580.90	0.872

表 3 基于 GIS 知识的生境与其它地物类别分类结果精度分析表

Table 3 Precision analysis of classification results for GIS-based grasshopper habit and other landuse types

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	合计
1	102	0	3	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	107
2	12	83	7	0	0	0	0	0	5	4	5	0	0	0	3	119
3	2	9	56	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	79
4	0	13	5	43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	61
5	0	0	0	0	56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	56
6	0	0	0	0	0	67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	67
7	0	0	0	0	0	0	87	0	0	0	0	4	4	0	0	95
8	0	0	0	0	0	0	12	56	0	0	0	0	0	0	0	68
9	0	0	0	0	0	0	2	4	101	9	7	0	0	0	0	123
10	0	0	0	0	0	0	0	5	7	80	5	0	0	0	0	97
11	0	0	0	0	0	0	0	3	12	7	78	0	0	0	0	100
12	0	0	0	0	0	0	0	5	0	2	0	47	0	3	0	57
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	88	6	0	97
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	4	67	0	76
15	0	2	4	0	0	0	0	2	3	0	4	0	0	0	89	104
合计	116	107	75	50	56	67	103	75	128	102	99	59	96	76	97	1306

注:1-湖泊;2-裸岩或裸地;3-沙丘或沙地;4-湖滨滩地;5-云的阴影;6-云和雪;7-沼泽草甸;8-耕地;9-休耕地;10-克氏针茅草原;11-芨芨草草原;12-紫花针茅草原;13-灌丛草甸;14-高寒草甸;15-荒漠草原。

由表3采用迭代比例拟合法,首先对精度矩阵进行标准化,根据标准化的误差矩阵,计算主对角线元素之和与分类数的比例,即采用公式 $P = \frac{\sum_{i=1}^n A_i}{\sum_{i=1}^n B_i}$ (式中, A_i 为主对角线元素, B_i 为各类别的检验样本数), 计算出的分类总精度为 84.23%, 从所分类型的空间分布来看, 基本符合环青海湖地区草地蝗虫生境的分布状况。表2表明, 蝗虫发生频率较高的克氏针茅草原、芨芨草原和紫花针茅草原占整个研究区的 29.09%。精度提高的主要原因: 一是由于有 GIS 数据的辅助, 可精确定地定位每个训练样本的空间位置与范围, 减少人为的主观判断错误; 二是分类采用多级推理目标的控制; 三是知识库支持和判别规则的不断递进也是分类精度提高的重要原因。

5 结论

本项研究可以得出以下结论:

(1) 从遥感影像处理/地理数据/专家知识一体化的角度出发, 使用基于知识的方法进行草地蝗虫生境遥感影像分类的研究。在环青海湖地区, 分类精度比最大似然法提高了 10.2%。

(2) 青海湖地区的克氏针茅草原、芨芨草原、紫花针茅草原是草地蝗虫多发的生境类型, 它占整个研究区总面积的 29.09%, 这也就成为该区蝗虫防治的重点。

参考文献 (References)

- [1] Pedgley D E. Testing Feasibility of Detecting Locust Breeding Sites by Satellite. Final Report to NASA on ERTS-1, Experiment [R]. COPR London, 1973.
- [2] Hiekema J U. Remote Sensing Techniques and Methodologies For Monitoring Ecological Conditions for Desert Locust Population Development. FAO/USAID Final Report [R]. FAO, Rome, Italy, 1980.
- [3] McCulloch C, Hunter D M. Identification and Monitoring of Australian Plague Locust Habitats from Landsat [J]. Remote Sensing of Environment 1983, 13:95—102.
- [4] Tukur C J, Hielkema J U, Roffey J. The Potential of Satellite Remote Sensing of Ecological Conditions for Survey and Forecasting Desert Locust Activity [J]. International Journal of Remote Sensing, 1985, 6: 127—138.
- [5] Hiekema J U, Roffey J, Tucker C J. Assessment of Ecological Condi-

- tions Associated with 1980/81 Desert Locust Plague Upsurge in West Africa Using Environmental Satellite Data [J]. International Journal of Remote Sensing, 1986, 7(11): 1609—1622.
- [6] Bryceson K P. The Use of Landsat MSS Data to Determine the Distribution of Locust Eggbeds in the Riverina Region of New South Wales, Australia [J]. International Journal of Remote Sensing, 1989, 10: 1749—1762.
- [7] Voss F, Dreiser. Mapping of Desert Locust and Other Migratory Pests Habitats Using Remote Sensing Techniques [A]. Krall, S. Wüips. H. New Trends in Locust Control [C]. 1994.
- [8] Lockwood J A, Kemp WP, Onsager J A. Long-term, Large-scale Effects of Insecticidal Control in Rangeland Grasshopper Populations [J]. J. Econ. Entomol, 1988, 81: 1258—1264.
- [9] Schell S P, Lockwood J A. Spatial Analysis Optimizes Grasshopper Management [J]. GIS World, 1995, 8(11): 68—73.
- [10] Schell S P, Lockwood J A. Spatial Analysis of Ecological Factors Related to Rangeland Grasshopper (Orthoptera: Acrididae) Outbreaks in Wyoming: Environmental Entomology, 1997, 26(6): 1343—1353.
- [11] Li H C, Xi L H, Chen Y L. Research for Topical Grasshopper Food Habit in Inner Mongolia Region (I)—Research for Taking Food Habit under Close Condition [J]. Acta Ecologica Sinica, 1983, 3(3): 214—228. [李鸿昌, 席瑞华, 陈永林. 内蒙古典型草原蝗虫食性的研究——I. 罩笼供食下的取食性研究, 生态学报, 1983, 3(3): 214—228.]
- [12] Kang L, Cheng Y L. Study on the Microstructures of Leaves Surfaces of Edible Vegetation for Grasshoppers [A]. Grassland Ecosystem Research Station of CAS. Research on Grassland Eco-system (No. 4) [C]. Beijing: Science Press, 1992. [康乐, 陈永林. 草原蝗虫食料植物叶片表皮显微机构的研究 [A]. 中国科学院内蒙古草原生态系统定位站. 草原生态系统研究 (第四集) [C]. 北京: 科学出版社, 1992.]
- [13] Wang Z W, Wei S W, Zhou L, et al. Study on the Dynamic Models of Subsystem Vegetation of Consumers in High and Cold Ecosystem. Some Simulation Model Applying in High and Cold Meadow Ecosystem. Beijing: Science Press, 1991. [王祖望, 魏善武, 周立等. 高寒生态系统消费者亚系统生物量动态模型 (QHB) 的研究 (I. 消费者亚系统的主要组成成分及其建模代表种的选择) [A]. 高寒草甸生态系统研究的若干数学模拟模型 [C]. 北京: 科学出版社, 1991.]
- [14] Liu J P, Xi L H. Graphics of Grasshoppers Eggs in China [M]. Tianze Press, 1990. [刘举鹏, 席瑞华等. 中国蝗卵图鉴 [M] 天则出版社, 1990.]
- [15] Jiang Jiangjun, Ni Shaoxiang. Grassland Degradation and its Control in Region Around Qinghai Lake [J]. Pedosphere, 1999, 9(4): 331—338.
- [16] Congalton R G, Oderwald R G, Mead R A. Assessing Landsat Classification Accuracy Using Discrete Multivariate Analysis Statistical Techniques [J]. Photogrametric Engineering & Remote Sensing, 1983, 49(12): 1671—1678.

Knowledge Based Grasshopper Habitat Classification Approach Supported by GIS in Qinghai Lake Region

JIANG Jian-jun, NI Shao-xiang, WEI Yu-chun

(The College of Geographical Science, Nanjing Normal University, Nanjing 210097, China)

Abstract: Grasshopper is a kind of primary pests damaged to a wide rangeland region in the west of China. According to its ecological features, classifying habitat types of grasshopper using remotely sensed is an important research project. The result is very important for rangeland management. For Qinghai Lake region, we applied the Landsat TM images, auxiliary geographical data including DEM, the specific map of rangeland types ect, and GPS Located field data. From the monolithic view-point of image processing, geographical data and specialist knowledge, the grasshopper habitat was classitied by applying the methods based on knowledge. The classification accuracy is 84.23%. And three kinds of ren-gelard: *Stipa krylovii*, *Achnatherum splendens*, *Stipa purpurea* belong to frequently occurred site of grasshopper which take up 29.09% of whole research area. This result provides a basis for scientific management of rangeland pests.

Key words: GIS; digital image classification; knowledge; grasshopper habitat