

YUN NAN NUE JI

YI QING YU WEN

MEI PING JIA TI

XI JI DI LI XIN XI

XI TONG YAN JIU

云南疟疾疫情与
蚊媒评价体系及
地理信息系统研究

YUN NAN HUE JI

YI QING YU WEN

MEI PING JIA TI

XI JI DI LI XIN XI

XI TONG YAN JIU

云南疟疾疫情与
蚊媒传播体系及
地理信息系统研究

云南疟疾疫情与 蚊媒评价体系及 地理信息系统研究

于国伟 / 著

YUN NAN N U E

J I Y I Q I N G Y U

W E N M E I P I N G

J I A T I X I J I D I

L I X I N X I X I

9 7 8 7

民族出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

云南疟疾疫情与蚊媒评价体系及地理信息系统研究 / 于国伟著. —北京: 民族出版社, 2010. 6

ISBN 978 - 7 - 105 - 10994 - 4

I. ①云… II. ①于… III. ①疟疾—疫情管理—地理信息系统—研究—云南省 IV. ①R531.3 - 39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 124656 号

策划编辑: 罗焰

责任编辑: 向征

出版发行: 民族出版社出版发行

地 址: 北京市和平里北街 14 号 邮编: 100013

网 址: <http://www.mzcbs.com>

印 刷: 北京民族印刷厂印刷

经 销: 各地新华书店经销

版 次: 2010 年 12 月第 1 版 2010 年 12 月北京第 1 次印刷

开 本: 880 毫米 × 1230 毫米 1/32

字 数: 130 千字

印 张: 4.75

定 价: 15.00 元

ISBN 978 - 7 - 105 - 10994 - 4 / R · 361 (汉 44)

该书若有印装质量问题, 请与本社发行部联系退换

汉文编辑一室电话: 010 - 64271909 发行部电话: 010 - 64211734

中文摘要

目 的

- ①建立疟疾疫情与蚊媒评价预测多因素复合模型;
- ②构建云南疟疾疫情与蚊媒评价地理信息系统;
- ③研究遥感植被指标 NDVI 在疟疾疫情与蚊媒评价中的应用;
- ④探究云南省疟疾蚊媒疫情危险性地图。

方 法

①以云南省 14 个疟疾流行县 33 乡为研究现场,收集 1984—2000 年疟疾疫情、蚊媒、防蚊防疟、气象、地理环境、人口与遥感生态学资料。疟疾疫情资料为疟疾发病率与死亡率;27 个以微小按蚊为主要传播媒介的乡蚊媒资料为微小按蚊与中华按蚊人工每小时密度、滇东北 6 个以嗜人按蚊为主要传播媒介的乡蚊媒资料为中华按蚊与嗜人按蚊叮人率;防蚊防疟措施资料为室内滞留喷洒与蚊帐使用比例;气象资料为月平均温度、月平均最高温度、月平均最低温度、月平均降雨量、月平均日照量;地理环境资料为经度、纬度、海拔与水田面积占耕地面

积比例；人口资料为人口密度、农业人口密度、农业人口比例。从亚洲医学微型数据库空间决策系统中截取云南省1:1,000,000电子地图。借助 Arcview 与 Erdas 软件提取 33 个乡的经度、纬度与高程信息。由 <http://eosdata.gsfc.nasa.gov> 下载 NOAA/AVHRRNDVI 遥感生态学资料，其分辨率为 $8\text{km} \times 8\text{km}$ 。 $\text{NDVI} = (\text{Ch2} - \text{Ch1}) / (\text{Ch2} + \text{Ch1})$ 。

②采用主成分分析与因子分析法研究气象、环境、遥感生态指标与蚊媒密度的关系，筛选蚊媒密度评价的主要因素；

③采用层次分析法构建微小按蚊密度评价层次结构模型；

④选择 27 个以微小按蚊为主要传播媒介的乡中的 15 个乡 1984—1993 年相关数据作为建模的基础数据。以合计蚊媒密度为主导因子，采用灰色关联度分析方法研究 18 项气象、环境、遥感 NDVI 指标与合计蚊媒密度的灰色关联关系，依据灰色阈值筛选合计蚊媒密度的评价指标。以灰色关联序为评价指标赋权，采用加权方法合成变量 E，研究 E 与合计蚊媒密度 Y 的定量关系，从而建立合计蚊媒密度与微小按蚊密度拟合评价模型。

⑤以合计蚊媒密度为第一主导因子、以微小按蚊密度为第二主导因子，分别求评价指标与合计蚊媒密度和微小按蚊密度的灰色关联度，依据平均灰色关联度排列灰色关联序。为平均关联度最小的评价指标给定权重 10^n ($n=0$)，并以此基本单位为公差依次呈等差级数向关联度增大的方向递增评价指标的权重。以平均关联度最大的评价指标权数为基数，以 2 为公比呈等比级数递增主导因子的权重，从而构建蚊媒密度综合评价模型。

⑥求各评价指标与微小按蚊密度和合计蚊媒密度的平均灰色关联度，将依据灰色阈值筛选出的主要评价指标与合计蚊媒密度、微小按蚊密度、人口密度、农业人口比例等指标均作为疟疾疫情综合评价的候选指标，依据前述方法建立疟疾疫情综

合评价模型。

⑦模型检验方法：依据蚊媒密度拟合评价模型对其余 12 个乡的蚊媒密度进行拟合评价，对蚊媒密度拟合值与实际蚊媒密度标准化值进行相关分析并计算中值误差、最大误差与最小误差。对 1994 年、1999 年与 2000 年景洪县、勐腊县、孟连县、思茅县、镇远县、元江县 6 县的蚊媒密度进行拟合并对疟疾疫情进行综合评价与预测，采用拟合优度检验对模型进行评价。

⑧以 ArcView3.0a 及 Erdas8.6 软件为开发平台，以 VisualBasic 与 MapObjects 为开发软件，采用地理信息系统二次开发方法建立云南省疟疾疫情与蚊媒评价地理信息系统，并建立疟疾评估的危险地图。

结 果

①27 个乡中有 4 个乡遥感 NDVI 指标与微小按蚊密度和合计蚊媒密度相关性显著，其余 23 个乡相关性不显著。将勐腊县芒果树乡与孟捧乡合分析结果显示：遥感 NDVI 指标与合计蚊媒密度的相关系数为： $r=0.6190$ ， $P<0.05$ 。

②主成分分析结果显示：主成分 Z_1 ， Z_2 ， Z_3 的累计贡献率超过 80%，第一主成分 Z_1 在 NDVI、干季 NDVI、湿季 NDVI 有较大的载荷，因此遥感 NDVI 指标可以反映主要趋势。采用 Quartimax 旋转方法进行因子分析结果显示：第 1 公因子在日照量、遥感 NDVI 指标上有较大的载荷；第 2 公因子在月平均温度、月最高温度、月最低温度上有较大的载荷；第 3 公因子在月降雨量指标上载荷较大。

③微小按蚊密度评价层次分析模型分析结果显示：月最低温度、月平均温度与月降雨量指标对微小按蚊密度的影响具有显著意义。气候指标的累计权重为 87.5%。对 27 个乡 1984

年—1993年微小按蚊密度评价结果显示：其中 10 个乡微小按蚊密度指数 >0.6 ，主要分布于边境与元江地区。

④合计蚊媒密度拟合评价模型为：

$$Y = 0.2146X_{10}' + 0.1878X_{12}' + 0.1610X_4' + 0.1342X_{11}' + 0.1073X_9' + 0.0805X_{15}' + 0.0537X_7' + 0.0268X_8'$$

模型的检验结果显示： $e'0.5 = 21\%$ ，平均相对误差为 19% 。合计蚊媒密度预测值与实际标准化的相关系数 $r = 0.810$ ， $P < 0.05$ 。

⑤微小按蚊密度拟合评价模型为：

$$Y = 0.0578e^{0.0780(8X_{10}' + 7X_{11}' + 6X_{12}' + 5X_{15}' + 4X_9' + 3X_4' + 2X_8' + 1X_7')}$$

⑥蚊媒密度综合评价模型为：

$$R_1 = 0.2353L' + 0.2353L_1' + 0.1176X_{12}' + 0.1029X_{10}' + 0.0882X_9' + 0.0735X_4' + 0.0588X_{11}' + 0.0441X_{15}' + 0.0294X_8' + 0.0147X_7'$$

⑦疟疾疫情综合评价模型为：

$$R_2 = 0.2857Y' + 0.1429X_{10}' + 0.1270L' + 0.1111X_9' + 0.0952X_{12}' + 0.0794X_8' + 0.0635X_{15}' + 0.0476X_{11}' + 0.0317X_7' + 0.0159L_1'$$

⑧嗜人按蚊密度综合评价模型为：

$$R_3 = 0.0192X_{15}' + 0.0385X_1' + 0.0577X_{14}' + 0.0769X_4' + 0.0962X_{13}' + 0.1154X_{17}' + 0.1346X' + 0.1538T' + 0.3077T''$$

⑨对景洪县、勐腊县、孟连县、思茅县、元江县、镇远县 6 县 1994 年、1999 年与 2000 年蚊媒密度进行拟合评价，其拟合优度检验的结果为： $X^2 = 2.30$ ， $P > 0.995$ ，故蚊媒密度拟合评价模型拟合效果良好。疟疾疫情评价预测结果显示：位于边境地区的景洪县、勐腊县疟疾疫情有增高趋势，元江县疟疾疫情有降低趋势，其余县无显著变化。

⑩云南疟疾疫情与蚊媒评价地理信息系统由疟疾疫情监测数据库、蚊媒监测数据库、气象数据库、地理环境数据库、遥

感资料数据库、人口数据库、防蚊防疟数据库 7 个数据库所组成。该系统可以实现文件管理、数据库建立、地图创建、信息查询等地理信息系统的基本功能,同时能够实现对疟疾疫情与蚊媒的综合评价与预测。

结 论

①借助地理信息系统与遥感技术可以建立疟疾疫情与蚊媒评价地理信息系统与评价模型体系。

②借助蚊媒密度拟合评价模型可以由气象、环境、遥感生态学指标对蚊媒密度进行拟合评价;借助疟疾疫情与蚊媒综合评价模型可以对区域疟疾疫情与蚊媒进行综合评价与预测。

③云南疟疾疫情与蚊媒评价地理信息系统为云南疟疾疫情与蚊媒监测资料的科学化管理和疟疾早期预警系统的建立提供了技术支持。

④遥感植被 NDVI 指标是疟疾疫情与蚊媒多指标评价体系中的一个良好指标。

ABSTRACT

Study on Malaria Epidemic Situation and Vector Evaluation and Geographic Information System of Yunnan Province

OBJECTIVE

- ① To establish multifactor evaluation model of malaria epidemic situation and vector density;
- ② To establish malaria and vector evaluation geographic information system of Yunnan Province;
- ③ To study the application of remote sensing vegetation NDVI index on malaria epidemic situation and vector evaluation and forecast;
- ④ To explore malaria and vector risk distribution map.

METHOD

- ① There are 33 townships of 14 counties in Yunnan Province have

ABSTRACT

the model establishing data. There are 18 indexes of climate, environmental, remote sensing NDVI etc., which have been chosen as the initial evaluation indexes of vector density. Vector summation density has been chosen as the main factor, and the grey correlation analysis has been done to choose principle evaluation indexes depending on certain grey threshold. Weights of indexes have been given depending on grey correlation order and E has been formed based on addition method. The relationship of E and vector density has been studied to establish vector density fitness evaluation model;

⑤ Vector summation density has been chosen as the first factor and An. minimus density has been chosen as the second factor. The average grey correlation degree and the grey correlation order have been caculated. 10^n has been given as the weight to index with minimum grey correlation degree ($n = 0$), and which has been used as common difference of index weight. The weight of maximum grey correlation degree index has been used as the basic value, and 2 has been used as the common ratio to give weights to indexes to form vector synthesis evaluation model.

⑥ Malaria incidence rate has been used as the main factor, and average grey correlation degree of An. minimus density and summation vector density has been calculated. Vector summation density, An. minimus density, population density and agriculture population percentage have been chosen as the evaluation indexes of malaria epidemic situation. Depending on former method malaria epidemic situation synthesis evaluation model has been established;

⑦ The vector density of another 12 townships has been fitted

ABSTRACT

has more load of rainfall.

③An. minimus analytical hierarchy model shows that cumulative weight of climate indexes is 87.5% , and the analysis result shows that there are 10 townships An. minimus density index is above 0.6 , and those counties are belonged to Yuanjiang, Jinghong, Mengla and Malipo counties.

④ Vector summation density fitness evaluation model is as following. The testing result shows that: $e'0.5 = 21\%$, average relative error = 19%. The correlation coefficient is $r = 0.810, P < 0.05$.

$$Y = 0.2146X_{10}' + 0.1878X_{12}' + 0.1610X_4' + 0.1342X_{11}' + \\ 0.1073X_9' + 0.0805X_{15}' + 0.0537X_7' + 0.0268X_8'$$

⑤An. minimus density fitness evaluation model is as following:

$$Y = 0.0578e^{0.0780(8X_{10}' + 7X_{11}' + 6X_{12}' + 5X_{15}' + 4X_9' + 3X_4' + 2X_8' + 1X_7')}$$

⑥Vector density synthesis evaluation model is as following:

$$R_1 = 0.2353L' + 0.2353L_1' + 0.1176X_{12}' + 0.1029X_{10}' + \\ 0.0882X_9' + 0.0735X_4' + 0.0588X_{11}' + 0.0441X_{15}' + \\ 0.0294X_8' + 0.0147X_7'$$

⑦Malaria epidemic situation synthesis evaluation model is as following:

$$R_2 = 0.2857Y' + 0.1429X_{10}' + 0.1270L' + 0.1111X_9' + \\ 0.0952X_{12}' + 0.0794X_8' + 0.0635X_{15}' + 0.0476X_{11}' + \\ 0.0317X_7' + 0.0159L_1'$$

⑧An. Anthropophagus entomological inoculation rate synthesis evaluation model is as following:

$$R_3 = 0.0192X_{15}' + 0.0385X_1' + 0.0577X_{14}' + 0.0769X_4' + \\ 0.0962X_{13}' + 0.1154X_{17}' + 0.1346X' + 0.1538T' + 0.3077T''$$

⑨The vector density of Jinghong, Mengla, Menglian, Simao, Yuanjiang, Zhengyuan counties in 1994, 1999, 2000 have been

ABSTRACT

information system of Yunnan Province can provide scientific supports for malaria control prevention and early warning system of Yunnan Province.

④ Remote sensing NDVI is one of good evaluation indexes of malaria epidemic situation and vector density.

contents

目 录

中文摘要	1
ABSTRACT	1
一、研究背景	1
二、研究目的	6
三、研究内容	7
四、资料来源	8
五、研究方法	10
六、研究结果	25
七、讨论	66
八、研究结论	72
九、本研究的创新与不足	73
十、参考文献	75
附 录	82
微小按蚊密度灰色多因素 分析模型研究	106
层次分析法在微小按蚊密度 分布评价中的应用	116
Environment and Climate Change with Vector-Born Diseases	124
致 谢	136

一、研究背景

全球每年因疟疾发病 3 亿 ~ 5 亿人，因疟疾死亡 150 万 ~ 270 万人。我国是全球疟疾地方性流行区的重要组成部分，我国境内北纬 45° 以南的大部分地区都曾发生过疟疾疫情的暴发流行，历史上疟疾对人民健康造成了极大的危害。经过 50 年的艰苦防治，截至 2003 年底，我国仍有疟疾病人 74 万。我国南部云南、海南、广东、广西、贵州等省份仍然是疟疾疫情的高发地区，其中尤以云南边境地区与海南山区疟疾疫情形势严峻，以嗜人按蚊为主要传播媒介的中部 1.2 亿人口地区也是疟疾疫情点状暴发流行的地区。云南省地处北纬 27° 以南地区，其大部分地区终年适合传疟媒介的孳生与繁殖，是历史上有名的“瘴疠之乡”。新中国成立之前疟疾曾蔓延云南全省，思茅地区疟疾大流行，致使当地人口从两万余人下降到新中国成立之初的不足千余人。云南 120 个县（市）都曾发生过疟疾疫情的流行，恶性疟流行县达 65 个。1980 年后，云南省疟疾病例数、“四热”病人血检疟原虫阳性数以及恶性疟的比例均维持在较高水平。经过多年抗性监测，已经证实云南边境地区普遍存在多重抗性疟原虫株，恶性疟原虫已经对氯喹、氨酚喹、哌喹产生了不同程度的抗药性，恶性疟原虫对咯萘啶及青蒿素类药物敏感性正在下降。

地理信息系统的迅猛发展为数据空间分析与管理带来了革

命,借助地理信息系统不仅可以使空间地图的制作变得简捷易行,而且可以有效提高空间分析的能力。目前地理信息系统在测绘、地矿、资源、环境管理、交通、工程建设、城市规划、灾害防治、军事战略分析、商业策划等众多领域采用地理信息系统的技术已经取得了丰硕的研究成果。大型化、公众化、微型化、网络化是地理信息系统发展的方向。由于地理信息系统可以完成对多种信息的空间交互分析与显示,因此危险因素研究、防治规划制定、干预措施的评价等疾病预防与研究领域也开始应用地理信息系统技术,特别是疟疾、血吸虫病、登革热、莱姆病、丝虫病、利什曼病、非洲锥虫病、肝吸虫病等热带蚊媒传染病与寄生虫病研究领域地理信息系统有独特的应用前途。借助遥感技术可以提取多种生态学替代指标如校正植被指数(NDVI)、冷云间期(CCD)、地面温度(LST)等。这些遥感生态学替代变量可由NOAA、METEOSAT及我国风云气象卫星的遥感图片中提取。其中最常用的遥感生态替代指标NDVI,可由NOAA/AVHRR可见光通道(Ch1)和红外通道(Ch2)光谱反射率计算获得,
$$NDVI = (Ch2 - Ch1) / (Ch2 + Ch1)^{[9]}$$
。生态学替代指标能够综合反映蚊虫孳生地环境的气候条件如降雨量、相对湿度、温度变化以及植被覆盖信息,文献表明各种生态学替代指标可以辅助疟疾媒介与疫情监测。

地理信息系统(GIS)、遥感(RS)与全球定位系统(GPS)技术的结合是地理信息系统发展的必然方向。在水土资源利用规划、环境监测、森林火灾预警、干旱与洪涝灾害防治等众多的领域综合应用地理信息系统与遥感技术具有无可比拟的优越性。国外应用地理信息系统与遥感技术开展疟疾疫情与媒介监测的研究结果已经有不少。1998年南非医学研究委员会应用GIS为整个非洲制作疟疾分布危险性地图(MARA/AMRA项目),为疟疾疫情早期预警与分级监测提供了新的方法与手

段,实践证明该项目是应用地理信息系统的范例。1999 年 Craid, Snow 等建立了“非洲撒哈拉地区疟疾传播气象分布模型”预测疟疾的传播流行趋势,并将疟疾传播的气候条件划分为适宜气候条件、不适宜气候条件等不同的类型,高于此阈值则会导致疟疾疫情的暴发流行,同时他将疟疾疫情传播类型划分为终年发生型、季节型、流行型与无疟疾流行的类型。应用该气象模型可确定疟疾疫情威胁的高危人群,并对气候因素变化对疟疾疫情的影响进行综合评价。1997 年 Louisal 等将墨西哥南部恰尔帕斯的卫星数字化资料生成了疟疾地理景观要素图,建立了疟疾疫情预测的判别模型与回归模型,研究结果表明影响蚊媒孳生密度的主要因素是过渡性沼泽与未开垦的牧场。该模型判别的准确率可以达 90%,回归模型判别的有效率可达 70%。1999 年 Thomson 采用卫星空间数据,建立了疟疾疫情预测回归模型,对儿童潜在的疟疾流行率进行了预测评价。1992 年 Kitron 建立了以色列全国疟疾监测系统,用于疟疾的监测和控制,对疟疾局部暴发流行的传染源、传播媒介可以进行快速判断,建议将环境因素、现场流行病学调查信息与虫媒生物学数据融合表达建立“疟疾危险地图”。1998 年 Omumbo 等发表了应用 GIS 技术建立肯尼亚疟疾传播密度图,对抽取了 682 个点的蚊媒流行病学资料与媒介生物学数据、地理环境资料和人口统计学资料进行分析,对儿童感染恶性疟原虫危险性进行了研究,结果发现处于疟疾疫情高风险之中的儿童有 80 万人,处于中等风险之中的儿童有 300 万人。1998 年 Hay, Snow 等应用多时段气象卫星对肯尼亚疟疾流行的季节性进行了预测,他们收集了来自 NOAA 和 METEOSAT 的遥感数据,分析后认为 NDVI 指标与疟疾发病率有良好的相关性,用 NDVI 可以预测疟疾疫情的发展变化。1998 年 Indaratna 应用 GIS 技术研究了泰国疟疾、登革热卫生资源统筹规划问题。国内应用地理信息系统与遥感技术