

薛丰昌. GIS-MCE 技术在农业气象灾害风险评价中的应用[J]. 气象, 2012, 38(9): 1140-1144.

# GIS-MCE 技术在农业气象灾害风险 评价中的应用<sup>\*</sup>

薛丰昌<sup>1,2,3</sup>

1 南京信息工程大学遥感学院, 南京 210044

2 南京信息工程大学大气科学博士后科研流动站, 南京 210044

3 气象灾害省部共建教育部重点实验室, 南京 210044

**提 要:** 气象灾害风险评价涉及多源、多维、多尺度空间数据与社会经济统计数据, 对应用 GIS 结合 MCE 技术进行农业气象灾害风险评价进行了研究。利用特尔菲专家测定法建立评价准则, 利用空间划分技术建立评价单元, 利用属性值空间化技术实现对气象灾害影响因素空间分布特征进行描述, 以空间叠置计算获得多准则条件下空间单元决策目标分值, 从而实现区域气象灾害风险区划。研究表明, GIS 结合 MCE 技术能够较好地整合与气象灾害风险评价相关的各类空间数据和社会统计数据, 实现气象灾害风险的定量化评价。以冰雪灾害致灾因子评价为例, 证明以上技术方法具有可行性。

**关键词:** GIS, MCE, 农业气象灾害, 风险评价

## GIS-MCE Approach to Evaluate Agriculture Meteorological Disaster Risk

XUE Fengchang<sup>1,2,3</sup>

1 College of Remote Sensing, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044

2 Postdoctoral Research Centers of Atmospheric Sciences, NUIST, Nanjing 210044

3 Key Laboratory of Meteorological Disaster of Ministry of Education, Nanjing 210044

**Abstract:** Meteorological disaster risk assessment is involved with multi-source, multi-dimensional, multi-scale spatial data and socio-economic statistical data. Key technologies of evaluating agriculture meteorological disaster risk with GIS-MCE are introduced, including establishing evaluation criteria and weights by Delphi method, obtaining the spatial distribution of factors of the meteorological disasters by diffusing spatial attribute value and implementing evaluation by spatial overlay calculation. The results indicated that the technology of GIS-MCE can combine multiple source information associating with agriculture meteorological disaster risk and achieve measurable results. As an example, evaluation on meteorological disaster risk with GIS-MCE is shown in the article.

**Key words:** GIS (geographic information system), MCE (multi-criteria evaluation), agriculture meteorological disaster risk, evaluation

## 引 言

农业气象灾害风险评价涉及多源、多维、多尺度

空间数据与社会经济统计数据<sup>[1-2]</sup>, 同时由于气象灾害自身的特点, 气象灾害风险评价要求有较高的准确性和时效性, 数据的多源复杂性使得选择合适的数据分析处理平台显得重要。GIS 技术在资源环境

<sup>\*</sup> 南京信息工程大学科研基金(S8108232001 和 S8109008001)及江苏省博士后科研基金(1101024B)共同资助  
2011 年 8 月 28 日收稿; 2012 年 3 月 6 日收修定稿  
作者: 薛丰昌, 主要从事 GIS 气象应用研究. Email: xfc9800@126.com

调查评价领域已经有近20年的成熟应用,但应用GIS技术进行气象灾害风险评价尚处于探索阶段。多准则评价技术(Multi-Criteria Evaluation, MCE)出现于20世纪70年代早期,80年代以来在国内决策学领域也有了较多的研究和应用<sup>[3]</sup>,MCE的重要特点在于可以综合运用定量与定性数据进行决策分析。本文探讨了GIS与MCE技术相结合,对气象灾害风险进行定量化评价。

## 1 技术方法

GIS-MCE技术是指在所选区域的多种因素属性基础上,按照一个特定目标利用GIS空间分析方法整合与地理位置相关的多源信息的过程,主要包含以下几项内容<sup>[4-6]</sup>:确定决策目的;选择评价准则;划分评价单元;利用GIS技术计算因素单元分值并依据单元分值进行综合评价,形成评价结果。

### 1.1 评价准则及其权重的建立

准则权重用于衡量准则的相对重要性,确定评价准则及其权重可以采用以下方法<sup>[7-8]</sup>:(1)主观法:根据对各因素及其属性的主观重视程度由专家根据经验进行确定,如特尔菲专家测定法、成对比较法和排队法等;(2)客观法:根据一定规则计算备选因素在因素集中的相对重要性,根据一定的阈值对因素进行取舍,因素的相对重要性值经过标准化后转化为因素属性的权重,常用的有主成分分析法、熵技术法和多目标规划法等;(3)在信息不完全、不确定条件下,可以采用粗集理论根据给定知识表达系统的条件属性和结果属性,从观测样例数据中利用有用特征和有用数据产生决策准则<sup>[9]</sup>。实际应用中往往将主观方法和客观方法结合在一起使用。

气象灾害的发生、发展及其引发的结果有鲜明的地域特征,对评价区域充分了解是建立区域气象灾害风险评价准则及其权重的重要条件,特尔菲专家测定法通过征求和总结专家意见对复杂的决策问题做出判断,适合于确定区域气象灾害风险评价的评价准则及其权重。

### 1.2 评价单元的建立

建立评价单元是指对选定区域进行空间划分,形成评价分析的最小单位,在空间划分过程中形成一系列内部均质、外部相异的空间单元,这些空间单

元构成了利用GIS进行空间分析计算、气象灾害风险评价的基本单元。

在农业气象灾害风险评价中,采用规则空间划分和不规则空间相结合的方式:对于仅与地域有关的属性如地方经济发展状况、农用地产量等可以采用依据行政界线或地块界线进行不规则空间划分;对既与地域有关又与距离、方位等有关的属性(如道路通达度等),为了便于利用GIS进行空间计算可以采用规则空间划分方法,使用的方法是规则格网法。

### 1.3 属性值空间化方法

属性值空间化是指将依附于地理实体的属性数据根据一定准则进行空间化表达,实现结合地理位置对属性数据的空间分布特征进行描述。属性值空间化一般包括面域统计数据的空间化与离散实体属性空间化。

面域统计数据在某一空间单元体现为统一属性,比如村镇的人口数据等,对于面域统计数据可经过正则化、标准化处理后直接赋予空间单元。

对于离散实体,其在空间上是以离散的点、线或区域的形式存在的,但是这些离散的点、线或区域影响着周围更广大的范围,反映这种影响情况通过相应实体属性指标值的空间扩散来实现。缓冲区分析是实现地理信息属性值空间扩散的主要方法,是指在地理实体周围建立一定距离的带状区,用以识别这些物体对其周围的邻近性或影响度。当地理实体对邻近对象只呈单一的距离关系,称为静态缓冲区分析;当地理实体对邻近对象随距离变化而呈不同强度的扩散或衰减关系,则称为动态缓冲区分析。根据物体对周围空间影响度的变化性质,动态缓冲区分析可采用以下数学模型<sup>[10]</sup>。

(1)空间实体对周围空间的影响度 $F_i$ 随距离 $r_i$ 呈线性形式衰减,其模型如下:

$$F_i = f_0(1 - r_i) \quad (1)$$

式中, $F_i$ 为空间实体对周围空间的影响度; $f_0$ 为参与缓冲带分析的一组空间实体属性的综合规模指数,一般需经最大值标准化后参与运算; $r_i$ 为实体属性空间影响指数, $r_i = d_i/d_0$ ,其中 $d_0$ 表示该物体的最大影响距离, $d_i$ 表示在该物体最大影响距离内的某点距该物体的实际距离。

(2)物体对周围空间的影响度 $F_i$ 随距离 $r_i$ 呈二次形式衰减,其模型如下:

$$F_i = f_0(1 - r_i)^2 \quad (2)$$

(3) 物体对周围空间的影响度  $F_i$  随距离  $r_i$  呈指数形式衰减,其模型如下:

$$F_i = f_0^{(1-r_i)} \quad (3)$$

由于气象灾害影响因素既包括面域统计数据,也包括空间影响呈非均质变化的空间离散实体,因此气象灾害风险评价属性值空间化需要用到上述两种方法。

#### 1.4 评价实施

GIS-MCE 技术有两种常用施实方法<sup>[7]</sup>:一种是将所有评价因子按一定准则转化为适合决策分析的布尔语句,用布尔语句对因子的适用程度进行约束,并通过“逻辑或”及“逻辑与”运算对约束因素进行组合,实现决策过程;另一种方法是将评价因子的属性看作是连续变量,按照一定规则将其转化为特定数字区间(其实现过程被称作因子的标准化过程),通过对标准化的因子按一定权重进行线性组合,获取决策目标值。

基于布尔逻辑的 GIS-MCE 技术适合于进行定性分析,为了定量确定评价区域气象灾害风险分布,本文选用基于线性组合的 GIS-MCE 技术,将空间对象的属性看作连续变量,按照一定规则将其转化为特定数字区间,对其进行算术叠合计算,从而形成空间对象的新的属性。空间划分技术与属性数据空间化方法是进行空间数据数字叠合计算的两项关键技术。空间划分把连续空间对象划分为相对均质的评价单元,属性数据空间化把连续分布的空间变量值转化为隶属于不同空间单元的离散的点值,将以上数据按照以下数学模型进行数字叠合计算:

$$S = \sum_i^n D_i P_i \quad (4)$$

式中, $S$  为农业气象灾害风险指标值, $D_i$  为评价影响因素指标的量化; $P_i$  为评价因素属性权重。基于农业气象灾害风险指标值,建立区域气象灾害风险区划。

## 2 应用示例

将以上技术应用于铜山县汉王镇冰雪灾害致灾因子评价(数据来源于 2007 年铜山县各镇农用地片区评估调查数据),研究区域如图 1 所示。

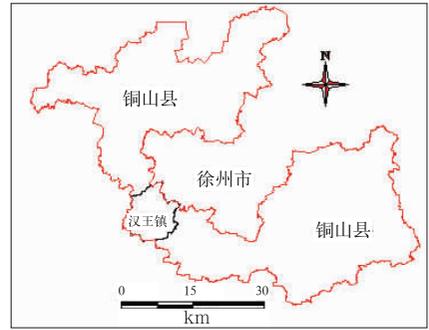


图 1 研究区域

Fig. 1 Research spot

### 2.1 评价准则的建立

采用特尔菲法建立冰雪灾害致灾因子评价准则及其权重如表 1 所示。

表 1 评价准则及其权重

Table 1 Factors in criteria and their weights

| 评价准则<br>因素构成 | 选取依据                              | 因素<br>权重 |
|--------------|-----------------------------------|----------|
| 土地利用<br>状况   | 以土地利用集约性为依据,反映冰雪灾害对土地利用状况的影响      | 35%      |
| 农用地产值        | 以农业产出值为依据,反映冰雪灾害直接经济损失            | 25%      |
| 道路通达度        | 以等级道路空间影响度为依据,反映对冰雪灾害救灾、减灾基础条件    | 22%      |
| 当地经济<br>发展水平 | 以评价单元工农业产值做为基本依据,反映对冰雪灾害救灾、减灾经济条件 | 18%      |

### 2.2 属性值空间化

#### 2.2.1 空间单元划分

农用地类型、农用地产值和当地经济发展水平属于面域统计数据,因此该类数据处理采用不规则空间划分,以自然村行政边界作为空间单元边界,如图 2 所示;道路通达度反映的是等级道路的空间作用域,作用强度随与距道路距离增加而衰减,需依靠 GIS 实现道路属性值空间扩散,为便于计算,该类数据处理采用规则空间划分(方格网)作为空间单元,如图 3 所示。

#### 2.2.2 属性值空间化

首先对各因素的属性值按极值法进行标准化处理,处理方法如下:

$$e_i = 100(X_i - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min}) \quad (5)$$

式中, $e_i$  为  $i$  指标值的作用分, $X_i$  为  $i$  指标值, $X_{\min}$  为  $i$  指标值的最小值, $X_{\max}$  为  $i$  指标的最大值。

对于农用地类型、农用地产值和当地经济发展

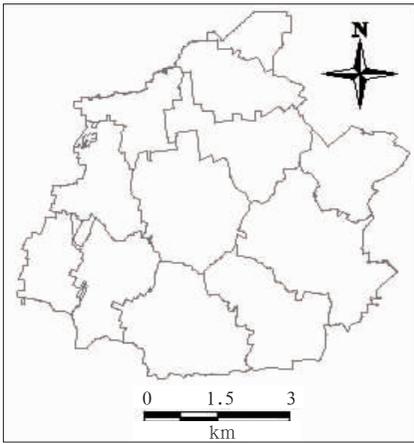


图 2 不规则空间划分

Fig. 2 Spatial partitioning irregularly

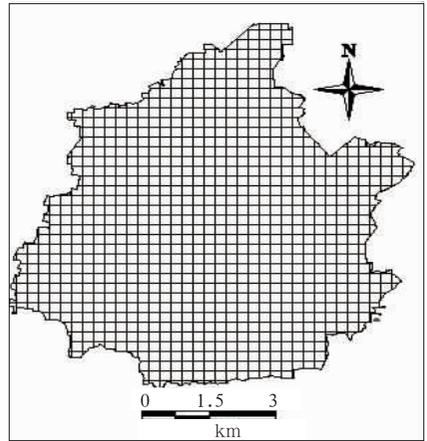


图 3 规则空间划分

Fig. 3 Spatial partitioning regularly

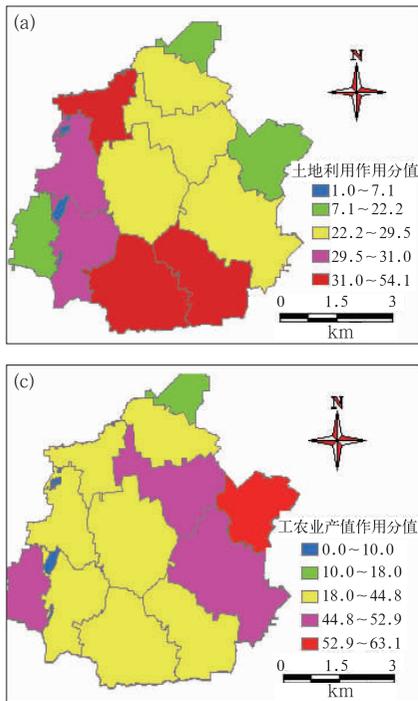


图 4 汉王镇冰雪灾害致灾因子评价分值

- (a) 土地利用状况作用, (b) 农用地产值作用, (c) 地方经济发展水平作用,
- (d) 道路通达度作用

Fig. 4 The degree values of disaster-causing factors in Hanwang Village for

- (a) land use, (b) land output, (c) local economy, and (d) roads

水平等面域统计数据,将其属性标准化值赋予空间单元,形成单元作用分值,在 GIS 中根据单元作用分值大小划分等级,如图 4a~4c 所示;道路通达度以线性衰减函数完成等级道路标准化属性值在空间格网中扩散,如图 4d 所示,通过 GIS 统计分析和叠置分析计算,聚合每个行政村中的格网的道路影响

值,从而完成各行政村道路通达度统计计算,形成每个评价单元道路通达度作用分值。

### 2.3 冰雪灾害致灾风险空间区划

将农用地类型、农用地产值、当地经济发展水平和道路通达度在各评价单元中空间化属性值基于

1.4 节中的模型(4)及表 1 中评价准则权重进行数字叠合,得到每个空间单元(行政村)冰雪灾害致灾风险指标值  $S_i$ (计算中道路通达度作用分值取其逆向值,即道路通达度越好,越有助于降低灾害风险),对  $S_i$  进行空间分类获得冰雪灾害致灾风险空间区划如图 5。

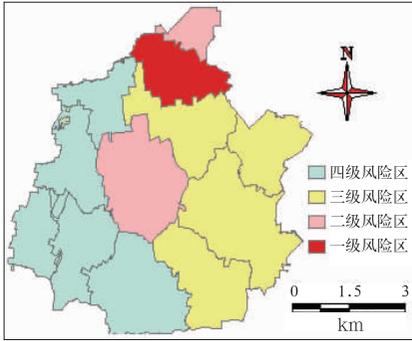


图 5 冰雪灾害致灾风险空间区划  
Fig. 5 Graded map of disaster risk

对以上分析结果进行了实地调查验证,致灾因子空间化结果和冰雪灾害致灾风险空间区划符合当地实际情况。

### 3 结论与讨论

(1) 农业气象灾害风险评价涉及多源、多维、多尺度空间数据与社会经济统计数据,GIS 结合 MCE 技术能够较好地整合与气象灾害风险评价相关的各类空间数据和社会统计数据,实现气象灾害风险的定量化评价。

(2) GIS 与 MCE 技术结合进行农业气象灾害风险评价能够实现对气象灾害风险的认识(体现在 MCE 中评价准则的建立)与多维、多源、多尺度空间数据处理技术(体现在 GIS 中分析制图过程)有机结合,深化了农业气象灾害风险评价理论与技术应用。

### 参考文献

- [1] 谢梦莉. 气象灾害风险因素分析与风险评估思路[J]. 气象与减灾研究, 2007, 30(2): 57-60.
- [2] 刘小艳, 孙娟, 杜继稳, 等. 气象灾害风险评估研究进展[J]. 江西农业学报, 2009, 21(8): 123-125.
- [3] 杨自厚, 许宝栋, 董颖, 等. 多目标决策方法[M]. 沈阳: 东北大学出版社, 2006: 146-148.
- [4] 薛丰昌. GIS 结合 MCE 技术进行农用地质量评价[J]. GIS 时代, 2009, (4): 38-49.
- [5] Jr Eastman. GIS 中的多准则评价方法[M]. // Longley P A, Goodchild M F. 地理信息系统(上卷). 唐中实, 黄俊峰, 尹平, 译. 北京: 电子工业出版社, 2004: 464-473.
- [6] 薛丰昌. 空间信息复合分析模型研究[D]. 徐州: 中国矿业大学, 2008.
- [7] Xue Fengchang. Rough Sets Approach to GIS-MCE[C]. Proceedings of The Second International Conference on Modelling and Simulation, 2009, 4: 453-456.
- [8] 胡国瑞, 乐丽红, 赵小敏, 等. 基于 GIS 技术的多目标土壤资源适宜性评价[J]. 农业工程学报, 2008, 24(9): 49-54.
- [9] 王库, 史学正, 于东升, 等. MCE 法在土壤侵蚀危险评价中的应用[J]. 生态环境学报, 2009, 18(3): 1077-1082.
- [10] 苗夺谦, 范世栋. 知识的粒度计算及其应用[J]. 系统工程理论与实践, 2002, 1: 48-56.
- [11] 黄杏元, 徐寿成. GIS 动态缓冲带分析模型及其应用[J]. 中国图象图形学报, 1998, 3(10): 872-875.
- [12] 吴小芳, 包世泰, 胡月明, 等. 多因子空间插值模型在农作物病虫害监测预警系统中的构建及应用[J]. 农业工程学报, 2007, 23(10): 162-166.
- [13] 徐建华. 现代地理学中的数学方法[M]. 北京: 高等教育出版社, 2002: 35-36.
- [14] 余卫东, 张弘, 刘伟昌. 我国农业气象灾害评估研究现状和发展方向[J]. 气象与环境科学, 2009, 32(3): 73-78.
- [15] 娄伟平, 诸晓明, 周锁铨, 等. 绍兴市农业生态和农业气象灾害监测预警系统[J]. 农业工程学报, 2007, 27(12): 182-188.
- [16] 罗菊花, 黄文江, 韦朝领, 等. 基于 GIS 的农作物病虫害预警系统的初步建立[J]. 农业工程学报, 2008, 24(12): 127-131.