

粮食应急指挥系统预警机制和预案定制的研究

蒙才良¹, 曾令智¹, 陈一心¹, 杨磊², 杨颖¹

(1. 广西大学 计算机与电子信息学院, 广西 南宁 530004;

2. 广西计算中心, 广西 南宁 530022)

摘要:随着我国经济的快速发展,人口的剧增,生态环境的恶化,各种灾害险情时有发生。为了应对突发事件,确保粮食应急供给,维护社会稳定,研究城市粮食应急指挥系统具有重大意义。文中叙述了城市粮食应急指挥系统中预警机制的数学模型、工作原理以及运用 workflow 技术灵活地定制预警预案。从系统的预警需求出发,建立以模糊综合评价模型为核心的预警机制,实现预警机制准确有效的综合判断。当灾情发生后,预警机制检测并做出判断,获得评价结果,系统根据评价结果启动相应的预警等级预案。预警预案的定制以其短时间内变更频繁的特点要求系统具有较好的灵活性和适应性。以 workflow 技术为基础平台,能够方便灵活轻松地定制预警等级预案,极大地满足了各种复杂、变更频繁的需求。通过分析、验证,城市粮食应急指挥系统实现了及时准确的预警以及灵活方便地定制预警预案。

关键词:粮食应急指挥系统;模糊综合评价模型;workflow 技术;预警预案

中图分类号:TP273.4

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2013)08-0172-05

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2013.08.044

Research of Early Warning Mechanisms and Plans' Production for System of Food Emergency and Commanding

MENG Cai-liang¹, ZENG Ling-zhi¹, CHEN Yi-xin¹, YANG Lei², YANG Ying¹

(1. College of Computer and Electronic Information, Guangxi University, Nanning 530004, China;

2. Guangxi Computer Center, Nanning 530022, China)

Abstract: With the rapid development of the country's economy, a surge in population, the deterioration of ecological environment, all kinds of disaster risk happen occasionally. In order to deal with emergencies, ensure food emergency supply and maintain social stability, studying urban food emergency command system is of great significance. Review the mathematics model and working theory of the early warning mechanism and how to use workflow technology to customize early warning plans flexibly. Based on the early warning system requirement, it establishes a fuzzy comprehensive evaluation model as the core of the early warning system, realizes the accurate valid comprehensive judgments in the system of food emergency and commanding. When a disaster occurs, the warning mechanism detects and makes a judgment. The system starts corresponding level plan under the judgment. On account of the early warning plans have changing frequently in a short time. It requires that the system has strong flexibility and adaptability. Based on workflow technology platform, it that customizes the early warning level plans facilitates flexibly and easily, greatly satisfies the needs that are complex and change frequently. Through the analysis and validation, the system has realized the accurate warning in time and flexible production of early warning plans.

Key words: system of food emergency and commanding; fuzzy comprehensive evaluation model; workflow technology; early warning plans

0 引言

模糊数学以实用、简单的特点被广泛地应用在各个科学领域。多因素综合评价模型是模糊数学领域的一个功能强大的实用模型,它是对受多种因素影响的事物做出全面评价的一种十分有效的决策方法之一。

使用该模型作为系统预警机制模型,能够对多因素进行分析、评价、预测以及决策。

workflow 技术有着高度的灵活性、开发周期短、维护简单、时效性好、经济实用、安全性好等诸多优点,为机关、企业等单位的业务流程化、信息化提供保障。将工

收稿日期:2012-10-20

修回日期:2013-01-25

网络出版时间:2013-04-08

基金项目:南宁市粮食保障(指挥)系统项目(南发改高技[2009]10号)

作者简介:蒙才良(1985-),男,广西桂林人,硕士研究生,研究方向为并行算法与分布式计算、数据挖掘、计算机网络;杨磊,研究员,硕士生导师,研究方向为图像处理、无线通信;杨颖,教授,硕士生导师,主要研究方向为并行算法、数据挖掘。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20130408.1559.014.html>

作流技术应用到粮食应急指挥系统中,可以实现预警预案的灵活定制。

1 基本理论

预警机制是系统的最重要组成部分,其核心为模糊数学的模糊综合评价模型。首先通过对模糊聚类分析,经过复杂计算获得已知标准模型库。每个标准模型库都有各自的标准隶属度函数,以标准模型库为基准,使有待识别归类的对象和标准模型库进行对比,计算对象与标准模型的隶属度^[1]。根据极大隶属原则,隶属度越高,则表明它们相似程度越高,于是,将待识别对象归类为该标准模型^[2]。系统中划分了五个标准模型,分别是红色预警、橙色预警、黄色预警、蓝色预警以及无需预警。一旦出现灾情,预警机制模型会检测到并做出综合评价,系统就根据评价结果启动相应的预警预案。系统中与预警机制中划分五个标准模型对应的五个分预警预案,分别是红色预警预案、橙色预警预案、黄色预警预案、蓝色预警预案和无需预警预案。一旦调用预警等级预案,工作流引擎就会启动并引导预警预案按预先设计好的工作流程路线流转。

工作流是指自动运作的业务过程部分或整体,表现为参与者的文件、信息或任务按照规程采取行动,并令其在参与者之间传递^[3]。它工作中的三个阶段分别是,第一,定义工作流程,其本质是制定一系列的规则;第二,部署工作流程也就是指将工作流程规则映射到数据库;第三,生成工作流实例,实现工作流程流转。本系统使用 jboss 的 jbpm 工作流引擎。jbpm 是一个灵活并且可扩展的开放的流程语言框架,可以使用它灵活地定义开发预警预案流程。

2 系统的原理

2.1 预警机制数学模型

选取什么样的具体模型,主要根据实际的需要来决定。本系统中要根据多个参数的值来实现预警机制的判断,然后启动相应的预警预案。实现此目标有两种方法:其一,使用神经网络,它需要构建大量的训练集,花费大量的时间进行复杂的训练。它适合复杂的大量的参数大型项目。其二,使用模糊数学中模糊综合评价模型,此模型具有简单、易操作、实用等特点,应用广泛。本系统选择使用方法二模糊数学模型进行预警机制的有效判断。

1965 年美国控制论专家 L. A. Zadeh 首次提出模糊概念^[3],标志着模糊数学的诞生,从那以后模糊数学以其简单实用的特点迅速广泛地被运用到各个科学领域^[4]。模糊综合评价模型是模糊数学领域一个应用性极强,极为重要的模型。预警机制的模糊判断模型利

用经典的模糊综合评价数学模型。对综合评价模型的整合优化,得到适用系统的预警机制模型的数学模型具体如下:

假设评价的 m 个因素的集合为 $U = \{u_1, u_2, \dots, u_m\}$ ^[5],系统评价选取 5 个因素的集合为 $U = \{u_1, u_2, \dots, u_5\}$,系统选择影响较大因素,它们分别是 $U = \{\text{灾区粮食储备量,受灾农作物面积,受灾总人口数,粮食供应难度系数,直接经济损失}\}$, n 个评价的集合为 $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ 。那么根据实际情况,评价集合可取为 $V = \{\text{红色预警,橙色预警,黄色预警,绿色预警,无需预警}\}$ 。若用 r_{ij} 表示第 i 个因素对第 j 种评语的隶属度,则因素论域与评语论域之间的模糊关系可用评价矩阵^[6]来表示。

$$R = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \cdots & r_{mn} \end{pmatrix} \tag{1}$$

$$0 \leq r_{ij} = \mu_R(u_i, v_j) \leq 1, i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$$

为了全面评价一个灾情等级,既要着眼于所有的 m 个因素,也要考虑各因素影响结果的权值。可以把各因素的权值看作为因素集 U 的模糊子集,记为:

$$A = (a_1 \ a_2 \ \cdots \ a_m), 0 \leq a_i \leq 1, i = 1, 2, \dots, m \tag{2}$$

其中 a_i 为第 i 个因素的权值。

系统中考虑 5 个主要因素,因此系统中具体权值的公式如下:

$$A = (a_1 \ a_2 \ \cdots \ a_5), 0 \leq a_i \leq 1, i = 1, 2, \dots, 5 \tag{3}$$

由于权值公式要求各因素的权值总和为 1,所以权值公式还满足下式:

$$\sum_{i=1}^5 a_i = 1, 0 \leq a_i \leq 1, i = 1, 2, \dots, 5 \tag{4}$$

为了提高模型评价的准确率,把 A 与 R 的合成 B 看作综合各种因素后对被评对象做出的最终评价,即模糊综合评判。于是模糊综合评判的数学模型为^[7]:

$$B = A \circ R = (b_1, b_2, \dots, b_n) = (a_1, a_2, \dots, a_n) \circ \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \cdots & r_{mn} \end{pmatrix} \tag{5}$$

式中“ \circ ”表示模糊运算,模糊运算下的 B 集合中各元素的计算式为^[8]:

$$b_j = a_1 r_{1j} \oplus a_2 r_{2j} \oplus \cdots \oplus a_m r_{mj} \tag{6}$$

式中符号“ \oplus ”表示有上界求和,其计算方法如下式^[9]:

$$\alpha \oplus \beta = \min(1, \alpha + \beta) \tag{7}$$

根据(7) 上界求和公式,(6) 式可以写为:

$$b_j = \min(1, \sum_{i=1}^m a_i r_{ij})$$

(8)

由式(5) 和(8) 得到预警机制评价模型计算式为:

$$\mathbf{B} = \mathbf{A} \circ \mathbf{R} = (b_1, b_2, \cdots, b_n) = (\min(1, \sum_{i=1}^m a_i r_{i1}),$$

$$\min(1, \sum_{i=1}^m a_i r_{i2}), \min(1, \sum_{i=1}^m a_i r_{i3}), \min(1, \sum_{i=1}^m a_i r_{i4}),$$

$$\min(1, \sum_{i=1}^m a_i r_{i5}))$$

(9)

为了对预警结果进行明确判断,将最终求得的 B 集合再进行处理。对评价集合进行量化,使集合中各个评价对应一个数字。系统中指定集合(1,2,3,4,5) 对应集合(红色预警,橙色预警,黄色预警,绿色预警,无需预警)。为提高预警的准确性和科学性,防止集合中的元素极大和极小值的出现,使预警模型无法做出准确的判断,模型对预警结果进行了修订:根据阈值原理,存在 $d \in (0,1]$,使得 $r_{ij}(1 \leq j \leq 5) \geq d$ 且 $\max\{r_{ij} | 1 \leq i \leq 5\} \geq d^{[10]}$,则 d 作为阈值,因此定义:系统中预警下限为权重向量与阈值向量的积,即设阈值向量 $\mathbf{D} = \{d, d, d, d, d\}$,做向量相乘 $\mathbf{A} \times \mathbf{D}$ 得到预警下限,系统经过计算预警下限为 0.3。在计算获得矩阵结果后,根据极大隶属原则^[11],对集合 \mathbf{B} 的元素 b_i 进行循环比较,选取集合中的最大值。集合中最大值与报警下限对比,如果最大值大于等于预警下限,则返回最大值元素的下标,即 b_1 返回 1, b_2 返回 2,否则无需预警。那么集合有如下对应关系:集合(b_1, b_2, b_3, b_4, b_5) 返回对应集合(1,2,3,4,5),集合(1,2,3,4,5) 对应预警等级(红色预警,橙色预警,黄色预警,绿色预警,无需预警)。

为了实现预警机制判断,需要计算评价矩阵 \mathbf{R} 的值。系统建立 5 个因素分配“ u_1 ” 灾区粮食储备量、“ u_2 ” 受灾农作物面积、“ u_3 ” 受灾总人口数、“ u_4 ” 粮食供应难度系数、“ u_5 ” 直接经济损失。系统采用指派法建立“ u_i ” 的隶属度函数 $f(U_i, V_i), 1 \leq i \leq 5$,如图 1 所示。

令 $f(u_i(x)) = f(U_i, V_i), 1 \leq i \leq 5$,则 $f(u_i(x)) = (U_{1v1}(x), U_{1v2}(x), U_{1v3}(x), U_{1v4}(x), U_{1v5}(x))$,同理建立 $f(u_2(x)), f(u_3(x)), f(u_4(x)), f(u_5(x))$ 隶属度函数,构建评价矩阵 \mathbf{R} 。计算 5 个因素的权值集合 \mathbf{A} ,记 x_i 为第 i 个实测值, p_i 为该指标在评价分类中数据中的平均值,第 i 指标权重的计算公式为^[12]:

$$a_i = \frac{x_i/p_i}{\sum_{k=1}^5 (x_k/p_k)}$$

(10)

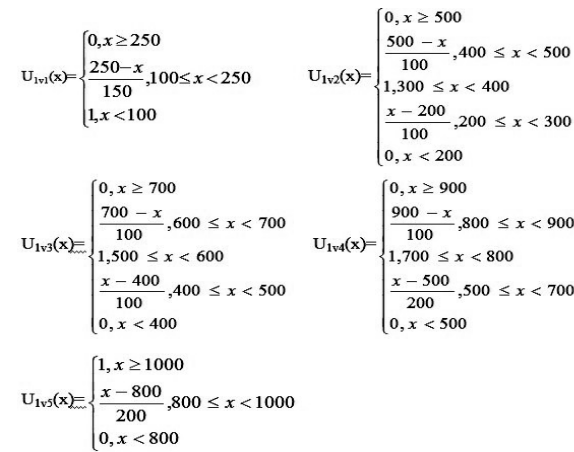


图 1 “ u_1 ” 的隶属度函数

经过仔细观察和对样本分析,计算 5 个因素的权值如下: $a = (0.15, 0.25, 0.25, 0.1, 0.25)$,至此整个模糊评价模型的计算就初步实现。

经过检测实时数据,优化整合,获取相关的 5 个因素指标,带入到隶属度函数进行计算,获得其在评价矩阵中的相关值。根据式子($U_{1v1}(x), U_{1v2}(x), U_{1v3}(x), U_{1v4}(x), U_{1v5}(x)$) = ($r_{11}, r_{12}, r_{13}, r_{14}, r_{15}$),可得矩阵 \mathbf{R} 中的元素与表 1 中的函数有如下关系: $r_{11} = U_{1v1}(x_1), r_{12} = U_{1v2}(x_1), r_{13} = U_{1v3}(x_1), r_{14} = U_{1v4}(x_1), r_{15} = U_{1v5}(x_1)$ 。因此矩阵 \mathbf{R} 与表 1 一一对应。

表 1 隶属度函数

因素	红色预警 v_1	橙色预警 v_2	黄色预警 v_3	绿色预警 v_4	无需预警 v_5
U_1 (灾区粮食产量) 动态变量 x_1	$U_{1v1}(x_1)$	$U_{1v2}(x_1)$	$U_{1v3}(x_1)$	$U_{1v4}(x_1)$	$U_{1v5}(x_1)$
U_2 (受灾农作物面积) 动态变量 x_2	$U_{2v1}(x_2)$	$U_{2v2}(x_2)$	$U_{2v3}(x_2)$	$U_{2v4}(x_2)$	$U_{2v5}(x_2)$
U_3 (受灾人口总数) 动态变量 x_3	$U_{3v1}(x_3)$	$U_{3v2}(x_3)$	$U_{3v3}(x_3)$	$U_{3v4}(x_3)$	$U_{3v5}(x_3)$
U_4 (粮食供应的难度系数) 动态变量 x_4	$U_{4v1}(x_4)$	$U_{4v2}(x_4)$	$U_{4v3}(x_4)$	$U_{4v4}(x_4)$	$U_{4v5}(x_4)$
U_5 (直接经济损失) 动态变量 x_5	$U_{5v1}(x_5)$	$U_{5v2}(x_5)$	$U_{5v3}(x_5)$	$U_{5v4}(x_5)$	$U_{5v5}(x_5)$

明确矩阵 \mathbf{R} 与表 1 的关系,当灾情发生时将 5 个因素的动态变量输入到相关隶属度函数计算,获得相应的模糊综合评价矩阵。通过式(9),(10) 计算就可以获得集合 \mathbf{B} ,通过预警下限对比和量化进行判断,最终生成预警结果。

2.2 集成工作流

工作流技术理论是基于 Petri 网,经典的 Petri 网的简单过程模型,由库所、迁型、有向弧、节点、令牌等元素组成^[13]。其节点、有向弧是最常用的,在节点里

可以自定义一个或多个特定功能。有向弧代表了结节的流向,决定整个流程的走向。对节点、流线等类的定义在 jbpm 的流程定义 Jar 包里面,因此集成时要分别导入这些包,同时导入 jbpm 引擎工作需要一系列 Jar 包。

本系统中把工作流引擎作为第三方包集成进来,由 SSH 架构统一管理配置。集成步骤如下:

第一步,创建数据库表,即创建工作流平台所需的所有数据库表。

第二步,与 Spring 的集成, Spring 实现了统一管理,因此将 jbpm 纳入 Spring 的管辖下,由其统一创建。具体配置 jbpmpconfiguration 如下:

```
<bean id="jbpmConfiguration" class="org.springframework.modules.workflow.jbpm31.LocalJbpmConfigurationFactoryBean">
<property name="configuration" value="classpath:-2-jbpm.cfg.xml"/>
</bean>
```

其中 class path 为配置 jbpm 的文件路径, jbpm.cfg.xml 配置 configuration 的相关属性。

第三步,实现 jbpm 集成到系统中,即实现 jbpmpfacadeservice 关于工作流的定义、部署、流转等基本操作的各种接口和相应的方法。

完成 jbpm 与系统的集成后,预警预案就能实现在此平台上自定义工作。

3 实验

为了验证本系统模糊判断模型的有效性和可行性以及是否能准确及时地启动相应预警预案,实验输入如表 2 的数据进行相关测试,数据表分别设计“ u_1 ”到“ u_5 ”共 5 个因素,具体数据值如表 2 所示。

表 2 数据值

年份	u_1 (万吨)	u_2 (km^2)	u_3 (千人)	u_4	u_5 (万元)
2006	350	16	78	0.64	200
2007	650	8.5	59	0.31	95
2008	55	22	64	0.63	650
2009	450	11.5	35	0.45	360
2010	1200	5	30	0.3	10

另外,从灾害的严重程度出发,系统中使用工作流共定义“ v_1 ”至“ v_5 ”共五个预警等级预案,其中“无需预警预案”不做任何处理,红色预警 7 个节点,一个开始节点、一个结束节点、5 个功能节点,其中“通知领导”节点以短信方式发送到领导手机通知领导出现较严重的灾害;“会议部署”节点是通知领导后,领导集体开会进行的救灾减灾会议部署;“指挥调度中心”节点则是根据领导会议探讨的部署结果,进行指挥调度;“执行救灾减灾工作”则是根据调度中心的命令指示

执行具体的工作。橙色预警预案 6 个节点,同样有“开始”、“结束”节点,3 个功能节点,相对红色预警预案少了“会议部署”而是从“通知领导”直接进入“指挥调度中心”节点,这是由于灾害严重程度相对较低,无需所有领导针对灾害进行探讨和部署。黄色、绿色预警预案同理就不作详细介绍。4 个预警等级预案从左到右依次为 $v_1 \sim v_4$,如图 2 所示。

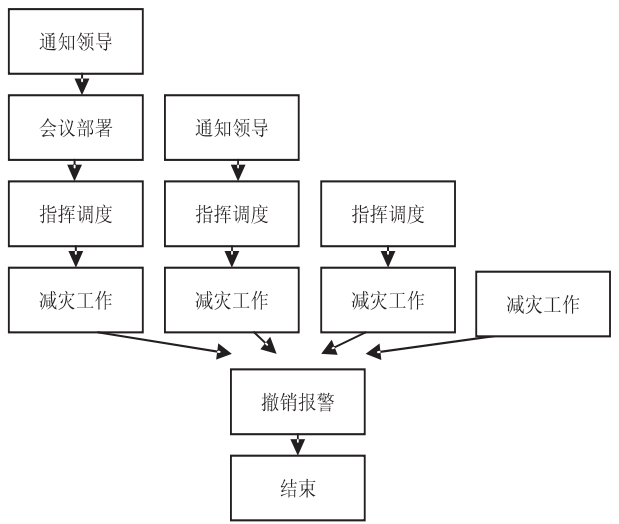


图 2 四个预案图

本次实验使用表 2 中从 2006 到 2010 的数据进行预警机制模型的测试,其中包括对模型的每个隶属度函数进行计算,计算方法参照表 1 的隶属度函数进行调用,获得中间值,将中间值填入表 3 对应的位置。表中还计算集合 B 的每个元素的值,计算方法参照式(8),经过修订和量化,最终返回集合 B 中最大值元素的下标。工作流平台根据返回来的元素下标启动相应预警等级预案。具体如表 3 所示。

从表 3 实验年份数据可看出,模糊综合评价模型能对多因素进行有效准确评价,系统再根据评价语来启动相应预警预案,严格执行自定义预警等级预案。

上述实验中利用建模的 5 个参数对模糊预警模型进行科学计算和实际测试,计算预警结果与实际预警结果一致,系统达到了良好的预警结果,实现了多因素综合评价并有效预警的功能。

每一个预警等级预案本质上就是一个工作流,它由节点和有向弧等组成。预案中有向弧决定节点的流向,控制了整个工作流的方向;每个节点是相互独立的,并且都捆绑特定功能。因此可以将功能和节点一一对应起来,一个功能对应一个节点或者几个功能对应一个节点,于是对功能的增删就是对节点的增删,操作非常简单。一旦需求变更,只要去修改一下定义文件即可满足变化需求。因此工作流技术,则能给后期的维护工作带来极大的方便,极大地缩短维护时间,大大地降低维护成本。

表 3 2006 年-2010 年的预警模型测量结果

等级 标题	年 份	v_1	v_2	v_3	v_4	v_5
$U_1(x_1 = 350)$	2	0	1	0	0	0
$U_2(x_2 = 16)$		0.2	1	0	0	0
$U_3(x_3 = 30)$		0	1	0.7	0	0
$U_4(x_4 = 0.3)$		0	1	0	0	0
$U_5(x_5 = 10)$		0	0	0	0	0
$B_i = \alpha \times v_i$	0	0.05	0.75	0.425	0	0
预警下限 = 0.3	6		> 0.3			
Max(B_i) 下标			2			
计算预警结果			√			
实际预警结果			√			
$U_1(x_1 = 650)$	2	0	0	0.5	0.75	0
$U_2(x_2 = 8.5)$		0	0	0	1	0
$U_3(x_3 = 59)$		0	0	0.4	1	0
$U_4(x_4 = 0.31)$		0	0	0	1	0
$U_5(x_5 = 95)$		0	0	0	1	0
$B_i = \alpha \times v_i$	0	0	0	0.175	0.963	0
预警下限 = 0.3	7				> 0.3	
Max(B_i) 下标					4	
计算预警结果					√	
实际预警结果					√	
$U_1(x_1 = 55)$	2	1	0	0	0	0
$U_2(x_2 = 22)$		1	0	0	0	0
$U_3(x_3 = 64)$		0	0	0.9	1	0
$U_4(x_4 = 0.63)$		0	1	0	0	0
$U_5(x_5 = 650)$		0	1	0	0	0
$B_i = \alpha \times v_i$	0	0.65	0.1	0.225	0.25	0
预警下限 = 0.3	8	> 0.3				
Max(B_i) 下标		1				
计算预警结果		√				
实际预警结果		√				
$U_1(x_1 = 450)$	2	0	0.5	0.5	0	0
$U_2(x_2 = 11.5)$		0	0	0.5	0	0
$U_3(x_3 = 35)$		0	0	0	0	0.5
$U_4(x_4 = 0.45)$		0	0	1	0	0
$U_5(x_5 = 360)$		0	0.067	0.8	0	0
$B_i = \alpha \times v_i$	0	0.0167	0.275	0.3	0.25	0.125
预警下限 = 0.3	9			= 0.3		
Max(B_i) 下标				3		
计算预警结果				√		
实际预警结果				√		
$U_1(x_1 = 1200)$	2	0	0	0	0	1
$U_2(x_2 = 5)$		0	0	0	0	0.75
$U_3(x_3 = 30)$		0	0	0	0	0.67
$U_4(x_4 = 0.3)$		0	0	0	1	0
$U_5(x_5 = 10)$		0	0	0	0	1
$B_i = \alpha \times v_i$	1	0	0	0	0.1	0.75
预警下限 = 0.3	0					> 0.3
Max(B_i) 下标						5
计算预警结果						√
实际预警结果						√

由于现实生活中遇到粮食预警应急情况可能更多更复杂,因此项目后期大力度加强复杂、多参数综合性

评价性能,进一步提高更加复杂状况预警准确率。

4 结束语

在业务流程自动化技术快速发展的社会环境下,本系统以南宁市粮食局应急指挥系统为依托,利用模糊数学综合评价模型以及工作流技术,通过使用模糊数学中多因素综合评价模型对 5 个因素进行准确、有效的综合评价,实现了预警机制的预警功能,启动了相应的预警预案。另外,将工作流技术应用到系统中,实现灵活快速地设计预案流程,简单高效地运转自定义预案流程,满足电子政务系统业务流程变化频繁的需求。系统较好地整合模糊数学模型与工作流技术,实现项目需求功能,通过采用相对稳定的模糊评价模型与工作流技术,使系统灵活简便,具有良好应用前景。

参考文献:

[1] 葛长痒. 控制论经济学导论[M]. 北京:中国物质出版社, 2005.

[2] 葛 涛,齐艳平,高 鲁. 基于模糊综合评判的备件品种量化方法[J]. 系统仿真学报,2001,13(S2):301-302.

[3] 陈永义,刘云丰,汪培壮. 综合评判的数学模型[J]. 模糊数学,1983(1):61-69.

[4] 李士勇. 模糊控制、神经控制和智能控制论[M]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,1996.

[5] 梅方权,张象枢,黄季焜,等. 粮食与食物安全早期预警系统研究[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2006:79-88.

[6] Deng Yong, Su Xiaoyan, Jiang Wen. A fuzzy Dempster Shafer method and its application in plant location selection[J]. Advanced Materials Research, 2010, 102/ 104:831-835.

[7] 吴今培. 模糊诊断理论及其运用[M]. 北京:科学技术出版社,1995:50-65.

[8] 姜 宾. 基于 JBPM 的业务流程管理的设计实现[J]. 信息系统工程,2010(2):48-49.

[9] 肖美丹,李从东,张瑜耿. 基于未确知模糊理论的供应链风险评估[J]. 软科学,2007,21(5):27-30.

[10] 周 丽. 基于 AHP 和灰关联分析方法的粮食安全预警系统研究[D]. 南京:南京信息工程大学,2008.

[11] Van der Aalst W M P. Three good reasons for using a Petri-net-based workflow management system[C]//Proc. of the International Working Conference on Information and Process Integration in Enterprises. [s. l.]:[s. n.], 1996.

[12] Food and Agriculture Organization of United Nations (FAO). The state of food in security in the world 2008[EB/OL]. 2009-03-24[2009-09-20]. <http://www.fao.org/docrep/011/i0291e/i0291e00.htm>.

[13] 刘利坤. 基于 JBPM 和轻量级 JZEE 的办公自动化系统的研究与实现[D]. 长春:东北师范大学,2009.

粮食应急指挥系统预警机制和预案定制的研究

作者：蒙才良，曾令智，陈一心，杨磊，杨颖，MENG Cai-liang，ZENG Ling-zhi，CHEN Yi-xin，YANG Lei，YANG Ying

作者单位：蒙才良, 曾令智, 陈一心, 杨颖, MENG Cai-liang, ZENG Ling-zhi, CHEN Yi-xin, YANG Ying(广西大学 计算机与电子信息学院, 广西 南宁, 530004)，杨磊, YANG Lei(广西计算中心, 广西 南宁, 530022)

刊名：计算机技术与发展

ISTIC

英文刊名：Computer Technology and Development

年，卷(期)：2013(8)

本文链接：http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjfz201308044.aspx