

# 模糊综合评价软件设计与实证<sup>①</sup>

吴 炎, 王周文, 杜 栋

(南京擎天科技有限公司, 南京 210002)

**摘 要:** 模糊综合评价(FCE)是评价领域内一种被广泛运用的评价方法。在深入分析模糊综合评价模型的基础上, 提出了通用型模糊综合评价软件的设计思路, 并开发了一个单机版软件原型, 用来解决那些“事物本身状态不确定、边界不清、不易定量”的评价问题。最后, 以企业质量经济效益评价为例, 用本软件进行了评价, 证明了软件的有效性和实用性, 也为更高级别评价软件的设计与研制提供了参考。

**关键词:** 模糊综合评价; 评价方法; 评价模型; 模糊算子; 评价软件

## Design and Empirical Research of Fuzzy Comprehensive Evaluation Software

WU Yan, WANG Zhou-Wen, DU Dong

(Sky Information Technology Co.Ltd, NanJing 210002, China)

**Abstract:** Fuzzy comprehensive evaluation is widely used in evaluation. Based on thorough analysis of the FCE model, this paper puts forward the design idea of FCE general software, develops a stand-alone prototype, which can be used to give the solution of those problems whose condition is undetermined, boundary is not clear and difficult to describe quantitatively. Finally, it takes economic benefits evaluation on enterprise quality as an example, using the software to evaluate. The results prove the effectiveness and practicality of FCE software, provide a reference for the design and development of higher class evaluation software.

**Keywords:** fuzzy comprehensive evaluation; evaluation method; evaluation model; fuzzy counter; evaluation software

## 1 引言

模糊综合评价(FCE)最早由我国学者汪培庄提出, 它是一种以模糊数学为基础, 应用模糊关系合成原理, 从多个因素对被评价事物隶属等级状况进行综合性评价的方法。最近30年, 模糊综合评价凭借其他评价方法无法比拟的优点被广泛应用于评价工作中, 并取得了良好的经济效益和社会效益。IT飞速发展的今天, 评价离不开计算机的参与, 若能设计出针对FCE法的通用型软件, 省去大量复杂繁琐的计算环节, 将给评价工作者带来巨大的帮助。

按照秦寿康对评价软件三层次的划分<sup>[1]</sup>, 国内外大部分模糊综合评价软件仅处于第一层次(单纯由评价应用程序组成的简便综合评价软件, 即评价方法程序集合), 少数属于第二层次, 第三层次的研究成果极少。而已有成果中的绝大多数都是针对某一具体问题而研制, 从指标体系的构建、权重的确定到模糊合成

算子的选用等诸多方面存在局限性, 软件扩展困难, 难以适应复杂多变的评价环境。

本文旨在提出一条通用评价软件设计与研发的思路, 并开发出基于第一层次的通用型FCE软件, 用来解决那些“事物本身状态不确定、边界不清、不易定量”的多层次评价问题, 也为评价支持系统、智能评价系统的设计提供准备。

## 2 软件功能及框架分析

### 2.1 软件功能分析

模糊综合评判是FCE软件的主体功能, 此外, 软件还应具有以下几个功能:

- ①评价结果的排序、择优, 以及初步分析功能。
- ②数据导入导出功能, 即评价模型的读取、存储, 以文本文件导出各评价阶段的数据等。
- ③纠错功能, 即较强的误操作、异常处理功能,

<sup>①</sup> 收稿时间:2010-08-10;收到修改稿时间:2010-09-13

尽量避免因人为误操作而导致的操作无法继续，甚至是评价数据的丢失等严重后果。

④帮助功能，即用户通过帮助子系统以及友好的界面提示，能顺利、简便的完成评价任务，具体表现为帮助文档、在线帮助以及计算器、写字板等辅助工具。

此外，软件设计时应考虑尽量使其具有如下性能特点：

①算子多样化。软件提供尽量多的现代常用的模糊合成算子，供用户自由选择。

②通用性。软件能够适用于实际评价工作中广泛存在的多属性模糊评价问题，其关键是实现评价指标体系的动态构建，而面对对象技术有利于通用性的实现。

③可扩展性。

④集成性。开放 API 接口，实现与其他系统或设备连接，也便于未来与更高层次评价系统进行无缝对接。

⑤人机和谐。模糊综合评价要求用户有一定的专业知识，良好的人机界面能够降低对用户专业知识的要求。特别地，在努力把评价理论和方法应用到实践的过程中，更需要尽力在人机界面方面降低理论与实践之间的“门槛”。

## 2.2 软件总体框架

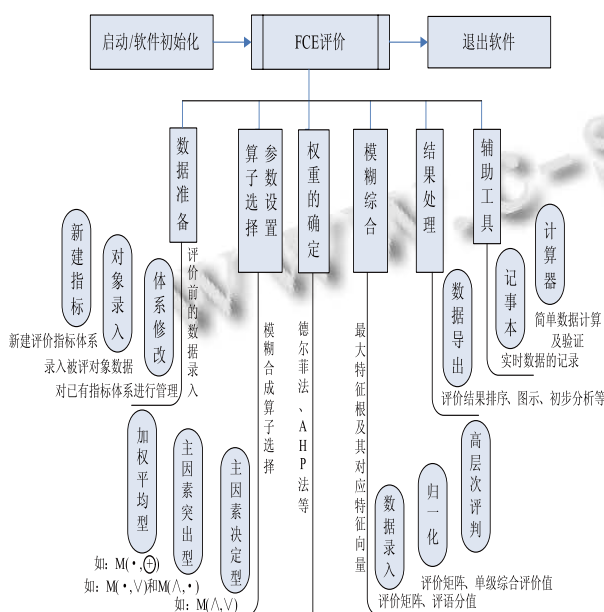


图 1 FCE 软件框架结构图

图 1 中，数据准备模块主要是完成指标体系的构建（或新建指标或修改已有的指标体系）、待评对象的录入，以及对公共变量的初始化，如指标体系总层次数、各层次要素信息等；权重确定模块提供直接输入法（录入德尔菲法结果）和 AHP 主观赋权法。

由于篇幅问题，此处不对其他模块一一赘述，详细内容可以查阅相关文献。

## 3 评价模型解释及软件流程分析

### 3.1 模糊综合评价的步骤

① 给出备择的对象集： $X = (x_1, x_2, \dots, x_l)$

② 找出指标集  $U = \{u_1, u_2, \dots, u_m\}$ ，并构建层次指标体系。

当今评价领域中很多问题都具有复杂的多层次结构。在总结大量模糊综合评判研究的基础上，结合 AHP 法指标体系构建思想，同时，也为了便于计算机的处理和用户的操作，本文提出用“模糊评价标准树”来表示具有多层次结构的指标体系。与大多理论文献中的类似，按目标的不同、实现功能的差异，将系统分解为几个等级层次，如目标层、准则层（也可再细分）、底层等，用框图的形式说明层次的递阶结构与因素的从属关系，形成一个倒型的“树”，如图 2 所示。

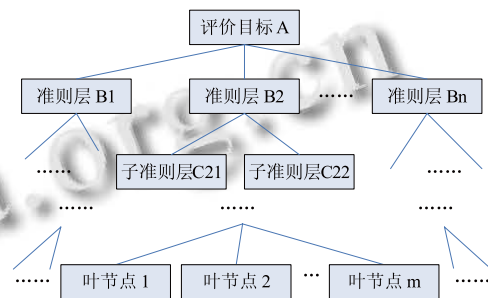


图 2 模糊评价标准树

需要特别说明的是，除目标层的根节点外，其他层次的任意节点都只有一个父节点，而不能从属于两个或更多父节点，这是为了避免形成网状结构，容易造成逻辑上的混乱。

③ 找出评语集： $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$

④ 确定模糊评判矩阵： $R = (r_{ij})_{m \times n}$

⑤ 确定各层权重向量  $A = (a_1, a_2, \dots, a_m)$

⑥ 选择适当的合成算法，常用的是：加权平均型

和主因素突出型<sup>[2]</sup>。

⑦ 计算评判指标

模糊综合评价的结果是被评事物对各个等级模糊子集的隶属度，它一般是一个模糊向量，而不是一个点值。若对多个事物比较并排序，需计算每个评价对象的综合分值，按大小排序并择优。

3.2 软件数据流转

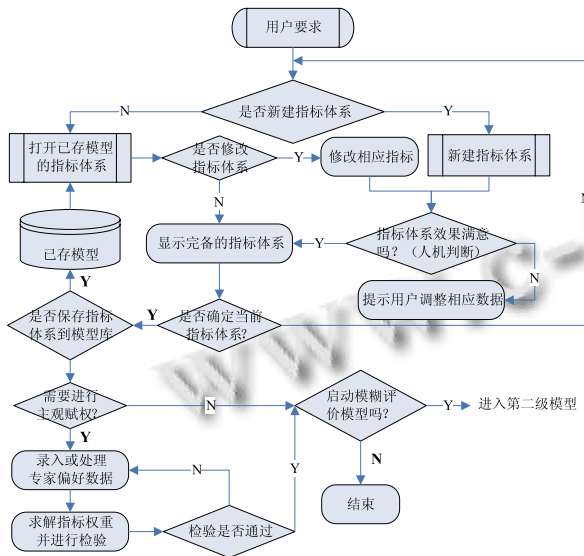


图3 FCE一级模型求解流程图

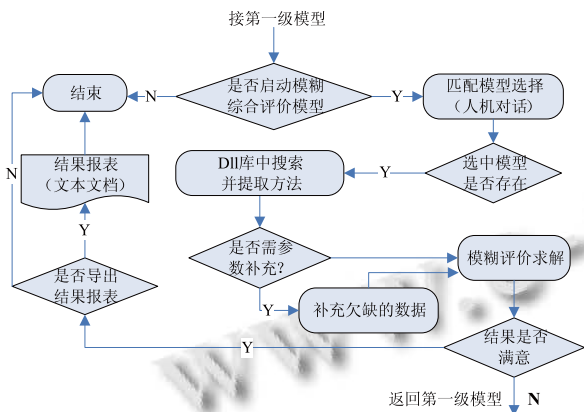


图4 FCE二级模型求解流程图

按 FCE 法的一般步骤，可将评价流程分解为两级模型的求解过程：第一级涉及层次指标体系的构建和指标权重的确定，可称之为指标体系求解模型；第二级是评价信息的集结过程，即通过模糊合成算子得到最终评价结果的过程，可称其为评价结果求解模型。

详细流程如图 3、4 所示。

4 软件设计实现

4.1 技术路线

(1) 开发与运行环境

本文的模糊综合评价软件基于 Microsoft Windows XP 平台，采用面向对象语言 Delphi 开发。

充分利用 Delphi 7 的程序编译集成功能，最终可形成独立的可执行 .EXE 文件，降低软件对运行环境要求。本软件运行环境要求：操作系统 Windows 3.1 或以上；Word 2000/XP 或以上版本。

(2) 关键技术

OLE 对象链接与嵌入技术可以快速实现主应用程序与 Word、Excel 的无缝连接。Delphi7.0 中只需在单元文件 Unit 的 Uses 子句中加入 Word2000、OleServer，即可在方法或函数体中调用相应的对象。

COM 组件是 Dll 技术，当我们需要用到某个 Dll 文件时，只需要在工程中进行引用和声明，就可以利用该 Dll 留下的接口与其内部封装好的、具有各种功能的函数打交道。

4.2 各功能模块的设计实现

软件采用模块化设计思想<sup>[3]</sup>，各功能模块相对独立，便于未来扩展。

(1) 层次指标体系的实现

Delphi 编程环境下，具有“树形”展开特征的 TreeView 组件能够表示指标体系层次结构，同时可以对 TreeView 的节点 (Node) 的添加、删除、修改以及上下移动操作定义相应方法，能快速完成指标体系的构建。

(2) 模糊综合评价的实现

该模块是 FCE 软件的核心部分，由常用的模糊合成算子完成。为了便于软件扩展，可将这些算子定义成函数并编译到的 Dll 文件中。赋权部分则处理起来较为复杂，这里给出了 1-9 标度下方根法<sup>[4]</sup>实现的部分核心代码。

```

SqrtMethod (tempG: TArrayGrid): TArrayW
...//部分代码略
for i:=0 to tempG.m-1 do
begin
for j:=0 to tempG.m-1 do //每行求积

```

```

begin
  if tempG.GArray[j,i]=0 then continue
  else
    U[i]:=tempG.GArray[j,i]*U[i]
  end;
  U[i]:=exp((1.0/N)*ln(U[i])) //开 n 次方根
end;
//按列归一化
SumCol:=0.0;
for i:=0 to tempG.m-1 do
  SumCol:=SumCol+U[i];
//求权重
for i:=0 to tempG.m-1 do
  tW[i]:=U[i]/SumCol;
...//其他代码略

```

(3) 异常、误操作处理实现

Delphi 7 提供了一套强大的异常处理机制，巧妙地利用它可以使程序更为强健、友好。Try...Except 和 Try...Finally 语句的使用可以保护部分代码，负责捕获和处理异常。

(4) I/O 设计

TStringStream 和 TMemoryStream 对象，可以实现评价模型以流的形式实现读取和存储。例如模型的读操作：

```

if FileOpenDialog.Execute then
begin
  fileTemp:=TMemoryStream.Create;
  strTemp:=TStringStream.Create("");
  tv:=TMemoryStream.Create;
  try
    fileTemp.LoadFromFile(FileOpenDialog.FileName);
    strTemp.Seek(0,soFromBeginning);
    strTemp.CopyFrom(fileTemp, fileTemp.Size);
    ...//其他代码略
    tv.CopyFrom(fileTemp,i);
    tv.Position:=0;
    tvmethod.LoadFromStream(tv); //读操作
    ...//其他代码略

```

5 应用实例

以文献[5]中质量经济效益为例(指标体系如图 5 所示)，运用本文研制的软件进行模糊综合评价。

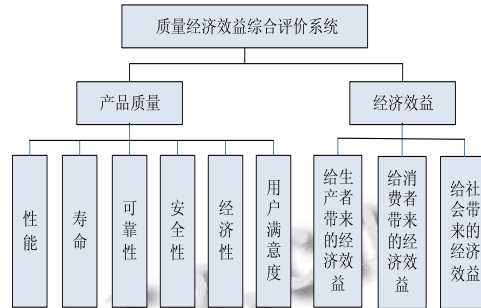


图 5 评价指标体系

在 FCE 软件的“模糊结构模型”界面完成指标体系的构建后，便可进入权重计算界面（如图 6 所示）。



图 6 层次指标体系构建界面



图 7 准则层判断矩阵

依据文献[5]提供的权重数据， $A = (0.5, 0.5)$ ， $A1 = (0.15, 0.15, 0.15, 0.15, 0.15, 0.25)$ ， $A2 = (0.4, 0.3, 0.3)$ ，

直接录入并进行归一化。在综合评价界面(图 7 所示), 输入模糊评判矩阵后, 点击模糊评价按钮即可进行模糊评价。



图 8 评价结果图示

最后, 可用饼图、柱状图、线形图等二维图形来表示“质量经济效益”的综合评价结果向量 (0.05, 0.2725, 0.47375, 0.1925, 0.01125)。根据最大隶属度原则, 说明该企业的质量经济效益属于一般水平 (0.47375 的分值明显高于其他评语隶属度)。

通过对这一实例的评价, 得到的评价结果与文献 [5] 结果十分接近。

(上接第 168 页)

## 5 结语

本文设计了一个以 TMS320F2812 DSP 芯片为核心, 以粗集理论为融合算法的瓦斯突出预测系统。很好的利用了 DSP 芯片的快速处理信号的能力, 并且使用了 CAN 总线通信, 加快了信息传递速度。在软件方面, 采用了模块式编程, 提高了程序执行的速度, 并且使程序具有了可移植性。并且把粗集理论添加到了处理数据的过程中。有助于得到准确的预测结果。

## 6 结论

通用型 FCE 软件充分考虑了评价指标的灵活构建、赋权方法和模糊合成算子的自由选择, 完全满足各评价对象对评价指标、赋权以及算子的不同要求。目前, FCE 软件已经应用于风险投资项目决策、物流中心选择、企业技术创新能力分析等评价问题。但针对专家权重分配、群评价、分布式评价等问题, 还应该进一步考虑通过采用计算机网络、数据库管理技术对模糊综合评价软件扩充, 使其更加完善。

### 参考文献

- 1 秦寿康. 综合评价原理与应用. 北京: 电子工业出版社, 2003. 165-169.
- 2 杜栋, 庞庆华, 吴炎. 现代综合评价方法与案例精选. 第 2 版. 北京: 清华大学出版社, 2008. 18-20.
- 3 吴炎, 杜栋. AHP 评价软件设计与实证研究, 2008, 11: 35-39.
- 4 杜栋. 基于 0.1~0.9 标度的模糊综合再研究. 系统工程与电子技术, 2001, 23(5): 36-38.
- 5 关晓光, 葛志杰. 质量经济效益的模糊综合评价. 管理工程学报, 2002, 14(4): 88-90.

### 参考文献

- 1 张文修, 吴伟志, 梁吉业, 等. 粗糙集理论与方法. 北京: 科学出版社, 2001.
- 2 万山明. TMS320F281x DSP 原理及应用实例. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2007.
- 3 曾黄麟. 粗糙集理论及其应用. 重庆: 重庆大学出版社, 1996.
- 4 王洪梅. 基于 DSP 的多通道数据采集系统的设计与实现. DSP 开发与应用, 2007, (11): 185-187.