

# 对于知识与数据驱动的二型模糊方法的研究报告

学号：17031211595 姓名：陈惟高

## 1. 概要

### 1.1 国内外研究与进展

Zadeh在1965年提出了模糊集合的概念以后，模糊系统理论及其应用得到了迅速发展，但是传统的模糊系统方法一般是基于经典模糊集合的，这些模糊集合的隶属函数的确定性使得在推理过程中的各种不确定性的消失。现实世界中的不确定性广泛存在，包括如下几项：

- 模糊系统输入的不确定性；
- 模糊规则的不确定性；
- 训练数据的不确定性；
- 对语言词理解的不确定性。

为了更好地处理这些不确定性，可行的方法之一是进一步增强系统方法的模糊性。1975年，Zadeh将模糊集合的隶属度由精确值扩展为模糊集合<sup>1</sup>，从而提出了二型模糊集合的概念(Type-2 Fuzzy Set)，部分或者全部使用二型模糊集合的模糊系统成为二型模糊系统(Type-2 Fuzzy Logic System)。

近年来，作为一型模糊系统的一种改进，二型模糊系统不但能够有效地刻画复杂、非线性、不确定系统，而且在处理系统不确定性、减少模糊规则书目、抗干扰等方面具有明显的优越性。2000年以来，IEEE Transactions on Fuzzy Systems 等二型模糊专题引起了学术界很大的反响。

### 1.2 二型模糊基本理论与性质研究

#### 1.2.1 二型模糊系统概要

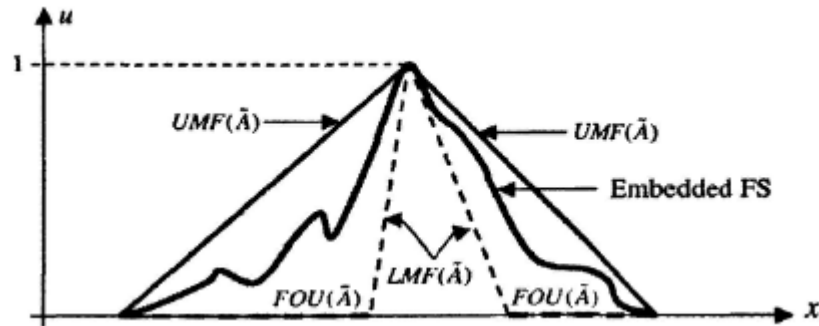
与一型模糊系统一样，二型模糊系统仍是一种基于知识或规则的系统，其核心是有IF-THEN 规则构成的知识库<sup>2</sup>，而这些IF-THEN 规则可以由人类专家对特定的对象或过程的认知或操作得到的经验总结而成。二型模糊相比于一型模糊系统的不同点在于其输出处理环节多了一个降型器，为实现降型操作，Karnik 和 Mendel 等提出了Karnik-Mendel 算法<sup>3</sup>。此后还出现了很多例如KM强化算法、基于OWA方法的降型方法、基于Monotone Centroid Flow算法的降型方法等。基于KM降型方法下的自适应性和新颖性是二型模糊系统与一型模糊系统的根本区别所在。

#### 1.2.2 二型模糊集合

二型模糊集合可由二型隶属函数刻画，二型模糊集合的所有主隶属度值的并组成的二维区域，称为不确定覆盖域(FOU)：

$$FOU(\omega) = \bigcup_{x \in X} x \times J_x$$

其中 $FOU(\tilde{A})$ 的上边界称为上隶属度函数UMF，下边界称为下隶属度函数LMF。常见的二型模糊集合包括高斯型、广义梯形、梯形及三角形四种形式，注意到一型模糊系统的交并运算可以推广到多个二型模糊集合的并交运算。

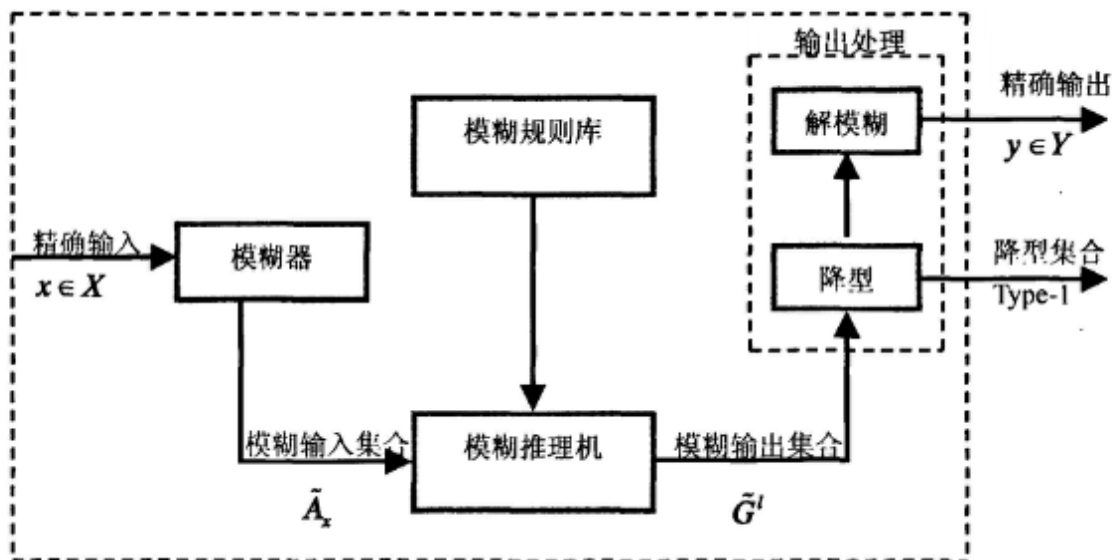


### 1.2.3 二型模糊系统

一般二型模糊系统分为以下环节：

#### 1. 模糊器

模糊器的功能是将精确的外界输入数据转换成适当的语言式模糊信息，为简化计算，通常采用的模糊器为单点模糊器。二型模糊系统结构图如下所示：



#### 2. 模糊推理环节

模糊推理环节是模糊系统的核心，它可以借由近似推理或模糊推理的进行来模拟人类的思考决策模式，以达到解决问题的目的。

#### 3. 输出环节

二型模糊系统每一条的规则的输出为一个二型模糊集合，降型器的作用是将M条规则的输出采用某种方式结合起来得到一个输出二型模糊集合，然后找到一个特定的一型模糊集合来代表该二型模糊集合。

篇幅原因，具体算法可以参考与模糊系统相关的著作。

### 1.3 小结

本章介绍了二型模糊集合。由于区间二型模糊集合及区间二型模糊系统既保持了一般二型模糊集合和一般二型模糊系统的优势，同时在运算方面大大简化。

## 2. 数据驱动二型模糊集合构建

### 2.1 概论

在构建二型模糊系统之前，一项重要并且基本的工作是根据专家知识或者数据建立二型模糊集合模型。目前有两种数据驱动的二型模糊集合构建方法：

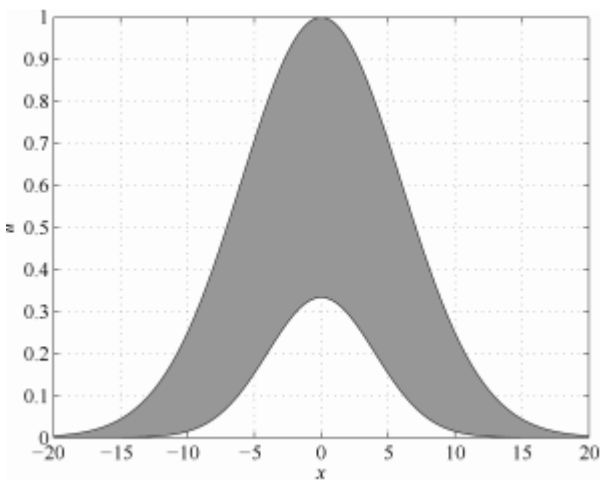
- 区间值方法
- 模糊统计方法

本章首先给出一种新的易于计算的二型模糊集合不确定度量方法--二型模糊集合的不确定度；其次，给出该不确定性度量方法的性质及典型二型模糊集合的不确定度的表达式；再次，结合不确定度及模糊统计方法，给出对称二型模糊集合的构建策略。在此基础上，讨论一型模糊集合集成的方式实现二型模糊集合的构建。

### 2.2 基于不确定度的数据驱动二型模糊集合构建

#### 2.2.1 对称二型模糊集合

对于典型的二型模糊集合的不确定度，以高斯二型模糊集合为例：



图中刻画了单连通高斯二型模糊集合的 CoS。该高斯模糊集合具有固定的中心 $m$ 和不确定的在区间取值的标准差。

#### 2.2.2 区间数据预处理

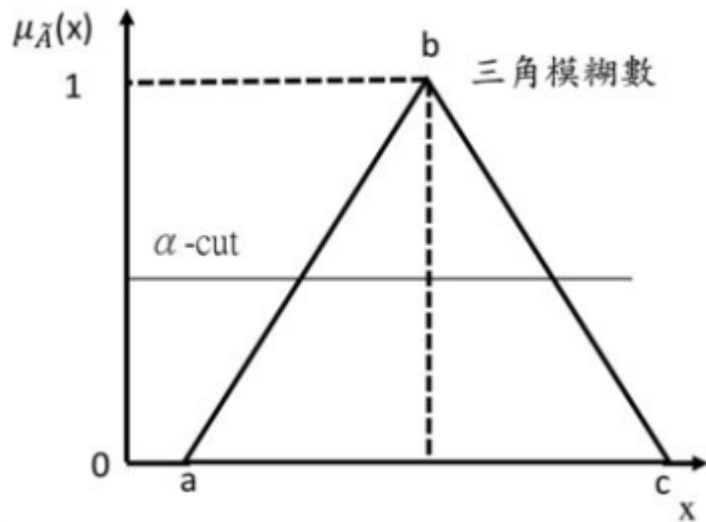
处理步骤为：首先，对获得的区间数据进行预处理，删除不合理数据；其次，计算区间数据的统计量；最后，根据区间统计统计量确定二型模糊集合参数。

## 2.3 基于集成方法的数据驱动二型模糊集合的构建

上一章的方法主要针对对称二型模糊集合的构建，具体为：

1. 对区间数据进行预处理
2. 将区间数据分别映射为代表性一型模糊集合
3. 将一型模糊集合进行集成，构建二型模糊集合

对于具体的实现而言，应当采用三角一型模糊集合以及梯形二型模糊集合：



二型模糊集合建模方案为：

1. 对所有得到的区间数据进行预处理。获得合理的训练数据集
2. 度量每一个区间数据的含糊度，并将其映射到与其含糊度一致的三角一型模糊集合
3. 将所有的代表性一型模糊集合进行集成，得到梯形二型模糊集合

## 2.4 数据驱动的二型模糊系统快速设计方法

目前，有两类方法用来设计具有满意性能的二型模糊系统：一类是人工设定二型模糊规则；另一类是采用数据驱动方案。当二型模糊系统用作控制器时，通常采用第一类方法进行二型模糊系统的设定，而当二型模糊系统用作建模、预测等应用时，通常采用数据驱动方法进行设计。

# 3. 知识在二型模糊系统中的嵌入

在采用二型模糊系统进行系统建模时，二型模糊系统通常是用于训练数据中的信息构建的（数据驱动方法）。虽然基于数据驱动的二型模糊系统设计方案可以获得较好的效果，但当训练数据由数量过少、不确定性过大等原因造成信息量不足、无法反映系统特性时，所得到的系统模型的精度与泛化能力将受到限制。

在实际应用中，错误数据、数据中的噪声干扰等不确定性不可避免，且对于某些对象来说获得大量的训练数据所花费的代价过高，因此，训练数据中包含的信息往往不足。

### 3.1 知识的嵌入

#### 3.1.1 输入输出有界性知识的嵌入

输入输出有界性很自然地确保了二型模糊系统的输入输出稳定性，而这一性质在实际应用中通常要满足，对于有界性这一知识，只需要约束二型模糊系统规则后件参数就可以保证该知识被嵌入二型模糊系统中，而不需要对二型模糊系统规则前件的参数构成约束。

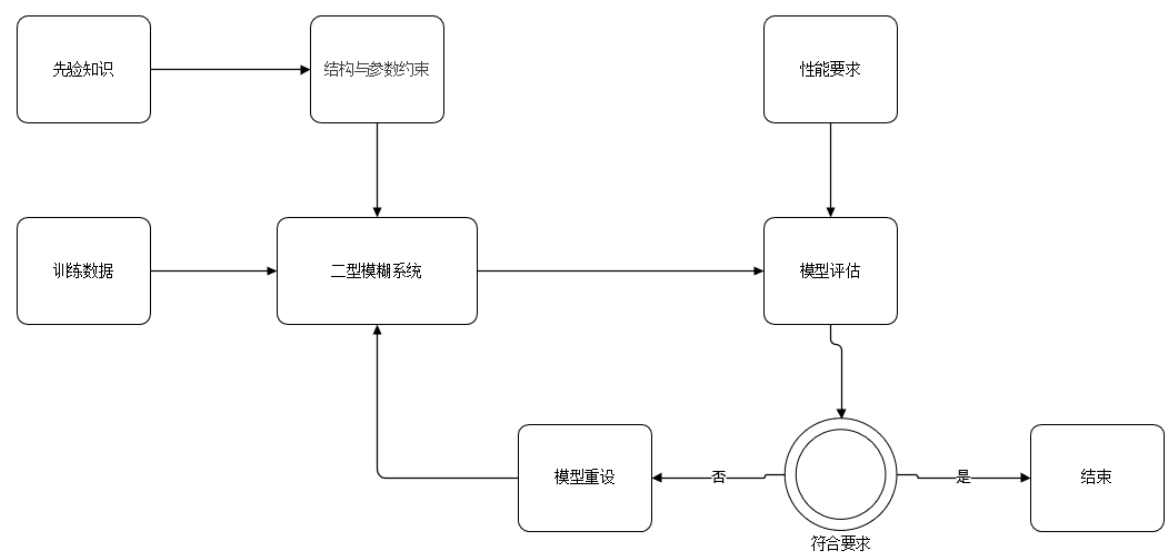
#### 3.1.2 奇偶对称知识的嵌入

一般而言，采用KM方法的二型模糊系统是奇偶对称的，采用DY方法、BMM方法、WT方法以及NT方法的二型模糊系统是奇对称的，一型模糊系统是奇对称的，具体证明由于篇幅原因略过。

### 3.2 知识与数据驱动二型模糊系统构建

二型模糊系统所需要反映的规律主要由其模糊规则库决定的，二型模糊系统的设计实际上就是模糊规则的设定及参数的调整。另外，二型模糊系统的模糊规则将直接影响二型模糊系统融合知识的能力。

根据上述分析，设计出知识与数据混合驱动二型模糊系统设计方案如图所示：



## 4. 总结

结合本论文所述的二型模糊方法及应用的研究进展可知，二型模糊集合与二型模糊系统的构建主要可以划分为两大方法：一类是人工设定二型模糊规则；另一类是采用数据驱动方案。对于经验驱动的方法而言，模糊集合以及模糊规则库是由专家或者操作人员的经验构建的，但是这种方法存在很多的缺陷，因此，当采用二型模糊系统方法进行系统建模及控制时，在基于数据的同时充分利用各类知识，将有助于提高所构建模型的性能，取得更好的效果。

## 5. 参考文献

- 
1. ZADEH L A. The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning 1-3. Information sciences, 1975, 8(3): 199-249, 8(4): 301-357, 9(1): 43-80.  
[↗](#)
  2. KARNIK N N, MENDEL J M. Type-2 fuzzy logic systems. IEEE transactions on fuzzy systems, 1999, 7(6): 643-658.  
[↗](#)
  3. MENDEL J M. Uncertain rule-based fuzzy logic systems: introduction and new directions. Upper Saddle River. Prntic-Hall, 2001.  
[↗](#)