

模糊逻辑在模拟演练系统智能体设计中的应用^①

夏岩^{1,2}, 孙咏², 刘元元², 苏谟²

¹(中国科学院大学, 北京 100049)

²(中国科学院沈阳计算技术研究所, 沈阳 110168)

摘要: 根据模拟演练系统对智能体智能程度的要求为模拟演练系统添加模糊推理机, 以增加演练系统的逼真程度及适应性. 本文以模糊逻辑理论为基础, 以模拟演练系统为背景, 对一个具体的应用实例进行数学建模, 阐述了如何运用模糊逻辑来解决问题, 并设计了模糊逻辑模块, 通过应用实例演示验证了设计的可行性.

关键词: 模拟演练, 推理机, 智能体, 模糊逻辑

Application of Fuzzy Logic in Simulation Training System's AI Design

XIA Yan^{1,2}, SUN Yong², LIU Yuan-Yuan², SU Mo²

¹(University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

²(Shenyang Institute of Computing Technology of Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110168, China)

Abstract: According to the demand of intelligent actors' design in simulation training system, fuzzy inference machine was added to make the actors of system more like those in real world and more flexible. The paper is based on the fuzzy logic theory in the setting of simulation training system. It designs math modeling for a application example and the fuzzy inference machine, expound how to solve problems with fuzzy logic. By the demonstration of the application the sample proves the feasibility of the design.

Keywords: simulation training; inference engine; intelligent actor; fuzzy logic

安全生产事故的发生往往会造成人员、财产损失, 同时也常伴随着对社会和生态环境的不良影响, 随着产业规模扩大, 国家经济快速发展、国家对人民群众生命财产安全日益重视^[1]. 降低事故发生率, 及时发现、整改安全隐患, 提高安全生产事故应急救援能力是对经济社会可持续发展的重要贡献.

传统的实际演练方式有着造价高, 污染大、进程不易把握、演练内容单一等缺点^[2]. 模拟演练系统正是以解决这一问题为目的, 为企业和应急管理部门提供复杂模型的可配置通用服务平台. 涉及的计算机技术主要有: 图形图像技术、视景仿真技术、网络通信技术、数据库技术^[3]. 通过对各类灾害和角色行为数值模拟仿真, 在虚拟场景中最大限度的模拟出真实场景事件的发生和发展过程, 模拟仿真人们在灾害和事故环

境中可能做出的各种反应和处理措施. 现有模拟演练系统运用现代化手段, 加强协调能力和应急能力, 使模拟演练科学化、智能化、虚拟化, 减少演练费用^[2]. 在演练效果、效果上与效率的平衡、可变尺度群体行为模型与多尺度地理模型的协同等方面还需改善, 探究^[4].

模拟演练系统的演练场景中存在大量的参演角色, 为了让系统模拟现实更加智能化, 可以将每一个角色设计成一个智能体. 在对待外界反应处理上本文引入模糊逻辑, 改善 AI 的推理规则, 以此来提高角色的智能化程度, 增加系统的真实度和智能程度^[5].

1 模糊逻辑理论

^①基金项目: 国家水体污染控制与治理科技重大专项课题(2012ZX07505004)

收稿时间: 2013-07-03; 收到修改稿时间: 2014-03-03

1.1 基本概念

1.1.1 模糊逻辑

模糊逻辑,能使电脑以一种类似的方法去推理语言术语和规则.

如“远”“轻微”等概念不是由离散的间隔来表示,而是通过模糊集合,使得这些值被分配到近似程序的集合,这个过程称为模糊化.使用这些模糊值,可以解释语言规则,并产生一个结果,即去模糊化得到一个普通值.这就是基于规则的模糊推理,如图 1 所示:

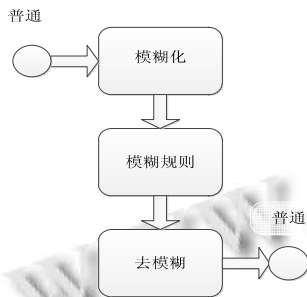


图 1 模糊推理过程图

1.1.2 模糊集合

模糊集合:模糊集合和常规集合相对应.模糊集合准许集合中的元素部分隶属于集合,即对象在集合中的隶属度可以为 0-1 之间的任何值^[6].

模糊集合通过隶属函数确立.隶属函数可以是三角形、梯形等.通过隶属函数图象可以看出一个值部分隶属于这个集合,这就是模糊逻辑的本质.如图 2 所示.

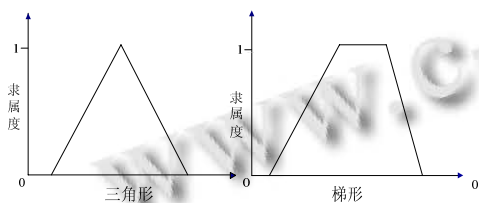


图 2 隶属函数基本图像

假设规定一个演练角色智力(IQ 值)全集,定义三个集合“笨拙”“一般”“智慧”.其取值范围为 70 到 89, 90 到 109, 110 到 129.定义的隶属函数如图 3 所示.

则智力为 115 的角色.其在“智慧”人中的隶属度为 0.75,在“一般”人的隶属度为 0.25.

模糊交集等同于“与”运算,规则为所属集合中每个元素获得的最小隶属度.模糊并集等同于“或”运算,

规则为所属集合中每个元素获得的最大隶属度.

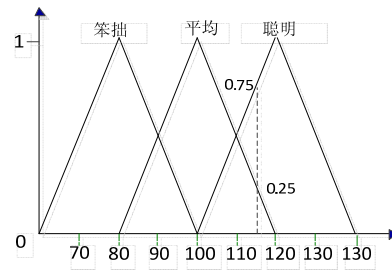


图 3 演练角色智力隶属函数

1.2 用模糊逻辑解决问题的思路

模糊规则类似于程序中的条件语句 IF STATEMENT THEN STATEMENT. 意义上也基本上一样,前提代表着一个条件,那么之后就会描述后果.

概括的说,我们在对模糊规则的处理上遵循的是提取模糊语言变量,设定模糊规则,计算隶属度,遍历模糊规则结合“攻击”这种结果,对这个结果去模糊化,从而得到一个普通的值.

2 消防车对罐体实施灭火模糊设计

2.1 模糊化

专业的消防车会配备多种灭火工具.选择哪种灭火工具取决于两个因素:目标距离和工具原料存储量.每一种工具有一个模糊模块的实例.每个模块由模糊语言变量代表的语言术语来初始化,它们是到目标的距离、原料存储量和期望值.

2.1.1 设计模糊语言变量

模糊语言变量的期望值论域定义为 0 到 100 这里选择三个成员集合:左肩集合、三角集合和右肩集合,分别代表“不期望”、“期望”、“非常期望”.选择“近”、“中”、“远”三个集合来描述,且峰值分别选择 25 像素、150 像素和 300 像素.原料储备量选择模糊集合“过低”、“良好”、“过载”三个集合来描述,载水量超过 30 吨定义为过载,少于 10 吨水定义为过低.模糊变量的设定,主要依据于应用的常识以及专家在相关领域的知识.这里单位用立方米计算,10 立方米水为 10 吨.

2.1.2 创建隶属函数

由设计的模糊语言变量可得,到目标距离和原料存储量的隶属度函数图象,如图 4 所示.

2.1.3 设计模糊规则

模糊语言变量“到目标的距离”“原料储备量”都包

含三个成员集合. 普通压力水枪是一种中程灭火工具.

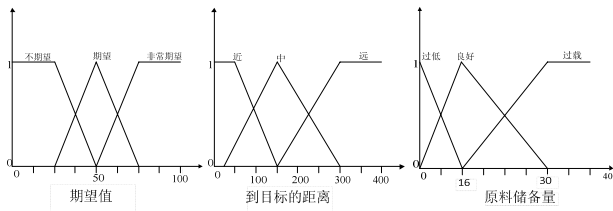


图 4 期望、到目标距离、原料存储量隶属函数

设计九条规则来确定使用普通压力水枪的期望:

- 规则 1.如果目标距离远并储备量过载那么期望
- 规则 2.如果目标距离远并储备量良好那么不期望
- 规则 3.如果目标距离远并储备量过低那么不期望
- 规则 4.如果目标距离中并储备量过载那么非常期望
- 规则 5.如果目标距离中并储备量良好那么非常期望
- 规则 6.如果目标距离中并储备量过低那么期望
- 规则 7.如果目标距离近并储备量过载那么不期望
- 规则 8.如果目标距离近并储备量良好那么不期望
- 规则 9.如果目标距离近并储备量过低那么不期望

2.1.4 模糊推理

对于每一条规则的每一个前提条件, 计算输入数据的隶属度. 然后, 基于前面确定的隶属度的值, 计算规则的推理结论. 计算隶属度期望.

假设目标在 200 像素的距离而剩余原料储备量为 8 立方米水. 针对每一条规则, 有:

规则 1 目标距离远并且储备量过载那么期望. 200 像素对应目标远的隶属度为 0.33, 8 对应的储备量过载的隶属度为 0. “与”运算产生这些值的最小值, 所以规则 1 推理的结论为: 期望=0, 即该规则代表不发射. 如图 5 所示.

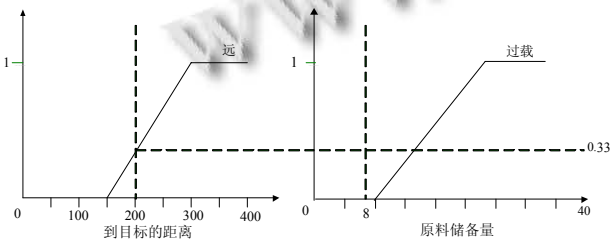


图 5 规则 1 图像

同理, 可得到九条规则的九条推理结论, 整合如图 6 所示:

期望值不为 0 的单元格是那些满足使用设备条件

的规则. 由矩阵可得非常期望的置信度为 0.67, 期望的置信度为 0.2. 对于期望, 有两重的置信度, 我们将这两个值相或, 故不期望的置信度为 0.33.

	近	中	远
过低	不期望 0	期望 0.2	不期望 0.2
良好	不期望 0	非常期望 0.67	不期望 0.33
过载	不期望 0	非常期望 0	期望 0

图 6 九条规则的结论

2.2 去模糊化

去模糊化是将一个模糊集合转换成一个普通的值的过程. 转化后的这个值应该是一个点, 在某种意义上能代表这个模糊集合^[7]. 具体的方法有很多种, 考虑计算开销选择最大平均值法, 公式如下:

$$\text{期望值} = \frac{\sum \text{代表值} \times \text{置信度}}{\sum \text{置信度}}$$

公式中代表值是指这个集合的隶属度为 1 时的值. 对于三角形集合来说, 这个值在它的中点, 对于左肩、右肩、梯形集合来说, 这个值是在高台的开始和末尾的值得平均. 因此, 组成输出模糊形的集合代表值汇总于表, 如表 1 所示.

表 1 推理结论表

集合	代表值	置信度
不期望	12.25	0.33
期望	50	0.2
非常期望	87.5	0.67

将数值带入公式得到期望值为 60.625. 让这个过程反复执行, 让消防车选择一个期望值最高的灭火工具来使用.

3 模糊推理机设计

3.1 模块类

FuzzyModule 类为模糊推理机的核心类. 有一个模糊语言变量以及一个规则库. 此外还具有一些方法为模块添加模糊语言变量和规则, 以及一些运行贯穿处理过程的推理机的方法, 这个过程就是模糊化、推理和去模糊化.

3.2 集合类

FuzzySet 类是一个模糊集合的公共接口, 所有模糊集合类型都由此类衍生出来. 每个类要有一个数据成员来存储隶属度, 一个数据存储隶属函数的代表值. 从 FuzzySet 类泛化出 4 个具体的模糊集合类, 三角集合、右肩集合、左键集合、单隶属集合, FuzzySet_Triangle、FuzzySet_RightShoulder、FuzzySet_LeftShoulder、FuzzySet_Singleton.

3.3 模糊变量类

模糊变量类 FuzzyVariable 包含一个指向 FuzzySet 的 map. 它具有添加模糊集合、模糊化和对模糊值去模糊化的方法. 当一个成员集合被创建并添加到一个模糊语言变量时, 模糊语言变量的最大最小值的范围就会被重新计算. 然后分配给值 m_dMinRange 和值 m_dMaxRange. 用此法记录模糊语言变量的区域范围, 可以用模糊逻辑来确定用于模糊化的一个值是否超出这个界限, 必要的话, 允许声明退出.

3.4 模糊规则类

设计一个 FuzzyTerm 类, 作为模糊规则操作数、运算符公共接口. FzAND 可能包含多个 FuzzyTerm, 当其中一个方法被调用时, 遍历每个方法, 并把调用委托给每个子类相应的方法, 或者使用它们的接口去计算一个结果. FzSet 是一个 FuzzySet 对象的代理. 代理类用于对客户隐藏真正的类, 而由其作为替代, 目的是控制真正类的访问^[8]. 每当一个 FuzzySet 被添加给一个 FuzzyVariable 时, 客户就以 FzSet 的形式将一个代理传递给它. 在创建规则库时, 这个代理可以被复制并多次使用.

3.5 整体设计

整个 FuzzyModule 被初始化之后, 很容易就可以算处一个普通结论了. 如图 7 所示:

3.6 仿真结果分析

将模糊推理机嵌入模拟演练系统, 消防车实现了灭火只能选择装备的功能. 在一定距离范围内, 消防车选择普通压力水枪实施灭火. 当目标距离相对近时, 消防车采用泡沫灭火, 如表 2 所示:

表 2 距离装备表

距离 \ 装备	普通水枪	泡沫灭火
10		○
25		○
28	○	
100	○	

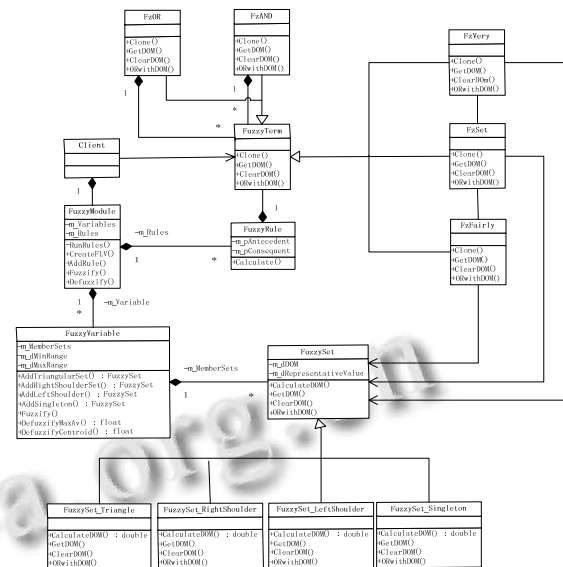


图 7 FuzzyModule 的类设计

4 结语

在对智能体的设计中引入模糊逻辑, 会让演练系统中角色的表现更加真实生动, 提升模拟演练的整体效果. 另外通过建立合理的模糊规则可以将复杂的控制问题控制在一个计算开销可以接受的程度.

参考文献

- 1 靳学胜, 袁狄平. 大型石化储罐库区消防虚拟训练仿真系统研究. 消防科学与技术, 2009, 11: 61-64.
- 2 熊璐. 国民经济动员仿真演练系统的任务分配研究[学位论文]. 武汉: 华中科技大学, 2006.
- 3 孙成江, 刘林. 应急救援模拟演练系统设计与实现初探. 石油工业计算机应用, 2010, 9: 24-26.
- 4 朱钥, 李琦, 余铁桥. 基于复杂系统理论的应急模拟演练平台研究. 计算机应用研究, 2011, 1: 56-58.
- 5 Li YF, Musilek P, Wyard-Scott L. Fuzzy logic in agent-based game design. Proc. of the 2004 Annual Meeting of the North American Fuzzy Information Processing Society. 2004. 734-739.
- 6 裴道武. 关于模糊逻辑与模糊推理逻辑基础问题的十年研究综述. 工程数学学报, 2004, 4: 32-34.
- 7 石辛民, 郝整清. 模糊控制及其 MATLAB 仿真. 北京: 清华大学出版社, 北京交通大学出版社. 2008, 3: 42-68.
- 8 陈臣, 王斌. 研磨设计模式. 北京: 清华大学出版社. 2011, 1: 456-472.