武汉理工大学

硕士学位论文

# 基于粒计算的人工智能反射操作模拟

姓名：潘佳伟

申请学位级别：硕士

专业：计算机科学与技术

指导教师：钟珞

201105

# 摘要

粒计算由 L.A.Zadeh 在 1997 年第一次提出后，即受到世界广泛关注，粒度计算被认为是一种看待客观世界的世界观与方法论，从某方面考虑粒计算也是一种模仿人类从不同粒层看待问题，处理模糊信息的理论，那就与人工智能密切相关，特别是强人工智能。

通过对粒计算过去研究成果的学习，发现在现有粒计算的模型中，对粒的描述都是对象实体的静态粒。本文则提出了粒的动态表示结构，即粒本身是一种行为操作，我们把这种操作称为反射操作。

本文首先讨论了粒计算的研究现状与主要理论和模型，并介绍了人类智能模拟的基本思想包括人类智能的各种机制和人类智能的特点。在综合分析人类智能的各种复杂功能机制—如感情、意识、思维等等—产生的过程，发现他们由某些最基本的操作涌现而成的如“反射操作”。论文重点研究了“反射操作”的模拟。本文以“反射操作”作为人工智能模拟实例，讨论了这一操作的思路，通过计算机模拟其过程，并较为详细的描述其编程方法、实现流程以及其还存在的问题。最后，本文在粒度思想的基础上，结合此种操作产生结构的性质解释了粒度计算思想形成的本质，即人如何做到能从极不同的粒度世界上观察和分析同一事物，并且能在不同粒度世界中可以来回转换自如，不受限制。论文主要为人类智能的模拟提供一定的思路。

关键字：粒度计算 ，强人工智能 ，反射操作，人类智能

# Abstract

Granular Computing attracted world-wide attention, especially by Chinese academician, when it was originally introduced by L.A.Zadeh on 1997. During these years, there were a large amount of scientific papers published by our researcher. Granular Computing was considered as a methodology which used to watch the objective world; therefore, it must has the relationship with mathematics. In addition, Granular Computing is also a theory which imitate human's character to analyse different problems from different Granular hierarchy and did fuzzy information processing. It also has the relationship with artificial intelligence.

Through the research on the past Granular Computing achievements, we found that the description of the granule was always on the basis of the object and static granule in the Granular Computing model. A dynamic granular structure is proposed in this paper. The granule is considered as an action called the reflect action.

At first, this paper discusses the research situation of Granular Computing and its major theoretical model. Then it introduced the tool of the theories model and described basic ideology of human intelligence simulation, including "what is the intelligence?"、human intelligence's function and characteristic. Secondly, this paper pointed out human's diversified and complex function, for example reins、consciousness、thought and so on. They are "reflect action" which are made up by only several basic functions. At chapter four, the whole "reflect action" panorama will be given and then we simulate the process by computer. The article describes programming method in a particular way and shows up all problems on it. At the end of the chapter four, combining with the action and Granular Computing's ideology, we explained the essence of human's mind on Granular Computing which is why people can observe and analyze one thing from different granular worlds and switch back and forth among these worlds.

The last part of the thesis analyzes disadvantages of the scheme and prospects the further study.

**Key words:** Granular Computing, Strong AI, reflection action, human intelligence

# 第1章 引言

## 1.1 问题从何而来

人工智能技术[1-3]诞生于20世纪50年代，经过几十年的发展已经成为目前最热门科学技术。其技术也逐渐被分为两大类：一、以减轻人类脑力和体力，进一步提高生产力为目的的智能工具与技术。智能控制系统、专家系统等智能系统，它具备了类似甚至超过人类智力的行为，像感热、感光、有限自主决策等，但其本身并不具有思维意识，这都被称为弱人工智能，仅仅是对人类行为简单而有限的模仿。二、以发现人类智能之源为目的去构造能思考、有感情和意识的智能形式，这被称为强人工智能[4-5]，本文后面主要以强人工智能为目的去讨论。

在对粒度计算[6-10]的学习中了解到—人类智能的特点：能从极不同的粒度世界上观察和分析同一事物，并且能在不同粒度世界中可以来回转换自如，不受限制。人们是如何做到的？这将成为粒度计算思想形成的本质，也是人类智能形式结构的基础，即以粒度概念为基础的人工智能模拟研究，也是本文的研究的出发点。

## 1.2 粒度计算以及人工智能的国内外研究现状

### 1.2.1 粒计算研究现状

在各类关于粒计算的参考资料当中都有提到——人类智能在求解问题时，即可以是先从对问题整体进行观察和分析，而后再逐次渐进地去分析其他各个部分的情况;亦可以先从问题的不同部分开始去侧面的了解进而对整体进行分析，然后把分析结果综合起来研究讨论;或者也可以将上述两种方法的结合，即在从各个侧面去对问题进行分析的同时，也可以从整体对问题去分析，在遇到不了解的部分就在整体与部分间转换着去分析问题。总的来说即是对于同一问题，我们通过在对其整体与结构中的不断重复分析、挖掘，从而对问题的整体面貌有了更深层的理解。

粒计算的所有研究都从波兰学者 Pawlak 的一个假设开始:人类的智能(知识)就是一种对信息分类的能力。这个假设可能不是很精确，但是却非常精练。之后 Pawlak 在此基础上把知识与集合论结合起来，而经典的粗糙集合[11-16]理论也就此诞生了。

1996 年，T.Y.Lin 教授当时正在加利福尼亚大学伯克利分校里 Zadeh 的重点实验室里做客座教授，期间他把“Granular Computing”课题的研究拿给 Zadeh 看（而当时 Zadeh 也有类似的研究，称为“Granular Mathematies”），Zadeh 立刻认可了，并将其缩写成 Grc。此后该领域便引来了众多的学者去研究。

如今，粒度计算理论下的三种不同形式的粒计算模型包括——Zadeh 创立的模糊集合理论[17-23]、Pawlak 提出的粗糙集合理论以及我国学者张钱，张铃独立提出的商空间理论[24-27]。

Zadeh 曾在自己的文章中详细的讨论过信息的模糊性与知识粒度的理论，并且认为粒度计算是一门覆盖性很高的学科，它不仅覆盖了所有与粒度有关的数学理论方法、技术工具等，同时也涵盖人类认识世界的哲学观与思想观。这其实也侧面反映了粒度计算研究的艰巨性与困难，因为我们必须充分研究各个不同领域学科，以求发现它们当中的共性，还必须充分发掘人类自身思维特性，只有充分表现人类的认识方法，才是粒计算研究的本质目的。目前对于粒计算的研究还停留在对已有方法模型的的研究与讨论上，但是我们更希望将粒计算作为一门独立的学科进行研究下去，建立一套完善的形式化方法去分析、求解实际中的问题。

### 1.2.2 人工智能研究现状

《智能简史——谁会代替人类成为主导物种》——雨果·德·加里斯，现任美国犹他州立大学计算机教授，2007 年出版此书，他在书中层次分明的表达了对人工智能的未来的观点，对于不同阵营里对待机器人的或积极或消极的态度都加以分析与讨论 ，从而让读者们知道人工智能究竟是什么，它能给人类的未来带来什么。从作者的观点来看，人工智能正在不断发展与进化，在给人们带来方便的同时也带来了许多问题，诸如社会问题、军事问题、以及宗教问题等等。可作者也肯定了人工智能，他认为从宇宙发展的规律上看，人工智能有着比人类更强的适应能力。

《剑桥五重奏——机器能思考吗》——2006 年由约翰·卡斯蒂（John.L.Casti）（美国圣菲研究所）出版。书中围绕着一个论点——“机器能思考吗？”进行了详细而深入的探讨。书中出现的人物包括有著名数学家、计算机图灵机鼻祖阿兰·图灵、量子物理学家欧文·薛定谔、物理学家 C.P.斯诺、遗传学家 J.B.霍尔丹 以及语言哲学家路德维格·维特根斯坦这 5 位世界级的科学家。作者阐述了自己的观点，认为让机器去“思考”的可能性很高，但存在着哲学、生物学和道德上的阻碍。

《关于神经网络模拟的哲学思考》——由浙江师范大学教授洪伟在 2007 年发表的文章。文中认为以如今的技术水平仅仅能模拟人脑中的简单功能行为，而模拟人类智能的高级行为，如意识、情感等仍相当困难，所以仍需要进一步分析人工神经网络的模拟对象。文章还就哲学角度去讨论了人类的学习、情感、智能等方面。

《论人工智能与自然智能的关系》——由四川大学的研究员蔡兵在 2007 年发表的文章。文中人工智能具有局限性，人工智能智能模拟自然的客观行为，却不能模拟主观能动性，它只有在与自然智能的配合下才可以起作用，最终得出了人类智能不可取代的结论。

《论人工智能与人类智能的关系》——由广西师范大学研究员刘钊在 2007 年发表的文章。文中较详细的分析了人类智能与人工智能的联系与区别，也给出了人工制造的智能只可能接近人类智能，却永远无法超越人类智能，最后得出了人类智能与人工智能的关系只能是模拟与被模拟、支配与被支配、使用与被使用的的关系。

《人工智能与智能进化》——由湛江师范学院教授郝宁湘、山西大学教授郭贵春在 2006 年发表的文章。文中提出人工智能的最大目的即是发现人类智能本身的形式，理解了人类智能形式将对人类发展与智能进化产生深远的影响。文章最后认为未来发展的结果可能是人类与机器的的共存，机器即具有高级智能形式，亦不会对人类造成威胁。

《人工智能的哲学反思》——由北京师范大学王丽慧于 2007 年发表的文章。文中提及了人工生命、半机器人的研究。并认为人工生命将是人类生命与能力的延伸，同时人工生命的出现也将挑战传统的道德观。

《人工智能技术及其哲学思考》——由武汉科技学院讲师张智明在 2007 年发表的文章。文中提出人工智能思想与人类认识论的交叉研究，认为人工智能将会是认识论的扩展和延伸，最后，表示人工智能具有划时代的意义，以及将会对人类社会作出的巨大贡献等。

从上文提供的资料来看，国内外学者们对人工智能的研究大部分都持肯定态度，认为其发展对人类有着重要的意义，但是也表明了其发展过程中将充满困难与挑战。也有一些观点认为人工智能具有局限性，其能力永远达不到人类智能的高度，和人类智能的关系智能是主从、被动的关系。

## 1.3 本文的组织结构

（1）第 1 章：引言

介绍了本文的主要研究背景与方法，简单介绍粒计算与人工智能在国内外发展的现状。

（2）第 2 章：粒度计算基础

简要介绍粒度计算由来和粒计算下现有的数学模型如粗糙集合理论、模糊集合理论、商空间理论的定义与应用。也对若干个公认的粒计算未来研究方向作简要说明。

（3）第 3 章：人工智能模拟思想

主要以强人工智能为目的介绍人类智能的特点与人类智能模拟实现的构思。

（4）第 4 章：基于粒计算的人工智能模拟数据结构与算法

以粒度计算思想为基础、发现人类意识产生为目的构造一种新的数据结构，以及在这种数据结构上的算法。并以计算机模拟实现基本操作。

（5）第 5 章：总结与展望

指出本文思想技术不够成熟的地方，以及对未来工作的研究

# 第 2 章 粒度计算基础

## 2.1 问题的提出

对于粒计算的介绍我们从为什么要研究粒计算说起，为什么要研究粒计算呢？在《粒计算：过去、现在、未来》一书中提到其中一个主要目的是——一致性，在充满各种不同结构与层次的世界中，人类拥有能将整体粒化、将组织合成、推理的认知能力，却没有一种理论是将此能力形式化的表示出来，粒计算思想则提供系统的、完整的思维模式去描述这种在万千世界中不断变化的认知能力。由此可见粒计算的思想结构与人们的思维模式和智能形式是一致的，所以本文在对人类最根本智力来源的发现研究中粒计算（一致性）可以说是最基础的思想，这在后面会详细说明。

## 2.2 粒的概念

在粒计算现有的研究与发现中还没有对基本粒有一个确切的定义，我们可以把它理解成在统一研究域中最小的、不必再细分的最基本的粒，在宏观物理学中，原子是最基本的粒（在核物理学里，原子被认为是复杂系统）。在天文学中，星球可以是最基本的粒。生物学里细胞也是最基本的粒。

在本文的研究中认为不存在物理形式的最基本粒，地球、人都是脑部结构中的一个符号表示，这也是为什么人可以在复杂的、不同的粒度世界中自由变换的原因。

在数学中，粒就是被研究问题的一个子集，粒度就是表示这个集合的一种度量，也可以是一个粒。对象是一个系统，粒就是系统中的模块。对象是一个计划，粒就是子计划。假如给定一个研究对象 A，和一种粒化规则，A 就可以被分成 n 个部分，这 n 个部分就是子对象，再按照规则细分下去就可以对应一个 m 层的结构树如图 1 所示：

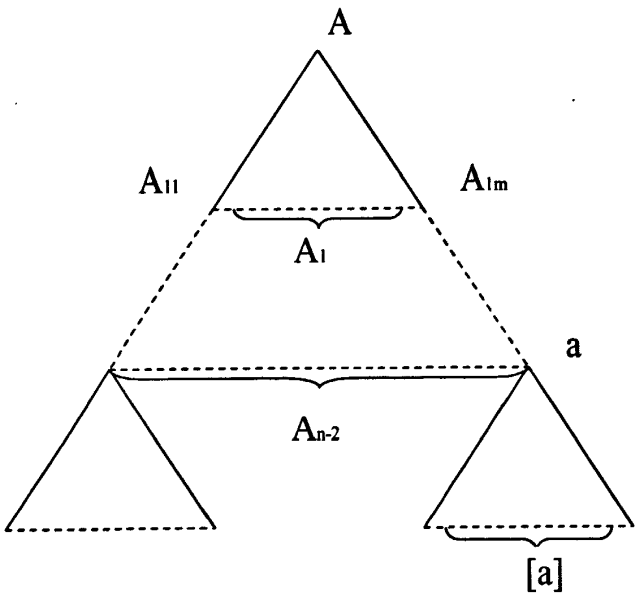


图 1　一种简单的粒层就构图

以上是一种最简单的粒层结构图，其中 A 是粒层上的节点，Ai 表示第 i 层上节点的集合。它只在一种规则下不断细分，因此其性质也很容易找到。而现实中出现的划分规则及其属性可能很多，所构成的结构也就相当复杂。

再举一个稍复杂的例子：

例 2.1 设 X={a，b，c，d}，基于某几种知识划分，其层次图如图 2.所示

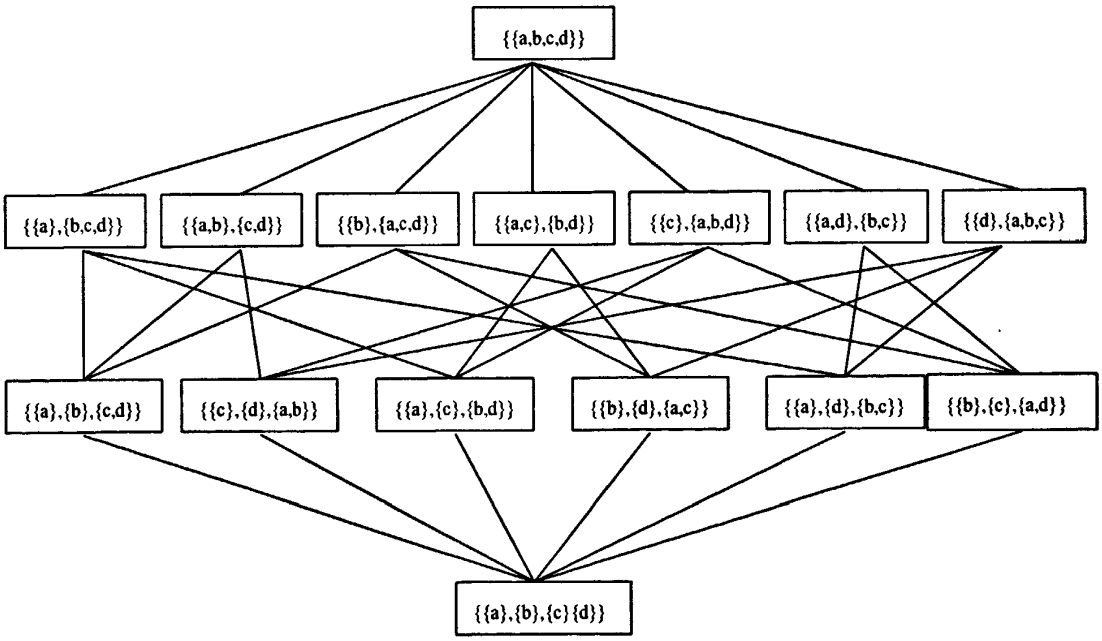


图 2　X 的结构层次图

依图可以看到由不同知识划分时也会有路径的重合，表示知识的某种联系。粒计算说的研究即是为了找到这种联系并以形式化方式去表示它。

## 2.3 粒计算的三种重要模型

粒计算下所涵盖的理论模型主要有模糊集（Fuzzy 集）、粗糙集（Rough 集）、商空间理论、理论与区间分析、概率论等。不过这些已有理论都是独立发展起来的，彼此之间没有明确的联系。粒计算被提出后，有人将它比作一把大伞，它覆盖了所有有关粒度的理论、方法、技术与研究工具等。

### 2.3.1 模糊数学

在过去的一段时间里，人们在数学应用研究上总是回避着客观世界存在着的大量模糊事物的问题，但是随着处理的信息量越来越大，对事物的认识越来越丰富，这个问题已经避无可避，于是模糊数学应运而生。

模糊数学[28-33]是针对客观世界中存在着的模糊性事物所提出的信息处理工具，其实质是精确地表达出模糊事物的模型，表达的数值与模糊事物的映射我们称之为隶属度函数（多由专家给出），其数学模型被认为是描述人脑思维处理模糊信息的有力工具。

模糊集理论在 1965 年由著名学者 Zadeh 第一次提出，以“隶属度”这个概念表现事物的模糊性，从而突破早起集合论中的属于与不属于的绝对关系。经过几十年研究，模糊数学已发展成一派独立的数学分支，其主研究主要在三个方面：一、模糊数学的理论研究，以及与精确数学之间的关系。二、模糊语言即词计算和模糊逻辑。三、模糊数学的应用。其成熟的理论框架结构已经作为经典理论被学习，并广泛应用于自动控制、知识发现、数据挖掘、模糊聚类分析、模糊决策以及与其他理论的交叉使用等。模糊数学出诞生到目前为止虽然只有区区数十年历史，但它却以惊人的速度发展并突破其理论而被应用于工程中。模糊数学涉及面之广来源于客观世界存在着模糊性，理论上它与应用数学、精确数学、统计学、自然科学、人类学、管理学等有着交叉研究；应用上，在自动控制、人工智能、信息处理、图象识别、自动控制、经济学、人类行为学、语言学、管理科

学、医疗诊断、哲学研究等领域都有着广泛应用。模糊数学以及粗糙集理论多被应用于专家系统中，作用是挖掘海量数据中的知识，建成知识库（即所谓决策技术）。我们知道现实世界中其实存在着大量的不完备信息，不论是属性条件，还是目标结果都存在着模糊性。因此，运用此技术，更符合人类处理问题的客观事实。

在模糊数学领域的研究上，我国虽然在起跑线上落后于如美、英、法等数学强国，但随着越来越多的中国学者开始关注模糊数学，自 1976 年至今，我国已经取得了相当不错的成绩。1980 年中国第一个模糊数学协会成立，1981 年-1987 年多本与模糊数学相关杂志的出版，期间还有大量有关模糊集合理论的文献，著作等问世。1988 年，我国第一台模糊推理机——分立元件样机由汪培庄教授带领手下博士团队开发成功，其推理速度可达一千五百万次每秒。奠定了中国在世界模糊数学研究领域的中心地位。

2005 年中国学者在模糊数学领域取得了令人咋舌的成绩，首先我国四川大学刘应明院士通过了国际模糊协会（IFSA）的严格评审，获得了“FuzzyFellow”奖项，“FuzzyFellow”奖是国际上公认的模糊数学领域上的最高奖项，此奖仅授予在模糊数学领域里做出卓越贡献的人。

这些成绩证明了我们中国不仅从古时候开始便是数学强国，在经历了历史重创后，其复苏趋势仍势不可挡。

1979 年 Zadeh 提出了模糊信息粒度的概念，于是正式把模糊数学纳入粒计算理论的门下，成为日后学术界研究粒度计算的重要模型之一。1997 年，Zadeh 又将模糊信息粒度概念扩展成“词计算理论”。

### 2.3.2 粗糙集

粗糙集[34-44]（Rough set）是波兰学者 Z.Pawlak 在八十年代初为处理不确定信息、分析不完备数据而提出的又一理论工具，由于某种原因，它曾经被埋没了一阵，而到八十年后期，粗糙集理论才开始引起科学家们的重视。至今，各种与粗糙集相关的会议仍在全世界召开，而且现代互联网技术，也正在加速其数学理论的交流与发展。

由于粗糙集具有不需要任何先验知识，即不需要预先准备任何额外的相关数

据这种特点使得它可以与模糊集合理论形成互补，粗糙集着重于信息的分类，模糊集则强调集合本身的混合性。因此在直接对数据进行处理，挖掘隐含知识和规律上粗糙集发挥了无穷潜力。粗糙集理论本身能有效处理以下问题：

1.不确定知识或者不精确知识的表达

2.从实际数据中获取知识

3.不一致信息的分析处理

4.不确定或不完整的知识的推理

5.在保持信息的前提下对数据进行约简

6.近似模式分类

7.评估和识别数据间的依赖关系

粗糙集合理论目前主要研究分为：理论、应用和算法这三个方面。

理论上，其研究方向主要表现在粗糙集的数学性质上，针对信息的不完备性，从而讨论了粗糙集的代数空间表示方法、拓扑学描述结构、逻辑结构以及粗糙集的收敛性问题等。随着理论不断的完善与创新，其研究也越来越倾向于结合其他的经典方法，如模糊集、神经网络和其他一些智能算法。即可以与粗糙集理论的局限性形成互补，又产生许多新的数学理论。

应用上，越来越多粗糙集拓广的模型，如可变精度粗糙集模型，连续属性离散化模型，模糊粗糙与粗糙模糊集模型等都被应用于处理不完备信息系统中去，像是医用诊疗系统、股票交易系统、自动控制系统、军用民用预警系统、工业故障预测系统等等。其在各种领域中的广泛应用都证明了粗糙集合理论的有效性与商业价值。

算法上，一个方面是基于本身的属性约简算法与规则提取启发式算法研究，另一个方面结合其他智能算法的研究，如与人工神经网络的方法结合中，在对数据预处理的过程中使用粗糙集理论，从而提高了整体算法的速度。与模糊集理论的结合则起到了互补作用，在国内外研究成果中都有着不俗的成绩。

### 2.3.3 商空间理论

商空间理论是由我国学者张钹和张铃两位教授基于问题求解方法论而独立提出的粒度计算理论，与模糊集与粗糙集侧重表示粒度世界中粒的刻划不同，商空间理论则是注重在粒与粒、粒层与粒层之间的关系结构，重点研究不同粒度世界中的相互转换，相互依存的关系。

商空间理论模型把问题用一个三元组（U，f，S）表示，U 为论域，即被讨论问题的所有对象，f 为论域上的属性，有 f：U→Y，Y 可以有结构也可以是一般的集合，S 是论语的结构，它表示论语种对象之间的关系。求解问题就是对 f 和 S 进行分析和研究，可以把论域 U 划分得到商集[U]，再研究[U]，[U]被称为“更细”或“更粗”的粒度。

商空间理论和粗糙集一样，都是用等价关系来划分粒，其实在特定条件下，我们可以说粗糙集是商空间的超集，商空间是粗糙集的子集。不同的是粗糙集注重在粒的本身，而商空间着重的是结构，空间的上的关系。正是因为这种不同，我们把商空间理论作为一门独立的形式化体系来研究。商空间理论中的“保真原理”和“保假原理”使得我们在问题求解过程中，能将问题放到“更大”或“更小”的空间中加以分析与讨论，简化问题求解的难度，其原理的拓展已经在实践中得到证实，并且在诸如图像处理、运动规划、路径规划、时间规划、统计启发式搜索等相关应用上取得了较大的突破。

## 2.4 粒计算的新思路

上面简单介绍粒度计算中的三种重要模型工具，虽然这些工具都已经十分成熟，并在各个领域都有着广泛的实际应用，但是粒计算本身却仍有许多尚待解决的问题。

### 2.4.1 粒计算研究方向

（1）粒度的新模型引入

目前粒计算下已有的数学模型有模糊数学、粗糙集理论、商空间理论、区间分析理论等。虽然多样的理论方法给于“粒”多种不同表示，从而增加了问题求解的难度，但是为了完善统一粒计算的理论框架，新的知识发现、未知领域的探

索将是未来研究过程必经步骤，也是一项挑战。

（2）粒计算的哲学思想

其哲学研究是基于粒结构的思维方式，如如何定义粒、层次和结构与关系，如何描述它的关联和变换，如何使它的功能最大化，这些定义虽然是抽象的，但是他的思维表象是其方法论与计算模式的前提与保障。

（3） 粒计算的计算模式

粒计算的算法设计是粒计算模型的核心部分，尽管粒计算下的大部分模型在各自的领域所设计的算法都在应用上取得了成功，但这些算法缺乏通用性，即只能针对特定的、单一的问题，而没有粒计算的一套成熟的算法体系。这也是我们有待解决的问题，毕竟理论最后必须经过实践的考验才能算是成功。

（4）现有模型融合研究

粒计算下的已有模型虽然成熟，但仍存在着无法突破的“瓶颈”，比如粗糙集，在知识的表示尚过度依赖论域上的关系，缺少解决实际问题的运算方法体系；缺少基本粒的有效解释；缺少构建粒与粒之间的关系结构的方法，等等问题。因此如何与其它方法模型（模糊集合、商空间模型等）之间构筑起有效地、互利的“桥梁”，也将是日后研究的一大方向。

（5）粒计算与人工智能

与人工智能携手发展，进一步了解人类智能的起源，取决于如何定义类似于人脑中的信息处理基本单位的结构，如何找到合适的粒度在分解合成操作上足以描述现实世界，这不仅是其他学者研究的方向，也是本文将要讨论的方向。

（6）粒计算的优势

粒计算有哪些优势，诸如降低求解问题成本、灵活性、鲁棒性、通用性、可扩展性等都将成为我们研究中需要考虑的问题，只有确立其理论的优越性，以构建一套统一的、更加有效的、可处理更为复杂模糊信息的理论工具为目的，才是我们继续研究的动力。

（7）粒计算与精确计算的关系

在模糊数学与粗糙集的研究工作上，与精确计算的关系一直都学者们功课上的日程。基于精确计算的分类、聚类方法，集合论、概率论、数理统计等都有很好的成果，并建成了完善的理论体系，目前的对不完备、不确定信息的处理方法

与之类比有着重要的指导作用，前者可以提供更科学、有效、合理、精确地建议与方向。粒度计算理论作为一个处理模糊信息的理论框架模型继续研究与前者的关系也是研究者的必做功课。

### 2.4.2 一种新的粒描述方式

目前所有在粒计算的研究上，粒的划分都是依据问题对象本身或其属性来划分的，其主要形式是集合或值的形式，如粗糙集和模糊集上对粒的划分。而其粒的本质是问题本身及其属性的实体划分。本文将要讨论的是一种粒子操作，其所有问题和问题对象都可由此操作建立联系，而所有的问题、概念等都可由此种联系形成的复杂结构所表示，从人摆脱人们对实体粒有粗有细的直观映像。如果我们形象的将之前的粒比喻成一个名词的话，那么现在将讨论的粒则是一个动词。

## 2.5 本章小结

本章通过对粒计算基础概念的描述和讨论，建立粒计算与人工智能的联系，并在粒计算中粒的静态描述方式上添加了动态粒的思想，为后文即将讨论的强人工智能关键操作—反射操作打下基础。

# 第3章 人工智能模拟思想

## 3.1 强人工智能

我们把模拟人类自主思考、有感情、有意识的人工智能研究称之为强人工智能。其实早在17世纪，英国科学家就萌生出机器智能的想法，200年间，不断有成果产生，如英国科学家巴贝尔的第一台“计算机器”、数学家图灵的著名的“图灵机模型”、1943年美国科学家卡洛克和皮茨设计出第一个神经网络模型等等，但是由于计算机硬件技术未能跟上脚步，研究一直无法取得实质进展，直到1946年电子计算机的问世，人工智能就此开始大跨步前进。

上个世纪70年代，人们突破了符号和逻辑的理论研究阶段，第一次使用了知识库的概念，利用表示可信度的方法表示先验知识与数据来处理不确定信息并作出决策与推理，此种概念为专家系统奠定了坚实的的基础并取得了卓越的成绩，PROSPECTOR地质勘探专家系统、XCON计算机配置专家系统、MACSYMA数学专家系统、MYCIN 诊断和治疗细菌感染性血液疾病的专家咨询系统、CASNET诊断和治疗青光眼的专家咨询系统、CADUCEUS医疗咨询系统等，这些系统都以证明在各自的领域上足以与同类专家匹敌，也证明了人工智能发展的经济价值，从而从理论转向应用。

随着计算机技术不断发展，作为一门综合性很强的学科——人工智能不仅被应用与特定的领域或大型系统上，它也逐渐渗透到我们的日常生活当中小到普通的计时、感热、报警，大到自动控制、公共场所的预警系统还有就是我们经常使用的搜索引擎等等。

这些应用越是超过人们的预期就越是激发研究者们对我们人类大脑本身的兴趣，机器已经到了如此程度，还离人类有多远呢？究竟人类的智能又是如何产生的呢？人脑还有多少潜力可挖？一种自我发掘的欲望激发着研究者们对强人工智能的浓厚兴趣。

2009 年，日本本田（Honda）、国际电气通信基础技术研究所（ATR）和岛津制作所（Simazu）联合研制了 Asimo 系列的最新智能机，它能探知人的脑电波并解读出来。比如受测者看着某张图片的内容后，想象刚才看到的图像，Asimo

就能从受测者的脑电波中读出其想象的内容，并作出类似反应。在公开测试中，将带有特定内容的卡片展示给被测试者，测试者脑中想象卡片内容，通过侦测头盔将大脑中的信息传递出来，一旁的机器人就能准确地将卡片内容付之于相应的动作。

2010 年，英特尔（Inter）公司发布了一款能“读心”的软件。工作人员解释说，此种最新技术的原理是利用核磁共振对人脑部进行扫描，当人脑在进行思维活动时，其受刺激的部位会做出相应的反应，受测者的不同想法会刺激大脑的不同部位，软件会对机器的扫描结果产生的数据进行分析，就可以“读”出受测者正在想什么。结果显示当人们思考着截然不同的东西时，如“植物”和“动物”，其准确度可达 90%。但当受测者思考的是相近的事物时，如“狮子”和“狗熊”（可能都是毛茸茸的），其结果则不太理想。此种技术还不成熟，对人的抽象思维能力还不具备分析能力。

2009 年，一项被称作“蓝脑”的计划取得突破性进展，该项目由瑞士洛桑理工学院教授 Henry Markram 博士主持，其目的是模拟哺乳动物大脑神经细胞的的活动，以探索出人类思维产生的秘密。为此亨利博士的项目组模拟创建了一个拥有一万个脑神经细胞的模型，该模型在接受测试时探测到某种类似哺乳动物“思想”的信号，这意味着这台模型可能已经具备了“意识”。接下来的工作将是继续扩大模型模拟能力，争取对更“聪明”的动物思想进行模拟。

2010 年，日本东京机器人公司制造出一个可以短时间内模仿人类行为的机器人，被模仿者是一位年轻的女性，她表示在前几十秒里，自己仿佛真的面对的是一个活生生的人。公司负责人表示，电影里的机器人可以跟人一模一样的剧情也许在未来不久就可以实现，或许人类还会和机器人谈恋爱呢。

虽然已经取得了不俗的成绩，但要搭造一个完整的模拟人工智能系统还有漫长而艰辛的道路。因为它有包括跨学科的很多东西，比如模拟意识，我们就必需知道意识是什么，意识产生的原理，意识对人类智能的作用等等。太多未知或者说未被发现的机制暂时无法被模拟出来。那我们如何继续下面的讨论呢？仔细思考人们的思维过程，发现其实无需对人类那么多复杂的机制去实现模拟，我们认为智能的形成是建立在有限而且简单的基本操作上，人类在感觉机制下不断接受外界大量的信息，再由其基本操作重复对这些信息做处理，经过处理的信息同样

可以被当做基本信息元再由基本操作做处理，这样重复以人们不可想象的大量数据处理过程从而形成复杂的脑内结构，进而形成如意识、感情、思维这样的复杂机制。我们可以认为最初始的智能系统是一个毫无智力的婴儿（其实婴儿已经在母体里接受到环境的刺激），它只带有感觉机制、以及生存需要最低的功能系统，还有就是最“基本操作”（后面我们把这种操作称为“反射操作”）以及由特殊结构与基本操作所形成自学习能力，在我们所定制的环境下经由一段时间逐次提升等级（也就是智力），慢慢形成完整的智能系统。而本文将要讨论的就是所谓的基本操作是什么，它有着什么样的结构，它为什么能产生自学习能力还有就是它与粒计算的关系。

## 3.2 人类智能模拟

在我们对主要问题进行讨论与研究之前，我们先说说人类智能模拟的一些认识和智能模拟系统的大体框架。

### 3.2.1 什么是智能

智能是处理大量信息的特殊的复杂的系统，而本文所说的智能的特殊是指对信息的处理时不基于任何目的性的行为，仅仅是类似于反射的对信息进行接收。它的大致流程如下图 3：

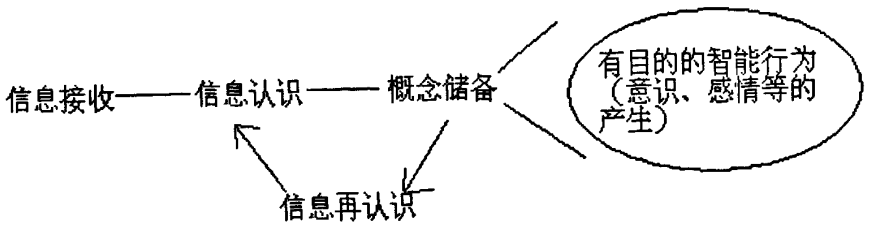


图 3 大脑信息处理简图

有人说智能是“处理信息动能”，我认为不对，在复杂智能行为产生前的一切智能活动都是无目的的或者说是自然产生的规律，就像“水往低处流”一样。上述过程并不是同时顺序的完成的，它们是并行处理并相互衔接产生特殊的信息

处理结构去共同完成任务。

**1.信息接收** 即是生物的感觉机制，就是人们感官感觉，包括视觉、听觉、嗅觉、触觉、味觉，它有界面信号转变（也叫做信息编码转变），信息区分（包括识别和不识别），信息内部传导等几部分组成。

其中，信息区分部分最为复杂。识别是大多数人知道的，也是计算机领域研究的热门话题。不识别几乎是大多数人不注意的。

智能系统并不能识别所有信息，对于不识别信息，智能系统要转入一种学习状态。学习对不能识别信息的识别。这种状态叫做识别学习状态。智能系统有很多种学习状态，识别学习状态是它接受信息最前沿的的学习状态。

**2.信息认识** 智能对信息的处理与其它信息处理方式最本质的区别在于：它在处理信息时具有对信息认识的能力。

认识是一个过程。它是对信息分类、整理、找出相互关系、并能够通过抽象进行简化信息编码的过程。

认识的结果就是产生知识。知识也是一种信息。但是它是智能系统特有的信息。任何非智能系统都不具有知识。

但是知识是一种特殊的信息，它最主要的作用是影响智能系统的行为。而且还可以交流、传递。

不能产生知识的系统，也不是一个好的智能系统。弱人工智能系统中那些仅仅会使用知识，而不能产生知识的系统，就不是好的智能系统。

**3.概念储备** 这里使用的词汇是“储备”而不是储存。存储仅仅有保存的含义。储备则具有保存下来已备使用的含义。

智能系统产生的知识并不用来输出。而是保存起来。但是仅仅保存对智能系统毫无意义。因此智能系统要经常检索（查阅）这些知识，挑选出对行为有用的知识影响行为。

**4.知识影响行为** 很多计算机理论、人工智能理论，把这个工作叫得太神圣，例如叫做决策。

把低级动物智能考虑进智能概念中以后，还是用分量较轻的“知识影响行为”更合适。

决策是高级智能的一种比较复杂操作。用它描述“知识影响行为”会使问题复

杂化。

知识影响行为，其过程有时会简单的多，它会比无智能的“刺激——反应”仅多一个“调用知识”阶段。即采用如下公式： 刺激——调用知识——行为

就可以完成一个“知识影响行为”操作。它显然比“决策”简单的多。

### 3.2.2 人类的智能特点

虽然人是目前所知的最高智能生物，但人毕竟不是唯一的智能生物，所以我们再来看看人类的智能特点：

**1.地球上最聪明的生物——人**

人类是目前所知地球上最高级的智能生物，尽管许多生物都具有智能，但无疑它们都比人类要低级，我也不怀疑宇宙间存在着比人类聪明，拥有更高智能形式的生命体，但我们对此一无所知，也就无法想象其形态，科幻电影里那些高智能生物不过是人类自我想象的延伸，并不是高级智能的真正形态。

**2.人的自我意识性**

科学家们普遍认为，自我意识是人区别于其他低等智能生物——更不用提目前人工智能形式——的首要特征，许多生物也进化出意识来（人工智能机还没有意识），但是却没达到自我意识的高度，也就是它们知道“你“、“他”，却不知道“我”。这很难想象，但确实是被科学家们和哲学家们证实过的，无法知道“我”，也就只能凭借本能生存，没有目标性、自我监督等等，可以说自我意识是人类智能结构自组织过程中产生的高于意识的形态，也是强人工智能研究的最终目标。

**3.人的情感**

人类有着不同于动物的特殊情感系统，它具有多种足以影响行为的特有感情模式，如爱慕、嫉妒、恨、上进心、失望、颓废等，有人认为这是人类智能产生过程中的副产品，但不可否认的是它是高级智能系统完成的标志。

**4.人类的思维特性**

思维是人类思想的核心，可以说是人类发明创造、理论得出的推进源动力，也是区别人类之间智力与能力高低的智能发展最高产物。

**5.图灵测试**

人工智能鼻祖阿兰图灵提出的检测机器是否具有人类智能的方法，我们称之

为——图灵测试，我们不否定这位著名学者对人工智能做出的贡献，把图灵测试标准也认为是人类智能特点之一。

### 3.2.3 人类智能模拟

在上文讨论完人类智能的特点后，我们大致可以看出我们需要模拟的一些特性。

我们知道人工智能的模拟属于大量并行计算的系统，以目前条件要想在硬件上模拟天文数字的神经元是不可能的，我们只有在串行的计算机上去模拟并行程序。

根据上文的讨论我们可以把人类智能分为这么几个模块：感觉、行为活动、情感、记忆、思维、语言、意识、本能等如图 4 所示

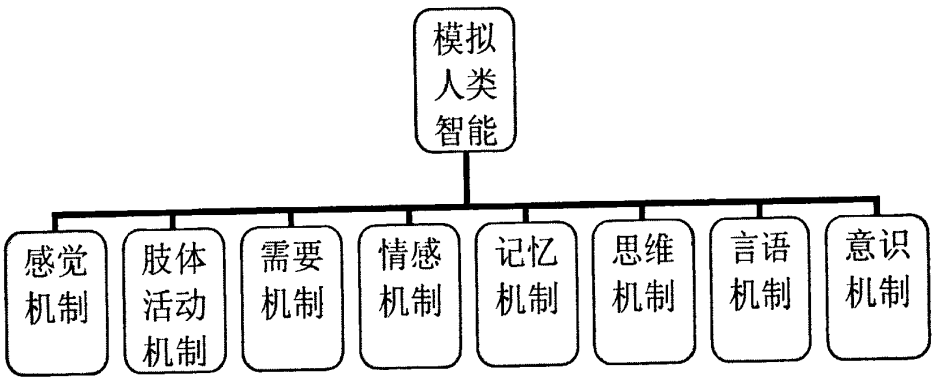


图 4　人类智能模拟结构图

上面是智能模拟后的几个主要模块，现在还并不完整，但足以表示一个较为完整的智能系统。还想强调的是，之前所说的并行计算模式并不仅仅指这些模块间的并行，而是以亿为单位的整个脑内神经元的并行，所以以上机制只是区分不同功能。

上图所示还并不是最初始的智能模拟，最初的模拟系统只包括几个简单的模块，这些都是人类先天所具备功能操作，后来复杂的功能如感情、思维、语言都是由自学习、自组织结构而来的。而最初始的几个状态大致有：感觉、行为、需要、本能如下图 5 所示：

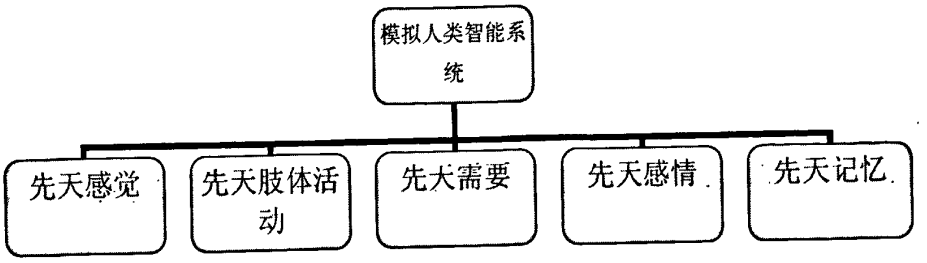


图 5 人类先天智能图

这里说两个不好理解的模块。

**感觉** 感觉分为三种：内部感觉、外部感觉、意识感觉如图 6 所示。

内部感觉主要是对内部各个硬件设备的状况感觉，它类似于人类的内部痛觉、内部肿胀觉等。对于模拟意识来说，内部感觉不仅可以帮助意识检测内部设备状况，而且也促进自我感觉的形成。

外部感觉主要是视觉、听觉、触觉、运动觉、平衡觉等。在这些外部感觉中，目前人们关注的是视觉和听觉的模拟，其实对于模拟意识来说，更为重要的是模拟触觉。至于运动觉与平衡觉的模拟，倒不是很急需的。

意识感觉不是先天的感觉，它是意识生成后的产生的感觉，是意识对整体各种活动的了解。因此先天感觉机制里，没有意识感觉。

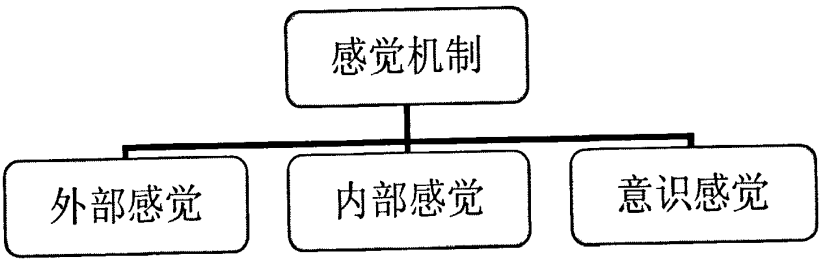


图 6 感觉机制示意图

我们可以把感觉过程分为“接受感觉信息过程”和“识别感觉信息过程”。详细地考查接受感觉信息的过程，它的过程可见附图。在图中感知器起接收刺激信息的作用，它把刺激信息转变为神经信息编码。由中间神经元起传递信息的作用，它们把信息的神经编码传递到处理部位。后面就出现了分支，这是的信息送到两个部位接受处理。图上方画得是对刺激产生反应的神经部位，下方画得是储存刺激信息的神经部位。显然下方的圆圈已经到了记忆机制的工作范围。但是讨论感觉时又不能置它于不顾。这个记忆对识别非常重要。

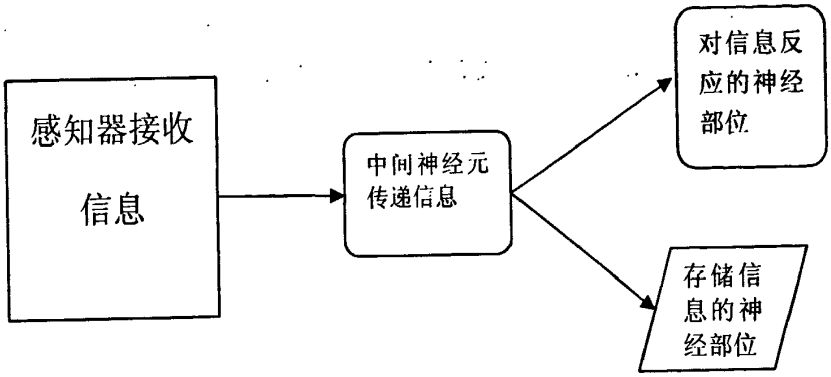


图 7 感觉信息接收过程图

下面我们来看一看识别感觉信息的过程，应该啰嗦一句的是：完整、全面地感觉识别过程是计算机科学的一个大课题，决不能用下面的简单过程代替，这里我们仅仅是先从简单的开始讨论而已。

附图里表示出感觉信息识别过程的大体步骤。 感知器接收的信息，沿感觉接受渠道（信息接收——中间神经元——存储器），调出以前的信息，感知器接收信息与存储器中的信息经过比较和确认，便实现了识别。此处我们各圆之间都只用细线连接。为了表明识别机制并不在大脑里单独存在，它们是大脑记忆的一种功能。我们单独把它画出来，只是为了清楚。 不过在编写程序时，这一部分则是需要单独编写的，因为计算机不会因为大脑的记忆具有识别功能，就会自动在自己的存储器中生长出识别功能。必须由我们编写程序来实现。

此图也可以看到编写“识别感觉信息过程”流程的大框架。

由上面的讨论中还可以看出，这里还有一个初次接受信息与多次接收信息的区别。对于初次接受的感觉信息，由于无法找到比较依据，是不能够识别的。只有经过多次接受后，才能够做出识别。因此初次接受某感觉信息的过程与多次接受感觉同一感觉信息的过程并不相同。

这个关系可以表示为： 初次接受某物体感觉信息的过程＝仅有接受感觉信息过程

多次接受某物体感觉信息后的过程＝接受感觉信息过程＋识别感觉信息过程

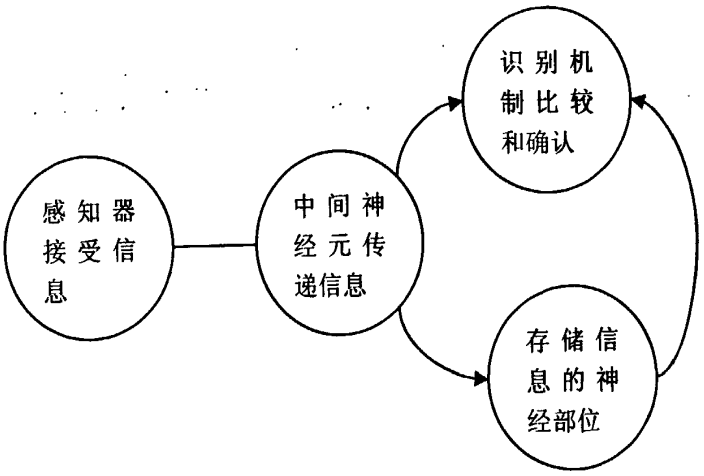


图 8　识别简图

**需要机制**

我们用一个实验来说明。托尔曼设计了一个实验，他让两组白鼠学习走迷津。迷津中设置着较复杂的道路，在其中一个地方放有食物（每次都放到同一地点）。学习的目的是让白鼠学会从迷津中迅速的找到食物。所以采用一组（即不止一只）白鼠，就是为了计算学习所需时间，取统计的结果。这两组白鼠一组是对照组，这一组从实验一开始就在迷津中放好食物。另一组是主要实验组，开始在迷津中不放食物，这样白鼠会没有奖励地在迷津中白跑。到实验中期再在迷津中放入食物，让白鼠进行找到食物的学习。

如果桑代克理论成立，奖励是学习的关键因素，那么主实验组的白鼠会因为最初没有奖励，什么也学不到，它们的学习时间等于比对照组的少。显然最后学会的时间要比对照组长（把白跑的时间也计算在内）。

然而托尔曼实验的最后结果是主实验组比对照组的学习时间要短。这说明在白跑过程中，尽管没有奖励，白鼠也在学习迷津里的道路情况。从而证明奖励不是学习的关键因素。推翻了桑代克理论。

托尔曼是认知学派的，他的解释是在白鼠最初的学习中，头脑中形成了对道路的认知地图。至于为什么形成这个地图，他认为这是白鼠本来的欲望。

需要机制理论是这样：机体发动活动（活动的驱动力）是有需要机制完成的。当机体产生需要后，便会在机体内寻找经验进行活动以实现需要，如果没有相应

经验，就会发动学习活动积累相应的经验。

## 3.3 智能模拟关键—反射操作

人类智能众多复杂的功能机制并不是天生就被“设计好”放在人的大脑里。人类大脑经过亿万年的进化（在宇宙这门学科可以被称为一种有序随机碰撞）已经形成一个智能产生的温床，它仅提供“养料”、“基本操作工具”、“本能机制”等，由人们在“学习”过程中逐渐形成完善的思维，和不同的智能行为分区。因此，人类智能形式的产生是一个随机的必然结果。

由于能力有限，本文不能对人类智能产生做一个完全揭秘，这里仅对智能产生的其中一个关键条件做了大胆假设和模拟，这就是大脑中的最基本操作，文章后面称其为“反射操作”。

反射操作具有学习性、激活性等特征，能以较简单的形式来表示复杂强人工智能的主观能动性。因此，通过“反射操作”在计算机上的模拟，以及反射操作一些性质的研究，来模拟人工智能。从粒计算的观点看，本文认识最基本粒不在是实体或属性描述的粒，而是一种最基本的操作将问题与属性间的联系。我们对事物中粒的描述与划分过程，在大脑结构中是一个检索已有概念片并发散重组的过程。对子问题的描述不再是由其属性对其细分，而是将问题与细分概念的组合，并形成新的概念或结构形式保存起来如图 9 所示，其具体实现过程就是由反射操作实现的。

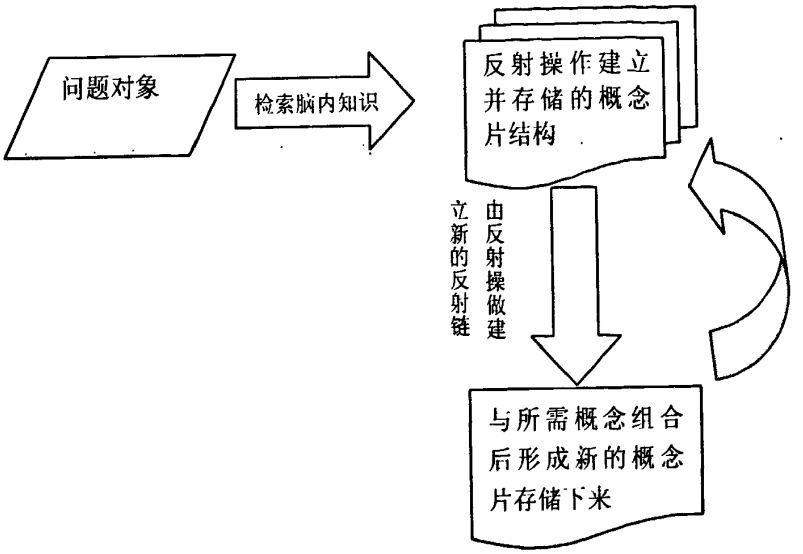


图 9 问题分析形式化模式简图

上图仅表示一个简单过程，实际工作情况是由许多这种简单过程并行处理所有问题，从而形成了复杂的结构形式，就好像普通的线条虽然简单，但是许多线条组合起来就形成了复杂的图案。这里的线条就是本文的反射操作。

## 3.4 本章小结

本章对人类智能做了简要描述，并针对人类智能的特点提出了智能模拟关键的粒子操作——反射操作。下面将详细讨论此操作。

# 第4章 基于粒计算的反射操作模拟

## 4.1 反射操作及其数据结构

### 4.1.1 反射操作的定义

当提到反射一词时，我们很容易想到巴甫洛夫实验和他的条件与非条件反射理论。巴甫洛夫定义的反射——“神经间的联系”，并认为高级神经活动是以条件发射为指标的。本文所说的反射也继承了巴甫洛夫的定义，不同的是，我们认为并没有所谓条件反射与非条件反射，而是强调了反射操作是作为人脑智能形成的最基础操作，以及所有复杂神经活动的源表现形式。因此反射操作建立过程本身就是一种粒。

本文在这里并不讨论反射的概念和作用。只简单的确定一下反射操作与大脑反射功能的关系。

反射操作是对大脑反射功能的模拟。它是一种功能模拟，而不是结构模拟。因此可以不考虑大脑神经间的连接方式问题，不考虑大脑信息传递问题。

从反射操作理解大脑的信息表达特点是：大脑的信息表达和存储并不是或不仅仅是由神经元完成的，而是由反射所连接起来的神经元和神经部位所表示的，本文即希望用计算机模拟此功能，反射操作是对反射链这种大脑信息编码的处理，并最后实现类似于人类智能的模拟。

反射操作只模拟大脑实际反射的以下几点：

1、被反射联系的神经元或神经部位。

2、连接神经部位的反射链。

3、反射的建立过程。

4、反射的实现过程。

5、反射的复制（或简化复制）。

### 4.1.2 反射操作功能基本要素

以下是反射操作功能中的基本要素：

1、反射节点：反射节点即是大脑的神经元和已建立的反射链或网，反射操作都把它当成节点看待。

2、反射连接：反射链接是在大脑的神经元和已建立的反射链或网间建立联系，在生物学中我们称它为反射弧，神经元的联系是由神经突触完成的，我们在模拟当中把它当成反射节点间的连线，而在以路径表式信息的形式结构中这条线很重要。

3、反射链：反射链是由两个或两个以上反射节点和连接构成的复杂反射关系。它和数据结构中的图比较类似，而由于反射链本身也可作为反射链的节点，所以比较复杂。

4、反射网：反射网是大脑中是由多条反射链组成的大脑神经网络结构。 由于反射操作将具有某种功能或是某些信息概念的反射链和网都可一视同仁的当做反射节点来操作，所以使大脑的多层次反射结构具有跳跃性而不是上下大小之分。

5、反射的建立：大脑建立反射需要反射节点或反射链间同时接受刺激而兴奋，并多次反复，便可在这些反射节点或反射链间建立反射（联系）。该联系需由多次重复刺激而巩固。如果长时间没有相应刺激去巩固它，则连接会退化。反射操作按这个原则实现反射的建立。

6、反射的实现。大脑建立反射后，若反射链上一个反射节点或反射链接受刺激而兴奋，会引起整个反射链上节点（此节点也包括反射链）的兴奋。这就是反射的实现。退化的反射链一般就不会再有反射的实现。但是在强刺激下，退化的反射链也会有反射的实现。反射算法按以上原则模拟反射的实现。

反射的建立和反射的实现在反射操作中是处理数据的行为。反射节点是反射运算的基本数据。反射链和反射网络是基本数据的表达式。

外界传递的基本数据本身不是反射操作的基本数据，智能的基本数据是反射链和网。 反射的复制是二次或多次反射的建立，它不是反射操作的基本要素。

### 4.1.3 基于粒计算的反射操作程序实现

这里讲的就是反射操作的程序实现方式。

1、反射节点：在反射操作里，我们把反射节点要素仍然叫做反射节点，我

们在反射操作中利用一个存储单元代表一个反射节点或反射链。

2、反射节点的状态：在反射操作里，表示反射节点或反射链的存储单元，只有 0 或 1 两个值。一个存储单元有八位，我们暂时只注意最后一位，前面 7 位的作用有待研究，所以暂时保存。“0”就表示该反射节点或反射链的抑制态，“1”则表示该反射节点或反射链的兴奋态。

3、反射链：这里反射链是指的结构，和反射链要素一样，一个反射链是一个反射节点地址的集合，也就是表的一行。

由于反射链中反射节点集合特点是都同时兴奋，因而它们的前后位置不影响反射功能的模拟。所以我们可以用一系列顺序排列的地址，表示一个反射链。其数据位置不影响反射链的性质。

4、反射表：反射表是由反射链组成的数据库。它中间的每一条反射链构成反射表的一行，叫做一个反射项。由多个反射项组成的反射表就构成一个模拟反射网。这个神经网络还应该有地址表示的反射节点（或反射链）在内。但是其网络联系可以由反射表反映出来。

要点：用一个存储器代表一个神经元或神经部位

用一个存储单元的地址表示一个反射节点

存储单元内的“1”值对应该神经元或神经部位的兴奋态

一个反射链是一个反射节点地址的集合

反射链数据位置不影响反射条的性质

反射表是由反射链组成的数据库

其基本操作就是对数据库操作。

1.写表操作：写表操作是把一个新反射链的反射节点的地址集合写入反射表。写入就是要把新反射链加在反射表最后面。

2.读表操作：读表操作就是通过一个反射节点的地址，检索相应反射链的操作。一个反射节点有时会检索出多条反射链来，这时应该全部检索出来。检索出的反射链放在预留的反射链暂存器中。

3.检索状态操作：它是对保存反射节点的存储单元的检索操作，为了简便起见，我们预留数个“状态暂存器”，把接收到刺激而产生反应的反射节点地址预先写入

当中，然后再向反射节点的存贮单元写兴奋。这样，可直接由“状态暂存器”中读其节点的兴奋地址，速度比较快。

刺激信息的提供是由程序的其它算法实现的，反射算法只考虑接受刺激后的处理问题。

4.写兴奋操作：写兴奋是对一个反射节点设置状态的操作。即根据“状态暂存器”中反射节点的兴奋节点地址，把状态值“1”写入该存储单元。反射节点应该还具备一个自动状态置 0 操作，在一个节点被写入“1”后，如果一段时间内没有新的刺激对其操作，该存储单元自动置“0”，这段时间的设置还有待商讨。

5.确认反射链操作：其操作是预设一个“状态历史存储器”，把在“状态暂存器”中完成写兴奋的反射节点地址加以保存。然后统计同时兴奋反射节点出现的次数，如果次数达到一个设定的值，就可以认为这些同时兴奋的反射节点是同一条反射链。

6.遗忘操作：遗忘操作是对“状态历史存储器”作清除（释放存储）的工作。在一段预设的时间内，把超过其值的状态历史抹去。以保证“状态历史存储器”有足够空间。

7.确认退化操作：此操作是在遗忘操作对“状态历史存储器”做清除前，把“要抹去的反射节点地址”与“还未被抹去的反射节点的地址”作比对，如果“要抹去的反射节点地址”不在“还未被抹去的反射节点的地址”当中，则说明这些节点已经很久未被刺激过，将被认为是需要退化的反射链。

8.标志退化操作：在反射表中将已退化的反射链设置为不可检索状态。这样此反射链在一般就不再实现反射。如果此反射链又收到刺激信号，可以取消不可检索标志。如果遇到例外情况（如强刺激），也可恢复其检索。

9.复制选择操作：它的功能是选择对反射链是全复制、部分复制还是多反射链部分复制等。

10.全复制的选择：一般由本能机制做出选择。

11.部分复制的选择：一般由本能机制选择复制的部分。

12.多反射链复制选择：当多条反射链一起兴奋时，重复多次后，它们的交叉反射节点满足建立反射的条件，从而被建立为反射。

要点：反射操作就是面向数据库的操作，它面向数据库就是反射表。主要包

括 写表操作， 读表操作，检索兴奋点操作，确认反射链操作，确认退化操作

13.建立反射操作：它是一组组合操作，首先是检索状态点操作与写兴奋操作开始工作，然后由确认反射操作把一条确认的反射链的地址经由写表操作写入反射表当中。

14.实现反射操作：它是一组组合操作，首先是检索状态点操作，它将状态置“1”的反射节点地址交由读表操作。然后读表操作会从反射表中检索出含有此反射节点的反射链，暂时放入“反射链暂存器”中。最后再由写兴奋操作将“反射链暂存器”里的所有地址置“1”，使得该反射链上所有反射节点都处于兴奋状态。

15.退化操作：它也是一组组合操作。首先是遗忘操作，在遗忘操作清除“状态历史暂存器”的部分数据之前，由确认退化操作找出需要退化的反射链。再由读表操作检索到该反射链，但是不存入“反射链暂存器”，而是由标志退化操作设置其为不可检索。

16.复制反射操作：由复制反射选择操作选择复制的反射链和复制类别，把原反射链地址复制为新地址形成新反射链。再由写表操作把新反射链写入反射表。

**反射操作建立的伪码实现：**

**反射节点定义：**

```
反射节点
{
  所在表的位置[];
  所在节点数组的位置；
  信号编码；
  状态；
  状态计时器；
}//

未初始节点数组p[100000];// 保存所有已定义节点

反射建立操作（刺激信号[]）
{

   While (刺激信号；)
      {
         If 比对刺激信号与编码（）；不存在
            {
              初始一个反射节点；
              插入表中新的一行；
              新的节点插入数组；
```

```
                写兴奋操作（）；
              }
        Else   存在
                读表操作（）；
                建立操作（该节点所在行内的所有节点[]）；

      }
        写表操作（）；
};
```

**检索状态操作：**

```
检索状态操作（）
{
While(反射节点数组p[])
{
If (状态计时器>某个值)
状态 消弱；
}
}//
```

**读表写表操作：**

```
读表操作（）；// 表的一行就表示一条反射链
{
.............;  // 通过数据库保存的反射节点地址，读出反射链信息
}
写表操作（）；
{
.............;// 写入数据库过程
}
```

**抑制操作用来防止组合爆炸：**

```
抑制信息操作（中断信号）；//防止组合爆炸
{
    中断反射建立操作；// 中断信号由人为设定
}
```

**退化操作用以模拟人类遗忘：**

```
退化操作（）；//退化点久未巩固的反射链
{
   定时检索数据库统计不同行，并删除；
}

数据库维护操作（）；//消除部分冗余信息
{
....................; 定时维护数据库
```

}；///其他操作并不是反射操作主要操作，可自由发挥。并且所有操作实际应该被并行同时调用的。

上文我们总体上介绍了反射操作。反射操作并不是针对大脑神经网络的功能进行模拟，而是在大脑神经网络的基础上对反射功能的一种模拟。反射操作把大脑的神经元和神经元群（神经部位）和由反射建立的神经网络抽象成两个部分。在反射操作的模拟中用两个存储区表示：一个存储区表示神经元或神经部位，在那里只显示它们的兴奋和抑制状态。另一个存储区存放反射表，它用把相互联系的反射节点的地址列出一条的方式，表示神经元或神经部位的联系。

于是，我们突出了我们设计算法的基本思想——反射链是智能的基本数据。在反射算法里，智能是对反射链的处理，而不是对神经元兴奋的处理。这一思想是模拟反射、反射算法与人工神经网络理论的本质区别。

### 4.1.4 反射操作的存储区特性

那么神经元存储区在反射操作中有何意义呢？它即是反射操作与智能系统活动的接口。

“接口”这个词汇用在这个是相当准确的。在计算机组成原理中，“接口”是主机与外设的连接地址。计算机预先把一些地址分配给接口，这些接口连接各种外设，当我们想接口写数据时，就启动了接口连接的外设。当我们通过接口传输数据时，接口就成为计算机内外的数据传输站。列在神经元存储区的神经元（或反射节点）都是一些“功能神经元（或“功能反射节点”）”。所谓功能神经元即是已经完成复杂联系的单独神经元的集合，而该集合已经具备了某种功能。

实际模拟存储结构简图如图 10 所示，箭头所指反射操作是无数并行粒子操作，所以数据库本身存储的数据十分简单，但是量却很大，而之后一些算法功能也是针对数据库本身的。

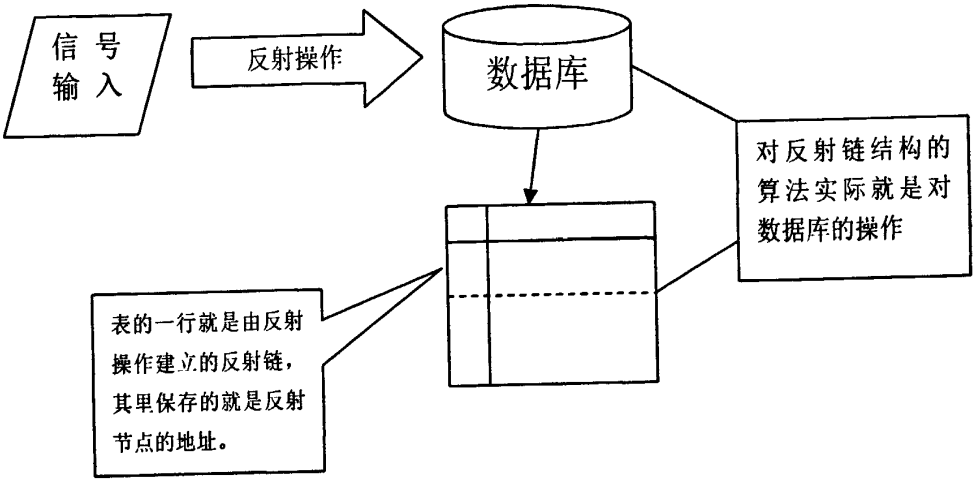


图 10 存储结构图

我们拿经典条件反射实验做比方：

例如，在巴甫洛夫实验中：狗看到食物、看到灯光、分泌唾液。就可以看成是三个功能神经部位在兴奋。用计算机模拟巴甫洛夫实验时，就可以用三个存储单元分别表示三个功能节点。

如果我们用G（狗看见食物）、K（看见灯光）、F（分泌唾液）表示三个节点。那么外设模拟视觉系统（它显然不属于反射算法）送来的“看见食物”信息就负责为G写兴奋，它送来的“看见灯光”信息就负责为K写兴奋。读反射表后，非条件反射条负责为F写兴奋。建立条件反射后，条件反射条负责为F写兴奋。而F的兴奋，就传递给“流唾液”机制（或程序），使系统出现分泌唾液现象。显然，分泌唾液机制（或程序）已经不属于反射算法。

需要注意的是，神经存储区里的这些接口的操作，都不属于反射操作了，它是由与反射算法连接的其它软件系统来完成（那里可能用的是其它算法了）。

1. 反射链结构是一个表示数据间关系的图。

“反射链结构”用指针把基本数据间的关系表示出来，再用一条条反射链把整个基本数据交织成一张网。这些反射链构成一个反射链数据库。它是“反射链结构”的主要数据库。

对一条反射链的检索，就是对一条反射链上所有相关的基本数据的激活。也是程序对这些数据的整体把握。因此依靠“反射链结构”构建的数据关系图，就会使程序所在系统具有被“反射链结构”连接成的一体化特征。这是以前任何数据结构都不具有的特征。

2. 反射链结构的维护。

反射操作实质上是一个对反射链结构进行维护的算法。

它承担这样一些维护任务：(1)“建立反射”——构建反射链关系。(2)“巩固反射”——稳定反射链上的关系。(3)“退化反射”——消除反射链上的关系。(4)“实现反射”——激活反射链上的关系。(5)“保存反射”——把反射链数据存入永久记忆。

## 4.3 反射操作的特性

### 4.3.1 反射操作的粒特性

本文在第二章中提到过，区别于过去对粒的划分都是依据问题对象本身或其属性来划分的，其主要形式是集合或值的形式。本文认识最基本粒不在是实体或属性描述的粒，而是由反射操作将问题与属性间的联系过程本身。由于反射操作不考虑对象本身是实体、概念或知识大小等，而是将所有信号输入全部建立联系，在对实体粒的描述也是由反射操作建立的概念体表示的，并且反射操作是智能结构建立的唯一行为。所以我们说反射操作作为最为基本的操作具有粒的特性。

### 4.3.2 反射操作的学习性

我认为反射操作所构建的结构中会产生一种学习的特性。它可能在构建的过程中建立一些运算关系，但是它并不是通过人为编写的已有程序的关系运算，它是通过反复、无数次的“学习——巩固”这种行为去建立这种关系运算的。

目前的工作中暂时还无法拿出实际证据证明反射操作具有学习性。此思想是在早前各门学科中产生的。所谓学习即是指在经验中（信息处理）发现某些特别的规则并且在以后的行为中能够再现并利用它。而学习亦可分为基础学习与高级学习两种。这里的基础学习指的是类似于“一个命令一个动作的”的基本行为，

仅仅是“接受信息——认识”的无目的过程，而在此规则上有建立的新的规则以及更高层次的规则产生，我们认为它就是高级学习过程，例如分析、思考这些行为等等。本文中讨论的学习性就是所谓的基础学习，它仅仅是为高级智能模式打下结构基础的功能行为，确是对强人工智能实现非常有意义的行为。

以往的运算，都是由人为编写的程序定义和实现的。而通过“反射操作”模拟的条件反射程序，建立的运算规则，是由学习性决定的。因此我认为“反射操作”是一个学习算法。

### 4.3.3 反射操作的指针性

反射操作的模拟以指针为核心。

要提到这个特性是因为在目前计算机的现有条件的模拟下，要完成其功能必须以指针为核心。在有关反射操作的演示程序中，虽然也可以用其他方式来编写程序，但我们用的是指针数组，其原因就在于“反射操作”并不是仅仅用来解决这些简单的问题的。它要解决很复杂的模拟问题。在那些问题里，一般变量已经不足以容纳反射链上对象时，指针的作用就显得十分明显了。

使用指针可以克服计算机串行操作的缺陷。

要想进一步了解使用指针的意义。就必须从计算机的串行操作问题说起。

计算机的串行操作，使它在一个时间只能处理一个事情，如果需要它同时处理几个事物，它就需要把一些信息先储存起来，等待分时处理。但是如果处理的事物复杂了，保存的事物多了，那在回过头分时处理时，就相当于程序要把已经检索出的东西重新检索。

使用指针，可以把检索出的资料用指针链保存起来，只要把握住这个指针链，就不必重新在检索资料。由此克服了计算机串行操作带来的数据遗忘的毛病。

### 4.3.4 反射操作的激活性

1.首先“反射操作”并不会不是确定输入输出信息关系。其次它不是一个建立运算规则的算法。第三，它也不是一个在已有信息建立的规则下检索位置信息的算法。

2.在演示程序里都是以反射链上信息的输出来验证反射链已经建立的。在演

示程序里，反射链建立的关系，也可以看成是一种相对应的关系或者是映射的运算关系。

在演示程序里，通过反射链，也确实可以有已知信息，检索到位置信息。但这些都是“反射操作”所建立的反射链过程中的附带功能。所有这些附带的功能，都并不是通过反射操作实现的。如果把这些附带功能，错认为是它的主要功能，那就是错误的理解。

3.反射链主要是建立起数据结构内一些信息的关系

那么，“反射操作”建立的反射链，究竟要起什么作用呢。它仅仅是建立起数据结构内部一些信息间的关系。用反射链的指针结构，标示出数据结构内部一些信息的联系。有的人会问：表示信息间的某种联系，不就是要“由输入确定输出”？不就是要“发掘数据间的运算规则”？不就是要“通过已知信息由关系检索到位置信息”？其实建立它们关系的目的就是要建立它们的关系。就是为了要提高“程序本身认识事物之间关系”的能力。在上文中，提出“以指针为核心”是解决计算机串行操作遗忘数据问题的关键。建立反射链，就是建立克服计算机容易遗忘数据毛病的指针链。这也就相当于提高了“程序本身认识事物间关系”的能力。

4.对反射链的激活性。

用“对反射链的激活”，来描述“反射操作”建立信息间关系的作用。

激活性，就是在一条反射链建立以后，由一个刺激信息，引起整条反射链的激活。显然，一条反射练被激活，与这条反射练相关的所有存储资料，都一下子被程序“想起来了”，这就会使计算机不再容易犯遗忘数据的毛病。

### 4.3.5 反射操作建构性

1.反射操作给出了一种新的数据结构。

在设计“反射操作”的时候，要理解的是，它的一个重要数据是那条反射链，反射链指针指向的那些数据，并不是“反射操作”的关键。通过对程序的编写，我更认识到“反射操作”在构建一种新的数据结构。前面叙述的建立关系、同时激活等，都是这个新数据结构不同于其它数据结构的特征。

也就是说，“反射算法”处理的对象，不是输入程序的那些刺激信息，而是有保存信息的神经部位（在程序中是存储部位）构成的反射链。

2.“反射操作的建构性

所谓建构性。就是说“反射算法”不是一个解决什么问题的算法，它只是一个建立新数据结构的算法。“反射算法”的主要任务，就是要建立起一种“以指针为核心，以记录数据、信息、事物间关系为目标，以反射链信息同时激活为结果”的新数据结构。

“反射操作”就是一个构建、维护、应用这个新数据结构的算法。我们把这个特征，叫做“反射操作”的构建性。

3.构建性算法与其它算法的区别。

算法是确定一种能够在有限步骤内，使计算完成指定运算的思路。现在绝大多数算法，都是要解决一个具体的数学或其他问题的思路。而“反射算法”，并不想解决任何具体问题。它只想构建一个新的数据结构。能否解决什么问题，要看我们赋予这个数据结构什么数据。

因此，“反射操作”是一个什么问题也不想解决的算法，是一个只能构建一种数据结构的算法。但是它所构建的数据结构，能够解决的问题又是非常广泛的。

## 4.3 基于粒计算的反射操作数据结构特点

以反射操作形成的反射链结构如图 11 所示，反射节点激活整条反射链，而反射链上的节点又激活相应的反射链，从而构成复杂的反射体式结构，但是 本文将强调的是，信息本身并不是由节点所保存的，而是由结构即路径所保存，而这种结构所带来的好处是信息量存储的增大，例如 10 个存储空间仅能保存 10 条信息，但是 10 个点间的不同链接方式则远远超过 10 条。也就是说其反射链本身才是我们将处理的基本数据，所有的扩展的算法将是以这种结构形式为基础，而反射操作即是形成这种数据结构的基本操作。

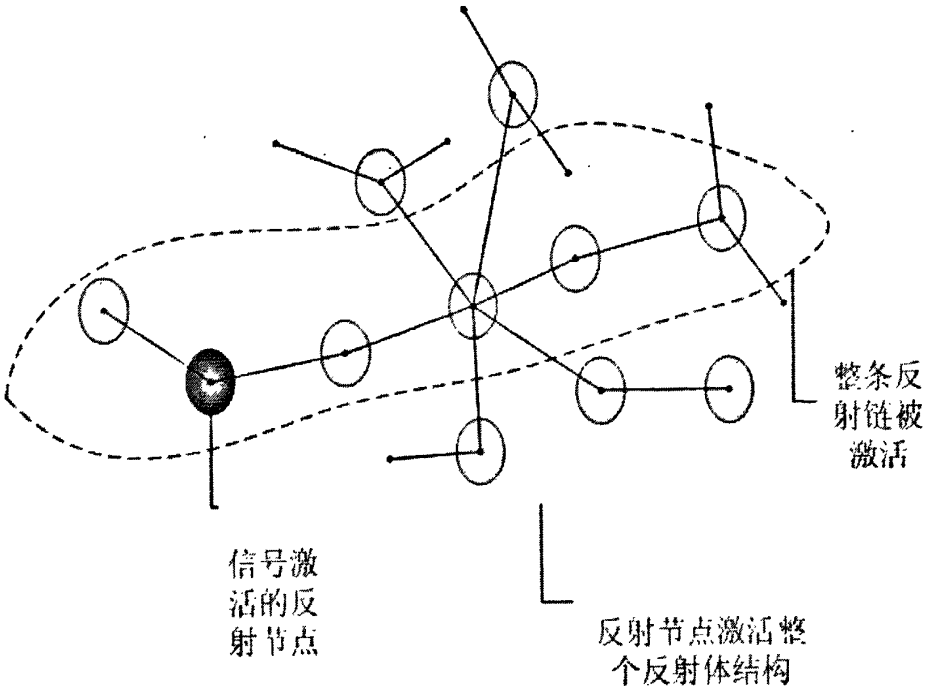


图 11 反射结构形成示意简图

## 4.3.1 数据存储和检索问题

数据结构其实质就是解决数据的存储方式，和如何查找（访问）这两个问题。其核心是都希望建立一个占用存储空间小，而又能提供方便快捷的检索方式的数据结构。

“反射操作”的目的即以模拟大脑的“反射功能”，即是希望能提供一个占用存储空间小，但是检索起来既方便又快捷的数据结构。

更重要的是，目前我们使用的计算机的串行操作，使它具有难以克服的数据遗忘的毛病。我们需要有一种数据结构，它不仅能够储存、检索数据，而且还能够让我们的程序同时处理很多数据。“反射操作”就提供了这么一个数据结构——反射链结构。

我们首先分析一下，大脑反射功能的基本特点。才能深入了解“反射链结构”的特点。

### 4.3.2 大脑反射功能的基本特点

1. 反射的抽象性。

反射是大脑神经间的联系。它可以是神经元间的联系，也可以是神经部位（神经元群）间的联系。因此我们研究大脑的反射功能，是一种忽略神经元和神经突触的具体结构、具体连接，把它们的“连接关系”抽象出来的研究。

反射并不是单纯的神经元之间的链接，“反射”可以是任何神经部位间的联系。例如，你看到一个伤害来临，你就会用反射链调动一整套保护自己的动作，这时反射链连接的就不仅仅是一个可怜的神经元，而是大脑中保存的“你自我保护整套动作”的很复杂的一些神经部位了。

2. 大脑反射能检索出什么

如果我们把有反射联系的各个神经部位看成是信息的存储部位，由反射建立的神经部位联系就是大脑访问存储的检索方式。但是，请不要以为，反射链的作用仅仅是由一些神经部位的兴奋，通过反射链，检索到其它相关信息。它的主要作用是使相关的其它神经部位整体兴奋，从而不是访问存储的一个信息，而是同时访问反射链上的所有信息。这也就是我们所说的“激活性”。

那么大脑所能检索出的即是一整条反射链。或者说它能够激活一条反射链上的所有信息。

以条件反射为例。我们从巴甫洛夫的条件反射看一下大脑反射的激活作用。

在条件反射建立之前，实验中的狗大脑，只有“看见食物的神经部位”与“分泌唾液的神经部位”间的反射。当狗大脑得到“看见食物”刺激信息后，就激活这条非条件反射链，使得“看见食物”神经部位（它是由视觉和视觉识别组成的复杂神经网络），和“分泌唾液”神经部位（它也是一个复杂神经网络）同时兴奋（被激活）。产生分泌唾液反应，分泌唾液仅仅是激活后的一个可用实验检测的现象。

在建立“灯光——食物——分泌唾液”的条件反射链之后。当大脑得到“看见灯光”刺激信息后，通过条件反射链使得相应的三个神经部位同时兴奋（被激活）。被激活的“分泌唾液”神经部位的兴奋，产生可检测分泌唾液反应。因此我们可以看到，不管是先天性反射，还是后天性反射，反射链在这个实验中确实被整体激活。

以工具性条件作用为例。我们再以斯金纳的工具性条件作用实验为例。

在建立“工具性条件作用”反射链前，斯金纳实验中的鸽子，啄设备（斯金纳箱）中的亮点，只是一种偶然行为。当我们在实验中，针对鸽子啄亮点的活动给予食物后，经多次巩固，就在啄亮点活动和获得食物之间形成了反射链。此后，一旦鸽子有了觅食需要后，该需要激发获得食物神经部位的兴奋，通过反射链，便使啄亮点动作——获得食物这条反射链整体兴奋，从而产生啄那个亮点的动作。

我们可以看到，在非巴甫洛夫条件反射实验中，反射链同样起激活整条反射链的作用。

以桑代克尝试错误实验为例。在桑代克的尝试实验中，经过大量的尝试错误，实验的猫或白鼠的大脑，在要解决的问题（保存在一些神经部位）和解决问题的一系列正确方法（保存在另一些神经部位）间，建立起反射链。以后一旦遇到实验中的问题（得到相应刺激），就会使得整条反射链上各个神经部位兴奋，并使那些兴奋的神经部位，产生相应的学习后的行为。

桑代克实验并不是以反射为主的实验（它是以证实尝试错误过程为主的实验），但是它的结果巩固是靠反射的建立完成。我们可以看出，在这个非反射类实验中，反射链仍然具有被整体激活的特征。

3. 神经元的并行特征。

由于大脑的神经元是并行工作的，神经间的反射联系只受神经信号传输速度的影响，不受其它因素的影响。大脑神经元的并行特征，使大脑对存储的检索有了一个立即性。

比如，我们同时在脚部、头部、视觉和听觉收到不同刺激信息，它们会通过并行机制同时检索到相应的反应，如果这些反应可以同时操作，大脑可以容许这些操作同时进行。如果它们之间有矛盾，大脑才会调用注意机制，抑制一些操作的进行，并使另一些操作在注意的控制下进行。

大脑反射链的整体激活性，就是大脑神经元并行的表现。

4. 视觉图像建立表现出的并行特征。

眼睛有几十万视神经细胞，它们同时得到刺激信息。但是由于大脑的并行性，它们可以同时通过多条反射链检索出图像各点案的联系，并通过图像间各点的联

系识别图形。

大脑神经的这种并行机制，是我们一眼能够看出一个图形中很多内容的根本保证。而这个一眼看出，我们也可以用纪录一幅图像的那一条反射链（你可以由此想象出反射链有多么复杂）的同时兴奋（激活性），来解释。

### 4.3.3 反射操作的数据存储方式

1. 资料的随机存储。

这里的资料又可以叫做基本数据、事物信息。

有了反射链作为数据指针，原则上可以随意存储资料，然后由反射链指针表示的关系。对资料进行检索。这样就把对资料检索归结到对反射表的检索上了。这是一遍任何数据结构不会做到的。这种存储方式还可以把资料设定为任何类型的资料。更重要的还不是基本数据的存储位置和类型，而是反射链提供的对它们的激活，使它们处于同时兴奋状态。

2. 反射链的储存。

在由“反射操作”构建新数据结构中，反射链是最重要的数据。我们也因此把这个新数据结构，叫做“反射链结构”。

因此，这个“反射链结构”最重要的数据存储，不是基本数据的存储。而是“反射链数据”的保存和检索。

一条反射链是一组指针，它们一般保存在一起，以便可以同时激活。

对反射链的检索有三种方式：第一种是由基本数据检索相应的反射链。第二种是在反射链数据库直接顺序检索反射链。第三种是设置反射链数据的指针，用它们来检索反射链。

## 4.4 多层次反射问题

我们在多层次反射上可充分体现粒计算的思想，粒度概念的重要思想之一是：人类可在不同粒度世界中来回变换，从容自如。人为什么可以做到这一点呢？究其原因是因为人把所有已知和未知的事物作为反射节点（反射链或环也可作为节点）保存起来，而在形成的多层次反射当中，粒度世界 A 中某一个或几个节点

也可以是粒度世界 B 的某一个或几个（A、B 中一个节点可能对应的是几个，同样几个节点也可能对应的是一个节点），从而轻易在不同的粒度世界中来回游走。

### 4.4.1 大脑反射链的多层次特性

我们在理解大脑反射链的多层次性之前应该先理解反射并不仅仅是大脑周边的神经行为。“建立反射”和“实现反射”是大脑神经元和神经部位的唯一功能。因此在大脑的任何部位，大脑里的神经元和神经部位之间，都可以建立反射。这就形成的大脑反射链的多层次性。我们应该想得到，大脑神经元或神经部位接受的刺激不仅仅是外部刺激，而且还有内部刺激。

什么是内部刺激？就是一些大脑神经对另一些大脑神经的刺激。当神经元们由神经突触连接起来传递兴奋时，通过神经突触由一个神经元传递给另一个神经元的，就是内部刺激。考虑到内部刺激也可以建立反射，再结合我们提出的多刺激反射，大脑反射具有多层次性就不奇怪了。周边神经接受刺激后，可以在周边神经建立低层次反射。信息在向大脑中枢传递时，又可以通过内部刺激使内层神经元或神经部位建立起高层次反射。这些反射不是巴甫洛夫式的条件反射，而是不依赖任何“非条件反射”的任意类型反射。

内部刺激不断地在大脑神经元或神经部位间进行，就会不断在大脑内部建立起反射链结构。并且由周边向中枢，形成一层层的反射链结构，这就构成大脑反射的多层次性。

### 4.4.2 大脑多层次反射链实例

我们就以我们正在编程处理的语言为例。如图 9 所示

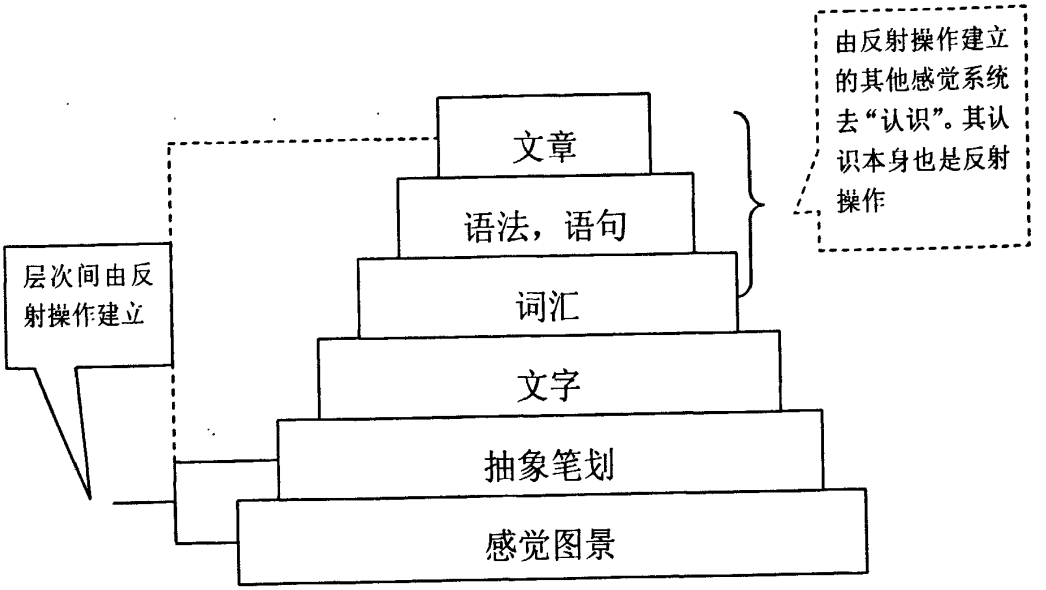


图 5 多层次反射链实力图

具体分析一下，大脑反射的多层次性。大脑最先获得的是感觉信息，它在周边感觉神经建立起反射链，形成一个个感觉“图景”（这仅仅是比喻，听觉和触觉等其它感觉当然不会获得视觉图景，但是我们可以把它们想象为一种广义的“感觉图景”）。“感觉图景”就是最低层次的反射链结构。“感觉图景”在向大脑中枢传递过程中，渐渐的被简化、被抽象。每一次简化、抽象都形成一个较高层次的反射链结构。这样大脑由周边向中枢，就形成重重叠叠的反射链结构，最后在大脑中枢构成最简单、最抽象的“感觉图景”（例如视觉最简单的图景就是线条图中的线条）。这便是一个由低级层次到高级层次的多层次反射链组织、反射链网络。

但是事情到此并没有完结。人们学会使用语言后，这种多层次反射链组织还在延续。我们以文字语言为例。人们本来以象形图（即线条图）表示事物。但是经过长时间语言进步。人们形成一套语言系统。它通过人类个体的“语言学习过程”保存在大脑之中。这套语言系统的最低层次是笔画。它（通过反射链）直接与视觉线条图对应。也与周边视觉神经的“看笔画”，肢体活动的“写笔画”用反射链连接起来。这就构成文字系统低层次的反射链结构。我称之为大脑语言系统第一层次反射链结构。在笔划为基础的多层次反射链组织中。笔画通过反射链连结成汉字。笔画和汉字间又构成第二层次的反射链结构。而后，又以汉字为基础，通过反射链把汉字连接在一起，形成词汇。汉字与词汇间构成第三层次的反射链

结构。与此同时，还有一些汉字通过反射链与视觉、听觉、触觉、动作、情感、需要、意识、个性等机体活动建立反射链。它们表示这些汉字的含义。这个表示某些汉字含义的反射链结构。我称它为“第三层次含义反射链结构”。在学习语言时，我们还会用语句解释汉字，形成一个大脑字典。这就是在汉字与解释语句间建立起一种反射链结构。我把它们称之为“第三层次字典反射链结构”。再往上，又以词汇为基础，通过反射链把词汇连接在一起，形成语句。语句与词汇间形成第四层次的反射链结构。与此同时，还有所有词汇都通过反射链与视觉、听觉、触觉、动作、情感、需要、意识、个性等建立起反射链。它们各自表示每个词汇的含义。这个表示词汇含义的反射链结构。我称它为“第四层次含义反射链结构”。

我们通常还会用语句来解释词汇，构成一个大脑词典的结构。这时大脑里又需要在词汇与解释语句间建立起反射链结构。我把它们称为“第四层次词典反射链结构”。词汇还会通过分类，在词汇间建立起例如同类词、同义词、近义词、反义词、同头词汇、同音词汇等关系。它们也是通过大脑反射链结构建立的关系。我把它们称之为“第四层词类反射链结构”。词汇和语句间还会通过语法分析建立起组成关系。这种关系也要由反射链来实现，我把它们称之为“第四层语法反射链结构”。

再往上，又以语句为基础，通过反射链把语句连接在一起，构成语段。语段和语句间就形成第五层次的反射链结构。与此同时，还有语句也会通过反射链与视觉、听觉、触觉、动作、情感、需要、意识、个性等建立起反射链。它们表示这些语句的含义。这个表示语句含义的反射链结构。我称它为“第五层次含义反射链结构”。不过，在第五层次，这类反射链的保存量就很少了，我们大脑是用组合法构成语段，理解语段含义的。

我们通常还会用语句来解释语句。这时大脑里还需要在语句与解释语句间建立起反射链结构。我把它们称之为“第五层次语句互译反射链结构”。这种反射链结构的保存数量也不多。一般用于对古文、诗歌、隐喻句、难理解语句之中。在语段与语句间，还会有语句对语段的解释，它是语段对语句的反向反射（与第五层次反射链反向），这就是语段的大脑段意结构。我就称之为“第五层段意反射链结构”。

再往上，还有以语段为基础，把语段连接成文章的反射链结构。即第六层次

反射链结构。第六层次反射链结构内的其它反射链结构更多。我们就不一一说明了。仅指出一个：那就是我们经常要用一个小语段作为文章的中心思想。还要用一些语句作为文章的提纲。它们分别是“第六层次的中心思想反射链结构”和“第六层次的提纲反射链结构”。

### 4.4.3 多层次反射链组织模拟

我们可以用很复杂的计算机程序“反射链结构”来模拟大脑的多层次反射链结构。

每一层次的反射链结构分两个部分：基础部分、反射链部分。每一部分又由两个数组组成：主数组和指示数组。因此每一个反射链层次是四个数组。

双层反射链结构的两个反射链层次应该是连接的。因此它们中间一个部分是合并的。即下一层次的反射链部分，是上一层次的基础部分。因此双层反射链结构可能需要六个数组就够了。至此反射操作的特点与程序模拟已经介绍完毕，反射操作本身还不是人工智能，因为它不能解决任何问题，也不具备任何人类智能的特点。但我认为它对发现人类智能之源和实现强人工智能有着重要的意义，并在能进一步完善粒度计算的哲学思想。

## 4.5 本章小结

反射操作是模拟大脑功能的基本操作。它是用两个分开的存储区来分别描写但脑神经和神经网络的功能模拟算法。反射操作的作用是完成产生类似人类智能的运算工作的。反射操作必须依赖神经存储区连接的其它功能，才能够最后完成计算。

1. 反射链结构的两个数据概念

在“反射链结构”中有两个不同的数据概念。

第一个是，基本数据。它的含义与一般的程序中的数据相同。需要指出的是，很多时候，“反射操作”把程序代码也看成是基本数据。

第二个是，反射链数据。它指得是一条反射链上纪录着的基本数据的指针的数据。每条反射链具有一组这样的指针数据。这些数据使得反射链能够表示一些

数据的相互关系。

2. 反射链结构的主结构

如果要我用简单的话说明“反射链结构”是个什么样的数据结构。

那我会说，“反射链结构”不是一个仅仅用来检索链上的数据的方式。它是把一条反射链上的所有数据看成一个整体，整体存储，整体检索（激活）的数据结构。

把整条反射链看成一个数据，它的激活，就会引起系统的一系列活动。这显然与单单检索某个或某几个数据意义不同。

3. “反射链结构”的附属作用。

反射链结构”还可以用来对基本数据进行检索，确定数据间映射关系，确定输入和输出的对应关系。

但是这些都属于“反射链结构”的附属作用。不能看成是“反射链结构”的主要作用。这些作用用其它的数据结构都能够实现，唯独“反射链结构”的整体激活性能，是其它数据结构无法代替的。

# 第5章 总结与展望

## 5.1 总结

粒计算作为一种新的概念的计算范式诞生已有二十多年，还算是一门年轻的学科。它致力于融合粗糙集、模糊集与人工智能等多种理论研究成果，可在粒计算下一个正式、精确、形式化的定义仍然未被给出。可以说人们对粒度的概念是建立在对它的直觉认识上。

《粒计算：过去、现在、未来》一书中明确指出粒计算研究应从三个方面着手——“粒计算的哲学观点、方法论观点、计算模式观点”[1]。从哲学思想观点上考虑即是试图将人类的认识方式抽象化、形式化，以便提炼出结构化的思维模式。要将人类的认识方式抽象化，首先必需了解人类的认识方式。强人工智能是以建造有意识、有思维、有情感的机器为目的，人类认识方式的发现是其基础。所以两者有着必然的联系。

本文则是以粒计算的哲学思想观点为基础，以强人工智能研究为目标进行讨论与研究的。有别于粒计算理论过去由上而下的研究模式，本文采取由下至上，提出人类智能的复杂功能系统是由简单有限的基础操作通过长时间自学习或自组织结构以涌现的方式产生的，文中详细描述了发射操作的基本结构与特点，也在计算机上给出了基本实现，还讨论了其学习性等一些性质，以及在多层次发射结构中如何体现出粒计算思想。

## 5.2 展望

粒计算作为一门覆盖度极广的综合性学科，本文研究功薄蝉翼。

本文在对粒度的理解上突破了绝对“大小、粗细”的概念，认为粒的大小是相对的，概念上较细的粒在结构上可能更为复杂即“更粗”。这也为以后在粒的描述上带来了许多问题。

因此对粒计算的研究中不能仅限于某一方面，在注重计算模型的同时也应该探索各个科学领域，以创新的数学理论为指导去创建数学模型。在追求系统理论

建立的同时，对新事物、新科技的发现也需保持敏锐嗅觉，例如 DNA 计算技术、宇宙物质发现等。

在人类智能形式结构上提出了新的理解，却还未实现人类智能，所以对于许多复杂智能行为的产生仅从自我发现与直觉中得来，这也表示未来有更多的实践总结性工作等着研究者们去做。

# 参考文献

[1][英]玛格丽特·A·博登编著.人工智能哲学[M].刘西瑞等译.上海：上海译文出版社，2006.

[2][美]约翰·卡斯蒂著.剑桥五重奏——机器能思考吗[M].胡运发等译.上海：上海科学出版社，2006.

[3]Jonathan Fildes.Artificial brain's 10 years away[DB/OL].Oxford:Technology reporter BBC News,2009-07-22/2009-10-10.

[4]郑祥福.人工智能的四大哲学问题[J].科学技术与辩证法:2005（5）.

[5]D.Gillies.Artificial intelligence and scientific method[M].England:Oxford University Press，1996.

[6]Pedrycz W. Granular computing: an emerging paradigm [M]. [S.l.]: Harecover/ Physica-Verlag, 2001.

[7] Yao, Y.Y. Granular computing: past, present and future. Proceedings of 2008 IEEE International Conference on Granular Computing, 2008:80-85.

[8]Yao YY. A Partition model of granular computing[C]. LNCS Transactions on Rough Sets, 2004:232-253.

[9]Miao Duo-qian,Wang Guo-ying, Liu Qing et al. Granular Computing: Past Present and Prospect[M] .Beijing: Science Press,2007.

[10]Pedrycz W.The Paradigm and Practice of Granular Computing[EB/OL].http://www.sfb360.uni-bielefeld.de/mo-kolloq/abstracts/pedrycz.html.

[11]Pawlak Z.Rough sets[J].International Journal of Computer and Information Sciences,1982,11(5):
341-356.

[12]Pawlak Z. Rough set theory and its application to data analysis[J].Cybernetics and System s, 1998,9(5): 661-668.

[13] Wong S K M, Ziarko W. On optimal decision rules in decision tables. Bulletin of Polish Academy of Sciences, 1985, 33(11-12): 693~696

[14]Pawlak Z.Rough Sets-Theoretical Aspects of Reasoning about Data[M].Boston:Kluwer Academic Publishers,1991.

[15]Zhang Wen-xiu,Qiu Guo-fang ,Wu Wei-zhi. The General Theory of Attribute Reduction in Rough Set [J].Science in China Series E, Technological Sciences, 2005, 35(12): 1304-1313.

[16]Miao Duo-qian, Li Dao-guo. Rough Sets Theory Algorithms and Application[M]. Beijing, Tsinghua University Press.2008.

[17]W.Pedryez，Granular ComPuting:An Emerging Paradigm[M].Physica — Verlag，2001

[18]A.Bargiela，W.Pedryez，K.Hirota，Logie — based Granular PrototyPing[C].ComPuters SoftwareandAPPlieations，Proe.ofCOMPSAC2002，Oxford，2002

[19]ZadehLA.Fuzzysets[J].InformationandConirol，1965，8:338 — 353

[20]ZadehLA.Fuzzy algorithrns[J].Information and Conirol，1968，12:94 — 102

[21]ZadehLA.Towards a theory of fuzzy systems[M].In:Aspect of Network and SystemTheory，Kalman R E and DeClarisN(eds)，NewYork，1971

[22]ZadehLA.Similarity relations and fuzzy o rdering[M」.Information Scienees，1971，3177 — 200

[23]ZadehL.A.The concept of a linguistic variable and its application to approximate

[24] 张铃，张钱.模糊商空间理论(模糊粒度计算方法)[J].软件学报:2003，14(4): 770 — 776.

[25]张铃，张拔.商空间理论与粒度计算.计算机科学[J]:2003，30(5)..

[26」张拔，张铃.问题求解的理论与应用（M）.北京:清华大学出版社，1990.12

[27]张燕平，张铃，夏莹.商空间理论与粗糙集的比较[J].微机发展.2004,14 (10):21 — 24.

[28]Zadeh L A.Fuzzy sets and information granularity [J].Advances in Fuzzy Set Theory and Application,1979:3-18.

[29]Zadeh L A.Towards a theory of fuzzy information granulation and its centrality in human reasoning and fuzzy logic[J].Fuzzy Sets and Systems,1997,19:111-127.

[30]Zadeh L A.Fuzzy logic=computing with words[J].IEEE Transactions on Fuzzy Systems,1996, 4(2):103-111.

[31] Polkowski L, Skowron A. Rough-Neuro computing[C].Proceedings of the 2nd International Conference on Rough Sets and Current Trends in Computing (RSCTC'2000). Banff,Canada, 2005: 25-32

[32] Peters J.F, Szczuka M.S. Rough neurocomputing: A survey of basic models of neurocomputation[C].Proceedings of the 3rd International Conference on RSCTC'2002. Malvern, PA,USA, 2002: 308-315

[33] Yao J.T, Yao Y.Y. Induction of classification rules by granular computing[C].Proceedings of the 3rd International Conference on RSCTC'2002. Malvern, PA, USA, Springer, 2002:331-338

[34]Miao Duo-qian, Li Dao-guo. Rough Sets Theory Algorithms and Application[M]. Beijing, Tsinghua University Press.2008.

[35] Yao, Y.Y. Granular computing: past, present and future. Proceedings of 2008 IEEE International Conference on Granular Computing, 2008:80-85.

[36]Yao YY. A Partition model of granular computing[C]. LNCS Transactions on Rough Sets, 2004:232-253.

[37]王国胤. Rough 集理论与知识获取[M].西安:西安交通大学出版社, 2001

[38]刘清. Rough 集及 Rough 推理[M].北京:科学出版社, 2001

[39]刘清,孙辉,王洪发. 粒计算研究现状及基于 Rough 逻辑语义的粒计算研究[J]. 计算机学报, 2008,31(4):543-555

[40]刘清,刘群. 粒及粒计算在逻辑推理中的应用[J]. 计算机研究与发展,2004,41(4):546-551

[41]Lin T Y.Neighborhood systems and relational database[C].Proceedings of CSC'88,New York,1988.

[42]Lin T.Y.Granular computing on binary relations I:data mining and neighborhood

systems,II:rough set representations and belief functions,rough sets in knowledge discovery[M]. Physica Verlag,1998:107-140.

[43]Lin T Y.Data mining:granular computing approach methodologies for knowledge discovery and data mining[C].Proceedings of PAKDD'99,Beijing,China,1999.

[44]Lin T Y.Granular computing:fuzzy logic and rough sets.Computing with Words in Information/Intelligent Systems[M].Physica-Verlag,1999:183-200.

# 致 谢

转眼3年研究生生活即将结束，虽没有风的潇洒、林的烂漫、火的激情、山的磅礴，但我相信这三年的学习与生活将在未来的工作中起到关键作用，这也使我坚定了当年选择读研是正确的决定。

感谢我的导师钟珞教授。本课题在选题及研究过程中得到钟珞老师的悉心指导。钟老师多次询问研究进程，并为我指点迷津，帮助我开拓研究思路，精心点拨、热忱鼓励。钟老师一丝不苟的作风，严谨求实的态度，踏踏实实的精神，不仅授我以文，而且教我做人。正因为他的指导和帮助，我才能够顺利的完成研究生学业。

同时也感谢实验组的老师们，和你们一起生活的这段时间，是我度过了一段快乐的时光，消除了学习带来的压力。

也感谢我可爱的同学们，你们性格各异，给我平时带来了不少乐趣。特别感谢给予我无限爱心的家人。他们在学业上给我鼓励，在生活上给我帮助，在经济上给我支持，使我能够顺利完成学业。

最后，我要向所有培养、关心和帮助我的老师、亲人和朋友们表示衷心的谢意！

潘佳伟

2011年5月

# 发表论文和参加科研情况

Jiawei pan，Luo Zhong，Yongchang Su. Granular Computing Based on Non-digital Mathematics. 2010 International Conference on Circuit and Signal Processing(ICCSP 2010).p125-129