非公理化推理系统（NARS[[1]](#footnote-1)）

非公理化逻辑（NAL[[2]](#footnote-2)）规范

[王 培[[3]](#footnote-3)](https://cis.temple.edu/~pwang/index.html) 原著

[陈礼军](http://www.codenginx.org/pages/about-me.html)翻译

**目 录**

[修订历史 1](#_Toc475558333)

[第1章 简介 1](#_Toc475558334)

[1.1 非公理化逻辑（NAL）和非公理化逻辑推理系统（NARS） 1](#_Toc475558335)

[1.2 NAL的结构 1](#_Toc475558336)

[1.3 NAL的补充说明 1](#_Toc475558337)

[第二章 IL-1： 继承逻辑 3](#_Toc475558338)

[2.1 语言：词项和继承 3](#_Toc475558341)

[2.2 语义：真值和含义 4](#_Toc475558342)

[2.3 推理：导出和匹配 4](#_Toc475558343)

**修订历史**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **版本** | **日期** | **修订人** | **备注** |
| 0.1 | 2017-02-16 | 元悲（lijun.chen） | 完成初稿。 |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

# 第1章 简介

本文档提供了一个完整和最新的非公理化逻辑（NAL）规范。

## 非公理化逻辑（NAL）和非公理化逻辑推理系统（NARS）

NAL是NARS的逻辑部分。NARS是一个旨在实现通用机器思维的人工智能项目，是基于“智力是在知识和资源相对不足的条件下的适应能力”[Wang, 1995a, Wang, 2006].这一理论来进行设计的。

从实现层面来讲，NARS是在推理系统框架下开发出来的，包含逻辑和控制两个部分。NAL作为逻辑部分，是一个典型的形式逻辑，主要由形式语言*Narsese*，一组形式化的推理规则集合，以及语义这三个部分组成。NARS的控制部分则由记忆机制和推理控制机制组成。

NARS尝试实现一种通用智能的规范模型，而不是对人类智能的描述模型。因为后者可以作为前者的特殊情况，所以这两种模型在很多方面（尽管不是所有方面）是相似的。

作为规范模型，NAL先从一些基础的原理开始，逐步演进出具体的设计，使得系统在知识和资源相对不足的情况下，执行各种类型的任务时能够体现出适应性。

## NAL的结构

NAL由多个层次组成。每新增一层，则相应地引入新的语法，推理规则以及与之相适应的语义来扩展NAL的能力。也就是说，新的层次（第N层，N >=1）比先前的层次（第N-1）有更强的表达，推理能力，从而赋予了NAL更高层次的智能。

在当前，NAL一共有8层，每一层的逻辑部分命名为NAL-n，形式语言部分命名为Narsese-n，其中1

本文首先介绍NAL的元语言（meta-language），基于元语言，从NAL-1到NAL-8逐一介绍各层的形式化或者半-形式化的语言，语义以及推理规则。

## NAL的补充说明

本规范只是介绍了NAL是什么，以及基于NAL可以做什么。如果你想了解为什么这样设计，以及NAL能够具备哪些功能，与其他的通用人工智能相比较又有哪些差异，所有的这些问题可以参考NARS相关的出版文献。除了已经出版的著作[Wang, 2006]之外，所有的参考文献可以在NARS项目官网<http://sites.google.com/site/narswang/>上浏览，阅读。

本文档将会不时进行修订。作为对于正在研究项目的最新描述，本规范与之前公布的版本在具体细节上会有所不同。当你发现差异时，本文档将代表了作者的最新观点。

本文并没有介绍NARS的控制部分，详细的介绍请参考[Wang，2006, Chapter 6]，以及[Wang, 1996c, Wang, 2004b, Wang, 2009b]。现在NARS是一个开源项目，托管在<http://code.google.com/p/open-nars/>。

NAL现在仍然有一些公开的设计问题待解决，这些问题在脚注[[4]](#footnote-4)加以中介绍。

**参考文献**

[Wang, 2006, Chapter 2], [Wang, 1995a, Wang, 2007a]

# 第二章 IL-1： 继承逻辑

表面上看，NAL是由多种元理论融合而成，这些元理论主要包括集合理论，形式语言理论，一阶谓词逻辑，以及继承逻辑。从本质上讲NAL又不属于众多元理论中的任意一种，原因在于，NAL的结论和元理论中的结论是有着本质上的不同，尽管在某些局部有一定的重叠或者相似性。继承逻辑也称为NAL-0，并不为公众所熟知，并且继承逻辑又是NAL中最为基础的元理论，故本章着重加以介绍。

继承逻辑（后面简称为IL），是NAL的理想版本。也就是说IL与NAL相似，也是由语言，语义及推理规则三部分组成，不同点在于，IL是以知识和资源充足为前提的。尽管IL并不属于本文所定义的“非公理化逻辑”，但是却可以用作构造它的工具。对于NAL的每一层n（1，我们首先会相应的定义IL-n，随后在知识和资源不充实的情况下，按照效果，从IL-n转换到NAL-n。本章定义IL-1，也就是最简单的继承逻辑。



## 语言：词项和继承

IL-1，像所有的IL-NAL家族成员一样，是一种词项逻辑。这类逻辑的特征体现再其对范畴句子和演绎推理规则的使用。 因此，它也被称为“范畴逻辑”或“演绎逻辑”。

**定义1**词项的基本形式是单词，而单词则是由一个限字母表中的字母排列组合而成的长度有限的字符串。

对于字母表的组成元素并没有其他的额外约束。本文中选用的字母表包含26个英文字母，0~9个数字，以及一些特殊字符，比如连字符“-”等。

**定义2** 继承连接符“”定义了两个词项间的继承关系，并且这种继承关系具有自反性和传递性。

除了上述定义之外，NAL中再无对继承连接符的含义有其他的额外约束。

**定义3** 陈述的基本形式是继承陈述“”，其中S是主（词）项，P是谓（词）项。

“主（词）项-连接符-谓（词）项 ”陈述的这种形式也就是我们传统定义中的范畴句子。

**定义4** IL-1定义为一种形式语言，这种语言的句子由继承陈述组成。

表2- 1为上述定义的综合描述，采用了巴科斯范式（BNF）的变体。

|  |
| --- |
|  |

表2- 1 IL-1的语法规则

如果嵌入在表达式中，为了消除歧义，通常写为“()”。

在IL-1中，上文中定义的形式语言既用与内部逻辑（知识）表示，也用于外部环境进行交流。

## 语义：真值和含义

直观地，表示S是P的特殊化，P是S的泛化。它大致对应于英语中的“S是一种P”。

**定义5** IL中的一个句子，作为命题逻辑中的命题，具有一个二进制真值。

从定义5可以直接推导出如下几个定理。

**定理1** 对于任意词项，陈述“”的真值为真。

**定理2** 对于任意词项

在定理2中，IL句子被视为命题，“”和“”分别是命题逻辑中的“合取”和“蕴含”连词。

继承关系既不是对称的也不是反对称的。 也就是说，对于不同的词项，仅给出“”，不能确定“”的真值。

从环境中获得的系统的初始知识被定义为其“经验”。

**定义6** 对于一个实现了IL-1的系统，其经验由来自IL中句子组成的一个非空且有限的子集。对于中的每个句子，其主项和谓项不相同[[5]](#footnote-5)。

也可以表示为一个有向无权图，其中词项作为顶点，陈述作为边。

**定义7**给定经验，系统的信念是的传递闭包，且不包括那些主项和谓项相同的句子。

因此，也是IL-1中的非空和有限的句子集合，其包含，以及根据继承关系的传递性从导出的句子。 在实现了IL或NAL的系统中，词语“信念”和“知识”通常被视为彼此可交换。 因此，也可以称为系统的知识库。

## 推理：导出和匹配

1. NARS是Non-Axiomatic Reasoning System的简称。 [↑](#footnote-ref-1)
2. NAL是Non Axiomatic Logic的简称。 [↑](#footnote-ref-2)
3. 王培现为美国天普大学计算机系教授，主要研究领域为通用人工智能（AGI），硕果累累，[其中非公理化推理系统（NARS）](https://sites.google.com/site/narswang/home/nars-introduction?pli=1)为其最重要的研究成果。 [↑](#footnote-ref-3)
4. 即使在所有已知问题被解决之后，NAL是否“完备”取决于新的完备性概念的定义，因为传统的概念不能应用于非公理化逻辑。新的完备性概念应基于系统自适应能力的形式化定义，因为系统与外部环境的交互也是通过形式化的语言组成的句子流来体现的。 在这种情况下，如果（1）Narsese具备足够强大的表述力，能够描述系统与其环境之间的所有可能的交互，并且（2）NAL推理规则足够强大，能够描述系统所有可能的自适应行为，此时的NAL也就具有完备的智能了。 [↑](#footnote-ref-4)
5. 这里的不同指的是对于中的任意一个陈述，，但允许存在着另外一个陈述，P不同于T。 [↑](#footnote-ref-5)