



中国计算机学会  
学术著作丛书

# 知识科学与计算科学

陆汝铃 主编

清华大学出版社



中国计算机学会学术著作丛书

# 知识科学与计算科学

陆汝铃 主编

清华大学出版社



(京)新登字 158 号

## 内 容 简 介

本书是在国家自然科学基金委员会信息学部主持下,对知识科学和计算科学的最新进展进行充分探讨的基础上形成的。书中内容共分为五大部分。第一部分是理论基础,内容包括基于进程代数的并发行为推理、形式语义的论域研究进展、知识和复杂性等;第二部分是机器学习,内容包括 Rough Set 理论与机器学习理论、序列学习初探等;第三部分是 Agent 技术,内容包括 Agent 研究进展、移动 Agent 等;第四部分是非传统计算风范,内容包括神经计算、模型生成与约束求解等;第五部分是大规模知识获取,内容包括互联网环境下的知识获取、组织及智能检索,计算机科学工作者关心的几个生物信息学课题等。书中内容均为有关领域著名专家撰写,通过丰富的文献资料和研究工作以及专家讨论,对当前的最新进展做出回顾与分析,对学术研究具有重要的参考价值。

本书适合计算机和自动化专业中知识工程和人工智能领域的研究生、教师、工程技术人员和研究人員参考。

版权所有,翻印必究。

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签,无标签者不得销售。

## 图书在版编目(CIP)数据

知识科学与计算科学/陆汝钫主编. —北京:清华大学出版社,2002  
(中国计算机学会学术著作丛书)

ISBN 7-302-05818-0

I. 知… II. 陆… III. 计算机科学 IV. TP3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 062559 号

出 版 者: 清华大学出版社(北京清华大学学研大厦,邮编 100084)

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

责任编辑: 薛 慧

版式设计: 韩爱君

印 刷 者: 北京市清华园胶印厂

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 787×1092 1/16 印张: 20.75 字数: 474 千字

版 次: 2003 年 1 月第 1 版 2003 年 1 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-05818-0/TP·3443

印 数: 0001~4000

定 价: 36.00 元

清华大学出版社  
计算机学术著作出版基金  
评审委员会

名誉主任委员	张效祥
主任委员	唐泽圣
副主任委员	陆汝铃
委员	(按姓氏笔划为序)
	王 珊 吕 建 李晓明
	林惠民 罗军舟 郑纬民
	施伯乐 焦金生 谭铁牛

## 序

第一台电子计算机诞生于 20 世纪 40 年代。到目前为止,计算机的发展已远远超出了其创始者的想象。计算机的处理能力越来越强,应用面越来越广,应用领域也从单纯的科学计算渗透到社会生活的方方面面:从工业、国防、医疗、教育、娱乐直至人们的日常生活,计算机的影响可谓无处不在。

计算机之所以能取得上述地位并成为全球最具活力的产业,原因在于其高速的计算能力、庞大的存储能力以及友好灵活的用户界面。而这些新技术及其应用有赖研究人员多年不懈的努力。学术研究是应用研究的基础,也是技术发展的动力。

自 1992 年起,清华大学出版社与广西科学技术出版社为促进我国计算机科学技术与产业的发展,推动计算机科技著作的出版,设立了“计算机学术著作出版基金”,并将资助出版的著作列为中国计算机学会的学术著作丛书。时至今日,本套丛书已出版学术专著近 50 种,产生了很好的社会影响,有的专著具有很高的学术水平,有的则奠定了一类学术研究的基础。中国计算机学会一直将学术著作的出版作为学会的一项主要工作。本届理事会将秉承这一传统,继续大力支持本套丛书的出版,鼓励科技工作者写出更多的优秀学术著作,多出好书,多出精品,为提高我国的知识创新和技术创新能力,促进计算机科学技术的发展和进步做出更大的贡献。

中国计算机学会  
2002 年 6 月 14 日

## 《知识科学与计算科学》程序委员会

主 席 陆汝铃  
委 员 王 珏 王 珊 石纯一 刘大有  
朱 洪 陆汝铃 应明生

## 《知识科学与计算科学》组织委员会

主 席 肖连华  
委 员 王 珏 韦梓楚 肖连华

## 《知识科学与计算科学》编辑委员会

主 编 陆汝铃  
副主编 肖连华  
编 委 王 珏 王 珊 石纯一 刘大有  
朱 洪 陆汝铃 肖连华 应明生

## 前 言

我们曾经指出,知识的研究应该是一门具有坚实理论基础的科学,应该把知识工程的概念上升为知识科学。知识科学的进步将从根本上回答在知识工程中遇到过,但是没有能够很好解决的一系列重大问题<sup>①</sup>。那么这些重大问题是什么呢?要给出一个全面的回答不仅很困难,而且不可能。但至少可以指出一点:知识工程之所以能取得阶段性的成功,是因为它明智地把处理对象聚焦在某个特定领域的专业知识上,但这同时也决定了它的局限性。一旦离开了专业知识的范围,这种局限性立刻显示出来。在整个知识的范围内,专业知识只占很少的比例。非专业知识,例如常识,往往不如专业知识规范,它们的处理更困难。知识的非规范性可以体现在很多方面,比如它的海量性、含矛盾性、模糊性、时变性、语境相关性等。所谓重大问题,一般地就隐藏在这种非规范知识之中。从文集[1]和本文集的许多文章都可以看出这一点。

一提知识工程,往往就使人联想到人工智能中的符号学派。在知识工程诞生的年代,以及更早一些时候,知识的符号表示和符号推理曾经是许多人工智能专家和大师们采用的主要技术。Newell 提出了著名的物理符号系统假设,其影响十分深远。然而,以逻辑和代数为代表的离散性方法在解决一些知识处理问题方面又使人有隔靴搔痒之感。现在,从一般的数学分析到微分方程、微分几何、概率统计、泛函分析,以至拓扑学等,各种数学手段无不被应用于知识处理。本文集的多篇文章反映了这个特点。

有些研究表面上看来似乎仅属于理论计算机科学的范围,实际上与知识科学有紧密的联系。知识科学中最基本的问题是要研究知识的数学本质。所谓知识的数学本质,是指“从数学的观点来看,知识是什么”这样一个问题。Shannon 曾经对信息的数学本质进行过研究,提出了著名的 Shannon 信息论,意义非常深远。在我们对知识科学的追求中,不能拒绝任何数学理论和工具。

本次会议是在国家自然科学基金委员会信息学部的主持下召开的,并得到了国家重大基础预研项目 2001CCAO3000 和中国科学院“脑智科学”项目的资助。特此致谢。

陆汝铃

2002 年 2 月于北京

<sup>①</sup> 陆汝铃主编,世纪之交的知识工程与知识科学,北京:清华大学出版社,2001

# 目 录

前言 .....	VII
----------	-----

## 第一部分 理论基础

<b>第 1 章 基于进程代数的并发行为推理</b> .....	冯元 应明生(1)
1.1 引言 .....	(1)
1.2 全局状态及更新算子 .....	(2)
1.3 同步动作及效果函数 .....	(3)
1.4 进程 .....	(4)
1.5 操作语义 .....	(5)
1.6 格局之间的强互模拟 .....	(6)
1.7 格局之间的弱互模拟 .....	(9)
1.8 一个简单的例子 .....	(11)
1.9 结语 .....	(12)
参考文献 .....	(13)
<b>副报告：程序的不确定性</b> .....	陈仪香(14)
1'.1 引论 .....	(14)
1'.2 概率进程演算 .....	(15)
1'.3 不确定程序的论域模型 .....	(16)
1'.3.1 经典进程的论域模型 .....	(16)
1'.3.2 概率进程的论域模型 .....	(17)
1'.4 总结 .....	(18)
参考文献 .....	(18)
<b>第 2 章 形式语义的论域理论研究进展</b> .....	陈仪香(19)
2.1 引论 .....	(19)
2.2 指称语义学的论域理论 .....	(19)
2.2.1 论域的特点 .....	(20)
2.2.2 连续映射为程序的指称.....	(20)
2.2.3 论域的又一特点.....	(21)
2.2.4 论域理论的演变.....	(21)
2.3 论域理论与其他三种语义的关系 .....	(22)
2.3.1 论域模型的全抽象性.....	(22)
2.3.2 程序逻辑与谓词转换器.....	(23)



2.3.3	论域理论与代数语义	(23)
2.4	论域理论的专题	(23)
2.4.1	论域表示	(23)
2.4.2	连续映射的不动点	(24)
2.4.3	映射的渐近表示	(24)
2.4.4	映射的极大性与全性	(25)
2.4.5	论域的拓扑性	(26)
2.4.6	论域的 Stone 对偶	(26)
2.5	讨论	(27)
	参考文献	(28)
副报告: 形式语义学在基于内容的智能信息处理中的可能应用		应明生(30)
2'.1	复杂信息对象的形式化描述	(31)
2'.2	信息内容的量子化刻画	(33)
2'.3	通信的定性理论与定量理论的结合	(34)
<b>第3章</b>	<b>知识和复杂性</b>	朱洪(35)
3.1	引言	(35)
3.2	学习的复杂性	(35)
3.2.1	Valinat and Smale 学习的数学和计算机科学基础	(35)
3.2.2	概率收敛性	(36)
3.3	知识表示的复杂性,或称知识的描述复杂性	(37)
3.3.1	Kolmogorov 复杂性介绍	(37)
3.3.2	描述的算法复杂性	(38)
3.3.3	归纳推理	(39)
3.3.4	知识和 Kolmogorov 复杂性	(40)
3.4	零知识交互证明	(40)
	致谢	(42)
	参考文献	(42)
副报告: 知识复杂性		唐海鹰 刘大有 虞强源(44)
	参考文献	(47)

## 第二部分 机器学习

<b>第4章</b>	<b>Rough Set 理论与统计机器学习理论</b>	王珏 陶卿(49)
4.1	引言	(49)
4.1.1	KDD	(49)
4.1.2	机器学习的研究趋势	(50)
4.1.3	机器学习理论	(50)
4.2	关于 RS 理论的评述	(51)

4.2.1	RS 理论贡献之一——机器学习的理论基础 .....	(52)
4.2.2	RS 理论贡献之二——独立约简 .....	(55)
4.2.3	RS 理论贡献之三——正区域与 Roughness .....	(57)
4.2.4	关于 RS 理论贡献的小结 .....	(61)
4.3	关于统计学习理论的评述 .....	(61)
4.3.1	统计学习理论贡献之一——小样本统计学理论 .....	(62)
4.3.2	统计学习理论贡献之二——最大边缘算法 .....	(64)
4.3.3	统计学习理论贡献之三——核技巧 .....	(68)
4.3.4	海量数据的分类 .....	(71)
4.3.5	关于统计学习理论贡献的小结 .....	(73)
4.4	总结 .....	(73)
4.4.1	关于 RS 理论 .....	(73)
4.4.2	关于统计机器学习理论 .....	(74)
	参考文献 .....	(74)

<b>第 5 章</b>	<b>序列学习初探 .....</b>	<b>金芝 (77)</b>
5.1	引言 .....	(77)
5.2	序列问题构形 .....	(78)
5.3	序列学习的基本模型和学习算法 .....	(81)
5.3.1	神经网络模型 .....	(81)
5.3.2	强化学习 .....	(86)
5.3.3	其他序列学习方法 .....	(93)
5.4	结束语 .....	(93)
	参考文献 .....	(94)

### 第三部分 Agent 技术

<b>第 6 章</b>	<b>Agent 研究进展 .....</b>	<b>石纯一 张伟等 (97)</b>
6.1	引言 .....	(97)
6.2	群体思维状态 .....	(98)
6.2.1	联合信念 .....	(98)
6.2.2	联合意图 .....	(99)
6.2.3	联合承诺 .....	(99)
6.3	MAS 的形式语义方法 .....	(100)
6.4	MAS 的对策论方法 .....	(102)
6.5	Agent 组织 .....	(103)
6.5.1	Agent 组织及研究意义 .....	(103)
6.5.2	Agent 组织的形成和演化 .....	(104)
6.5.3	Agent 组织规则 .....	(106)

6.5.4	与组织有关的模型 .....	(106)
6.5.5	应用 .....	(107)
6.6	Agent 的社会性 .....	(107)
6.6.1	社会 Agent 的思维属性模型 .....	(107)
6.6.2	社会法规、规范和协调 .....	(109)
6.6.3	社会经济学方法与拍卖 .....	(110)
6.7	面向 Agent 的程序设计 .....	(112)
6.7.1	Agent0 .....	(112)
6.7.2	AgentSpeak(L) .....	(113)
6.7.3	ConGolog .....	(113)
6.7.4	3APL 与 GOAL .....	(114)
6.7.5	几种语言比较 .....	(115)
6.8	面向 Agent 的软件工程 .....	(115)
6.8.1	形式化方法 .....	(115)
6.8.2	非形式化方法 .....	(117)
6.9	结语 .....	(118)
	参考文献 .....	(119)
<b>副报告:</b>	<b>关于 Agent 研究的几点思考 .....</b>	<b>杜小勇 (124)</b>
6'.1	什么是 Agent 背后的主要研究动机 .....	(124)
6'.2	什么是 Agent .....	(124)
6'.3	什么是基于 Agent 的方法 .....	(125)
<b>第 7 章</b>	<b>移动 Agent 技术的发展、挑战与趋势 .....</b>	<b>刘大有 杨博 杨鲲 (126)</b>
7.1	引言 .....	(126)
7.2	移动 Agent 的研究背景 .....	(127)
7.2.1	移动 Agent 是分布式技术发展的结果 .....	(127)
7.2.2	移动 Agent 是 Internet 发展的趋势 .....	(130)
7.2.3	移动 Agent 是 Agent 研究领域的一个重要分支 .....	(131)
7.3	移动 Agent 系统和实现技术 .....	(133)
7.3.1	移动 Agent 的定义 .....	(133)
7.3.2	移动 Agent 系统的组成 .....	(133)
7.3.3	移动 Agent 系统的实现技术 .....	(134)
7.4	移动 Agent 的技术优势 .....	(144)
7.5	移动 Agent 的研究现状 .....	(145)
7.5.1	移动 Agent 系统的研究 .....	(146)
7.5.2	移动 Agent 技术应用的研究 .....	(150)
7.6	移动 Agent 技术面临的问题与挑战 .....	(152)
7.6.1	技术上的挑战 .....	(152)

7.6.2	非技术上的挑战 .....	(153)
7.7	移动 Agent 技术发展趋势 .....	(154)
	参考文献 .....	(155)
<b>副报告:</b>	<b>从“知识和信息共享”的角度分析移动 Agent 中的两个问题 .....</b>	<b>曹存根 (163)</b>
7'.1	Variant .....	(163)
7'.2	Greed .....	(163)
7'.3	“信息和知识共享”与移动 Agent .....	(164)
7'.4	结束语 .....	(164)

#### 第四部分 非传统计算风范

<b>第 8 章</b>	<b>神经计算研究现状及发展趋势 .....</b>	<b>陈兆乾 周志华 陈世福 (165)</b>
8.1	引言 .....	(165)
8.2	神经网络 VC 维计算 .....	(166)
8.2.1	重要性 .....	(166)
8.2.2	VC 维 .....	(166)
8.2.3	研究进展 .....	(167)
8.2.4	进一步的问题 .....	(170)
8.3	神经网络集成 .....	(171)
8.3.1	重要性 .....	(171)
8.3.2	研究进展 .....	(171)
8.3.3	进一步的问题 .....	(177)
8.4	基于神经网络的数据挖掘 .....	(178)
8.4.1	重要性 .....	(178)
8.4.2	研究进展 .....	(178)
8.4.3	进一步的问题 .....	(184)
8.5	结束语 .....	(185)
	参考文献 .....	(186)
<b>副报告:</b>	<b>关于神经网络研究的讨论 .....</b>	<b>王珏 陶卿 (194)</b>
8'.1	引言 .....	(194)
8'.2	VC 维 .....	(194)
8'.3	人工神经网络集成 .....	(195)
8'.4	基于人工神经网络的数据挖掘 .....	(196)
8'.5	总结 .....	(196)
<b>第 9 章</b>	<b>模型生成与约束求解 .....</b>	<b>孙吉贵 张永刚 (197)</b>
9.1	引言 .....	(197)
9.2	模型生成 .....	(199)
9.2.1	SAT 问题求解 .....	(199)

9.2.2	有限论域一阶逻辑的模型生成 .....	(202)
9.2.3	Tableau 方法 .....	(203)
9.3	约束求解 .....	(209)
9.3.1	CSP 求解方法 .....	(211)
9.3.2	约束优化 .....	(216)
9.3.3	过度约束满足(over-constraint satisfaction) .....	(218)
9.4	非二元约束求解 .....	(218)
9.4.1	转换为二元约束求解 .....	(218)
9.4.2	直接求解非二元约束 .....	(220)
9.5	约束程序设计 .....	(221)
9.5.1	CLP 的基本理论研究 .....	(222)
9.5.2	约束求解和过程式语言的结合 .....	(225)
9.6	我们的系统 .....	(226)
9.7	约束求解技术的应用 .....	(228)
	参考文献 .....	(229)
<b>副报告 1: 约束满足问题</b>	张伟 石纯一	(233)
9'.1	约束建模 .....	(233)
9'.2	相容性和满足性的关系 .....	(234)
9'.3	传播技术比较 .....	(235)
<b>副报告 2: 量子并行计算</b>	孙吉贵 何雨果	(236)
9''.1	引言 .....	(236)
9''.2	量子计算机 .....	(236)
9''.3	量子算法 .....	(237)
9''.4	讨论与展望 .....	(240)
	参考文献 .....	(241)

## 第五部分 大规模知识获取

### 第 10 章 互联网环境下的知识获取、组织及智能

	检索的研究 .....	张磊 杜小勇 王静 王珊	(243)
10.1	引言 .....		(243)
10.1.1	研究背景 .....		(243)
10.1.2	国内外研究现状 .....		(244)
10.2	知识获取 .....		(246)
10.2.1	数据挖掘 .....		(246)
10.2.2	Web 挖掘 .....		(248)
10.2.3	文本挖掘 .....		(250)
10.3	知识组织 .....		(250)
10.3.1	传统的知识表示方法 .....		(251)

10.3.2	多层次 Web 信息库的构造	(253)
10.3.3	Semantic Web	(254)
10.4	知识应用	(255)
10.4.1	文本分类	(256)
10.4.2	查询扩展	(257)
10.4.3	用户兴趣建模	(257)
10.4.4	访问模式分析	(257)
10.4.5	链接分析	(258)
10.4.6	文本聚类	(258)
10.4.7	自动摘要	(259)
	参考文献	(260)
	<b>副报告: 关于基于 Web 的知识挖掘</b>	金芝 (262)
	参考文献	(265)
<b>第 11 章</b>	<b>大规模知识获取与分析</b>	曹存根 (266)
11.1	Cyc 工程: AI 中的“曼哈顿计划”	(266)
11.1.1	Cyc 小传	(266)
11.1.2	知识表示语言 CycL	(266)
11.1.3	知识获取和组织	(267)
11.1.4	推理	(267)
11.2	MindNet 工程	(267)
11.2.1	概述	(267)
11.2.2	MindNet 中的语义关系	(268)
11.2.3	MindNet 中的相似性和推理	(269)
11.2.4	MindNet 的进一步发展	(269)
11.3	NKI 工程	(269)
11.3.1	什么是 NKI	(269)
11.3.2	学科本体	(270)
11.3.3	NKI 中的知识分析	(271)
11.4	三种方法的优缺点	(273)
	参考文献	(274)
	<b>副报告: 与大规模知识建库有关的几个问题</b>	陆汝铃 (277)
11'.1	一致性问题	(277)
11'.2	完备性问题	(278)
11'.3	结构性问题	(279)
<b>第 12 章</b>	<b>计算机科学工作者关心的几个生物信息学课题</b>	陆汝铃 张少方 (280)
12.1	研究背景	(280)



12.1.1	新世纪的钟声 .....	(280)
12.1.2	一些基本概念 .....	(281)
12.1.3	什么是生物信息学 .....	(282)
12.2	一些重要的生物信息学课题 .....	(283)
12.2.1	序列装配问题 .....	(283)
12.2.2	基因区域预测 .....	(283)
12.2.3	蛋白质结构预测 .....	(284)
12.2.4	同源分析 .....	(285)
12.3	算法研究 .....	(286)
12.3.1	序列装配算法 .....	(286)
12.3.2	匹配分类算法 .....	(286)
12.3.3	比对算法 .....	(290)
12.3.4	聚类分析算法 .....	(294)
12.3.5	基因预测算法 .....	(299)
12.4	其他有关研究 .....	(303)
12.4.1	蛋白质二级结构预测的一些结果 .....	(303)
12.4.2	分子动力学研究 .....	(304)
12.5	数据和分析工具来源 .....	(305)
12.5.1	数据来源 .....	(305)
12.5.2	重要的生物信息数据库 .....	(305)
12.5.3	重要二次数据库 .....	(305)
12.5.4	重要数据库网址 .....	(306)
12.5.5	生物信息学常用程序 .....	(307)
	参考文献 .....	(308)
	副报告: 计算机科学和生物学 .....	朱洪(311)
	附录:《世纪之交的知识工程与知识科学》目录 .....	(313)

# 第一部分 理论基础

## 第1章 基于进程代数的并发行为推理

冯元 应明生

清华大学计算机科学与技术系智能技术与系统国家重点实验室  
北京 100084

### 1.1 引言

在人工智能领域,行为推理是一个非常热门的研究课题,其中最重要的问题是如何描述动态系统,以及如何进行推理。在这一方面,人们已经提出很多形式化的方法<sup>[1,2]</sup>。典型的描述动态系统的方法是引进一个取值随系统进化而改变的“事实”(fact)的集合,以及定义行为对“事实”的影响函数,以方便描述由执行特定的动作引起的状态转移<sup>[1]</sup>;典型的推理问题是逻辑蕴涵,即寻找一种特定的适合描述动态系统的逻辑,在这个逻辑下,系统状态的属性可以由有关系统的一些假设出发推导出来。

本文所要介绍的是一种新的行为推理方法,通过将进程代数<sup>[3]</sup>的概念引入人工智能领域,用带全局状态的进程代数 PGS(process with global store)描述动态系统,从而为人工智能领域的行为推理与计算机科学的并发理论建立起一座桥梁。这种方法首先是由 Chen 和 De Giacomo 提出<sup>[4]</sup>,后经 Feng 和 Ying 改进,并引入了互模拟和测试语义<sup>[5]</sup>。

这种形式化方法将进程代数的基本概念与行为推理中典型的描述方法相结合,从而允许我们用适当的控制结构来组织系统,比如顺序复合、并行复合、不确定选择,等等。PGS 中的动作(action)分为原子动作(atomic action)和同步动作(synchronized action),同步动作是由同步进行的原子动作组成的,考虑到资源的依赖性,文献[5]中更加严格地把同步动作定义为原子动作的多重集。同步动作对全局状态的贡献相当于各部分原子动作贡献的复合。通过对变迁语义的定义,PGS 可以描述复杂的动态系统,并对系统进行推理。为了解决模型检验(model checking)的问题,文献[4]引进一种适合于描述动态系统状态属性的模型逻辑  $M_\mu$ 。 $M_\mu$  与经典  $\mu$ -演算的区别就在于前者允许在行为规则(action formulae)中出现

行为的复合,如非、与、或,等等。这样,复杂动态系统的模型检验问题就转化为检验  $M_\mu$  的一个公式在给定制度的某个状态下是否为真的问题。文献[4]中证明了  $M_\mu$  的模型检验问题都可以线性规约到标准的  $\mu$ -演算的模型检验,同时在  $M_\mu$  模型检验意义下两个进程等价,当且仅当这两个进程在 PGS 中某种互模拟意义下是相互模拟的。

下面我们介绍 PGS 的一些基本概念和性质,需要说明的是我们更多地采用文献[5]中改进后(在数学上更加严格)的定义,并在需要的时候简单说明与文献[4]中定义的区别。

## 1.2 全局状态及更新算子

设 Prop 是简单命题的有限集合。记 Lit 为 Prop 中命题及其非的集合,即

$$\text{Lit} = \text{Prop} \cup \neg \text{Prop} = \{A, \neg A; A \in \text{Prop}\}$$

在带全局状态的进程代数动态系统 PGS 中,系统的一个特定状态称为格局(configuration),格局表现为一个二元组

$$(p, \sigma)$$

其中  $p$  称为进程(process),描述了系统在该状态下所有可能的行为;  $\sigma$  称为全局状态(global store),是 Prop 上的一个“解释”,即,从 Prop 到真值集合  $\{\text{tt}, \text{ff}\}$  上的一个映射。它描述的是系统当前所处的状态,包括外部环境的状态等。当系统执行某一动作时,进程和全局状态会同时发生改变,从而引起格局的演化。

**定义 1.1**(文献[4], p. 68 或文献[5], p. 3) 设  $\sigma$  是一个全局状态,  $L \subseteq \text{Lit}$  不含矛盾命题,即,对所有的  $A \in \text{Prop}, A \notin L$  或  $\neg A \notin L$ 。则  $\sigma$  在  $L$  下的更新定义为一个新的全局状态  $\sigma \circ L$ ,使得对所有的  $A \in \text{Prop}$ ,

$$(\sigma \circ L)(A) = \begin{cases} \text{tt}, & \text{如果 } A \in L \\ \text{ff}, & \text{如果 } \neg A \in L \\ \sigma(A), & \text{否则} \end{cases}$$

显然,  $\sigma \circ L$  是最接近于  $\sigma$  并且满足  $L$  中所有命题的全局状态。下面的引理说明,一个全局状态在一组命题集合下的更新,相当于这个全局状态依次按每一个命题进行更新。

**引理 1.1** 如果  $L_1 \cup L_2$  不含矛盾的命题,则  $(\sigma \circ L_1) \circ L_2 = \sigma \circ (L_1 \cup L_2)$ 。

当  $L_1 \cup L_2$  含有矛盾的命题时,  $\sigma \circ (L_1 \cup L_2)$  没有定义;但是只要  $L_1$  和  $L_2$  都不含有矛盾的命题,  $(\sigma \circ L_1) \circ L_2$  总是有定义的。

**定义 1.2** 设  $\sigma$  和  $\sigma'$  是两个全局状态,如果存在一个不含矛盾命题的集合  $L$ ,使得  $\sigma' = \sigma \circ L$ ,则称  $\sigma'$  为  $\sigma$  的一个更新,  $L$  为  $\sigma'$  的  $\sigma$  更新集。

需要说明的是从  $\sigma$  到  $\sigma'$  往往不止一个更新集。例如,假设对所有的  $A \in \text{Prop}$ ,  $\sigma(A) = \sigma'(A) = \text{tt}$ ,则任意  $L \subseteq \text{Prop}$  都是  $\sigma'$  的  $\sigma$  更新集。很自然的,我们就想到了最小更新集的概念,下面的引理给出了寻找最小更新集的方法。

**引理 1.2**  $L_{\sigma, \sigma'} = \{A: \sigma(A) \neq \sigma'(A) = \text{tt}\} \cup \{\neg A: \sigma(A) \neq \sigma'(A) = \text{ff}\}$  是  $\sigma'$  的最小  $\sigma$  更新集。

下面介绍全局状态的合成。这个概念非常重要,有助于给出同步动作的操作语义。

**定义 1.3** 设  $\sigma_1 = \sigma \circ L_1, \sigma_2 = \sigma \circ L_2$ 。如果  $L_1 \cup L_2$  不包含矛盾命题,则  $\sigma_1$  和  $\sigma_2$  称