国防科技图书出版基金

指挥自动化系统辅助决策技术

AIDED DECISION-MAKING TECHNIQUES IN COMMAND AND CONTROL SYSTEM

周献中 郑华利 田卫萍 梁维泰 著



国防工业出版社
National Defense Industry Press

E072
2

国防科技图书出版基金

指挥自动化系统辅助决策技术

周献中　郑华利　田卫萍　梁维泰　著

国防工业出版社

·北京·

图书在版编目（CIP）数据

指挥自动化系统辅助决策技术/周献中等著. —北京：国防工业出版社，2012.9

ISBN 978-7-118-08189-3

Ⅰ. ①指… Ⅱ. ①周… Ⅲ. ①指挥自动化—自动化系统—研究 Ⅳ. ①E072

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2012）第 164928 号

※

国防工业出版社出版发行

（北京市海淀区紫竹院南路 23 号　邮政编码 100048）

北京嘉恒彩色印刷有限责任公司

新华书店经售

*

开本 710×960　1/16　**印张** 17 ¼　**字数** 300 千字

2012 年 9 月第 1 版第 1 次印刷　**印数** 1—3000 册　**定价** 85.00 元

（本书如有印装错误，我社负责调换）

国防书店：（010）88540777　　发行邮购：（010）88540776

发行传真：（010）88540755　　发行业务：（010）88540717

致 读 者

本书由国防科技图书出版基金资助出版。

国防科技图书出版工作是国防科技事业的一个重要方面。优秀的国防科技图书既是国防科技成果的一部分，又是国防科技水平的重要标志。为了促进国防科技和武器装备建设事业的发展，加强社会主义物质文明和精神文明建设，培养优秀科技人才，确保国防科技优秀图书的出版，原国防科工委于1988年初决定每年拨出专款，设立国防科技图书出版基金，成立评审委员会，扶持、审定出版国防科技优秀图书。

国防科技图书出版基金资助的对象是：

1．在国防科学技术领域中，学术水平高，内容有创见，在学科上居领先地位的基础科学理论图书；在工程技术理论方面有突破的应用科学专著。

2．学术思想新颖，内容具体、实用，对国防科技和武器装备发展具有较大推动作用的专著；密切结合国防现代化和武器装备现代化需要的高新技术内容的专著。

3．有重要发展前景和有重大开拓使用价值，密切结合国防现代化和武器装备现代化需要的新工艺、新材料内容的专著。

4．填补目前我国科技领域空白并具有军事应用前景的薄弱学科和边缘学科的科技图书。

国防科技图书出版基金评审委员会在总装备部的领导下开展工作，负责掌握出版基金的使用方向，评审受理的图书选题，决定资助的图书选题和资助金额，以及决定中断或取消资助等。经评审给予资助的图书，由总装备部国防工业出版社列选出版。

国防科技事业已经取得了举世瞩目的成就。国防科技图书承担着记载和弘扬这些成就，积累和传播科技知识的使命。在改革开放的新形势下，原国防科工委率先设立出版基金，扶持出版科技图书，这是一项具有深远意义的创举。此举势必促使国防科技图书的出版随着国防科技事业的发展更加兴旺。

设立出版基金是一件新生事物，是对出版工作的一项改革。因而，评审工作需要不断地摸索、认真地总结和及时地改进，这样，才能使有限的基金发挥出巨大的效能。评审工作更需要国防科技和武器装备建设战线广大科技工作者、专家、教授，以及社会各界朋友的热情支持。

让我们携起手来，为祖国昌盛、科技腾飞、出版繁荣而共同奋斗！

国防科技图书出版基金

评审委员会

国防科技图书出版基金
第六届评审委员会组成人员

主 任 委 员　刘成海

副主任委员　宋家树　蔡　镭　程洪彬

秘　书　长　程洪彬

副 秘 书 长　彭华良　贺　明

委　　员　于景元　才鸿年　马伟明　王小谟
（按姓氏笔画排序）
甘茂治　甘晓华　卢秉恒　邬江兴
刘世参　芮筱亭　李言荣　李德仁
李德毅　杨　伟　吴有生　吴宏鑫
何新贵　张信威　陈良惠　陈冀胜
周一宇　赵万生　赵凤起　崔尔杰
韩祖南　傅惠民　魏炳波

前　言

决策是人类有目的和目标的基本活动与行为之一。无论是人们日常生活安排，还是国家宏观政策制定，时刻都离不开决策。当决策面临的环境较复杂、决策依赖的信息存在不完备或者决策者的能力与认知水平有一定局限时，决策者在决策制定过程的诸多环节就会存在辅助决策的需求。

中国很早就出现了辅助决策活动与工具。古代的算筹、算盘，乃至战争中使用的烽火、信鸽、军事作战地图、沙盘、兵棋等是以“工具”的形态辅助决策；而谋士、军师、幕僚、师爷等则是以“智囊团”的形式辅助决策。现在，服务于辅助决策的组织机构及活动更复杂，信息获取、处理与利用的工具更先进，或者说，实现辅助决策的手段、技术提升了，能力也提升了。但它们和早期辅助决策的基本功能是相同的，本质上都是为了决策。

信息化已成为21世纪新军事变革的核心，人类战争形态也已从机械化战争转变为信息化战争。决策作为军队作战指挥的核心也变得越来越复杂，特别是在具有风险性、欺骗性、对抗性、信息不完备、复杂多变等特征的战场环境下，辅助决策的作用越来越重要，辅助决策系统更是军队指挥自动化系统的核心。

在国外，各国军队都十分重视研究和发展辅助决策系统。从20世纪60年代开始，美国各军种已逐步发展本部队的作战方案辅助生成和评估系统，到70年代，开始在指挥、控制、通信和情报（Command, Control, Communication and Intelligence, C^3I）系统中集成各种辅助决策功能。海湾战争期间，美军的联合作战计划与执行系统（Joint Planning and Execution System，JOPES）、战区级战役作战方案评估系统、防空混成旅射击指挥决策系统等辅助决策系统的应用大大提升了作战指挥决策的速度和效能。

21世纪初期，美军总结作战决策的经验教训，从3个方面对作战指挥决策手段进行了改进：一是大力提高辅助决策系统的快速反应能力，以适应高技术条件下战场不确定因素增多、战场态势瞬息万变的特点；二是将辅助决策系统与联合作战仿真模拟系统集成为一个整体，以便作战方案能得到充分评估与论证；三是提高了各系统的互通能力。通过上述改进，美军基本上形成了以支持作战指挥决

策全过程为核心的信息系统，即作战指挥辅助决策系统。美军的参谋计划与辅助决策系统是机动控制系统的核心，为军和军以下指挥官提供作战指挥辅助决策，并已装备到陆军营至军级。2010 年，美军基本实现了与 C^4ISR（Command，Control，Communication，Computer，Intelligence，Surveillance，Reconnaissance）系统完全集成的系列化作战辅助决策系统，为作战和训练中的指挥决策活动提供有效的支持。

我国关于辅助决策的研究起步较晚，作战指挥辅助决策系统的研究则是 20 世纪 80 年代以后才开始有文献加以论述。经过近 30 年的发展，作战辅助决策在理论研究和基本工具与系统开发等方面已经取得了一定的成效。在理论研究方面，尤其是近几年来，学术界对军队指挥辅助决策技术研究的重视程度不断提高，典型成果如指挥控制系统的辅助决策需求工程、军事信息系统体系结构技术、军事运筹新方法、军事战略运筹分析、联合战役决策支持系统（Decision Support System，DSS）模型体系、信息时代作战体系的概念模型及其描述、未来一体化辅助决策平台框架设计、决策问题模型体系的规范化描述与表示、系统服务组件设计等。在应用研究方面，不少科研院（所）开发了一些可用于作战指挥的辅助决策原型系统，如辅助决策系统开发工具 GFKD-DSS、战役机动智能化辅助决策系统、作战方案评估智能辅助决策系统、野战防空智能辅助决策系统等。

目前在我军已装备使用的各类指挥自动化系统中均配有辅助决策系统应用于部队，一定程度上提升了指挥员的决策水平。但审视这些系统不难发现，它们在诸如系统服务的开放性、知识体系的完备性、人机交互的协调性、对不同决策问题的适应性、问题求解过程的灵活性、决策支持的智能性等方面均值得进一步思考和研究。

目前，方兴未艾的云计算、语义 Web 等新技术对信息化战争的影响与日俱增，决策（特别是敏捷决策）支持的需求变大，对辅助决策系统的性能要求也变得更高。这对辅助决策系统的研究与开发又提出了新的挑战。

基于此，本书是在现有决策理论与技术的基础上，并结合我们的一些相关科研成果撰写而成，以求通过基于先进的服务架构技术而构建的新型辅助决策系统技术体系的介绍，为我军作战指挥自动化辅助决策技术的发展尽绵薄之力，对能实现符合未来指挥自动化系统要求的辅助决策系统提供可发展的思路和技术。

本书共 7 章。第 1 章是决策与辅助决策概述，为全书提供概念基础；第 2 章介绍指挥自动化系统中辅助决策的需求、内涵、特点及辅助决策系统的目标与任务、组成与要素、结构与体系等，突出军事辅助决策系统的特殊性和复杂性；第 3 章是对指挥自动化系统中常用的基本辅助决策模型及求解技术的简要描述和讲

解，可为简单决策问题求解提供支持；第 4 章主要介绍指挥自动化系统中基于本体的复杂决策问题形式化描述，基于贝叶斯网和模糊理论的复杂决策问题建模方法及有关的复杂决策问题的求解技术等内容，可为非（半）结构化决策问题求解提供模型和算法支撑；第 5 章介绍辅助决策系统总体设计技术，包括基于 MAS 的辅助决策系统、基于研讨厅的辅助决策系统等的架构和设计，重点描述了基于服务的辅助决策系统的设计模式，可为未来一体化决策系统的研发设计提供理论支撑；第 6 章结合指挥自动化系统中辅助决策技术的新需求，详细描述了一种基于服务架构的未来一体化辅助决策平台（IADP-S）设计方案及相应的任务分解、服务发现、服务组合等关键技术，可为快速生成领域决策问题的服务组合方案及“即需即用”的决策服务提供技术支持；第 7 章则选取军队指挥决策中典型的指挥决策问题，分别采用基本的辅助决策技术对物资陆路输送配载问题、利用自行研制的一体化辅助决策平台原型系统对炮兵火力分配问题进行了求解、验证和演示。

本书是对作者十多年来在辅助决策领域理论研究、系统开发、实践应用等方面工作的阶段性小结，其中也包含了井祥鹤博士、吴奎博士、萧毅鸿博士、施爱博硕士学位论文中的部分成果，还参阅了很多相关的资料，在此表示深切的谢意。在撰写过程中，中国电子科技集团第二十八所的赵宗贵研究员提出了许多有益的建议，博士吴奎、萧毅鸿、黄孝鹏、盛寅、杨洁，硕士赵实、陆晓明、王宝祥、毛可等研究生承担了大量的文档编辑和实例系统设计工作，借此机会一并致谢！

特别地，作者要衷心感谢李德毅院士，是他多次的指导与鼓励让我们坚定了撰写本书的信心，同时也深深感受到一种义务和责任。

感谢国防科技图书出版基金为本书出版提供的资助，感谢总装重点基金的项目支持，感谢国防工业出版社王京涛主任、牛旭东编辑从本书申请到立项再到出版的全程帮助和倾心支持！

由于作者水平所限，书中难免有疏漏和不足之处，殷切期望广大读者批评指正。

作 者

2012 年 7 月

目 录

第 1 章 决策与辅助决策概述 ····· 1

1.1 决策 ····· 1

1.1.1 基本概念 ····· 1

1.1.2 决策的系统认知 ····· 5

1.1.3 决策理论的发展 ····· 5

1.2 辅助决策基本概念与相关技术 ····· 9

1.2.1 辅助决策 ····· 9

1.2.2 辅助决策的相关技术 ····· 11

1.3 辅助决策系统 ····· 13

1.3.1 辅助决策系统的发展 ····· 13

1.3.2 传统辅助决策系统体系结构 ····· 15

1.3.3 辅助决策系统的定义与研究话题 ····· 17

1.3.4 建立辅助决策系统的不同切入点 ····· 19

1.3.5 辅助决策系统部件与 Web 的相互影响 ····· 20

第 2 章 指挥自动化系统中的辅助决策 ····· 21

2.1 指挥自动化与指挥自动化系统 ····· 21

2.1.1 基本概念 ····· 21

2.1.2 指挥自动化系统的演变 ····· 22

2.1.3 指挥自动化系统与“四域” ····· 25

2.2 指挥自动化系统对辅助决策的需求 ····· 27

2.2.1 军队指挥决策问题 ····· 27

2.2.2 指挥自动化系统辅助决策的内涵 ····· 33

2.2.3 指挥自动化系统辅助决策的特点 ····· 34

2.3 指挥自动化系统辅助决策系统的概念 ····· 35

2.3.1 对军队辅助决策系统的两个描述性定义 ····· 35

2.3.2 军队辅助决策系统的任务及特点 ····· 37

2.3.3 军队辅助决策系统的基本组成 ····· 38

2.3.4 军队辅助决策系统的软件结构 ····· 39

2.3.5 关于辅助的“深度”与“广度” ····· 42
第 3 章 指挥自动化系统辅助决策基本模型及求解技术 ····· 43
3.1 指挥决策中的数学规划模型及求解技术 ····· 43
3.1.1 线性规划模型及求解技术 ····· 43
3.1.2 动态规划模型及求解技术 ····· 44
3.1.3 军事应用案例 ····· 45
3.2 指挥决策中的对策论模型及求解技术 ····· 48
3.2.1 对策论基本模型及求解技术 ····· 48
3.2.2 指挥决策中的矩阵对策示例 ····· 52
3.2.3 冲突分析 ····· 53
3.3 指挥决策中的网络模型及求解技术 ····· 55
3.3.1 统筹法 ····· 56
3.3.2 统筹图的拟制 ····· 56
3.3.3 统筹图的优化 ····· 58
3.3.4 网络优化决策的军事应用示例 ····· 58
3.4 指挥决策中的排队模型及求解技术 ····· 61
3.4.1 军队指挥决策中的排队问题 ····· 61
3.4.2 服务系统的决策变量 ····· 62
3.4.3 排队问题的决策模型及求解技术 ····· 62
3.4.4 军队指挥决策中的排队决策示例 ····· 63
3.5 指挥决策中的 Lanchester 模型及求解 ····· 64
3.5.1 Lanchester 线性律 ····· 65
3.5.2 Lanchester 平方律 ····· 67
3.6 指挥决策中的不确定型决策模型及求解技术 ····· 68
第 4 章 指挥自动化系统辅助决策复杂模型及求解技术 ····· 71
4.1 指挥决策问题的复杂性分析 ····· 71
4.2 复杂决策问题的表示及建模方法概述 ····· 77
4.3 基于本体的复杂决策问题形式化描述 ····· 80
4.3.1 引言 ····· 80
4.3.2 本体和描述逻辑 ····· 85
4.3.3 基于本体的决策问题知识表示 ····· 90
4.4 基于贝叶斯网的复杂决策问题建模方法 ····· 96
4.4.1 传统概率方法的局限 ····· 96
4.4.2 贝叶斯网及其推理 ····· 97

4.4.3 描述逻辑的概率扩展 …… 100
4.4.4 决策任务本体的概率扩展 …… 101
4.5 基于模糊理论的复杂决策问题建模方法 …… 109
4.5.1 理论基础 …… 109
4.5.2 描述逻辑的模糊扩展 …… 119
4.5.3 决策任务本体的模糊扩展 …… 126
4.6 复杂决策问题的求解技术 …… 130
4.6.1 复杂决策问题的解 …… 130
4.6.2 复杂决策问题求解方法 …… 131
4.6.3 多目标粒子群算法 …… 138
第 5 章 指挥自动化系统辅助决策系统总体设计技术 …… 142
5.1 辅助决策系统的基本组成及相关技术 …… 142
5.1.1 数据库系统 …… 142
5.1.2 模型库系统 …… 144
5.1.3 知识库系统 …… 146
5.1.4 方法库系统 …… 148
5.1.5 人机交互系统 …… 149
5.1.6 对辅助决策系统提出的新要求 …… 151
5.2 基于 MAS 的辅助决策系统 …… 152
5.2.1 Agent 概念 …… 152
5.2.2 MAS 的特性及技术特点 …… 154
5.2.3 基于 MAS 的指挥自动化系统辅助决策系统架构 …… 155
5.3 基于研讨厅的辅助决策系统 …… 158
5.3.1 综合集成研讨厅体系原理 …… 158
5.3.2 综合集成研讨厅系统的设计思想 …… 159
5.3.3 综合集成研讨厅中的关键问题 …… 160
5.3.4 基于研讨厅的辅助决策系统架构 …… 163
5.4 基于服务的辅助决策系统 …… 164
5.4.1 Web 服务 …… 165
5.4.2 SOA 架构 …… 167
5.4.3 基于服务架构的辅助决策系统 …… 169
第 6 章 未来一体化辅助决策平台关键技术 …… 174
6.1 平台总体方案设计 …… 174
6.1.1 基本设计思想 …… 174

6.1.2 平台总体结构 …… 175
6.1.3 关键技术介绍 …… 176
6.1.4 IADP-S 工作流程 …… 179
6.1.5 IADP-S 的特点 …… 181
6.2 任务分解技术 …… 182
6.2.1 任务的定义 …… 183
6.2.2 层级任务网络（HTN）规划 …… 184
6.2.3 应用示例 …… 189
6.3 服务发现技术 …… 191
6.3.1 Web 服务语义匹配 …… 192
6.3.2 Web 服务聚类管理 …… 200
6.3.3 基于形式概念分析的服务发现 …… 200
6.3.4 实验分析 …… 214
6.4 服务组合技术 …… 216
6.4.1 基本假设 …… 216
6.4.2 基于图搜索的 Web 服务组合问题描述 …… 217
6.4.3 服务连接关系矩阵构造 …… 218
6.4.4 服务组合规划 …… 221
6.4.5 实验分析 …… 222
6.5 原型系统主要模块设计 …… 223
6.5.1 用例分析 …… 224
6.5.2 模块设计 …… 226
第 7 章 应用案例 …… 230
7.1 物资陆路输送辅助决策 …… 230
7.1.1 引言 …… 230
7.1.2 平车装载问题 …… 231
7.2 炮兵火力分配辅助决策 …… 237
7.2.1 问题描述 …… 237
7.2.2 领域知识建模 …… 238
7.2.3 模型设计 …… 239
7.2.4 服务开发 …… 239
7.2.5 服务管理 …… 239
7.2.6 流程设计 …… 240
7.2.7 决策应用 …… 243
参考文献 …… 245

Contents

Chapter 1 Introduction to Decision and Aided Decision-making 1

1.1 Decision 1

1.1.1 Basic Concepts 1

1.1.2 Understanding Decision from System View 5

1.1.3 The Development of Decision Theory 5

1.2 Basic Concepts and Related Techniques of Aided Decision-making 9

1.2.1 Aided Decision-making 9

1.2.2 Related Techniques of Aided Decision-making 11

1.3 Aided Decision-making System 13

1.3.1 The Development of Aided Decision-making System 13

1.3.2 Traditional Architecture of Aided Decision-making System 15

1.3.3 Definition and Research Topics of Aided Decision-making System 17

1.3.4 Different Viewpoints for Building Aided Decision-making System 19

1.3.5 The Interaction Between Aided Decision-making System's Component and Web 20

Chapter 2 Aided Decision-making in Command and Control System 21

2.1 Command and Control System 21

2.1.1 Basic Concepts 21

2.1.2 The Evolution of Command and Control System 22

2.1.3 Command and Control System and "four-Domains" 25

2.2 Requirements of Aided Decision-making in Command and Control System 27

2.2.1 Decision Problems in Military Command and control 27

2.2.2 The Connotation of Aided Decision-making in Command and Control System 33

2.2.3 The Characteristics of Aided Decision-making in Command and Control System 34

2.3 Concepts of Aided Decision-Making System in Command and Control System 35

2.3.1 Two Descriptive Definitions of Military Aided Decision-making System 35

2.3.2 Tasks and Characteristics of Military Aided Decision-making System 37

2.3.3 Basic Components of Military Aided Decision-making System ····· 38
2.3.4 Software Architecture of Military Aided Decision-making System ····· 39
2.3.5 "Depth" and "Breadth" of Aided Decision-making ····· 42
Chapter 3 Basic Models and Solving Techniques for Aided Decision-making in Command and Control System ····· 43
3.1 Mathematical Programming Model and Solving Techniques ····· 43
3.1.1 Linear Programming Model and Solving Techniques ····· 43
3.1.2 Dynamic Programming Model and Solving Techniques ····· 44
3.1.3 Military Applications ····· 45
3.2 Game Theoretic Model and Solving Techniques ····· 48
3.2.1 Basic Model and Solving Techniques of Game Theory ····· 48
3.2.2 Matrix Game Examples in Military Command Decision ····· 52
3.2.3 Conflict Analysis ····· 53
3.3 Network Model and Solving Techniques ····· 55
3.3.1 Method of Overall Planning ····· 56
3.3.2 Design of Overall Planning Graph ····· 56
3.3.3 Optimization of Overall Planning Graph ····· 58
3.3.4 Military Applications of Network Optimization Decision ····· 58
3.4 Queuing Model and Solving Techniques ····· 61
3.4.1 Queuing Problems in Military Command Decision ····· 61
3.4.2 Decision Variables in Queuing System ····· 62
3.4.3 Decision Model and Solving Techniques of Queuing Problems ····· 62
3.4.4 Military Applications of Queuing Decision ····· 63
3.5 Lanchester's Model and Solving Techniques ····· 64
3.5.1 Lanchester Linear Law ····· 65
3.5.2 Lanchester Square Law ····· 67
3.6 Uncertain Decision Model and Solving Techniques ····· 68
Chapter 4 Complex Models and Solving Techniques for Aided Decision-making in Command and Control System ····· 71
4.1 Complexity Analysis on Command Decision-making Problems ····· 71
4.2 Representation and Modeling for Complex Decision-making Problems ····· 77
4.3 Formal Description of Complex Decision-making Problems Based on Ontology ····· 80
4.3.1 Introduction ····· 80

4.3.2 Ontology and Description Logic ····· 85
4.3.3 Representation of Decision-making Problems Based on Ontology ····· 90
4.4 Modeling for Complex Decision-making Problems Based on Bayesian Network ····· 96
4.4.1 Limitations of Traditional Probabilistic Methods ····· 96
4.4.2 Bayesian Network and Reasoning ····· 97
4.4.3 Probability Extension of Description Logic ····· 100
4.4.4 Probability Extension of Decision Task Ontology ····· 101
4.5 Modeling for Complex Decision-making Problems Based on Fuzzy Theory ····· 109
4.5.1 Theoretical Basis ····· 109
4.5.2 Fuzzy Extension of Description Logic ····· 119
4.5.3 Fuzzy Extension of Decision Task Ontology ····· 126
4.6 Techniques for Solving Complex Decision Problems ····· 130
4.6.1 Solutions of Complex Decision Problems ····· 130
4.6.2 Solving Methods of Complex Decision Problems ····· 131
4.6.3 An Improved Multi-objective Particle Swarm Algorithm ····· 138
Chapter 5 Design Technology for Aided Decision-making System in Command and Control System ····· 142
5.1 Basic Components and Related Technology of Aided Decision-making Systems ····· 142
5.1.1 Database System ····· 142
5.1.2 Model Base System ····· 144
5.1.3 Knowledge Base System ····· 146
5.1.4 Method Base System ····· 148
5.1.5 Human-Machine Interaction System ····· 149
5.1.6 New Requirements on Aided Decision-making System ····· 151
5.2 Aided Decision-making System Based on MAS ····· 152
5.2.1 Concepts of Agent ····· 152
5.2.2 Characteristics and Technical Features of MAS ····· 154
5.2.3 Architecture of Aided Decision-making System in Command and Control System Based on MAS ····· 155
5.3 Aided Decision-making System Based on the Hall for Workshop of Meta-synthetic Engineering ····· 158
5.3.1 Principle of the Hall for Workshop of Meta-synthetic Engineering ····· 158

5.3.2 Design Ideas of the Hall for Workshop of Meta-synthetic Engineering ····· 159
5.3.3 Key Problems of the Hall for Workshop of Meta-synthetic Engineering ····· 160
5.3.4 Aided Decision-making System Architecture based on the Hall for Workshop of Meta-synthetic Engineering ····· 163
5.4 Aided Decision-making System Based on Service ····· 164
5.4.1 Web Service ····· 165
5.4.2 Service-Oriented Architecture ····· 167
5.4.3 Aided Decision-making System Based on SOA ····· 169
Chapter 6 Key Techniques for the Future Integrated Aided Decision-making Platform ····· 174
6.1 Overall Design of the Platform ····· 174
6.1.1 The Basic Design Idea ····· 174
6.1.2 Platform's Overall Structure ····· 175
6.1.3 Some Key Techniques in the Platform ····· 176
6.1.4 Working Flow of IADP-S ····· 179
6.1.5 The Characteristics of IADP-S ····· 181
6.2 Technique for Task Decomposition ····· 182
6.2.1 Definition of Task ····· 183
6.2.2 Hierarchical Task Network (HTN) Planning ····· 184
6.2.3 Applications ····· 190
6.3 Technique for Service Discovery ····· 191
6.3.1 Semantic Matching of Web Services ····· 192
6.3.2 Web Services Cluster Management ····· 200
6.3.3 Service Discovery Based on Formal Concept Analysis ····· 200
6.3.4 Experimental Analysis ····· 214
6.4 Technique for Service Composition ····· 216
6.4.1 Basic Idea ····· 216
6.4.2 Description of Web Service Composition Problem Based on Graph Search ····· 217
6.4.3 Constructing the Matrix of Service Connection Relationships ····· 218
6.4.1 Planning of Service Composition ····· 221
6.4.5 Experimental Analysis ····· 222
6.5 Main Modules Design of Prototype System ····· 223
6.5.1 Case Analysis ····· 224
6.5.2 Module Designing ····· 226