

中图分类号: TP 391.9

文献标识码: A

基于认知主导决策模型的陆军合同 战术指挥员 Agent 建模策略

陈亚洲, 刘建平, 包 战

(61683 部队 北京 100094)

摘 要: 作战模拟系统中陆军指挥员模型建模十分重要, 其决策不确定性强, 功能实现复杂。针对这一问题, 提出了基于认知主导决策模型的建模思想, 并针对其计算机实现面临的决策者经验态势结构化描述、经验态势与当前态势自动匹配以及指挥员行为建模等重点难点问题提出了解决策略。

关键词: 陆军合同战术指挥员 Agent; 决策行为; 建模

Methods on the Modeling of Land Tactical Commander Agent Based on the Recognition-primed Decision Model

CHEN Yazhou, LIU Jianping, BAO Zhan

(PLA 61683, Beijing 100094, China)

Abstract: The decision function of current land tactical commander model in the joint operation simulation system is still very poor now. This has seriously affected the usefulness of the system. In an effort to develop a better Land Tactical Commander Agent (LTC-Agent) model, We suggest a way of recognition-primed decision (RPD) model. We will face some problems when modeling the LTC-Agent on computer by this way. Thus are the main problems: to describe the commander's experience on situation in a constructive way, to match commander's experience situation with current situation, to model the human behavior in decision making, etc.. Some methods have been provided in this article.

Key words: land tactical commander agent (LTC-Agent); decision behavior; model

1 引 言

用于作战分析的模拟通常采用“人不在环”的应用方式, 将作战方案输入到模拟系统中, 作战实体按照作战方案或计划随时间推进, 对一个或多个作战方案进行多样本探索性分析。采用这种模拟方式, 要求作战方案能够预先考虑并处理各种情况, 或者在出现不能按原方案推进的情况时模型能够自动决策。由于陆军作战行动不

能按原方案实施的情况多, 对陆军模型自动决策能力的要求高, 为解决这一问题, 建立了陆军合同战术指挥员 Agent (Land Tactical Commander Agent: LTC-Agent) 模型。LTC-Agent 的主要功能是模拟指挥员的决策活动, 决策本质上属于认知行为, 需要基于认知决策理论建模。本文提出了基于认知主导决策模型的建模思想, 并针对其计算机实现面临的决策者经验态势结构化描述、经验态势与当前态势自动匹配以及指挥员行为建模等重点难点问题提出了解决策略。

2 认知主导决策模型及其适用性分析

2.1 从经典决策理论到自然决策理论

在以诺贝尔经济学奖获得者 Simon 为代表的现代决策理论出现之前,人们通常把决策狭义地理解为仅仅对行动方案的最后选择。基于这种认识发展起来的决策理论称为经典决策 (Classical Decision Making: CDM) 理论。CDM 理论解决问题的基本思想,在于将决策问题演绎抽象和高度形式化,建立最优化或完全理性的、普适的决策模型。CDM 理论对决策者的要求极为严格,需要掌握其所处环境的各个有关方面的信息和知识。因此,CDM 又是“理性人”的决策。

Simon 将决策看作是一种认知过程,即“有限理性人”对行动目标与手段的探索、判断、评价直至最后选择的过程。以“有限理性说”为基础逐步形成了自然决策 (Naturalistic Decision Making: NDM) 理论^[1],该理论认为,有经验的决策者的决策不是基于计算,而是基于心理、认知、经验的一种寻求满意解而不是最优解的过程。他们多数情况下并不运用经典决策理论进行决策,其决策方法具有以下特点:

- (1) 强调态势评估比评估多个方案更重要。
- (2) 描述人们如何利用经验完成决策的过程。
- (3) 断定富有经验的决策者能够找出一个满意的行动方案作为他首先考虑的方案,而不是很随意地想出一个方案。
- (4) 寻求满意解而不是最优解,快速地作出决定比作出最好的决定更重要。
- (5) 强调持续不断地评估一个方案的各个方面而不是不断比较各个方案,分析透一个方案比一般性地分析一堆方案更有意义。
- (6) 断定有经验的评估者更注重利用智力模拟 (mental simulation) 评估方案。
- (7) 强调快速实施方案并在实施中发现和改进方案而不是预先找出方案中的所有问题。

2.2 基于自然决策理论的认知主导决策模型

Klein 基于 NDM 理论建立了认知主导决策 (Recognition-Primed Decision: RPD) 模型^[2],该模型描述的决策过程如图 1 所示,步骤如下:

- (1) 决策者通过各种手段获取当前态势信息。
- (2) 根据自己的经验提取态势特征。
- (3) 判断当前态势是否熟悉或具有典型性。如果“是”,进入步骤 (4); 否则返回步骤 (1)。
- (4) 根据经验确定当前目标、态势特征、预期结果及行动方法。根据经验快速检验当前初步方案是否能够达到预期。如果“是”,从经验中已有的态势记忆中提取目标、态势特征以及行动方案等,与当前态势进行匹配,提取行动方案; 否则返回步骤 (1)。
- (5) 对行动方案进行脑力模拟 (Mental simulation),即用脑力模拟当前行动方案执行的效果,预测方案能否全面地实现预定目标。如果“是”,进入步骤 (6); 否则返回步骤 (4); 如果部分可行,则进行调整后再模拟。
- (6) 执行行动方案。进入下一问题决策或结束。

2.3 基于 RPD 模型构建 LTC-Agent 模型的原因

2.3.1 RPD 模型有充分的实践基础

美军的研究表明,作战指挥中 60% 以上采用 RPD 模型进行决策^[3]。Kaempf 观察了 AEGIS 巡洋舰上作战信息中心的海军指挥官在复杂、时间紧迫情况下的决策过程,发现其中 95% 采用的是 RPD 模型^[4]。

2.3.2 LTC-Agent 的决策条件与 RPD 模型应用时机一致

Cohen 认为在时间紧迫,评估者对态势比较熟悉或评估者的经验比较丰富时,应采用 RPD 决策方法^[5]。LTC-Agent 所模拟的是指挥员在作战过程中的决策,属于时间紧迫情况下的临机决策,且模拟的应该是经过训练、具有一定经验的指挥员。

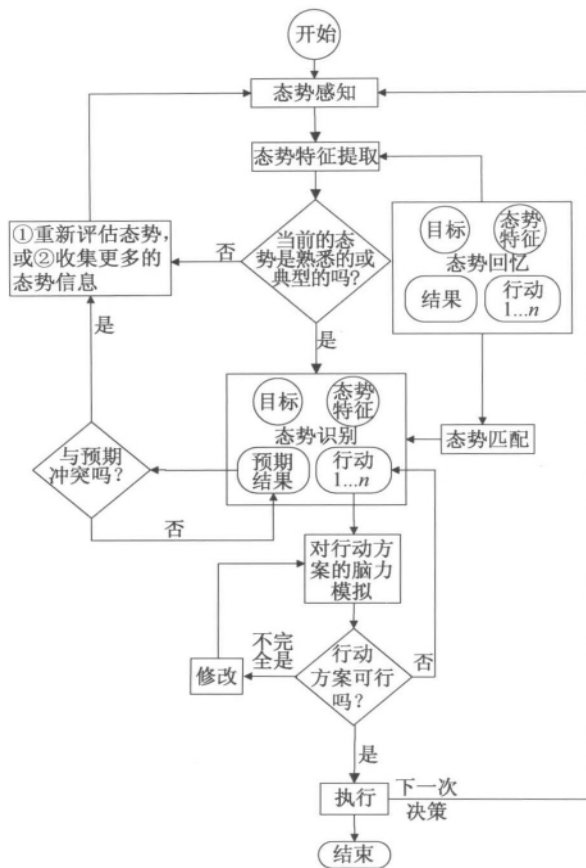


图1 认知主导决策(RPD)模型

Fig.1 Recognition-primed decision model

3 基于 RPD 模型的 LTC-Agent 建模需解决的问题及策略

RPD 模型是对决策者决策过程的定性描述,而 LTC-Agent 模型不仅要能够较真实地描述认知主导决策的特征,而且要能够在计算机上实现且能够融入联合作战模拟系统而不产生冲突,达到上述目的,需探讨解决以下问题:

3.1 LTC-Agent 的功能范围及外部接口实现方法

LTC-Agent 所模拟的是作战过程中指挥员的临机决策,即在当前态势与原方案设想的情况发生重大变化时才需要决策,否则按原方案执行。因而, LTC-Agent 应具有以下功能:一是能够感知战场态势,并判断是否需要自动决策;二是在需要自动决策时,启动决策程序;三是能够做出符

合当前态势的决策;四是做出的决策信息要能够传递给相应的实体并对其产生控制作用;五是临机决策执行后,能够与原方案衔接,保证模拟能在新的态势下自动运行下去。

LTC-Agent 嵌入陆军师、旅或团指挥所中,作为联合作战模拟系统的组成部分,为实现上述功能,需通过以下接口与联合作战模拟系统进行交互:一是态势信息接口。该接口能够存储各类战场态势要素信息, LTC-Agent 从联合作战模拟系统中读取态势信息,按该接口定义的数据标准进行加工处理并存储。二是自动决策启动信息接口。在应用联合作战模拟系统的方案录入阶段, LTC-Agent 为用户提供录入临机决策启动规则的界面,在录入作战方案的同时录入启动规则,将启动规则中的条件部分作为与联合作战模拟系统交互的接口。三是与决策客体的交互接口。LTC-Agent 生成的决策信息需要通过联合作战模拟系统的其他实体执行,该接口定义了与其他实体交互信息的内容与形式。四是与原方案的对接口。在模拟系统运行完 LTC-Agent 的决策后,利用该接口实现与原方案的对接。

上述接口需统一设计,采用基于规则的策略和人机接合的方式实现。总体思路是:按照作战条令和理论,分析陆军合同战斗可能包含的攻击、防御、驻止、佯动、空降、穿插、直升机作战、反击、遭遇战、雷场管理、登陆、反空降、机动、袭击、运动保障、扫雷破障、炮兵阵地管理、压制炮兵作战、防空炮兵作战、反坦克炮兵作战等各种行动样式^[6],逐一列出可能需要临机决策的问题,确定每一决策问题的战场态势要素、决策启动规则、决策信息格式及公布范围、决策执行完成条件及与原方案对接方式等。采用结构化形式(比如 XML 文件或数据库)描述这些内容。上述问题的梳理不可能一蹴而就,需要长时间积累逐步完善。

3.2 仿 LTC-Agent 经验态势的结构化描述

NDM 理论和 RPD 模型均强调经验的重要性。LTC-Agent 模拟的是有一定经验的指挥员。指挥员的经验内隐于其知识与记忆中,而建立其

Agent 模型需对这些内隐的内容显性化并进行结构化描述。RPD 模型中决策者的经验主要是对态势的理解、识别与处理,称之为经验态势。指挥员的经验态势既包括一般化、典型性的态势,也包含特别的事件或例子,具体的特例是无法穷尽的,也难以用模型方法进行结构化描述,因而主要研究一般化、典型性经验态势的结构化描述问题。

陆军合同战术指挥员经验态势用式(1)表示^[7]:

$$E = (F, \eta) \quad (1)$$

其中: E 表示一种战场态势,它属于战场态势集的一个实例,即 $E \in E^*$; F 是态势框架; η 是风险系数。对于 η 将在本文“3.4 陆军合同战术指挥员行为建模”部分进行专门讨论,下面主要讨论态势框架 F 。

态势框架 F 用式(2)表示:

$$F = (SN, C^*, G^*, A^*) \quad (2)$$

其中: SN 指态势名称,它可作为态势框架的索引项; C^* 为对态势特征评价值的集合; G^* 为对态势目标评价值的集合; A^* 为对行动方案评价值的集合。比如,对于选择登陆地域这一经验态势, SN 为“选择登陆地域”; C^* 为对气象条件的评价值,对水文条件评价值,对岸滩地形的评价值,……; G^* 为完成任务好,代价小,……; A^* 为对选择 1 号登陆地域评价值,对选择 2 号登陆地域评价值,……

C^* 由一系列态势特征评价值 C 组成,即 $C \in C^*$ 。 C 是指挥员在决策时重要态势因素的评价。指挥员理解、记忆和回忆态势时,不可能将态势的所有方面都考虑到,而是仅关注其中与决策相关的几个特征,指挥员将对这些特征的评价在头脑中组织成经验态势,这些特征也将作为其引用经验的线索。 C 用式(3)表示:

$$C = (CN, CV^*, CF^*, E^*, rn, cw) \quad (3)$$

其中: CN 是态势特征名称; CV^* 是在该态势下采取某一行动方案 A 时,指挥员对态势特征的几个分量的评价值的集合; CF^* 是将 CV^* 按模糊逻辑处理后得出的值的集合,其含义和计算方法将在

本文“3.4 陆军合同战术指挥员行为建模”部分详细介绍; E^* 是态势要素参数,是计算 CV 的基础条件,每个 CV 都与一个或多个态势要素参数对应; rn 是保留的随机数,其含义在本文“3.4 陆军合同战术指挥员行为建模”部分详细介绍; cw 是某一 CV 对应的权重系数。比如,在选择登陆地域这一经验态势的态势特征集中,先考虑水文条件这一特征。 CN 为“水文条件”; CV^* 为浪高值,潮高值,水深值,……; CF^* 为浪的高低程度,潮的高低程度,水深的程度,……; E^* 为浪高参数集,潮高参数集,水深参数集,……; rn 在 $[0, 1]$ 区间取值; cw 可设为 $(0.2, 0.1, 0.1, \dots)$ 。

G^* 由一系列态势目标 G 组成,即 $G \in G^*$ 。态势目标 G 用式(4)表示:

$$G = (GN, GV, GF, C_g^*) \quad (4)$$

其中: GN 是态势目标名称; GV 是态势目标值; GF 是 GV 按模糊逻辑方法计算得出的值; C_g^* 是与态势目标值相关的态势特征值的集合,用于计算 GV 。 GV 计算方法如式(5)所示。

$$GV = \sum_{i=1}^n (GV_c^i * cw_i) \quad (5)$$

式中: GV_c^i 是表征 C^* 中与该目标值相关的第 i 个态势特征评价值 C_g^i 的一个量,若 C_g^i 为“满意”, $GV_c^i = 2$; 若 C_g^i 为“基本可行”, $GV_c^i = 1$; 若 C_g^i 为“不满意”, $GV_c^i = 0$; cw_i 是 GV_c^i 的权重系数。

A^* 由一系列行动方案 A 组成,即 $A \in A^*$ 。行动方案 A 用式(6)表示:

$$A = (AN, A_e^*, AV, AF) \quad (6)$$

其中: AN 是行动方案名称; A_e^* 是与行动相关的态势要素参数值; AV 是 A_e^* 根据计算出的行动方案值; AF 是 AV 按模糊逻辑方法计算得出的值。

3.3 LTC-Agent 的经验态势与当前态势的自动匹配

在计算机上实现指挥员决策的 RPD 模型需要解决以下问题:一是态势特征自动识别;二是构建典型态势集;三是从经验态势集中搜索到与当前态势匹配的态势。

对于态势特征自动识别问题,可采取基于规

则的策略实现。基本思路是:首先按照作战条令和理论,将陆军合同战斗过程中可能出现需要临机决策的情况划分为攻击、防御、驻止、佯动、空降、穿插、直升机作战、反击、遭遇战、雷场管理、登陆、反空降、机动、袭击、运动保障、扫雷破障、炮兵阵地管理、压制炮兵作战、防空炮兵作战、反坦克炮兵作战等 20 种典型态势,然后设定判定这些态势的规则。例如,可将攻击态势的判定规则设为:当作战方案中已明确红方作战实体担负进攻任务时,或红方作战实体攻击前进过程中发现蓝方部队时,或红方已判明为蓝方部队而向其机动时,则此时的战场态势为攻击态势。

对于典型态势集的构建问题,主要是针对上述 20 种典型态势,做两个方面的工作:一是设计每一种典型态势的描述框架,二是收集每一种典型态势的案例。典型态势的描述框架可按照“3.2 LTC-Agent 经验态势的结构化描述”部分确定的结构设计,需要做的是将其中的每一要素进一步细化和具体化。典型态势案例的收集是一个逐步积累的过程,主要途径是将战例、演习和过去模拟的处置方案按照描述框架的要求采集入库。

关于态势匹配问题,需要解决以下三个子问题。一是相似经验态势的检索,可采用关键词检索法解决;二是选择与当前态势相似度最高的经验态势,通常针对“3.2 LTC-Agent 经验态势的结构化描述”部分定义的“态势目标 G ”进行相似度计算,计算方法可采用基于案例推理(Case-based Reasoning: CBR)中的最相邻算法和归纳引导策略等,详细方法可参见文献[8];三是应用经验态势解决当前决策问题。这是 LTC-Agent 设计中最为关键和困难的问题。困难在于几乎不可能在经验态势中找到与当前态势完全匹配的案例。人在采用 RPD 模型进行决策时,通常不会采用“照搬照抄”的方式运用经验态势,而是从经验态势中提取原则性、规律性的东西作为当前决策问题的指导。解决该问题可遵循这一思路,对当前决策问题与经验态势中的解决方案均进行模糊化与原则性处理。比如,攻击态势中可能出现这样的决策问题:攻击过程中敌实施反冲击时,如

何行动?首先对解决方案进行简化,处理成“继续进攻”、“停止进攻,转入防御”和“撤退”三种可选策略,并设计好每个策略的行动方案。然后对选择出的经验态势中的行动方案进行判断,确定其属于哪类方案;据此确定当前策略和行动方案。

3.4 陆军合同战术指挥员行为建模

NDM 理论和 RPD 模型均把决策看作是人的行为。RPD 模型突出了人的经验的运用,但没有涉及人的情感、意志、偏好、思维特点等其他行为因素。人的情感、意志难以进行形式化描述,但人对风险的偏好、人的思维特点等则可以根据决策心理学中一些较为成熟的理论描述。在“3.2 LTC-Agent 经验态势的结构化描述”部分涉及了描述人的行为因素的三个问题:一是风险系数 η ,用于描述人对风险的偏好;二是模糊逻辑计算方法,用于描述人的思维模糊性特点;三是保留的随机数 rn ,用于处理人的思维中价值评判准则的不确定性问题。

风险系数 η 用于描述人对待风险的态度。当经验态势中有多个态势与当前态势有相同的相似度,即有多个策略可选择时,每个可选方案可能存在互相冲突的目标(比如,目标 1 为“损失小”;目标 2 为“收益大”),且各个目标值 GF 不同(比如方案 A 的 GF_1 大, GF_2 小;方案 B 的 GF_1 小, GF_2 大)。LTC-Agent 选择哪个方案,取决于风险系数 η 。风险系数 η 可根据决策心理学中决策风格理论设置。JWARS 中采用的是美国俄亥俄州立大学 Paul C. Nutt 教授的决策风格理论^[9],将决策风格分为两种态度类型(内倾、外倾)、四种功能类型(感觉、思维、情感、直觉)和两种人格类型(判断、知觉),三种类型进行排列组合形成 16 种决策风格,然后为每一风格取一个 η 值。

模糊逻辑在态势框架中用于根据态势特征评价值 CV^* 计算相应模糊值 CF^* ,根据态势目标值 GV 计算相应模糊值 GF 。之所以进行这样的模糊处理,是因为人的思维具有模糊性特点,即人们在观察物理量时,更倾向于用模糊概念而不是精确数值。比如,当问及气温时,人们更习惯于用模糊概念“冷”、“暖”表示,而不是用具体的

温度。模糊逻辑用“隶属度”描述一个确定的数值隶属于某个“模糊概念”的程度大小。具体的计算方法参考模糊数学相关理论。

人的思维中价值评判准则具有不确定性,如在本文前面关于登陆地域选择的例子中,通过对浪高进行模糊化处理后得到“很高”、“高”、“略高”、“中”、“低”等五个模糊值,用一组数值(10 8 6 4 2)表示。将其作为选择登陆地域的评价要素时,对于“很高”(值为10)时的评价通常是“不适宜”;对于“低”(值为2)的评价通常是“适宜”;对于“略高”(值为6)的评价通常是“可以考虑”;但对于“高”(值为8)的评价则有可能是“不适宜”,也可能是“可以考虑”;对于“中”(值为4)的评价则有可能是“适宜”,也可能是“可以考虑”。这就是人的评判准则不确定性的表现。为解决这一问题,Rao V. B. 提出了一个不确定性评价函数^[10],如图2所示。图中横坐标为模糊值,纵坐标为隶属度值。比如,浪高的模糊值为2,则它对于“适宜”的隶属度为0.6;对于“可以考虑”的隶属度为0.4;对于“不适宜”的隶属度为0。随机数 rn 按照以隶属度确定的概率产生随机数,为LTC-Agent选择判定结果。

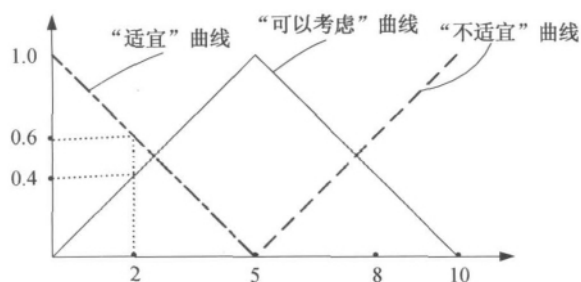


图2 不确定性评价函数

Fig. 2 Uncertainty evaluation function

4 结 语

指挥员建模目前仍然是作战模拟领域的重点和难点问题,LTC-Agent建模是此类难题中的一个实例。解决该问题需要综合运用军事理论、决策行为、人工智能等多个学科知识。目前军事理论中对指挥决策行动方面的研究非常欠缺,本

文是在研究外军相关理论上做的初步探索,但目前的研究还很有限,比如还没有考虑RPD模型中的脑力模拟问题。另外,限于篇幅,本文也没有讨论LTC-Agent的设计,仅提供了方法思路。希望本文对于解决指挥员模型决策功能不足问题有所助益。

参考文献:

- [1] Zsombok C E. Naturalistic decision making: where are we now? [C] // In Zsombok C E and Klein G, editors, Naturalistic Decision Making. Lawrence Erlbaum Associates. [s. l.]: Mahwah, NJ, 1997: 3-16.
- [2] Klein G. Source of power: how people make decisions [M]. [s. l.]: The Cambridge MA MIT Press, 1999.
- [3] Pascual R, Henderson S. Evidence of naturalistic decision making in military command and control [C] // In Zsombok C E, Klein G, editors, Naturalistic Decision Making. Lawrence Erlbaum Associates. [s. l.]: Mahwah, NJ, 1997: 217-226.
- [4] Kaempf G L, Klein G, Thorsden M L et al. Decision making in complex naval command-and-control environments [J]. Human Factors, 1996, 38(2): 220-231.
- [5] Cohen M S. Metacognitive strategies in support of recognition [C] // Proceedings, Human Factors and Ergonomics Society, 37th Annual Meeting, Seattle, WA: [s. n.], 1993: 1102-1106.
- [6] John Anthony Sokolowski B S. Modeling the decision process of a joint task force commander [D]. [s. l.]: Old Dominion University, 2003.
- [7] 马丰文. 作战模型研究与实践 [M]. 北京: 国防大学出版社, 2005.
- [8] MA Fengwen. The study and practice on war game models [M]. Beijing: National Defense University Press, 2005.
- [8] 张光前, 邓贵仕, 李朝晖. 基于事例推理的技术及其应用前景 [J]. 计算机工程与应用, 2002, 38(20): 52-55.
- ZHANG Guangqian, DENG Guishi, LI Zhaozhui. Prospect and technologies used in CBR [J]. Computer Engineering and Applications, 2002, 38(20): 52-55.

(下转第78页)

- [2] 李福寿. 中性点非有效接地电网的运行[M]. 北京: 水利电力出版社, 1993.
LI Fushou. Neutral non-effectively grounded grid operation [M]. Beijing: China Water Power Press, 1993.
- [3] 肖白, 束洪春, 高峰. 小电流接地系统单相接地故障选线方法综述[J]. 继电器, 2001, 29(4): 16-20.
XIAO Bai, SHU Hongchun, GAO Feng. The selection methods of small current grounding system single-phase ground fault line [J]. Relay, 2001, 29(4): 16-20.
- [4] 张小桃, 乔小梅, 王爱军. 小电流接地系统故障选线分析[J]. 华北水利水电学院学报, 2010, 36(6): 90-91.
ZHANG Xiaotao, QIAO Xiaomei, WANG Aijun. The fault line analysis of small current grounding system [J]. Journal of North China Institute of Water Resources and Hydropower, 2010, 36(6): 90-91.
- [5] 要焕年, 曹梅月. 电力系统谐振接地[M]. 北京: 中国电力出版社, 2000.
YAO Huannian, CAO Meiyue. Power system resonant grounded [M]. Beijing: China Electric Power Press, 2000.
- [6] 贺家李, 宋从矩. 电力系统继电保护原理[M]. 北京: 中国电力出版社, 2001.
HE Jiali, SONG Congju. Power system protection principle [M]. Beijing: China Electric Power Press, 2001.

- [7] 屠雪勇. 基于小波理论的小电流接地系统单相接地故障研究[M]. 杭州: 浙江大学出版社, 2006.
TU Xueyong. Small current grounding system based on wavelet theory of single-phase ground fault [M]. Hangzhou: Zhejiang University Press, 2006.
- [8] 何仰赞, 温增银. 电力系统分析[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2001: 166.
HE Yangzan, WEN Zengyin. Power system analysis [M]. Wuhan: Press of Huazhong University of Science and Technology, 2001: 166.



刘伟男(1971-), 黑龙江人, 教授, 博士, 主要研究方向为电力系统智能控制研究。



孙延国男(1987-), 山东人, 硕士, 主要研究方向为电力自动化系统。

(上接第 71 页)

- [9] Deborah Vakas. Commander behavior and course of action selector in JWRARS [C] // Proceedings of the 2001 Winter Simulation Conference, Arlington, VA, USA: WSC, 2001: 697-705.
- [10] Rao V B, Rao H V. C++ neural networks and fuzzy logic [M]. New York, NY: MIS Press, 1995.



陈亚洲男(1971-), 山东嘉祥人, 高级工程师, 主要研究方向为面向作战决策的建模仿真需求分析与应用。



刘建平男(1966-), 陕西蓝田人, 高级工程师, 主要研究方向为联合作战运筹分析。