

8-7-2020

Research and Application of Improved CMMS Descriptive Method

Shengjie Wang

1. School of marine science and technology of Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072, China;;2. National Key Laboratory of Underwater Information Process and Control, Xi'an 710072, China;

Fengju Kang

1. School of marine science and technology of Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072, China;;2. National Key Laboratory of Underwater Information Process and Control, Xi'an 710072, China;

Han Hong

1. School of marine science and technology of Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072, China;;2. National Key Laboratory of Underwater Information Process and Control, Xi'an 710072, China;

Follow this and additional works at: <https://dc-china-simulation.researchcommons.org/journal>



Part of the Artificial Intelligence and Robotics Commons, Computer Engineering Commons, Numerical Analysis and Scientific Computing Commons, Operations Research, Systems Engineering and Industrial Engineering Commons, and the Systems Science Commons

This Paper is brought to you for free and open access by Journal of System Simulation. It has been accepted for inclusion in Journal of System Simulation by an authorized editor of Journal of System Simulation.

Research and Application of Improved CMMS Descriptive Method

Abstract

Abstract: In order to describe both the hybrid Agent behaviors and the mission space during the description process of combat system, the advantages of the PICS method and the CMMS describe method were combined. *The ETDB describe method which stood for the entity was proposed by expanding the four factors of the CMMS describe method and was used for dividing the elements of MCSSU(The Man-machine Cooperative-combat System of Submarine and UUVs Formation) and concept modeling*, and by describing an example, the method is compared with the traditional one. The concept models of MCSSU were formalized described by UML. The research results are foundation of the simulation of MCSSU.

Keywords

CMMS descriptive method, PICS, UML, The Man-machine Cooperative-combat System

Recommended Citation

Wang Shengjie, Kang Fengju, Han Hong. Research and Application of Improved CMMS Descriptive Method[J]. Journal of System Simulation, 2015, 27(10): 2252-2257.

一种改进 CMMS 描述法的研究及应用

王圣洁^{1,2}, 康凤举^{1,2}, 韩翊^{1,2}

(1.西北工业大学航海学院, 西安 710072; 2.水下信息处理与控制国家重点实验室, 西安 710072)

摘要: 在作战系统描述的过程中, 为了既能对任务空间进行描述, 又能对混合 Agent 的两种行为进行描述, 结合 PICS 域法及 CMMS 描述法两者对作战系统描述的优势, 对 CMMS 描述法的四个建模元素进行改进, 提出一种从实体角度出发的 ETDB 描述法, 应用于潜艇/UUV 编队人机协同作战系统(MCSSU)的组成结构划分与概念建模中, 并传统的 CMMS 表示法进行对比。采用 UML 对概念模型进行形式化描述。研究成果为 MCSSU 仿真奠定了基础。

关键词: CMMS 描述法; PICS 域; UML; 人机协同作战系统

中图分类号: TP391.9

文献标识码: A

文章编号: 1004-731X (2015) 10-2252-06

Research and Application of Improved CMMS Descriptive Method

Wang Shengjie^{1,2}, Kang Fengju^{1,2}, Han Hong^{1,2}

(1. School of marine science and technology of Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072, China;

2. National Key Laboratory of Underwater Information Process and Control, Xi'an 710072, China)

Abstract: In order to describe both the hybrid Agent behaviors and the mission space during the description process of combat system, the advantages of the PICS method and the CMMS describe method were combined. The ETDB describe method which stood for the entity was proposed by expanding the four factors of the CMMS describe method and was used for dividing the elements of MCSSU(The Man-machine Cooperative-combat System of Submarine and UUVs Formation) and concept modeling, and by describing an example, the method is compared with the traditional one. The concept models of MCSSU were formalized described by UML. The research results are foundation of the simulation of MCSSU.

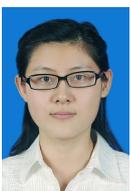
Keywords: CMMS descriptive method; PICS; UML; The Man-machine Cooperative-combat System

引言

任务空间概念模型(Conceptual Model of the Mission Space, CMMS)是对真实军事世界的第一层抽象^[1], 通过 EATI(实体、动作、任务和交互)表示方法对获得的信息进行规范化描述, 得到与仿真实现无关的功能描述^[2], 减小了军事专家与仿真

开发人员之间的认知偏差, 提高了模型的互操作性和可重用性, 缩短了建模与仿真的工作周期^[3-4]。该方法已经在 WAR-SIM(War Simulation), JWARS (Joint Warfare System), JSIMS(Joint Simulation Systems)等系统中得到广泛的应用^[5-7]。然而随着作战平台智能化水平的增长以及基于 Agent 技术在仿真中的应用, 传统的 EATI 方法由于并没有对行为产生的过程进行刻画, 因此不便于对作战 Agent 的内部行为, 尤其是慎思行为进行描述。

David S. Alberts 提出的 PICS 域方法从“行为”角度出发进行作战系统的描述, 得到了国内外专家



收稿日期: 2015-06-12 修回日期: 2015-08-31;
作者简介: 王圣洁(1985-), 女, 陕西, 博士生, 研究方向为计算机仿真, 系统仿真; 康凤举(1947-), 男, 江苏, 教授, 博导, 研究方向为计算机仿真, 兵器科学与技术, 控制理论与控制技术; 韩翊(1984-), 男, 山西, 博士生, 研究方向为计算机仿真, 系统仿真。

<http://www.china-simulation.com>

• 2252 •

的认可^[8-11], 并在对作战行为的划分、行为模型框架的构建与逻辑分析中得到良好的应用。PICS 域法对行为, 尤其是智能行为有较好的描述功能, 但该方法缺乏对任务空间的描述。

论文面向混合 Agent, 结合 PICS 域法对 CMMS 描述法的 4 个建模元素进行扩展, 并对潜艇/UUV 编队人机协同作战系统(The Man-machine Cooperative-combat System of Submarine and UUVs Formation, MCSSU)进行概念建模, 最后与传统的 EATI 描述法进行对比并采用 UML 进行形式化描述。

1 面向 Agent 的扩展 CMMS 描述法

1.1 CMMS 描述法与 PICS 域简介

1.1.1 CMMS 描述法简介

在 CMMS 中, 必须使用格式模板和 EATI 表示方法, 通过实体、动作、任务和交互 4 个方面的建模对获得的信息进行规范化描述, 以得到关于真实世界关键方面的与仿真实现无关的功能描述, 即 CMMS 描述法(EATI)主要包括以下 4 大要素^[2]:

1. 实体(Entity): 真实军事世界中对战有意义的对象;
2. 动作(Action): 作战任务执行过程中不可再分的最基本、最底层的行为要素;
3. 任务(Task): 实体为达到某个作战目标而执行的一系列动作的组合;
4. 交互(Interaction): 包括外部和内部两种交互类型, 是由一个实体产生的作用于环境或另一个实体的影响因素和效果。

这 4 个要素以任务为核心, 相互影响、相互依存, 共同描述了作战系统的基本概念及其相互关系。

1.1.2 PICS 域法简介

David S. Alberts 根据网络中心战(Network Centric Warfare, NCW)的思想, 提出要深刻而全

面地理解信息化背景下体系作战的特点和规律, 就必须要从物理域(Physics)、信息域(Information)、认知域(Cognitive)和社会域(Social)这 4 个问题域进行研究的方法论^[12], 简称为 PICS 域法。该方法把战场划分为如下 4 个问题域:

1. 物理域(Physics): 包括作战过程中涉及的武器系统、作战人员、作战平台、自然环境等所有客观元素;
2. 信息域(Information): 包括与战场态势、指挥决策、武器控制等相关的信息数据的管理、处理、共享以及评估;
3. 认知域(Cognitive): 包括作战实体对战场态势的感知、理解, 以及以此为基础进行的分析、判断、决策等认知活动;
4. 社会域(Society): 包括作战过程中实体之间的交互协作, 它由与作战实体的社会行为相关的元素构成, 还包含对作战过程产生影响的政治、经济、文化、宗教等社会因素。

PICS 域法从“行为”的角度描述作战系统, 分析了作战系统中行为产生的全过程, 如图 1 所示。

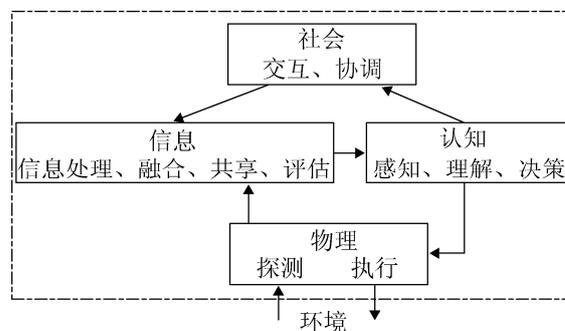


图 1 基于 PICS 域的行为产生分析

传感器探测环境信息, 结合社会影响对感知到的态势信息进行处理, 最终通过认知行为决策得到合适的行为, 并通过效应器执行该行为, 对环境产生影响, 依次循环, 从而实现对作战系统的刻画。

1.2 扩展 CMMS 描述法

EATI 表示法在作战任务空间刻画方面具有优势, 但是对作战行为的产生描述能力有所欠缺, 对

作战系统的描述具有“空间感”不具有“过程感”；PICS 域法从行为分析的角度描述作战系统，能较好的阐述行为，但是缺乏对任务空间的描述，对作战系统的描述具有“过程感”不具有“空间感”。

对两种方法的要素进行对比分析，其中动作是不可再分的行为，即 PICS 域法描述了 EATI 要素中的动作要素的产生全过程，而在描述动作的过程中又涉及实体(物理域)、交互(社会域)，即这两种方法对作战系统进行描述过程中抽象出的主要元素是相互重叠、相互补充的。

论文结合两者的优缺点，面向混合 Agent 体系结构(既需要描述反应行为，即物理行为，又需要描述智能行为，即认知行为)，对 CMMS 的 EATI 表示方法进行扩展。从“实体”角度出发，通过描述“哪种作战实体(实体)，在怎样的情况下(传感器探测到的战场态势)，为了执行哪项任务(作战任务)，应该采取何种作战行为(认知行为)以及如何实现该作战行为(交互、动作)”来刻画作战系统任务执行。

从该描述过程中抽象出作战系统的组要元素包括实体、感觉、任务、知觉、交互、动作。由于对实体而言，感觉主要是通过传感器对战场态势信息的获取，其本质是一种交互，即实体与战场环境之间信息的交互；而交互的本质是一种动作，所以对抽象的元素进行合并处理，如图 2 所示，最终，将系统划分为实体、任务、认知行为和物理行为 4 大要素。

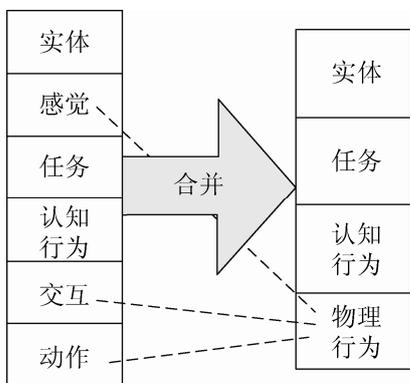


图 2 元素的抽象及合并示意图

2 MCSSU 概念模型研究

基于扩展的 CMMS 描述法(Entity、Task、Decision-making、Behavior, ETDB)对 MCSSU 进行系统分析与概念建模：

1. 实体

包括作战过程中涉及的所有客观元素，如作战人员、武器系统等。分为主体和非主体，其中，主体包括自治主体和半自治主体两类。

自治主体：具有自主意志及行为能力，能够进行自主决策的实体，如潜艇指挥员；

半自治主体：具有部分自主意志及行为能力，能在主体的引导下进行自主决策的实体，在 MCSSU 中主要指 UUV 编队。

非主体：不具备自主意志及自主决策能力，通过与环境或其他实体进行交互而改变自身属性和状态，并对环境或其他实体状态产生影响的实体，其行为听从主体的命令。主要包括探测系统、武器系统、通信系统三类。

系统包含的实体层次如图 3 所示。

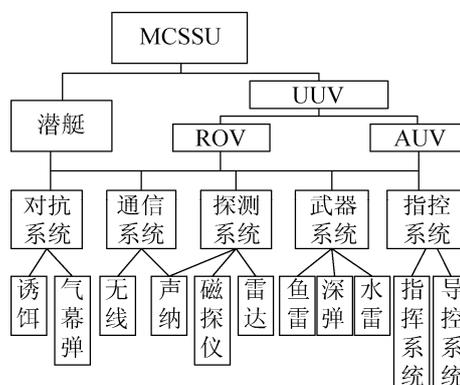


图 3 系统实体层次图

实体的描述除了其本身的编号、属性、状态、性能指标等之外，还要描述它们之间的关系。实体之间的关系主要有两类：指挥控制关系、协同关系。实体之间的关系可通过任务执行过程中采取的交互体现。

2. 任务

描述了实体为达到某项目标而需执行的一系

列动作的组合。任务又可划分为若干个既相互联系又相互独立的子任务, 每个子任务又可划分为若干个既相互联系又相互独立的行为, 而行为最终可分解为一系列动作的序列。因此适合采用分层任务网络(HTN)规划过程对其进行分解^[13], 即以递归的方式将任务不断分解为由低级子任务组成的任务网络, 直到分解为可直接执行的原子任务, 其任务分解过程可以简单表示成与或分解树形式。

采用文献[13]介绍的分层规划任务分解与或树对 MCSSU 中的 UUV 编队实现对潜作战的任务规划分解过程和相关约束进行合理表示, 如图 4 所示。

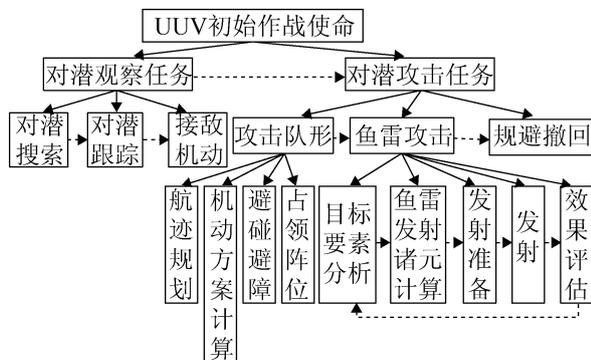


图 4 UUV 任务规划与或树

UUV 任务分解与或树给出了高层任务逐层分解的直观表示: 上级实体作出攻防决策, 决定对敌方潜艇进行攻击(UUV 初始作战使命), 将任务下发给 UUV。为实现在潜攻击, UUV 首先观察敌方潜艇, 攻击任务分配后变换为攻击队形并发射鱼雷进行攻击, 然后评估效果后决定是否继续进攻, 直至任务完成、武器耗尽或被摧毁, 若完成任务, 则撤回。图中带箭头的虚线来表示两者具有时序约束关系。

3. 认知行为

主要功能是对战场态势信息进行分析, 结合作战任务, 进行决策并给出作战方案。系统中能产生认知行为的实体主要包括自治主体(潜艇)中的指挥员及计算机辅助决策系统, 以及半自治主体(UUV 编队)的慎思层、知识库等。

4. 物理行为

由一个实体产生的作用于本身、环境或其他实体的一组影响因素和效果, 主要包括探测行为(感觉)、信息交互行为和外部物理行为(动作):

探测行为: 包括传感器探测到的位置、姿态、速度、方向等自身状态, 盐度、温度、障碍物等环境信息, 以及接受到的其余实体的状态信息;

信息交互行为: 包括与环境的交互, 如接收海况等环境信息; 与其他实体的交互, 如请求、协商命令等;

外部物理行为: 是行为作用双方之间物质、能量的交互, 主要包括通过由执行器产生的机动行为、防御行为和攻击行为等。

3 概念模型的形式化及 UML 描述

文献[14]对 CMMS 的形式化抽象描述进行了研究, 将 CMMS 抽象为五个要素, 实体集($\{E, E\}$), 任务集($\{T\}$), 实体活动(A), 交互(I), 输出(Out):

$$CM ::= \langle \{E, E\}, \{T\}, A, I, Out \rangle ::= \\ \langle En, E, T, A, I, Out \rangle$$

其中: En 表示任务空间上实体活动的环境; Out 可以是任务完成的步骤方案, 或者任务的最终结果状态(实体位置、状况等)。

采用该形式化描述方法, MCSSU 对潜攻击作战任务可表示为:

$$CM_{\text{编队对潜攻击作战}} ::= \langle XX\text{海区}, XX\text{编队},$$

攻击敌XX潜艇, 对潜攻击活动,

对潜攻击作战交互规则, $Out \rangle$

采用改进的 CMMS 描述法, 该形式化方法将 CMMS 抽象为以下五种要素: 实体集($\{E, E\}$), 任务集($\{T\}$), 认知行为($\langle De, Agent(B, D, I) \rangle$), 物理行为($\langle A, I \rangle$), 输出(Out):

$$CM ::= \langle \{E, E\}, \{T\}, \langle De, Agent(B, D, I) \rangle, \\ \langle A, I \rangle, Out \rangle ::= \langle En, E, T, \\ \langle De, Agent(B, D, I) \rangle, \langle A, I \rangle, Out \rangle$$

其中, De 为潜艇与 UUV 编队之间的人机决策分配; $Agent(B, D, I)$ 为智能 UUV 慎思层的决策行为。

MCSSU 对潜攻击作战任务可表示为:

CM_{编队对潜攻击作战} ::=

<XX海区, XX编队, 攻击敌XX潜艇,

<人机决策分配、Agent (B,D,I) > ,

<对潜攻击活动, 对潜攻击作战交互规则>, Out >

对比两种表示结果, 可以发现改进的 CMMS

描述法引入了活动产生的智能决策过程描述, 因此更适合有智能平台参与的作战系统概念建模。

对 MCSSU 执行任务过程的活动进行细化分析, 采用 UML 活动图对其概念模型进行形式化描述, 如图 5 所示。

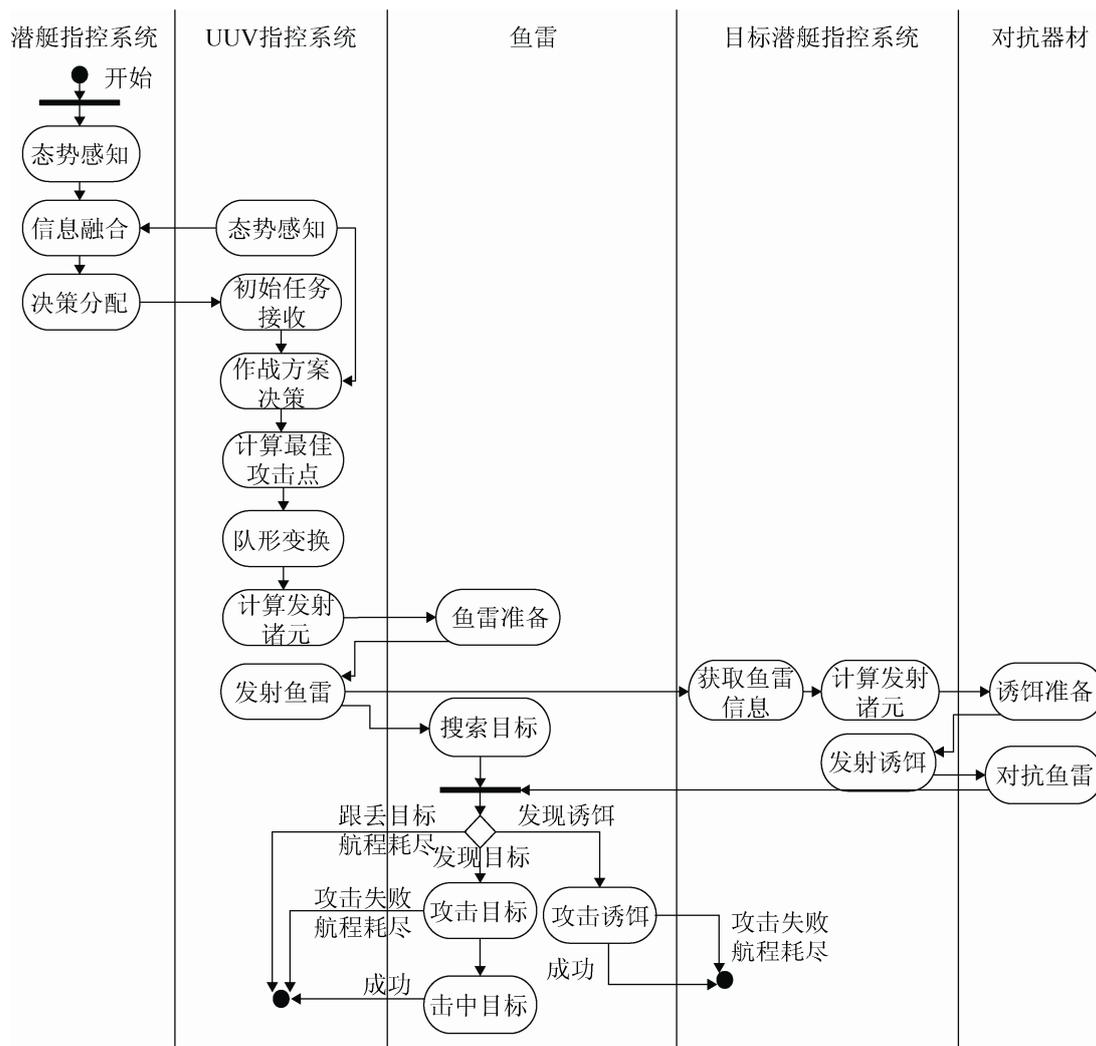


图 5 MCSSU 发射鱼雷攻击敌潜艇活动图

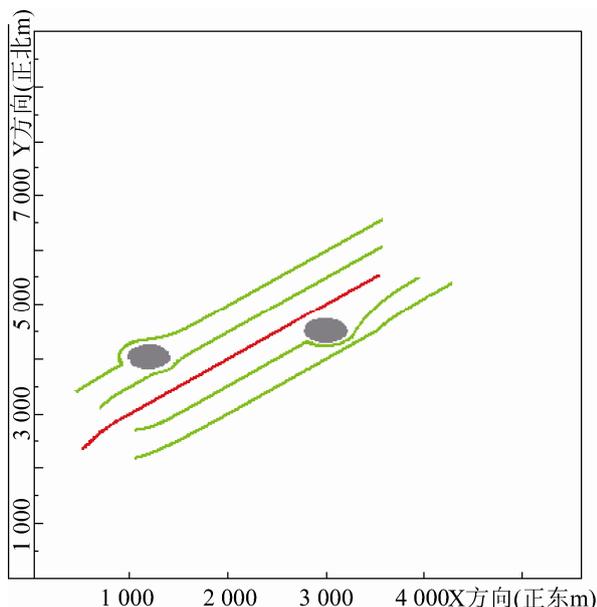
UML 活动图用以描述从活动到活动的控制流, 包括对任务执行步骤的建模。图 5 描述了 UUV 接收到攻击敌潜艇的初始命令后开始执行任务的步骤: 首先跟踪潜艇获取有用信息, 在计算好最佳攻击点后实现 UUV 编队队形变换以占领最佳攻击点, 然后做好准备并发射鱼雷对敌方潜艇进行攻

击, 与此同时敌方潜艇发射诱饵对抗鱼雷。

图 6 为以此概念模型为基础建立的潜艇/UUV 编队协同系统软件运行过程截图, (a)为潜艇与四枚 UUV 呈编队状态航行的三维视景, (b)为该人机编队航行过程中的避障行为的运行轨迹。



(a) MCSSU 三维视景截图



(b) MCSSU 运行轨迹截图

图 6 潜艇/UUV 编队协同系统运行过程截图

4 结论

随着智能作战平台在作战系统中的应用, 系统概念模型在对作战空间刻画时不仅要描述混合 Agent 的反应行为, 还要描述其认知行为。ETDB 在 CMMS 描述法的基础上增加了对实体认知行为的描述, 更适应有智能平台参与的作战系统概念建模, 使作战空间的描述既具有“空间感”又具有“过程感”。

参考文献:

- [1] U.S. Department of Defense. DoD Modeling and Simulation Master Plan [R]. Washington, USA: DoD 5000, 59-P, 1995.
- [2] 郭强, 毕义明. 基于任务空间概念模型的导弹作战想定研究 [J]. 计算机仿真, 2008, 25(12): 88-91.
- [3] 黄先祥, 郭晓刚, 张志利. 导弹武器系统任务空间概念模型开发 [J]. 计算机仿真, 2010, 27(1): 55-59.
- [4] 刘雄, 康凤举. 编队协同反潜概念模型研究 [J]. 系统仿真学报, 2006, 18(2): 31-37.
- [5] Michael L, Metz. Joint Warfare System (JWARS) verification and validation lessons learned [C]// Winter Simulation Conference (2000). Orlando, FL, USA: WSC, 2000: 855-858.
- [6] Bennington, R.W. Joint Simulation System (JSIMS)-an overview [C]// Aerospace and Electronics Conference, 1995. NAECON 1995. Proceeding of the IEEE 1995 National (Volume 2). Dayton, OH, USA: IEEE, 1995: 804-809.
- [7] Stone, G.F., III, McIntyre, G.A. The Joint Warfare System (JWARS): A modeling and analysis tool for the defense department [C]// Proceedings of the 2001 Winter Simulation Conference (Volume 1). Arlington, VA, USA: WSC, 2001: 691-696.
- [8] 王维平, 仲辉, 李群, 等. 基于 PICS 域划分的敏捷兵力行为分析、建模方法研究 [J]. 系统仿真学报, 2008, 20(20): 5466-5469.
- [9] 仲辉, 王维平, 李群, 等. 海军舰艇编队敏捷作战行为建模框架研究 [J]. 舰船电子工程, 2007, 27(6): 14-18.
- [10] 黄建新, 李群, 贾全, 等. 可组合的 Agent 体系仿真模型框架研究 [J]. 系统工程与电子技术, 2011, 33(7): 1554-1557.
- [11] 仲辉. 基于 MCBA 的舰艇编队 NCO 行为 [D]. 长沙: 国防科学技术大学, 2007: 47-61.
- [12] David S Alberts, John J Garstka, Richard E Hayes, *et al.* Understanding Information Age Warfare [M]. Washington, DC, USA: DoD CCRP, 2001.
- [13] 张汝波, 吴俊伟, 刘冠群, 等. 自主式水下机器人分层规划与重规划 [J]. 华中科技大学学报(自然科学版), 2013, 41(S1): 77-80.
- [14] 王杏林, 郭齐胜, 丁士拥. 任务空间概念模型及其形式化抽象描述 [J]. 系统仿真学报, 2003, 15(10): 1408-1409.