

基于情境感知和偏好学习的作战方案智能推荐方法

金 欣¹, 王新年¹, 蔡 飞², 郭昱普²

(1. 信息系统工程重点实验室南京电子工程研究所, 江苏南京 210007;

2. 国防科技大学信息系统工程重点实验室, 湖南长沙 410073)

摘 要: 日常战备值班中, 面临各种突发情况, 留给指挥员和作战参谋的处置决策时间窗口往往很短, 来不及临时研究制定方案。而以目前的智能化技术水平, 尚无法实现可信方案的全自主生成。从实用化角度出发, 利用好平时积累的作战预案, 是提高应急处置效率的有效手段。文章提出了一种作战方案智能推荐方法, 能够根据当前的任务要求、战场态势, 以及业务偏好, 精准推荐合适的处置预案, 有效提升了应急处置方案制定效率, 作为智能化技术落地应用的一种解决方案, 具有一定参考价值。

关键词: 作战方案; 智能推荐; 情境感知; 偏好学习

Plan Recommendation Method based on Context Awareness and Preference learning

JIN Xin¹, WANG Xin-nian¹, CAI Fei², GUO Yu-pu²

(1. Science and Technology on Information System Engineering Laboratory, Nanjing Research Institute of Electronic Engineering, Nanjing Jiangsu 210007;

2. Science and Technology on Information System Engineering Laboratory, National University of Defense Technology, Changsha Hunan 410073)

Abstract: In the daily war readiness duty, when faced with emergencies, time window for decision-making left to commanders is often very short, and it is too late to research and design plans temporarily. However, through the state-of-the-art AI technology, it is not possible to autonomously generate credible solutions. From the perspective of practicality, making use of historically accumulated plans is an effective method to improve the efficiency of emergency response. An intelligent method of plan recommendation is proposed, which can accurately recommend appropriate plans based on current mission requirements, battlefield situation, and business preferences, so as to improve the efficiency of emergency response plan formulation. As a solution for AI technology application, it has certain reference value.

Keywords: combat plan; intelligent recommendation; context awareness; preference learning

0 引言

随着智能化技术在情报分析处理、无人平台控制等领域取得了广泛的应用, 指挥决策 (Decision) 作为指挥控制 (OODA) 的核心业务, 向智能化发展也是大势所趋。但由于掺杂着人的经验艺术成分在其中, 指挥决策智能化的难度极大, 说它是指挥

控制领域智能化王冠上的明珠也不为过。

另外, 作战指挥人员已经对指挥决策智能化提出了迫切的需求。和平时期, 需求最为迫切的当属身处一线执行日常战备值班任务的指挥人员。随着国际形势的日益复杂, 日常战备值班的压力也在持续增加。各种突发情况需要及时地做出正确的处置, 稍有迟缓或处置不当, 就会带来不必要的麻烦。受到传感器感知范围的限制, 情况往往来得非常突然,

作者简介: 金欣 (1981—), 男, 江苏南京人, 研究员, 工学博士, 主要研究领域为指挥控制技术、智能辅助决策, 邮箱: venus_163@163.com。

指挥人员需要在短短数分钟时间内拿出处置方案,呈报首长批准。而经验不是很丰富的参谋,往往承受着极大的压力。因此寄希望于智能化技术,在应急处置决策上为其提供支持。

然而目前的智能化技术虽然在很多领域取得了突破,但应用在指挥决策领域仍面临极大的挑战。指挥决策领域严重缺乏数据积累、知识提炼,同时对可靠性、可解释性有着极高的要求。因此,要解决一线用户的实际需求,并不一定要使用最新的人工智能技术。相反,利用好平时积累的作战预案数据,利用发展较为成熟的智能推荐系统技术,能够在一定程度上缓解用户的压力。结合海上目标联合火力打击这一典型应用场景,介绍了这一技术的应用实现方法和试验效果。作为智能化技术落地应用的一种解决方案,具有一定参考价值。

1 现状

在指挥决策智能化领域,人们开展了一些探索^[1-6]。这些探索集中在利用一些当下主流的人工智能技术,来解决作战方案、计划的自动生成问题。提及指挥决策智能化,最直接的理解就是能否让机器自动给出作战方案,并且比人做得更好。

目前主流的智能化技术大致可分为两类。一类是从大量数据中产生智能,以深度学习技术为代表。深度学习技术需要大规模高质量的标注数据作为基础,规模和质量都是机器能否“学出来”的决定性因素。而作战筹划是典型的小样本问题域,每次作战都不会出现大量的重复。且和平时期,积累筹划样本数据的能力极其有限。以深度学习为代表的智能化技术,虽然在情报分析处理领域应用广泛,但在作战筹划领域不具备基本的土壤。

另一类是从探索试错中产生智能,以强化学习技术为代表。强化学习技术被广泛应用在棋牌、即时战略游戏、空战等博弈领域,并且取得了突出的成就。然而,根据目前强化学习技术的发展水平,尚做不到方案的自动生成。一方面,以围棋和星际争霸类游戏为例,AI只能给出“走一步,看一步”的决策建议,不能给出从头到尾如何通向成功的完整方案,每一步该怎么走,很大程度上取决于对手的反应。在博弈理论上,没有最优方案这一说。另一方面,通过深度强化学习训练出来的深度神经网络模型,目前不具备可解释性。用它生成的任何方案层面的建议,并不能给出合理的依据。仅仅依靠胜率高,很难说服指挥员和作战参谋去相信AI的判断和决策。

因此,强化学习技术究竟如何在指挥决策领域发挥作用,还需要进一步研究。

除了主流人工智能技术外,还有一些智能化相关技术也逐步发展成熟,例如,智能推荐系统技术。这项技术在信息、商品推荐领域取得了广泛的应用,例如,今日头条、淘宝、京东等。这项技术背后的核心理论是“在没有完备知识体系指导的问题域,相似问题的成功解,往往也是当前问题的有效解”。而这一理论恰恰适合日常战备值班场景。虽然处在和平时期,但是指挥人员平时也会针对各种常见的假想情况设计处置预案,日积月累也形成了一定数量。这些预案虽然未必是解决问题的最佳方案,但也凝结了一线指挥人员的专业知识和经验艺术,至少是他们认为可行的、有效的方案。这就排除了应用人工智能技术可能产生不合理结果的问题。借鉴民用领域的智能推荐系统技术,利用好这些预案积累,也能在一定程度上缓解指挥人员的压力。

预案匹配的方法在民用领域取得了广泛的应用,包括交通、电力系统、消防等领域^[7-16]。文献[7]将预案匹配方法应用在高速公路应急处置中,提出一种模糊匹配方法,能有效处理交通应急预案匹配中的模糊性问题。文献[8]将预案匹配的方法用于城市轨道交通线网应急处置,提出了一种本体预案的描述手段,建立了城市轨道交通线网应急领域本体模型。文献[9]将预案匹配的方法用于停电事故处置,案例分析结果表明,所提方法能够对给定的停电事件快速匹配相应的预案,证明了该方法的有效性。

2 方法

利用平时的作战预案积累提升应急处置方案制定效率的方法,就是在紧急情况发生时,快速从预案库中找出与当前情况最为相似,且各方面性能都比较好的预案作为参考案例,然后结合当前情况做局部修改。其中,如何对案例进行修改不在本文讨论范围,本文重点对找案例这一步展开研究。本文旨在研究一套案例智能推荐系统,能够根据当前情况精准推荐相似案例。案例推荐得越精准,修改的工作量也就越小。

传统的案例推荐一般都是采用关键词检索的方法。但这种方法的精准度太低,仍然需要用户花大量时间浏览筛选。究其原因在于,系统在不理解当前情况是什么的前提下,是无法精确匹配相似案例的。针对不同的情况处置类型,在选案例时会有一

些不同的考虑，而关键词检索通常考虑不到这些差异。

针对传统方法存在的问题，研究提出了一种基于情境感知和偏好学习的方案智能推荐方法。该方法主要包括三个步骤：如图 1 所示，首先，感知当

前的任务情境，也就是当前的任务要求和战场态势；接着，按照情境相似性、兵力可用性、效果优劣性三方面性能，对预案库进行筛选和排序，生成案例推荐列表；最后，采集用户的案例选择操作，学习案例选择偏好，提升案例筛选排序精准度。

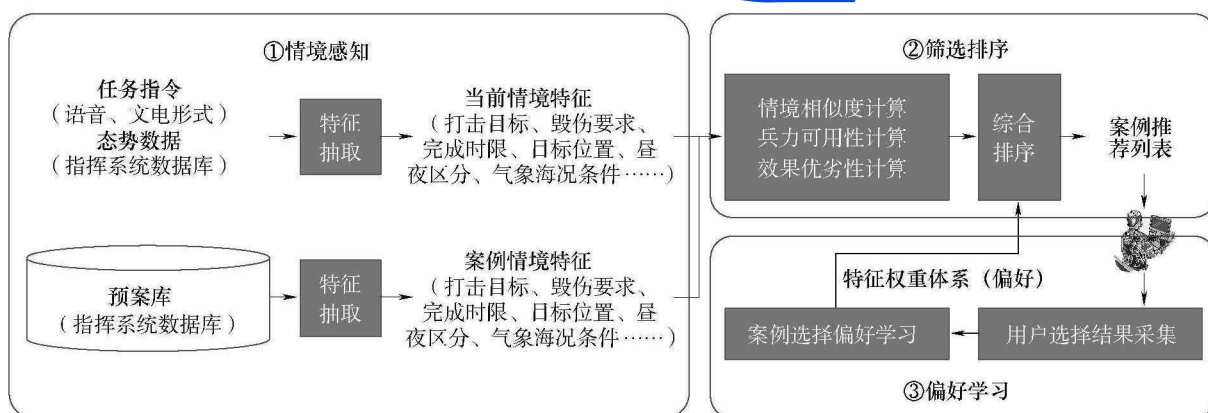


图 1 总体原理

2.1 情境感知

所谓“情境”通常是指上下文，“情境感知”就是感知用户当前在做什么。对于值班指挥人员而言，就是其当前在处置的是什么样的情况，包括任务要求、战场态势两个方面，而战场态势通常又包括敌情、我情和战场环境。

让机器理解作战任务要求和战场态势是非常困难的，其中涉及任务理解、态势认知等当下智能化技术尚未能解决的技术难题。一种简单而实用的替代方法，是人工提炼任务要求和战场态势的特征，用一组简明扼要的特征代表对当前任务要求和战场态势的刻画，以便于机器理解和匹配。

提炼哪些特征出来是与处置情况的类型密切相关的。本文以海上目标联合火力打击类任务为例，提炼了任务要求特征、战场态势特征，如表 1 所示。如果换成其他任务类型，这些特征就不完全适用了，需要重新设计。

关于设计哪些特征，除了能够反映任务要求和战场态势的主要特点外，还有一个要求就是能够尽可能从系统中自动获取数值。上述特征中，任务要求特征可以从上级的任务指令中抽取。例如，格式化的任务文书可以直接抽取关键信息。本文则是针对自然语言描述的指令，采用自然语义理解技术自动抽取出来的指令。例如，“推荐 150min 内击沉××、重创××的方案”，从中可以自动抽取出作战目标、完成时限等特征。而其他特征则可以自动从态势数据中抽取得到。

表 1 海上目标联合火力打击类任务情境特征模型

特征名称	概念内涵	取值范围
任务要求特征	作战目标	打击的目标类型 例：××级导弹驱逐舰
	目标数量	目标的数量 整数
	作战对象	目标所述国家 国别代码
	毁伤要求	打击的毁伤程度 击沉/重创/轻伤
	作战区域	打击行动发生区域 区域代码
	完成时限	要求完成打击任务的总时长限定 例：150min
战场态势特征	目标状态	目标当前的完好状态 完好/轻伤/重创
	气象条件	当前作战区域气象条件是否适合飞行 适飞/不适飞
	海况条件	当前作战区域海况等级 例：一级
	昼夜区分	当前作战区域是白天还是夜晚 昼间/夜间

对于自动抽取的特征，需要有人工确认的过程，以防系统抽取错误。对于一些复杂一点的处置任务，可能需要人工帮助抽取特征。例如，“目标周边是否存在可能的支援力量”，这一特征是需要人工填入的，目前尚做不到自动抽取。

对于预案库中的每一个预案，需要做同样的抽取工作，并将抽取的特征数据和预案一同存储管理。由于在做预案时，通常是针对假想情况，因此关于战场态势的特征需要人工设定。

2.2 筛选排序

案例筛选排序就是根据抽取出来的情境特征从

预案中选择合适的预案作为推荐的参考案例,并按照推荐程度由高到低进行排序。依据指挥人员的需求,提出从情境相似性、兵力可用性、效果优劣性三方面综合计算每个案例的推荐指数。

1. 情境相似度

情境相似度的计算,可以等同为对当前情境特征,和案例情境特征之间的特征向量相似度计算:

(1) 对情境特征模型中的每维特征 i ,调用相应的情境特征相似度算法,计算当前情境特征值与案例情境特征值之间的相似度 $\text{Sim}(i)$ 。

(2) 按照情境特征权重体系模型,对所有特征的相似度进行加权求和,得到案例的情境相似度 Sim 。这方面相关的计算方法较多,且较为成熟,本文不再展开。

2. 兵力可用性

除了情境相似度外,案例中的兵力使用方案是否适合当前情况,也是衡量该案例是否可做参考的重要依据。如果案例中使用的主要兵力类型,在目前周边的可用兵力范围内都不具备,那么该案例的参考价值就要打上折扣。对于每一个案例,其兵力可用性计算方法如下:

(1) 将目标周边一定半径范围内兵力资源挑选出来组建一个周边兵力资源子集。

(2) 根据案例中使用的每一种作战装备 $i(i \in [0, n], n$ 为案例中使用的装备型号总数),在兵力子集中搜寻有没有同型号的兵力资源。

(3) 计算有同型号兵力资源在案例中的占比 i/n ,作为该案例的兵力可用性 Ava 。

3. 效果优劣性

当有多个相似案例可选时,案例的执行效果也是筛选的重要考虑因素之一。考虑到一般情况下,针对假想情况设计的预案得不到实际执行结果,可以采用理论估算结果代替。以海上目标联合火力打击类型任务为例,效能评价指标包括打击效果(毁伤概率)、时间消耗、资源消耗三项,都可以通过理论估算或统计得到。最后根据加权求和得到案例的效果优劣性 Eff 。

如果系统中能够获取到每个预案的设计者的权威性评价数据,或者其他用户对案例的评价数据,也可以作为效果优劣性的评价依据。

4. 综合推荐指数

综合推荐指数由情境相似度 Sim 、兵力可用性 Ava 、效果优劣性 Eff 这三项指标加权求和得到。

2.3 偏好学习

排序在推荐系统中起着重要的作用。案例推

荐列表的排序,决定了用户得看多少个案例,才能找到他想要的,也就直接影响到案例筛选的用时。

排序依据的综合推荐指数是多项特征的相似度、可用性、优劣性计算结果加权求和得到的。但这些特征的权值并不是平均分配的。权值的分配,代表用户在选择案例时的偏好,即侧重点。例如,机动速度快的目标,如飞机,处置任务对时间特别敏感,那么选案例时,时间因素就更重要。而像驱逐舰之类的目标,运动速度慢,但防御力强,不容易击沉或击伤,因此选案例时用户往往更看重打击效果。这种差别我们称之为“偏好”。但这不是某个人的偏好,而是说某一类任务的偏好。如果将这种偏好体现在权值的分配上,则能够有效提升排序的精准度,将针对特定类型任务用户希望看到的特定类型的案例排在前面。

上述特征的权值可以由人工来设置,参谋凭借经验可以决定在针对哪一类任务时,哪几个特征的权重应当高一些,哪几个低一些。但是要精确设定权值,难度较大,人往往难以做到精确地量化。针对此问题,采用了商品推荐中常用的偏好学习方法:在用户选择案例时,他的操作会被记录下来,针对什么任务和态势要求,系统推荐了哪些案例,每个案例的特征是什么样的,用户选了哪个,都会被记录下来。那么他选的这个案例,特征上有什么特别之处,哪个分值特别高,哪个特别低,系统会去分析,从而调整相应的权重。

基于上述思路,偏好学习算法重点考虑用户所选案例与其他推荐案例在各项特征评分上的差异性,主要包括以下步骤:

(1) 对案例推荐列表中的所有案例,针对每一个案例特征,计算均值向量 M 和方差向量 D 。

(2) 对用户选择的参考底案,针对每一个案例特征,计算与均值的偏差向量 O 。

(3) 用偏差向量 O 除以方差向量 D ,得到差异显著性向量 D 。

(4) 根据差异显著性向量 D 中每个特征差异显著性数值大小,对相应特征的权重进行调高或调低。

3 实现

为验证上述方法的有效性,对上述方法进行了软件实现。

方案推荐系统的使用流程如图2所示。该系统

与筹划业务系统平行对接,获取实时态势数据,以及历史案例数据、兵力部署数据等。该系统以筹划参谋的任务指令为驱动,首先对当前的情境特征数据进行获取。经筹划参谋人工确认后,进行案例筛

选和排序,生成案例推荐列表,供筹划参谋做进一步人工筛选。最后将其选择操作记录下来,用于案例推荐偏好学习,以更新案例筛选和排序所用的特征权值数据文件。

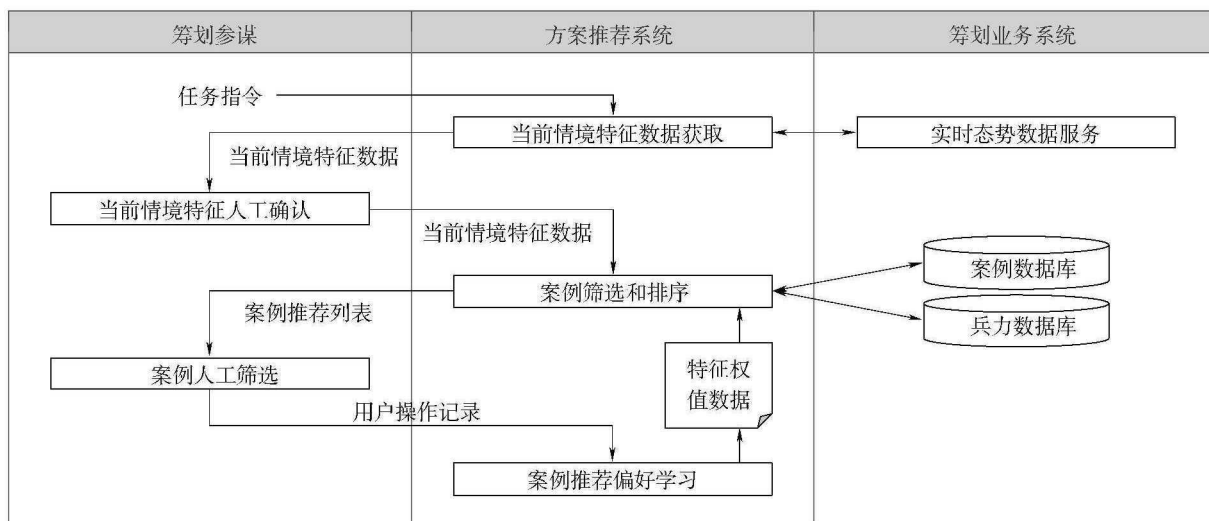


图2 方案推荐系统使用流程

方案推荐系统的处理流程如图3所示。首先,从任务指令数据和实时态势数据中抽取当前情境特征,通过界面展现供参谋人工确认。然后,根据当前情境特征数据,结合当前可用的兵力数据,对案例数据库中的案例进行筛选和排序,形成案例推荐列表及排序,通过界面展现供参谋人工筛选,最后将用户所选的案例数据提交偏好学习模块,进行偏好学习。

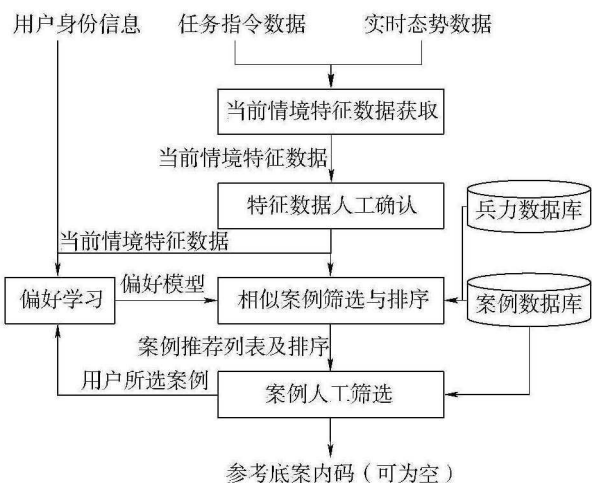


图3 方案推荐系统处理流程

其中,相似案例筛选与排序模块的处理流程如图4所示。首先,从案例数据库中筛选作战样式与当前相同的案例。然后依次进行任务情境相似度、兵力资源可用性、效果评价优劣性计算。最后,进

行综合排序计算,得到案例综合排序数据集。

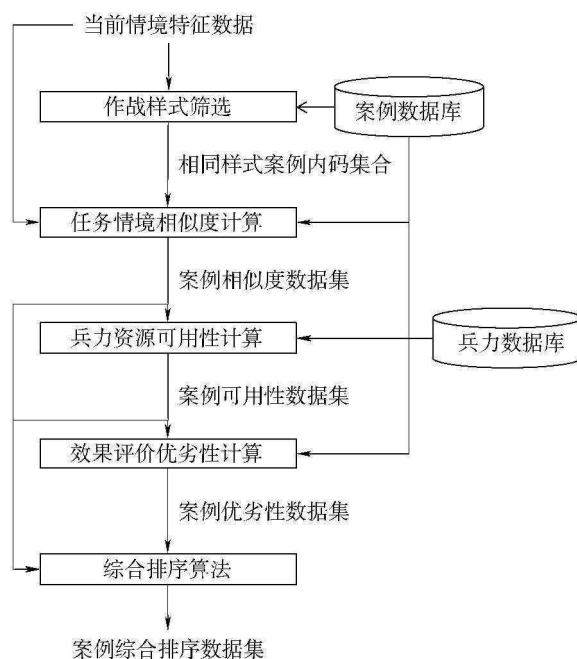


图4 相似案例筛选与排序模块处理流程

偏好学习模块的处理流程如图5所示。首先,对采集到的样本数据进行整理。然后,基于用户所选的案例,进行权重学习训练。最后将学习到的偏好数据按照作战样式进行归纳整理,形成一系列偏好数据模型。

以上是软件实现的功能流程。根据项目管理要求,软件界面未经许可不能公开。该系统目前已结

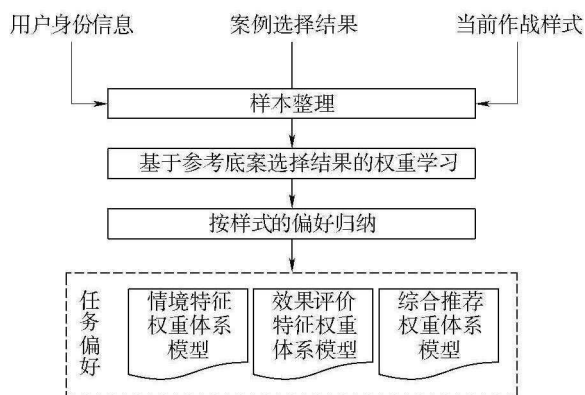


图5 偏好学习模块处理流程

合历史战备值班业务数据进行了测试。能够根据任务要求和战场态势，在秒级自动生成案例推荐列表，将用户筛选案例的效率提升数倍。

4 结束语

人工智能技术的快速发展为指挥决策智能化带来了希望。然而，由于战争的复杂性、指挥决策的高可靠性、可解释性要求，当下的主流人工智能技术在落地应用方面面临着重重困难。虽然在日常战备值班中，处置突发情况的短时间窗问题对筹划参谋人员造成了较大的压力，从而对智能化产生了迫切的需求，但指挥决策智能化依旧任重道远。

在领域知识体系不完备、样本数据积累不充分的作战指挥决策领域，对相似问题寻求相似的历史解决方案，是在主流技术发展成熟之前的一种行之有效的替代办法。

针对日常战备值班处置突发情况的经验积累相对丰富、处置时间窗口短等特点，提出了一种基于情境感知和偏好学习的作战方案智能推荐方法。该方法能够基于系统对当前任务要求和战场态势特征的理解，精准推荐相似情况的历史处置案例，供指挥员参考。并考虑针对不同类型的处置任务，参谋人员在选择参考案例时的不同侧重，实现对任务偏好的学习能力，能够根据处置任务不同，智能推荐符合用户选择侧重的案例。

参考文献

[1] 胡志强, 罗荣. 基于大数据分析的作战智能决策支持系统构建[J]. 指挥信息系统与技术, 2021, 12(1): 27-33.

[2] 南英, 蒋亮. 基于深度强化学习的弹道导弹中段突防控制[J]. 指挥信息系统与技术, 2020, 11(4): 1-9.

[3] 孙宇祥, 黄孝鹏, 周献中, 等. 基于知识的海战场态势评估辅助决策系统构建[J]. 指挥信息系统与技术, 2020, 11(4): 15-20.

[4] 曹雷. 基于深度强化学习的智能博弈对抗关键技术[J]. 指挥信息系统与技术, 2019, 10(5): 1-7.

[5] 张永亮, 董浩洋, 刘勇. 基于知识的智能指挥决策运行机制及其支撑技术研究[J]. 军事运筹与系统工程, 2020, 34(2): 5-12.

[6] 刘钦, 韩春雷, 张扬, 等. 人工智能在对空指挥决策中的应用[J]. 火控雷达技术, 2019, 48(2): 1-8.

[7] 黄敏敏, 蒋珉, 柴干. 高速公路交通应急预案的模糊匹配[J]. 工业控制计算机, 2015, 28(1): 133-136.

[8] 贺国旗, 张成锋, 韩泉叶. 基于本体的城市轨道交通线网应急预案形式化描述与匹配[J]. 城市轨道交通研究, 2015, 8: 62-66.

[9] 李从善, 刘天琪, 李兴源. 停电应急预案快速匹配与智能生成方法[J]. 电力自动化设备, 2014, 34(1): 32-42.

[10] 姜艳萍, 樊治平, 郑玉岩. 基于特征匹配的突发事件应急预案选择方法[J]. 系统工程, 2011, 29(12): 96-100.

[11] 李林, 李合, 吕鑫. 基于CBR的HUD故障诊断方法研究[J]. 指挥控制与仿真, 2020, 42(5): 123-127.

[12] 吴婷, 魏旭. CBR方法在船舶分段装配工艺设计的应用[J]. 舰船科学技术, 2020, 42(1A): 220-222.

[13] 黄新波, 刘成, 张烨, 等. CBR和RBR融合的牵引变压器运维策略[J]. 电力自动化设备, 2020, 40(3): 194-200.

[14] 廖祖奇, 李飞, 张鹏飞. 基于CBR的车联网网络安全应急响应系统及方法[J]. 计算机与现代化, 2020, 11: 109-116.

[15] 李书明, 嵇炳翰, 张鸿, 等. 基于CBR—模糊综合评判的空中停车率预测研究[J]. 航空维修与工程, 2019, 5: 62-65.

[16] 李露, 徐锋, 张超, 等. 基于CBR和BP神经网络的壳体零件制造工时定额技术研究[J]. 机械制造与自动化, 2019, 3: 59-63.