

融合情景感知的战场态势信息多维推荐模型

沈悦¹, 王柳松², 周春华^{3*}, 王运成³

¹河南地矿职业学院, 河南 郑州

²河南省军区数据信息室数据采集室, 河南 郑州

³信息工程大学, 河南 郑州

Email: *zchgjb@126.com

收稿日期: 2021年4月25日; 录用日期: 2021年5月20日; 发布日期: 2021年5月27日

摘要

传统的基于“用户-项目”二维推荐系统不考虑用户或项目相关的情景信息, 使得推荐系统在项目与用户需求匹配过程中自适应性不够, 进而导致个性化推荐质量不高。本文在分析态势信息推荐中涉及的关键因素的基础上, 将情景信息融入到传统的基于“用户-项目”的推荐系统中, 构建了多维多层次战场态势信息推荐模型, 将二维推荐模型扩展为多维推荐模型, 以提高推荐系统的准确性。

关键词

战场态势, 战场态势信息推荐, 推荐系统, 情景感知

Multi-Dimensional Recommendation Model of Battlefield Situation Information Based on Context Awareness

Yue Shen¹, Liusong Wang², Chunhua Zhou^{3*}, Yuncheng Wang³

¹Henan Geology Mineral College, Zhengzhou Henan

²Data Acquisition Office, Data Information Department, Henan Military Region, Zhengzhou Henan

³Information Engineering University, Zhengzhou Henan

Email: *zchgjb@126.com

Received: Apr. 25th, 2021; accepted: May 20th, 2021; published: May 27th, 2021

*通讯作者。

文章引用: 沈悦, 王柳松, 周春华, 王运成. 融合情景感知的战场态势信息多维推荐模型[J]. 计算机科学与应用, 2021, 11(5): 1457-1467. DOI: 10.12677/csa.2021.115149

Abstract

The traditional two-dimensional recommendation system based on “user-item” does not consider the user or item related context information, which makes the recommendation system not adaptive enough in the process of matching item and user needs, and then leads to the low quality of personalized recommendation. Based on the analysis of the key factors involved in the situation information recommendation, this paper integrates the context information into the traditional recommendation system based on “user-item”, constructs a multi-dimensional and multi-level battlefield situation information recommendation model, and extends the two-dimensional recommendation model to multi-dimensional recommendation model, so as to improve the accuracy of the recommendation system.

Keywords

Battlefield Situation, Battlefield Situation Information Recommendation, Recommendation System, Context Awareness

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

情景(context), 也称上下文, 是指任何可以用来描述实体情形和特征的信息, 其实体可以是人、位置、或是与用户和应用交互相关的物理的或虚拟的对象, 包括用户和应用本身[1] [2]。传统的“用户-项目”二维推荐系统作用于项目与用户构建的两维空间中, 强调项目与用户需求的协同与匹配, 而没有考虑将与用户或项目相关的情景信息(如时间、地理位置、用户行为状态、项目状态、网络条件等)包含进来, 这就是所谓的忽略了“情景行为” [3]。事实上, 用户在特定“情景”中与系统交互以及在某一情景中对项目的偏好情况可能与在另一情景中情况不同, 也就是说用户的兴趣会随着所处的环境和外部各种因素的影响而发生变化, 出现所谓的用户兴趣漂移。这将使得传统的“用户-项目”二维推荐系统在项目与用户需求匹配过程中自适应性不够, 进而导致个性化推荐质量不高。将情景信息融入推荐流程来处理对用户的偏好建模和预测问题, 可以提高泛在环境下推荐的精准度, 真正实现个性化推荐。

信息化条件下, 随着作战域的不断扩展和延伸, 作战力量日趋多元化复杂化, 战场态势数据量呈“爆炸式”增长, 这些数据信息具有高并发、强实时和不完整等特点, 要求指挥控制系统必须及时、准确地将态势信息推送给不同层级的作战人员。然而, 对于指挥员来说, 传统的基于内容的和基于协同过滤的“用户-项目”的二维信息推荐系统显然是不能满足做出有效军事决策的需要。指挥员从领受任务开始, 就需要对从接受任务到任务执行之间的可用时间、作战任务规划时间、作战准备时间、战场情报准备情况等进行分析评价。在任务分析阶段, 以分析上一级指挥机构指令为起点, 充分领会上级意图。做好战场情报准备工作, 能够帮助指挥员进一步理解战场态势, 以确定自己需要承担的具体作战任务, 也为正确决策提供重要的信息支撑。

以上这些工作的完成受到很多因素的影响, 不仅受指挥员主观因素的影响, 还受客观因素的影响。所以传统的情景无关的推荐方法, 无法真正基于任务需求实现个性化的信息推荐, 对指挥员做出正确的

军事决策帮助不大。基于此,本章设计了基于情景感知的战场态势信息推荐模型,将情景信息融入到传统的基于“用户-项目”的推荐系统中,将二维推荐系统扩展为多维推荐系统,以提高推荐系统的准确性,提升指挥员对信息的检索、甄别、选择和有效利用的能力,辅助指挥员正确决策。

2. 情境感知推荐的研究现状

情景感知推荐对于现有推荐系统模型和方法的完善和扩展,以及泛在环境下个性化推荐服务的创新方面都具有重要的理论价值和现实意义。目前,国内外学术界和工业界都对情景和基于情景感知的推荐系统进行了大量研究,并取得了丰富的成果,成果在电影推荐、音乐推荐、基于位置的推荐等领域都有成功应用。

美国 ACM 协会自 2009 年开始举办情景感知推荐系统专题国际研讨会,深入探讨情景建模技术、情景有关推荐数据集、情景数据识别算法、融入情景信息的推荐算法、以及一些悬而未决问题等[4]。2010 年举办了情境感知的电影推荐挑战赛,同时还发布了两个真实数据集 Moviepilot 和 Filmtipset。2011 年,情景感知电影推荐年会与推荐系统年会一起举办[5]。同年,ACM 智能用户接口国际会议(ACM International conference on Intelligent User Interfaces)也举办了信息检索和推荐中的情境感知专题研讨会,重点关注了情景感知建模、聚类、检索、推荐、协同过滤等主题[6]。

国内对于基于情景感知的多维推荐系统研究起步相对较晚,但也取得了不错的成果,主要集中在电子商务领域和图书情报领域的研究。在电子商务领域,Gong 等人[7]提出一种面向商务协同的情境描述方法及其基于情境的商务信息资源推荐模型,以实现商务信息在不同用户之间的有效协同配置。胡文等人[8]针对目前商场中广告费用日益增长,广告越来越多的问题,提出一种基于情境感知的智能商场导购推荐模型。周莉等人[9]针对用户在电子商务中获取个性化商品信息困难的问题,提出实现电子商务个性化商品信息服务的情境感知方法。在图书情报领域,曾子明[10]提出用“情境熵”来度量用户的情景感知度,去除无效的噪声情景,并计算有效情景在信息推荐中的相应权重值,再结合传统的协同过滤技术,为读者提供个性化的阅读推荐服务。黄传慧[11]针对图书馆学术信息推荐,构建了基于情境感知-目标用户-资源协同驱动推荐模型。洪亮[12]结合移动数字图书馆的资源布局及推送特征,基于相似用户有相似选择的考虑,引入角色的概念模拟用户兴趣选择,构建用户信任网络,并通过对现有情境感知推荐方法的改进实现移动数字图书馆个性化资源的推荐。

综上所述,基于情景的多维推荐系统虽然已经取得了一定的成绩,但仍然没有一个高效、成熟和完善的推荐模型和方法。国内的研究相对单一,多集中在电子商务和图书情报领域,且成果有限。国外虽已在多个应用领域建成了一些成熟的系统,如电影、旅馆、新闻、电子产品、手机等,但仍存在情境信息单一化(如仅考虑地理位置、时间或仅考虑用户偏好)的局限性,没有将泛在环境下可能存在的多种不同情境信息同时融入推荐过程和算法中,因而这些推荐模型和系统还有很大的进步和完善空间,需要学术界和工业界继续共同研究和关注。尤其是在态势信息推荐领域,研究成果相对较少,本文基于指挥员的实际需求,设计了融合情景感知的多维多层次战场态势信息推荐模型。

3. 基于情景感知的多维推荐模型

3.1. 二维推荐模型

传统上,推荐问题被认为是一个预测问题,在给定用户档案和目标项目的情况下,推荐系统的任务是预测该用户对该项目的评分,反映用户对该项目的偏好程度。传统的推荐系统是基于“用户-项目”历史评分矩阵来预测用户对未评分项目的评分,属于二维推荐模型。具体来说,一个推荐系统试图估计一个评分函数或效用函数。设 $Users = \{u_1, u_2, \dots, u_m\}$ 是系统中注册的用户集合,数量为 M , $Items = \{i_1, i_2, \dots, i_n\}$

是系统中注册的项目集合，数量为 N 。则效用函数 f 可以表示为公式(1):

$$f : Users \times Items \rightarrow Ratings \quad (1)$$

其中 f 是一个效用函数，通常表示成一个 $|Users| \times |Items|$ 阶矩阵 R ，任意元素 $r_{ui} \in R$ 是效用函数 $f(u, i)$ 的值，表示用户 u 对项目 i 的评分，用来度量用户 u 对项目 i 的偏好程度，或者是对于用户 u 来说，项目 i 的价值如何。对于任意的用户 $u \in Users$ ，推荐系统的目的是找到对用户来说还处于未知状态的项目 $i_u^* \in Items$ ，使得这个效用函数最大化，如公式(2)所示:

$$\forall u \in Users, i_u^* = \arg \max_{i \in Items} f(u, i) \quad (2)$$

值域 R 通常是由正整数或实数所组成的集合，通常用来量化用户对项目的偏好程度。需要强调的是，效用函数 f 是在已观测到的用户 - 项目交互历史数据集上学习到的，推荐系统的目标就是通过学习数据之间的特征关系来估计效用函数的未知值，并进行效用值排序，向用户推荐评分最高的项目。

3.2. 多维推荐模型

从二维推荐模型中可以看出，传统的推荐系统中最终的评分只由用户和项目两个维度来决定，而传统的推荐算法也主要研究如何联系用户兴趣和项目，将最符合用户兴趣的物品推荐给用户，不考虑用户所处的情景，如时间、地点、社会关系、情绪等，但这些情景信息通常对提高推荐系统的推荐效果是非常重要的。不过，在传统推荐系统中，用户和项目的表示通常不局限于对其 ID 的表示，还考虑全面的用户概要和项目内容特性。

为提高推荐效果，研究人员将情境信息融入推荐过程中，试图综合或利用额外的信息(除了关于用户和项目的信息)来估计用户对未评分项目的评分值。当将与用户和项目相关的不同情景融入推荐模型中时，推荐模型就由传统的二维推荐模型扩展为包含多种情境信息的多维推荐模型。类似于二维推荐模型，多维推荐模型也可看做一个预测问题，其效用函数定义为:

$$f : Users \times Items \times Contexts \rightarrow Ratings \quad (3)$$

其中， $Contexts$ 构成情景的因素集合，这些因素进一步描述了为用户 - 项目赋予特定评分的条件。这个扩展模型的基本假设是，用户对项目的偏好不仅是项目本身的函数，而且是用户和项目所处情景的函数。基于情景感知的推荐系统被认为是解决用户兴趣漂移问题的有效方法之一。二维推荐模型不考虑用户和项目所处的情景，用户对项目的历史评分的在评分预测过程中具有相同的权重，情境信息的融入能够动态感知用户兴趣的变化，进而跟踪用户的兴趣爱好，提高推荐准确性。

设 $D_1, D_2, D_3, \dots, D_n$ 表示多维推荐模型的维度，假设 D_1, D_2 分别是用户维与项目维，则剩余的 $n-2$ 个维度都是情景维。则效用函数 f 可以简化为:

$$f : D_1 \times D_2 \times \dots \times D_n \rightarrow R \quad (4)$$

其中，每个维度 D_i 通常由一些属性构成 $A_{ij}, (j=1, 2, \dots, k_i)$ ，可以写成这些属性的笛卡尔积，即 $D_i \subseteq A_{i1} \times A_{i2} \times \dots \times A_{ik_i}$ 。以三维推荐空间用户 \times 项目 \times 时间为例，其中，用户维由用户 ID、姓名、性别、职务等属性构成；项目维由项目 ID、名称、性质等属性构成；时间维由时间 ID、名称、具体时间等属性构成。在具体的情景中每个属性都有确定的值，这组确定的属性值就构成了一个确定的情景，也就会有个确定的评分值与之映射。与二维推荐模型一样，多维推荐问题同样是为用户找到效用函数 f 最大的项目 i_u^* ，只是在进行评分预测时要考虑情景因素的影响。

应该特别说明的是，上述静态映射并不是唯一的，这与情景信息的识别获取有关。根据情景信息的获取方式不同，情景可分为两类：显式情景和隐式情景。显式情景是指可以直接感知的情景，通常可以

从用户本身或用于测量特定物理或环境信息的传感器获得。然而，在有些情况下，情景信息必须从其他已观察到的信息中派生或推断出来，这类情景称为隐式情景。例如，电子商务系统可能尝试使用通过学习到的用户行为模型来区分用户是为配偶购买礼物还是购买与工作相关的书籍。隐式情景的获取通常需要从历史数据构建预测模型。具体来说，通过预先设定规则(用户自定义规则或相关约束等)对情景知识库中的显式情景进行推理，以获取隐式情景。

3.3. 情景信息的三种使用方式

传统的二维推荐系统的输入通常是基于 $\langle user, item, rating \rangle$ 的记录，相比之下，基于情景感知的推荐系统的输入则是基于 $\langle user, item, context, rating \rangle$ 的记录，不仅包括用户对具体项目的评分，还要包括用户进行评分时的情景信息。此外，与情景无关的传统推荐过程不同，根据当前情景 c 在推荐过程中使用的阶段不同，产生了情景信息在基于情景感知推荐系统中的三种不同使用方式：情景预过滤(Context Prefiltering)、情景后过滤(Contextual Postfiltering)和情景模型化(Contextual Modeling) [1]。三种情景信息使用方式如图 1 所示。

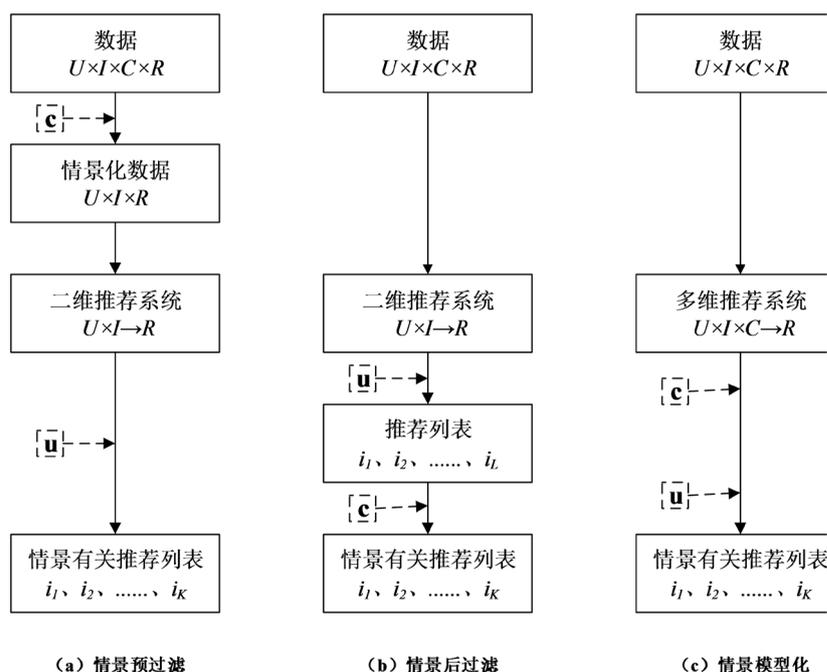


Figure 1. Three ways of using context information
图 1. 情境信息的三种使用方式

1) 情景预过滤，也称推荐输入情景化。如图 1(a)所示，当前情景信息 c 只用于选择相关的数据集用于推荐。情景预过滤本质上是情景信息作为查询条件去筛选有关的评分数据，这种算法的优点在于完成数据选择后，评分预测可以在任何传统的二维推荐系统完成。预过滤方法有几种不同的过滤类型：精确预过滤(Exact Prefiltering)、广泛预过滤(Generalized Prefiltering)和项目分解法(Item Splitting)等[13] [14]。

2) 情景后过滤，也称推荐输出情景化。如图 1(b)所示，情景后过滤方法在生成推荐时忽略输入数据中的情景信息，也就是说，在生成所有候选项的排序列表时，可以从生成任意数量的前 L 个建议。然后再通过使用情景信息来调整每个用户获得的推荐列表。推荐列表的调整可以通过以下两种方式：① 过滤掉与给定情景无关的项目；② 调整列表中项目的排序。例如，在电影推荐系统中，如果一个人想在周

未看电影，而在周末他/她只看喜剧片，系统可以从推荐列表中过滤掉所有非喜剧片。与情景预过滤方法一样，情景后过滤方法的优点也可以使用任何已有的二维推荐技术。

3) 情景模型化，也称推荐函数情境化。如图 1(c)所示，情景模型化方法直接将情景信息融入整个推荐生成过程中，将情境信息作为“用户 - 项目”评分的显示因素来考虑，产生了真正的多维推荐函数。与前两种方法不同，情景模型化方法能有效挖掘用户、项目、情景三者之间的关联关系，适用于情景信息与用户偏好耦合度紧密的情形，但需要处理高维数据，过程复杂[15] [16]。

4. 战场态势信息推荐模型

融合情景感知的战场态势信息推荐旨在解决复杂作战环境中，面向指挥员的作战指挥辅助决策问题，针对指挥员领受的作战任务向指挥员推荐相关的战场态势信息，辅助指挥员进行任务分析，制定作战方案。任务分析是军事决策过程的关键步骤，任务分析的过程和结果都有助于指挥员改善他们对态势的理解和进一步确定应完成的具体任务。

任务分析的主要结果是对领受任务的重新陈述，必须能够清楚简练地说明要求完成的特定的、暗示的和基本的任务，以及这些任务的目的。如果任务分析不准确、不全面、不清楚将导致后续决策过程的偏移，最终导致作战行动的失败。为了准确分析受领任务，理解任务意图，制定正确的作战目标和作战计划，指挥员必须及时、全面、准确地掌握战场态势信息，辅助指挥员决策。

很显然，传统的基于“用户 - 项目”的二维推荐系统在新的需求下，会存在自适应不够、推荐准确性不高的问题。因为指挥员对态势信息的需求是根据受领的任务发生动态变化的，这也就是前面提到的兴趣漂移的问题。那么推荐系统在进行态势信息推荐时，不仅要考虑指挥员 - 态势信息的历史交互记录，更要考虑指挥员此时受领的作战任务，为指挥员提供按需定制化的信息推荐服务。

因此，作战任务是影响指挥员信息需求的关键要素，设 *Users* 表示指挥员、指挥机构和指挥系统等用户集合，*SituationInfos* 表示战场态势信息集合，*Tasks* 表示作战任务集合，*Contexts* 表示除了任务以外的其他与任务相关的情景信息。事实上 *Tasks* 也应该属于情景信息的一种，但是由于 *Tasks* 是影响态势信息推荐的关键因素，故单独作为一个维度进行分析。

根据以上分析，本文将多维战场态势信息推荐模型的效用函数 f 定义为：

$$f : Users \times SituationInfos \times Tasks \times Contexts \rightarrow Ratings \quad (5)$$

下面对各个要素进行具体分析。

4.1. 用户维度

用户维度(*Users*)是推荐系统服务的对象集合，这里主要表示指挥员。在面向指挥员的态势信息推荐中，信息的推荐除了受指挥员的历史行为影响，也会受指挥员自身的基本情况影响，这里主要指指挥员的注册信息，注册信息主要包括两类：

人口统计学信息：姓名、性别、年龄、民族、学历、军衔、军种、兵种、所属部队、专业、工作等。

指挥员的兴趣描述：专业领域、研究方向、工作领域等。

利用注册信息可以缓解注册用户的冷启动问题。对于刚注册的新用户，我们不知道他的偏好是什么，只能推荐一些热门信息，但如果知道他是陆军，我们就可以给他推荐有关陆军的态势信息，相对于不区分军种的推荐，这种推荐的精度已经大大提高了。所以，在指挥员进行注册时，需要指挥员填写人口统计学信息，以便利用这些信息给指挥员提供粗粒度的个性化推荐。

以上注册信息都可以作为情景信息，来提高态势信息推荐的精确度。当然除了以上指挥员的注册信息，指挥员的心情和情绪也可以作为情景信息，因为指挥员在做决策时，会受到当时的心情和情绪的影响。

响。情绪对决策的影响可能是有意识或无意识的。比如，对风险决策的潜在结果感到焦虑的主体，可能会采用更安全而非利益更大的决策。情绪-决策的评价倾向框架理论预测，一旦某种情绪被激活，情绪可以触发相应的认知倾向，以根据触发情绪的中心评估维度评估未来事件[17]。这在情景信息里会体现，这里只考虑指挥员的注册信息。

根据以上分析，指挥员维度可以定义为：

$$User = \langle ID, Name, Gender, Age, Diploma, Service, Rank, Major, Work, \dots \rangle \quad (6)$$

4.2. 战场态势信息维度

战场态势信息维度(SituationInfos)类似于“用户-项目”推荐中的项目维度，是推荐系统要推荐的对象集合。战场态势信息是指战场态势要素的属性、状态和关系的表示。战场态势要素是战场数据样本空间的基本组成要素，把各个作战域中的实体要素分为5类：人员要素、装备要素、环境要素、资源要素和时间要素，如图2所示[18]。

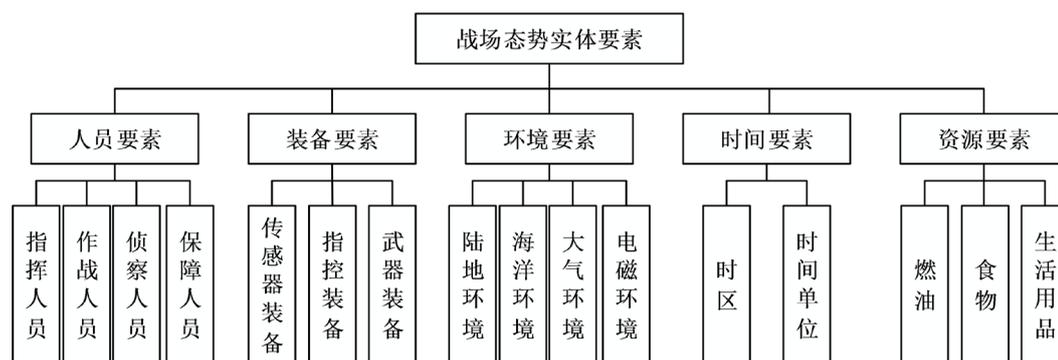


Figure 2. Classification of battlefield situation entity elements

图2. 战场态势实体要素分类

以上各实体要素可以从实体属性、实体状态和实体关系三方面进行描述[19]。

(一) 实体属性

属性(Attribute)是指描述实体特征的项目。实体属性可以分为五大类：一是基本属性，如实体标识(实体编号、实体名称)、实体特性(级别、关系、联系、功能、特性、性质)等；二是空间属性，主要是指实体的外观特征和性质特征，主要描述实体具有什么表现和性质，例如实体大小、几何描述、地形的外观等；三是行为属性，是实体的行为、运动特性指标，主要描述实体可以干什么。包括：实体火力、机动速度、行为限制等。四是任务属性，描述实体执行的任务内容和程度。例如任务的类型、目标、要求、规则以及目前执行的程度等。五是效能属性，根据任务对实体的能力描述，描述实体的作用有多大。例如某个部队的战斗力、某种导弹的武器效能等。

(二) 实体状态

状态(State)是指对活动的特征状况或形态的表达。对于实体的状态可以用实体的动态属性表示。状态是实体所具有的内部和外部形态与特征，通过跟踪实体的一组状态变量变化来描述实体的产生、变化和消亡的过程。例如，一支作战部队可用其所含人员类别、数量、装备的类型、数量和质量等状态变量进行描述。

(三) 实体关系

实体通常具有可分解、可组合的特性，即一个实体可以由若干个次级实体组成。根据组合的方式不

同, 实体具有不同的结构形式。一般来说, 实体关系分为三种: 分类、组合和关联。借助关系分析可以明确战争系统空间内各种实体间的类别、组成和相互关系。

根据以上分析, 对于不同的态势要素其属性不同, 态势信息通常包括一些通用属性和实体本身的具体属性, 态势信息维度可以定义为:

$$SituationInfos = \langle ID, Name, Type, Time, Entity, Properties \rangle \quad (7)$$

其中不同的实体用不同的属性表示, 如运动实体的属性可定义为:

$$Entity = \langle Speed, Location, Findtime, \dots \rangle \quad (8)$$

4.3. 作战任务维度

作战任务维度(*Tasks*)是指指挥员领受到的作战任务的集合。作战任务是指在一定战场环境和时间条件下, 为达成特定的作战目标, 而进行的一系列相互关联的作战行动的有序集合[20] [21]。作战任务也是战场数据样本空间的重要组成部分, 作战任务涉及到战场态势要素中的各类要素, 并且作战任务是指指挥员认知战场态势并作出决策的产物, 同属于作战领域中的认知域范畴。作战任务通常由指挥员根据敌情、上级意图、部队使命、作战样式、兵力编成、武器装备、部队战斗力、作战保障能力以及战场准备和地形、天气等因素, 在充分估计国际、国内或作战区域内的政治、经济、军事形势影响的基础上确定, 并以作战命令下达。战场作战任务是为了实施具体的军事行动而制定的, 通常是由一系列作战子任务和作战行动组成。

作战任务是对作战使命的细化, 涉及到的主要因素包括:

- 1) 任务编号: 作战任务的唯一编码。
- 2) 任务名称: 任务名称是任务的一个抽象描述, 是任务的基本属性之一。
- 3) 任务目的: 通过任务的执行以达到某种预期的状态。
- 4) 任务类型: 表示任务的分类, 如: 进攻性任务、防御性任务等。
- 5) 参战实体: 指执行任务的作战单元和任务作用的对象或环境及其它相关的作战单元, 例如: 敌我双方的作战部队、武器装备、人工设施等。
- 6) 任务属性: 任务属性是指任务拥有的基本性质。主要包括任务的时空属性, 例如: 任务的起止时间、执行位置等。
- 7) 任务关系: 包括总体作战任务与具体作战任务之间的关系、作战任务与作战行动之间的关系和作战行动之间的关系。
- 8) 任务能力需求: 任务能力需求是指完成该任务所必须的能力要求, 包括火力打击能力、侦察能力、机动能力、通信能力以及防御能力等。

根据以上分析, 作战任务维度可以定义为:

$$Tasks = \langle ID, Name, Entity, Target, Type, Property, Relation, Enviroment, Rule, State \rangle \quad (9)$$

其中, 作战实体表示的是参战方的实体集合, 代表与任务相关的角色和资源, 可定义为:

$$Entity = \{entity_1, entity_2, \dots, entity_n\} \quad (10)$$

任务目的表示完成任务的指标集合, 通过权重来表示各指标对任务的影响程度, 可定义为:

$$Target = \{target_1, target_2, \dots, target_n\} \quad (11)$$

任务的属性表示任务的时间属性和空间属性, 可以定义为:

$$Property = \{Time, Location\} \quad (12)$$

其中, $Time = (T_{start}, T_{end})$ 表示任务的时间属性, T_{start} 为任务开始时间, T_{end} 为任务结束时间; $Location = (Longitude, Latitude)$ 表示任务的空间属性, 代表任务的执行地点。

任务关系表示任务的关系集合, 主要有总体任务与具体任务间的关系集合、任务间的纵向关系集合和任务间的协同关系集合。

$$Relation = \{InstanceOf, ParentOf, BrotherOf\} \quad (13)$$

任务环境表示作战区域的地形、气候、水文以及电子电磁环境情况等, 可定义为:

$$Environment = \{Terrain, Weather, Hydrology, Electromagnet\} \quad (14)$$

规则表示任务在执行过程中应遵循的作战规则, 可定义为:

$$Rule = \{rule_1, rule_2, \dots, rule_n\} \quad (15)$$

任务状态表示任务完成的阶段, 如作战阶段、完成阶段, 可定义为:

$$State = \{Phase, Completion\} \quad (16)$$

态势信息推荐就是根据指挥员领受到的作战任务, 根据任务的意图和目的、任务的类型、执行任务的实体、任务中涉及到的目标实体、任务的起止时间、任务执行的环境情况等, 为指挥员推荐相关的态势信息, 进一步辅助指挥员进行任务分析和作战方案的制定。

4.4. 情景维度

情景维度(*Contexts*)表示作战任务维度以外的其他的作战情境信息。基于对指挥员维度和作战任务维度的分析, 在实际的战场环境中, 影响指挥员决策的情景信息主要包括指挥员所处战场环境的时间和空间属性。

1) 时间维度

时间(*Time*)是一个非常重要的情景信息, 对指挥员的偏好有着深入而广泛的影响。比如在平时和战时, 指挥员的关注的态势信息可能会有很大的区别。时间信息对指挥员兴趣的影响主要表现在以下几个方面:

① 指挥员兴趣是变化的。这里的指挥员兴趣是指指挥员自身原因发生的变化。例如, 随着年龄的增长、经验的积累, 指挥员的思维会更加成熟, 分析问题会更加细致, 相对地, 针对具体的作战任务考虑的因素会更加全面, 那么指挥员关注的态势信息也会发生变化。

② 态势信息的时效性。态势信息通常只是战场某一时刻的状态描述, 它会随着时间的变化而变化, 所以态势信息是在一定的时间范围内发生效力。而信息的时效性和信息的价值紧密相连, 信息的价值是通过利用来体现的, 所以信息必须要在时效范围内得到利用才有价值。指挥员需要及时了解最新的战场态势, 就要掌握最新的态势信息, 那么, 对于态势信息推荐来说, 就要尽量向指挥员推荐时效范围的态势信息, 以便指挥员实时了解最新态势, 为其及时作出决策调整提供依据。

③ 季节效应。季节效应主要反映时间本身对指挥员兴趣的影响。比如人们雨天打伞, 冬天穿棉衣, 夏天穿短袖。其次, 节日也是季节效应的一种, 在一些敏感节日, 指挥员也会有特别的关注。

时间对于任务的分析执行有很大的影响, 是指挥员指挥决策时必须考虑的重要条件因素。战场态势瞬息万变, 指挥员做出的决策和下达的命令、指示, 必须充分预见战场情况发生重大变化的可能时间、敌方行动的速度和我方部队完成行动准备所需时间, 充分考虑作战可用时间和所用时间的长短以及两者差值的性质与大小, 将对作战时间的分析与计算贯穿于作战指挥全过程, 以保证主观指挥适应战场的客观实际。

融入时间维度的态势信息推荐系统, 从一个静态系统变成一个动态系统, 这就要求态势信息推荐要

随着任务的执行、战争的发展具有连续性、持续性，最终体现出战场态势中“势”的含义。

2) 空间维度

位置(*Location*)是空间特征的表示，空间是作战的载体，是作战存在的客观基础。空间是制约和影响作战的重要因素，没有空间作战就不能发生和发展，没有空间作战就不是现实的作战。作战中的位置信息，包括空间范围、自然地理和人文地理。空间范围是指敌我双方在战场中所处的实时位置和战斗区域；自然地理主要是指地形，也包括其中的水文和气象条件；人文地理指政治、经济和民众条件等。

从战场态势的角度来看，位置信息在作战空间中具体的表现形式具有点、线、面、体四个特征。点是指作战任务执行空间中的关键点，如要害处、交汇处、关节处等；线具有多种类型，如接触线、行进路线、防御线等；面用于描述战场、防区和作战地域，确定部队部署和作战队形是一一般都以面的形式进行描述；体主要指战场的立体空间，而随着人类社会政治、经济、科技的不断发展，新式武器装备的出现，在立体空间中增加了新的空间，如复杂电磁环境空间、赛博空间、临近空间等。因此，战场态势的空间情景信息主要包括社会、地理、气象、水文、电磁等战场环境的描述。

根据以上分析，情景维度可以定义为：

$$Contexts = \langle Time, Location, Environment \rangle \tag{17}$$

其中：

$$Time = (Year, Month, Day, Hour, Minute, Second) \tag{18}$$

包含了指挥员接受、执行、完成作战任务等关键点的时间。

$$Location = (Longitude, Latitude) \tag{19}$$

表示执行任务的具体地点，包括经度和纬度。

$$Environment = (Society, Geography, Weather, Hydrology, Electromagnetism) \tag{20}$$

包含了社会、地理、气象、水文、电磁等战场环境。

4.5. 多维多层次的战场态势信息推荐模型

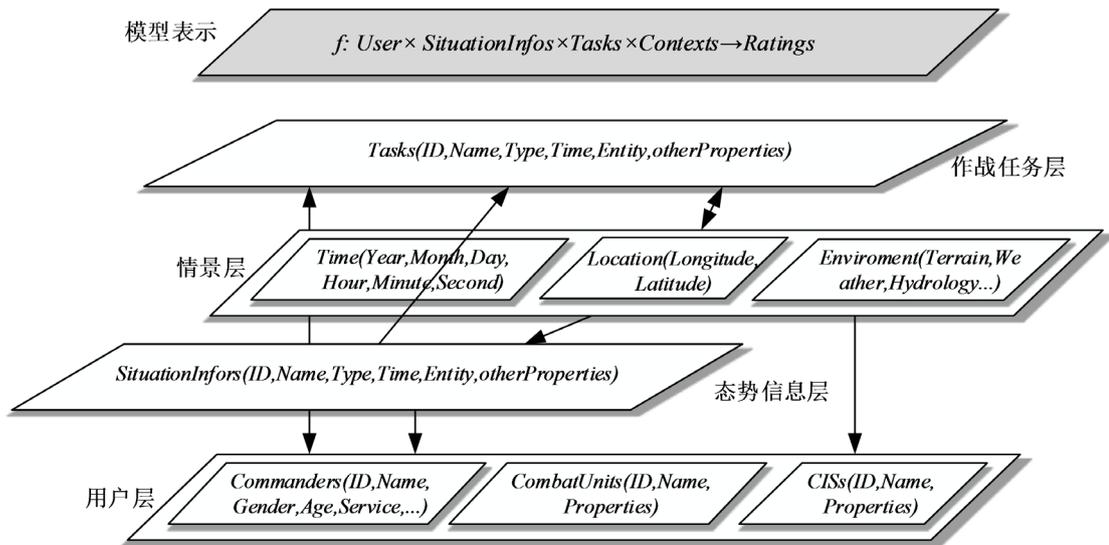


Figure 3. Multi-dimensional and multi-level battlefield situation information recommendation model

图 3. 多维多层次的战场态势信息推荐模型

战场态势信息推荐模型中主要涉及四个维度：用户、态势信息、作战任务和情景信息，基于它们之间的交互关系构建战场态势信息推荐的多维多层次模型，如图3所示。

用户层和态势信息层也可以在没有作战任务层和情景层参与的情况下进行推荐，没有作战任务层和情景层参与的态势信息推荐就回到了传统推荐的思路；情景层中的各个情境维度也并非每一次推荐过程中都需要完整出现，可以根据实际情况来增减情境维度。将态势信息推荐模型划分为四层，使层次之间、要素维度之间相互联系，既保证了层次和要素维度的独立性，又使整个态势信息推荐模型具有一定的适应性。

5. 总结

本文针对指挥员的个性化信息需求具有情境敏感性，将情境信息融入信息推荐模型，即将传统二维的“用户-项目”推荐服务模型扩展为包含多种情境信息的多维态势信息推荐服务模型，设计了多维多层次的战场态势信息推荐模型。在分析了影响态势推荐的关键因素的基础上，构建了多维态势信息推荐模型，主要由用户、作战任务、态势信息和情景信息四个维度组成。

参考文献

- [1] Tuzhilin, A. and Adomavicius, G. (2008) Context-Aware Recommender Systems. In: *Proceedings of the 2008 ACM Conference on Recommender Systems*, ACM Press, New York, 335-336. <https://doi.org/10.1145/1454008.1454068>
- [2] Dey, A.K., Abowd, G.D. and Salber, D. (2001) A Conceptual Framework and a Toolkit for Supporting the Rapid Prototyping of Context-Aware Applications. *Journal of Human-Computer Interaction*, **16**, 97-166. https://doi.org/10.1207/S15327051HCI16234_02
- [3] Suchman, L. (1987) *Plans and Situated Actions*. Cambridge University Press, Cambridge.
- [4] 袁静. 情景感知自适应: 图书馆个性化服务新方向[J]. *图书情报工作*, 2014, 4(7): 79-82.
- [5] CAMRa2011 (2011). <https://recsys.acm.org/recsys11/camra/>
- [6] Ernesto, W.D.L., Alan, S., Matthias, B. and Florian, M. (2011) Workshop on Context-Awareness in Retrieval and Recommendation. *Proceedings of the 16th International Conference on Intelligent User Interfaces*, Palo Alto, February 2011, 471-472. <https://doi.org/10.1145/1943403.1943506>
- [7] Gong, R., Ning, K., et al. (2009) Context Modeling and Measuring for Proactive Resource Recommendation in Business Collaboration. *Computers and Industrial Engineering*, **57**, 27-36. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2008.07.003>
- [8] 胡文. 基于情境感知的商场导购推荐商品信息的研究[J]. *哈尔滨商业大学学报*, 2012, 28(1): 58-61.
- [9] 周莉. 情境感知的电子商务个性化商品信息服务[J]. *图书情报工作*, 2011(10): 130-134+29.
- [10] 曾子明. 移动环境下基于情境感知的数字图书馆个性化信息推荐研究[J]. *图书情报工作*, 2013(12): 123-128+71.
- [11] 黄传慧. 基于情境感知的图书馆学术信息推荐系统构建研究[J]. *图书馆工作与研究*, 2015(10): 21-26.
- [12] 洪亮, 钱晨, 樊星. 移动数字图书馆资源的情境感知个性化推荐方法研究[J]. *现代图书情报技术*, 2016(7-8): 110-119.
- [13] Gorgoglione, M. and Panniello, U. (2015) Including Context in a Transactional Recommended System Using a Pre-Filtering Approach. *2009 International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops*, Bradford, May 2009, 667-672. <https://doi.org/10.1109/WAINA.2009.112>
- [14] Baltnumas, L. and Ricci, F. (2014) Experimental Evaluation of Context-Dependent Collaborative Filtering Using Item Splitting. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, **24**, 7-34. <https://doi.org/10.1007/s11257-012-9137-9>
- [15] 张李义, 殷聪. 面向知识挖掘的情景感知应用研究综述[J]. *图书情报工作*, 2013, 57(5): 140-146.
- [16] 沈旺, 马一鸣, 李贺. 基于情景感知的用户推荐系统研究综述[J]. *图书情报工作*, 2015, 59(21): 128-138.
- [17] 陈文华, 贾秀芬. 评价倾向框架效应理论及其拓展研究的现状与展望[J]. *考试周刊*, 2010(47): 238-239.
- [18] 陈姣. 战场数据样本空间形式化描述与样本生成[D]: [硕士学位论文]. 南京: 南京大学, 2018.
- [19] 胡晓峰, 司光亚. *战争模拟原理与系统*[M]. 北京: 国防大学出版社, 2009.
- [20] 王书敏, 刘俊友, 淦江. 作战任务的规范化描述方法初探[J]. *军事运筹与系统工程*, 2006(3): 27-30.
- [21] 李建军, 刘翔, 任彦, 周敏龙, 罗雪山. 作战任务高层本体描述及规划[J]. *火力与指挥控制*, 2008, 33(1): 53-55.