

面向试训过程的复盘讲评分析方法

张明珠, 杨增瑞

南京电子工程研究所试验仿真与联合训练信息系统研究部, 江苏 南京

收稿日期: 2026年9月21日; 录用日期: 2026年10月16日; 发布日期: 2026年10月28日

摘 要

随着信息化和智能化技术水平的不断提高, 异构、集群、协同、智能的多域作战试训系统越来越呈现出一体化融合发展的趋势。通过探索战场环境、战术战法、作战编成、指挥控制、装备等不同维度的有效科学的试训内容, 能够从众多可行方案中逼近最优作战手段。本文介绍了面向试训过程的复盘讲评分析方法, 基于知识图谱对试训各类数据资源的关联分析, 通过构建关键事件实现态势复盘回放, 从建立讲评指标体系、讲评组织实施、复盘回放分析、专家分析点评等阶段对试训全过程开展科学的分析与评价。

关键词

试训资源, 知识图谱, 复盘回放, 关键事件, 讲评指标

Review and Evaluation Analysis Method for the Trial Training Process

Mingzhu Zhang, Zengrui Yang

Research Department of Test Simulation and Joint Training Information System, Nanjing Research Institute of Electronic Engineering, Nanjing Jiangsu

Received: September 21, 2026; accepted: October 16, 2026; published: October 28, 2026

Abstract

With the continuous improvement of information and intelligence technology levels, multi-domain combat trial training systems featuring heterogeneous, clustered, collaborative, and intelligent characteristics are increasingly showing a trend of integrated development. By exploring effective and scientific trial training content from various dimensions such as battlefield environment, tactics, operational composition, command and control, and equipment, it is possible to approach optimal combat methods and means from numerous feasible options. This paper introduces an analysis method for reviewing and evaluating the trial training process, utilizing knowledge graphs to

analyze the correlation between various types of trial training data resources. Through constructing key events to achieve replay of the situation, and by establishing an evaluation index system, organizing review activities, analyzing replay data, and conducting expert analysis and commentary in stages, this method scientifically analyzes and evaluates the entire trial training process.

Keywords

Trial Training Resources, Knowledge Graphs, Review and Playback, Critical Events, Evaluation Indicators

Copyright © 2026 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

试验训练(简称试训)是推进新军事技术应用的有效途径,是牵引提升作战能力的有效抓手。在复杂多变的作战体系中,通过数字化试训系统快速地作战模拟和进程推演,从可能中寻找确定、从确定中寻找优良,从优良中逼近最佳。传统讲评主要依靠专家结合试训结果数据与作战经验开展分析,该模式已难以适配复杂试训过程的深度分析需求。围绕复杂不确定性、高动态对抗的作战场景,针对试训过程中的复盘讲评需求,首先要根据汇集的各类试训数据进行关联整编,实现试训全过程综合态势重演和关键事件的复盘重现,直观重现演训全流程,对试训数据从不同维度进行分析挖掘,提供分析结果数字化展示,支撑讲评人员开展准确、全面、科学的讲评工作。

近年来,随着大数据、智能化等技术的发展,相关学者也针对试训需求开展了进一步研究。秦园丽提出了基于战术导弹兵棋推演系统的作战方案评估方法,重点给出了作战方案评估的设计和实施方法,主要对战术战法进行宏观演练,缺乏考虑环境、时间、后勤等量化指标作为模型演练参数,难以支撑完整的过程级复盘讲评[1]。翁炀冰提出基于数据关联模型的多领域复盘分析方法,全面介绍了多领域数据抽取和关联,以及态势复盘回放分析的技术方案,但其侧重点在将演练文本数据与各领域数据的关联,旨在各领域内数据做深度数据挖掘和分析,欠缺考虑态势环境、方案数据、以及特定知识库的关联关系,没有直接实现数据的较接[2]。吴蕾给出了一种构建作战过程描述文档的方法,并通过兵棋系统进行了应用验证,该方法侧重从海量数据中挖掘作战行动,在复盘层面仅能作为宏观考量指标,缺乏微观层面的数据支撑,并且由于未建立各微观数据的关联关系,弱化了其复盘讲评对结论的支撑、以及形成知识推理[3]。栾瑞鹏提出一种基于知识图谱的飞行器试训数据关联整合方法,主要针对单一装备数据进行关联处理,仅对专门的部分实体对象建立了知识图谱,图谱内容不全面[4]。朱兆梁介绍了网络空间作战指挥训练评估框架,并建立了完善的评估指标体系分析,但仅从宏观上分析网络空间评估体系,未建立精确的评估模型[5]。上述研究在作战评估、数据复盘方面取得一定成果,但大多面向单一装备、兵棋宏观推演或者局部领域数据分析,缺少面向完整试训全流程的数据融合、关键事件抽取、态势回放、协同讲评一体化闭环方案;现有研究缺少量化的关键事件识别机制,大多依赖人工筛选事件,本文给出可计算的事件重要度计算模型。针对上述不足,本文从试训组织实施实际需求出发,提出面向试训全过程的复盘讲评分析方法,聚焦试训过程中重点情况或问题分析,通过对试训全流程数据资源进行挖掘分析,构建关联知识图谱,形成典型历史案例库,依据全面的讲评指标体系,提供数字复盘,协同讲评环境,为讲评组织人员提供可靠的数据支撑以及辅助分析工具。

本文组织结构如下：第 2 章阐述试训资源整合、试训过程抽取、态势回放、讲评分析框架等关键技术；第 3 章给出系统应用框架与业务实施步骤；第 4 章总结全文。

2. 方法与技术

2.1. 试训资源关联整合

针对不同试训模式下的数据管理需求，试训数据呈现出种类繁多、类型复杂、来源广泛等显著特征。其内容涵盖基础元数据，以及地理信息、气象水文、装备、战场设施等基础类数据；方案数据、想定数据、模型数据、筹划数据、指挥数据、态势数据、裁决评估数据等业务资源数据；主题数据、知识库数据等典型应用业务数据；此外还包括传感器数据、运维监控数据及共享交换数据等。上述试训数据具有海量性、多源性、异构性及高频产生等典型特征，传统单一存储组件已无法满足其存储需求，亟需综合运用关系型数据库、分布式文件系统、分布式数据仓库、内存数据库、全文检索引擎等多种存储技术，以支撑各业务场景下结构化、半结构化及非结构化数据的存储与处理。各类数据蕴含丰富的知识与复杂关联关系，其核心难点在于如何实现非结构化数据与结构化数据之间的有效关联与整合，并从中提取组织形成指挥关系、协同关系及敌对关系等关键语义关系。为此，本文提出一种基于多模态统一表示的知识图谱构建技术，通过对文本、视频、图像、语音、数据库、格式报文等多模态、异构数据进行统一建模与语义描述，构建面向试训数据的专用知识图谱。该技术能够实现作战体系中碎片化数据与战场进程脉络的深度关联，完成战场态势场景的系统梳理，使试训全过程具备可追溯、可复盘、可共享的能力，并支持基于多维度训练数据匹配的自动搜索、分析与结果展示。

知识图谱作为一种以图结构模型描述物理世界事物关联关系的技术，属于新型知识表示方法。其以实体、属性、关系构成的三元组为基本单元，对多数据源进行数据关联与深度融合，通过大规模数据信息的挖掘与分析，形成具有应用价值的知识信息[6]。知识图谱技术集大数据与人工智能时代知识工程之大成，具备强大的语义表达、语义存储及语义推理能力，是认知智能领域的基础性资源。面向试训过程中的异构数据，本文采用半自动与人工相结合的知识抽取策略，根据不同领域特征，从各自对应的结构化、半结构化或非结构化数据资源中提取概念、关系、实例等知识要素，通过多模态语义抽取与异构本体融合技术，实现对海量数据资源的语义链接，构建以知识、事件等概念为中心的基础知识图谱。在此基础上，本文结合试训资源体系的层次划分，从基础数据资源、过程试训数据及综合试训数据三个维度进行系统考量，设计统一的多模态知识架构，用于知识的规范化描述与表达，从而为试训数据的智能化管理与应用提供理论支撑与技术路径，知识图谱本体模型架构如图 1 所示。

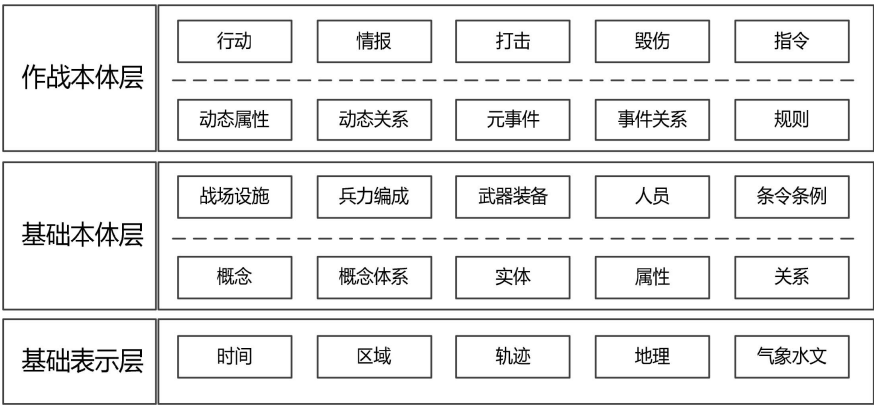


Figure 1. Architecture of knowledge graph ontology model
图 1. 知识图谱本体模型架构

1) 基础表示层: 该层是对时间、空间以及时空混合数据进行基础数据表示, 包括区域、轨迹、气象水文等。主要针对作战范围、目标运动轨迹、战场环境数据等进行刻画。与基础本体层中的各类知识进行关联, 支撑上层规则、认知、决策等知识的表示。

2) 基础本体层: 基础本体描述了知识图谱中的核心知识, 形成了知识图谱的基础知识框架。本文中主要针对作战过程中的兵力编成、装备等实体。

3) 作战本体层: 是指可在基础本体描述知识的基础上进行计算、推理操作的过程及结果知识(结果知识如动态属性及关系, 过程知识如规则)。本文中主要针对试训过程中动态对抗产生的情报、打击、毁伤等事件描述。

上述三个层次构建了知识图谱本体模型架构。基础表示层涵盖了空间、时间等现实数据; 基础本体层是试训的核心知识要素层, 它的数据强关联于基础表示层, 基础表示层为其提供定性和定量数据支撑。作战本体层是在基础本体层之上经过进一步计算、推理得到的知识。三层知识之间层层递进, 知识间的关联关系是后续知识抽取、分析、复盘评价的重要指标和数据支持。

试训数据类型多、关联复杂, 如目标时空位置信息、事件等。本文通过统一编码技术将时间、空间数据、作战事件数据进行统一描述, 使用一套统一的建模和描述规则进行各类知识的表示, 从而实现试训数据及知识描述的统一关联和分析, 知识图谱关联效果如图 2 所示。

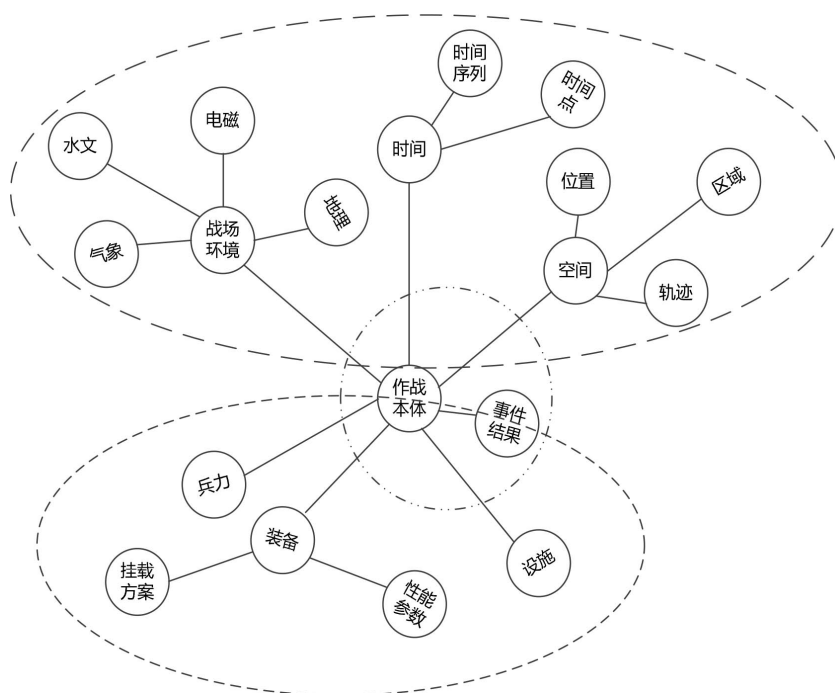


Figure 2. Schematic diagram of knowledge graph association
图 2. 知识图谱关联示意图

作战本体作为试训数据关联的核心语义框架, 旨在系统性地描述作战活动在特定作战场景中受多类事件要素影响所引发的一系列动态过程。该本体不仅是支撑试训过程知识抽取的基础模型, 更直接决定了复盘回放过程中对战场态势的还原精度与语义完整性, 因而构成了数据关联与融合的关键特征。在构建过程中, 作战本体以对作战活动过程的空间分析、时序查询与语义关联为基础, 进行层次化设计, 其核心关联体系涵盖时空关系、指挥关系、协同关系及敌对关系四类基本语义关系。为明确各类关系在知

识图谱中的逻辑层级与继承机制, 本研究中将“时空关系”定义为本体结构中的父属性, 而将“指挥关系”、“协同关系”及“敌对关系”定义为由时空关系派生的子属性, 各自承载具体的语义约束与属性特征。基于上述编码规则与本体层次结构, 系统在接收到试训信息后, 首先执行信息抽取任务, 获取目标当前位置、时间戳、目标属性及事件描述等关键要素。其中, 目标当前位置与时间信息用于构建时空关系实例, 并以此为基础, 通过时空关系快速进行数据检索与语义关联, 进而探索并推理出其他派生属性关系(如指挥链路的建立、协同行为的识别及敌对意图的判定), 从而实现对试训全过程的多维、动态、可追溯的语义建模。

2.2. 试训过程抽取生成

试训过程生成的核心是如何构建上述的三层知识图谱。基于系统数据库中存储的各类异构数据, 经过数据预处理、标注后可依赖自然语言处理工具抽取得到第一、二层本体知识, 并完成数据的关联。而要构建第三层的战场本体关键事件数据, 则依托已建的知识图谱整编、推理计算抽取事件数据后, 构建第三层关键事件数据; 之后与前面基础层的数据关联, 形成一套完整的知识图谱; 从而实现后续关联检索事件、构建事件脉络的目标。那么问题的关键在于如何利用已建的知识图谱计算抽取关键事件数据。本文利用已构建完成的试训知识图谱中的实体、属性与多类语义关系完成关键事件识别、事件重要度量量化打分, 将筛选得到的高价值事件按照时间维度进行时序串联, 最终生成战场进程脉络; 战场进程脉络可以更加直观、准确地呈现出战场重点信息和关键行动, 能够更加有效地支撑讲评任务的开展。战场进程脉络主要由关键事件脉络轴和态势复盘回放两种形式结合呈现, 试训过程生成方式如图 3 所示。

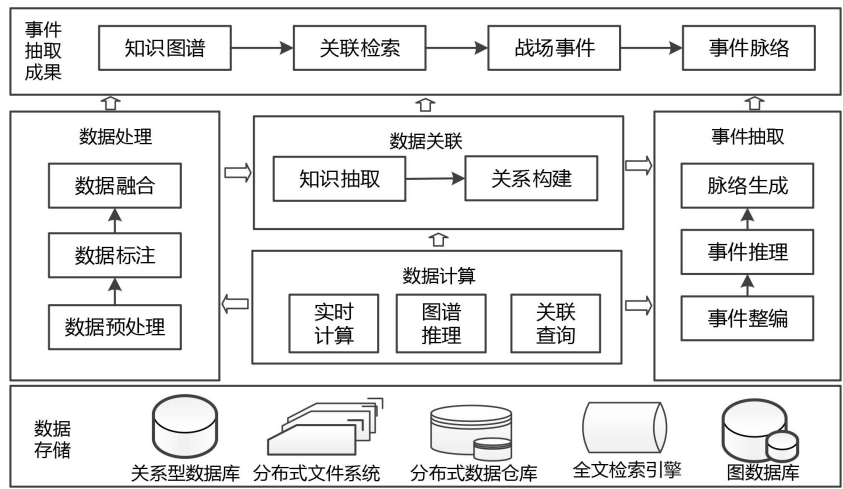


Figure 3. Design ideas for trial training process extraction
图 3. 试训过程抽取设计思路

从无组织的试训原始数据到知识图谱的构建完成, 需依次经历实体识别、关系关联与推理分析等关键流程, 形成一个包含兵力实体、装备实体、事件实体以及时空关系、指挥关系、协同关系、敌对关系等的试训知识图谱 $G=(E,R,T)$ 。其中图谱模型形式化定义:

$E=\{e_1,e_2,e_3,\cdots,e_n\}$: 实体集合, 包含兵力实体、装备实体、地域目标实体、事件实体;

$R=\{r_{spatial},r_{cmd},r_{coop},\cdots,r_n\}$: 关系集合, 分别对应时空关系、指挥关系、协同关系等;

$T=\{t_1,t_2,t_3,\cdots,t_n\}$: 事件时间戳集合, 记录每一个事件实体发生时刻。

其中事件实体 $e_{event} \in E$, 提取的事件实体数据经过关键事件计算模型, 针对试训过程中涉及的作战

行动任务、打击事件、情报等信息, 从目标价值、作战影响值, 作战阶段权重等多个维度计算识别关键事件, 构建关键事件集 E_{sn} 。通过上述对试训数据的系统梳理、语义提取与层次筛选, 能够大致按照作战阶段划分, 完成关键事件脉络的自动生成, 涵盖作战筹划行动、侦察情报处理、打击毁伤过程、效果评估反馈等核心环节。该事件脉络为讲评人员开展作战阶段分析、评估作战行动效果及优化后续作战方案提供了重要的参考依据与分析支撑。

2.2.1. 关键事件重要度计算模型

并非图谱中全部作战事件都需要纳入复盘脉络, 需要对事件做重要度量化, 筛选出对作战进程产生显著影响的关键事件。定义事件重要度得分函数 $Score(e_{event})$:

$$\begin{cases} Score(e_{event}) = \omega_1 \cdot V_{tar} + \omega_2 \cdot V_{inf} + \omega_3 \cdot V_{stage} \\ s.t. \quad \omega_1 + \omega_2 + \omega_3 = 1 \end{cases} \quad (1)$$

式中:

V_{tar} : 目标价值, 由被作用对象实体属性得到, 代表打击、作用目标本身战略战役价值;

V_{inf} : 事件的作战影响值, 由战果战损、实体状态变化程度计算, 例如高价值装备损毁、要点地域得失;

V_{stage} : 作战阶段权重, 表征该事件所处作战筹划、侦察、火力打击、效果评估等不同作战阶段的业务权重;

$\omega_1, \omega_2, \omega_3$ 为权重系数, 满足 $\omega_1 + \omega_2 + \omega_3 = 1$, 可结合试训任务类型由讲评人员配置, 设置阈值 θ , 当 $Score(e_{event}) > \theta$, 判定该事件为关键事件。

2.2.2. 关键事件序列发现计算流程

输入: 试训知识图谱 $G = (E, R, T)$;

输出: 关键事件时间序列 $Seq = \{e_{s1}, e_{s2}, e_{s3}, \dots, e_{sn}\}$ 。

完整计算步骤:

1) 抽取时间实体、事件实体, 遍历与关系约束过滤: 遍历图谱全部事件实体, 基于敌对、指挥、协同关系过滤无效噪声事件, 保留与对抗行动直接相关的侦察、机动、打击、毁伤、区域占领类事件实体集合。

2) 事件重要度打分: 调用重要度模型 $Score(e_{event})$, 对候选集合内每一个事件计算得分。

3) 关键事件筛选: 将事件得分与阈值 θ 对比, 筛选得到全部关键事件集合 E_{sn} 。

4) 时序排序与冲突消解: 依据事件内生属性时间戳 t 对 E_{sn} 做升序排序; 对于同一时刻发生的多起关键事件, 按照事件得分由高到低完成内部排序。

5) 作战阶段切分, 生成事件序列: 结合作战筹划、侦察情报处理、打击毁伤、效果评估反馈的作战阶段边界, 对排序后的事件集合做阶段标记, 输出带阶段标签的关键事件序列 Seq 。

6) 输出战场进程脉络: 将事件序列按时间映射生成关键事件脉络轴, 对接后续态势复盘回放模块。

图 3 为试训过程抽取设计思路, 对应上述算法流程的数据流向: 底层多源试训数据入库, 构建知识图谱, 经过上述关键事件序列发现算法处理, 输出时序关键事件序列, 分别供给事件脉络轴模块、态势复盘回放模块使用。

2.3. 态势复盘显示回放

态势复盘显示回放主要依托采集的试训过程数据, 对目标轨迹、侦察情报、打击毁伤等关键要素进行历史状态呈现, 以全局视角更为直观地还原战场场景。需要强调的是, 态势复盘显示回放并非简单的

历史数据记录回放, 而是一套面向问题挖掘与作战经验提炼的系统性分析工具。因此, 态势复盘工具必须具备基于重要战场情况进行高效、深度复盘分析的能力, 从而有效辅助讲评人员开展经验总结与作战效果评估。基于上述需求, 本文设计了一种基于关键事件脉络的态势复盘工具, 支持根据关键事件进行态势场景的切换与展示, 使讲评人员能够便捷、直观地呈现复盘内容与分析结果。该态势复盘显示回放技术的整体架构如图 4 所示。

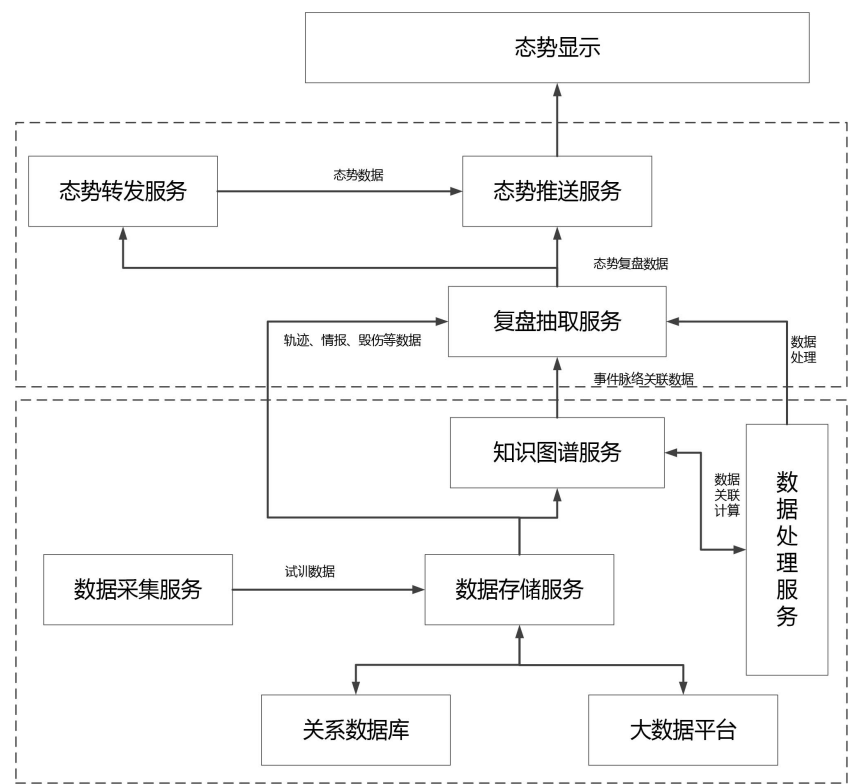


Figure 4. Architecture of situation review and playback technology
图 4. 态势复盘回放技术架构

其中, 态势推送服务和态势显示是核心组件, 一个负责进行试训数据的组织推送, 一个进行态势效果的显示控制。态势推送服务按照关键事件脉络从数据存储中抽取态势轨迹数据、作战任务数据、情报信息、打击毁伤事件信息等试训过程历史数据进行组织, 打包形成统一格式的复盘数据包推送到态势显示模块。态势显示模块依托 GIS 组件, 引接地理数据、气象水文和战场设施等基础数据, 实现二三维态势效果的多样式的叠加展现。同时, 可在态势图上叠加关键事件轴或图表组件进行复盘进程和分析呈现, 回放过程可根据关注点或时间进行跳转或倍速的控制, 为讲评人员提供交互性、实时性的态势复盘回放支撑。

2.4. 试训讲评分析框架

复盘讲评是对试训效果的评议和评估, 是试训活动结束后的核心环节。讲评人员需要依托协同讲评会商环境, 邀请专家对试训过程典型问题和作战行动进行分析研判, 总结生成试训结论, 对参与试训的人员、装备或战术战法表现进行评判。讲评结束后, 对相关讲评资料进行数字化归档, 汇集的经验和专家意见建议后续将为优化试训过程提供支撑。试训讲评分析的技术框架如图 5 所示。

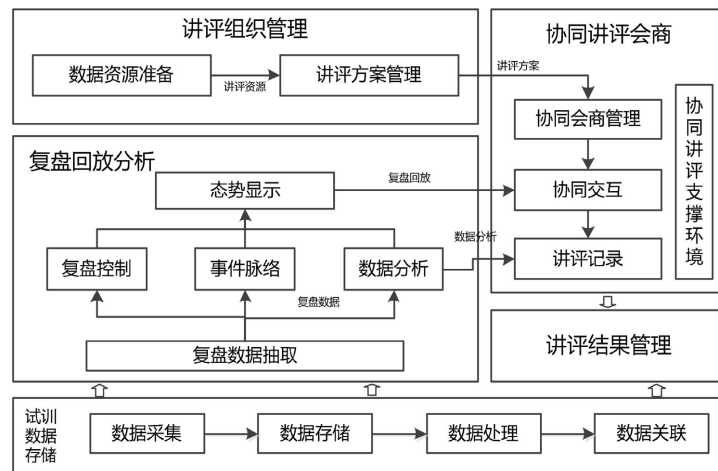


Figure 5. Technical architecture for trial training evaluation analysis

图 5. 试训讲评分析技术架构

试训讲评分析主要由讲评组织管理、复盘回放分析、协同讲评会商和讲评结果管理等部分构成。讲评组织管理是对讲评全流程活动的总体筹划, 主要从讲评指标设计和协同会商环境初始化两个方面开展, 以满足后续的讲评需求。依托态势复盘显示回放, 复盘回放分析提供复盘分析和数据统计对比分析等, 确保多维度多角度的试训效果展现, 同时可以通过态势协同标绘和文字标注进行辅助操作。在讲评过程中, 讲评人员可以通过业务桌面共享和文档协同编辑, 进行讲评意见和建议的交流。讲评结果管理汇集试训过程和讲评中的各类数据, 进行分类归档后形成人员、装备或战术战法数字化档案, 支持利用数据挖掘分析工具, 总结识别试训问题性质, 辅助寻找原因。

3. 应用框架

复盘讲评分析活动作为一项十分复杂的系统工程问题, 需要具备多领域的知识和技术。基于对试训过程数据的多方式存储和预处理, 利用知识图谱完成数据的关联、提取, 形成关键事件脉络进行复盘分析, 辅助讲评人员开展试训讲评总结。具体应用框架设计如图 6 所示, 实现上采用“资源-服务-应用”分层技术架构, 结合“功能解耦、动态扩展”的设计理念, 来满足不同模式不同场景下的复盘讲评使用需求。

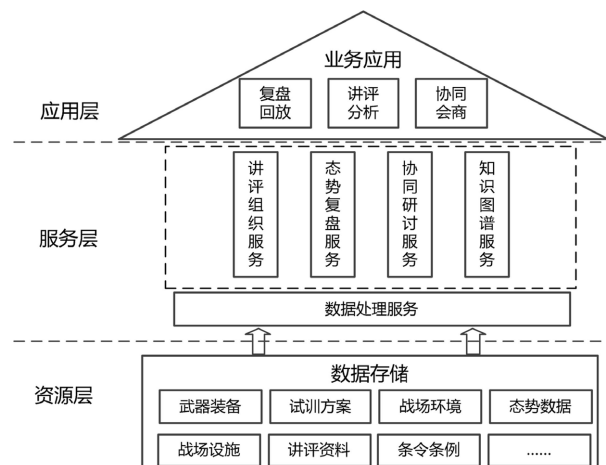


Figure 6. Application architecture

图 6. 应用架构

资源层主要包括试训所需的基础数据资源, 汇集的试训过程数据以及经过关联、抽取提炼的试训内容等; 服务支撑层为业务应用提供后台支撑服务, 其中数据处理服务提供数据采集、存储、分析挖掘等全流程知识抽取, 应用支撑服务包括讲评组织管理服务、会商研讨、态势复盘显示、知识图谱等服务; 业务应用层主要是面向讲评用户的任务需求, 支持快速搭建试训讲评组织运行环境, 提供二三维试训态势场景联动展示, 支撑面向复盘讲评、典型历史案例分析、多试训效果对比分析等主题的协同讲评。

在讲评工作开展前, 首先需要通过相关试训系统完成作战推演模拟, 这个过程一般包括基础数据资源准备、组训方案设计、组织试训实施等阶段, 同时在试训过程中按照数据的标准规范进行了统一的数据采集和存储。通常根据讲评的内容和重点, 由讲评人员进行讲评方案的编排。主要分为 5 个步骤: 1) 细化讲评方案。按照讲评需求有针对性地进行讲评过程细化, 主要包括细化讲评内容, 明确讲评要素, 分解讲评阶段和流程等环节; 2) 讲评数据准备。针对性地开展数据筛选, 进行试训数据与讲评内容的关联; 通过数据解析、图谱关联分析以及计算, 生成战场脉络; 3) 复盘回放分析。通过态势复盘回放功能, 进行作战过程和关键事件作战效果的复现, 结合战果战损等详细数据, 进行作战行动或问题的全面分析; 4) 讲评分析会商。按照讲评进程, 讲评参与专家通过协同会商进行点评和意见交流, 并可通过语音、视频、文字等多种方式进行态势分析和研判; 5) 讲评结果归档。讲评过程中产生的讲评内容、讲评报告、经验建议等信息资料讲评后会进行统一整理归档, 为后续试训开展提供支撑。

4. 结束语

针对复杂多域试训场景下复盘讲评的需求, 本文提出的面向试训过程的复盘讲评分析方法, 构建多模态试训知识图谱完成多源异构数据关联, 通过关键事件重要度计算自动生成战场进程脉络, 结合态势回放与协同会商形成完整的复盘讲评技术框架, 辅助讲评人员开展试训效果分析和会商研讨, 为后续的作战或试训提供重要的总结经验。

参考文献

- [1] 秦园丽, 张训立, 高桂清, 等. 基于兵棋推演系统的作战方案评估方法研究[J]. 兵器装备工程学报, 2019, 40(6): 92-95.
- [2] 翁炀冰, 丁尧, 肖德岐, 等. 基于数据关联模型的多领域复盘分析方法[J]. 指挥信息系统与技术, 2025, 16(1): 20-25.
- [3] 吴蕾, 邓海冰, 伍文峰. 面向兵棋演习的作战过程描述辅助生成方法[J]. 指挥信息系统与技术, 2022, 13(2): 25-30.
- [4] 栾瑞鹏. 一种基于知识图谱的飞行器试验训练数据关联整合方法[J]. 舰船电子工程, 2021, 41(12): 40-44.
- [5] 朱兆梁, 沈建京, 郭晓峰. 网络空间作战指挥训练评估指标体系分析[J]. 指挥与控制学报, 2021, 7(2): 113-119.
- [6] 梁汝鹏, 邓克波, 毛泽湘, 等. 基于军事知识图谱的作战预案语义匹配方法研究[J]. 指挥与控制学报, 2019, 5(2): 115-120.