

引用格式:谢雨芮,江南,赵文双,等.基于多粒度时空对象的作战实体对象化建模研究[J].地球信息科学学报,2021,23(1):84-92. [Xie Y R, Jiang N, Zhao W S, et al. Object modeling of combat entities based on multi-granularity spatio-temporal objects[J]. Journal of Geo-information Science, 2021,23(1):84-92.] DOI:10.12082/dqxxkx.2021.200418

基于多粒度时空对象的作战实体对象化建模研究

谢雨芮^{1,2}, 江南^{1*}, 赵文双^{1,3}, 郝睿²

1. 中国人民解放军战略支援部队信息工程大学 地理空间信息学院, 郑州 450052; 2. 西安测绘总站, 西安 710054;
3. 武警特种警察学院, 北京 102211

Object Modeling of Combat Entities based on Multi-granularity Spatio-temporal Objects

XIE Yurui^{1,2}, JIANG Nan^{1*}, ZHAO Wenshuang^{1,3}, HAO Rui²

1. Institute of Geographic Space Information, People's Liberation Army of China Strategic Support Force Information Engineering University, Zhengzhou 450052, China; 2. Xi'an Division of Surveying and Mapping, Xi'an 710054, China; 3. China Special Police College, Beijing 102211, China

Abstract: At present, military combat data for modern warfare come from a wide variety of sources. However, the research on data modelling of military operations mainly focuses on the description of its spatio-temporal attributes. It lacks complete description for the diversified characteristics of combat entities and is difficult to mine multi-dimensional combat information. According to the framework of multi-granularity spatio-temporal object data model, spatio-temporal entities are simplified and abstracted as data models to summarize and express the complex real world. On the basis of analyzing the information and characteristics of combat entities, this paper builds the combat entity object classes and object models based on the idea of multi-granularity spatio-temporal object modeling, and carries out the preliminary study of the abstraction and expression of the characteristics of spatio-temporal entities, such as association relationship, composition structure, and behavior. We take the U.S. Kaiketi Task Force in the Afghan war as an example. The experimental results show that the multi-granularity spatio-temporal object modeling method provides a new idea for the expression of multi-dimensional characteristics of combat entities, and can mine the combat information precisely and comprehensively, which provides a theoretical basis for fine combat research.

Key Words: pan-spatial information system; spatio-temporal data model; multi-granularity spatio-temporal object; combat entities; object modeling; multidimensional characteristics of entities; object-oriented description method; visualization of combat entities

*Corresponding author: JIANG Nan, E-mail: 13653802609@163.com

摘要: 现代战争的军事作战数据来源广泛多样, 目前对于军事作战的数据模型研究主要针对其时空属性进行描述, 对于作战实体的多样化特征缺乏完整的表达, 难以挖掘多维度的作战信息。多粒度时空对象建模是依照多粒度时空对象数据模型框

收稿日期: 2020-07-30; 修回日期: 2020-10-15.

基金项目: 国家重点研发计划项目(2016YFB0502300)。[**Foundation item:** National Key Research and Development Program of China, No.2016YFB0502300.]

作者简介: 谢雨芮(1990—), 女, 四川绵阳人, 硕士生, 研究方向为全空间信息系统与地理信息可视化。E-mail: xyrydx@126.com

*通讯作者: 江南(1964—), 女, 湖南醴陵人, 教授, 博士, 主要从事电子地图可视化及专题地图数据处理的研究。
E-mail: 13653802609@163.com

架,将时空实体简化和抽象为数据模型,对复杂的现实世界进行概括与表达。本文在分析作战实体信息和特点的基础上,依托多粒度时空对象建模的思路,建立作战实体对象类并构建作战对象模型,对战争中时空实体的关联关系、组成结构和行为能力等特征的抽象与表达进行了探索,全面多维地描述作战实体及其特征变化,并以阿富汗战争中的美军凯克提特遣队为例进行对象化建模与可视化实现。实验结果表明,多粒度时空对象建模方法能有效表达作战实体的多维特征,在战场信息挖掘上具有精确立体、全面多维的优势,为面向对象的精细化作战研究提供了理论基础。

关键词:全空间信息系统;时空数据模型;多粒度时空对象;作战实体;对象化建模;实体多维特征;对象化描述方法;作战实体可视化

1 引言

随着现代军事的发展,海量作战数据成为重要的战略资源,传统GIS中的矢量/栅格数据模型已经不能完全满足人们对现代军事作战认知和分析需求,军事GIS的研究范围和应用模式正在快速发展。目前,除了以数字地图为基础的地图标绘和传统GIS空间数据模型等表达手段外,对于军事作战的数据模型研究根据描述重点不同可大致分为2类:①侧重于基于作战过程的建模,包括面向事件或作战任务推演的时空数据模型^[1-2],扩展时序图作战过程跟踪描述模型^[3]和按照作战任务分解描述模型^[4]等,从作战单元、目的、时空属性及过程信息等方面来描述作战任务的变化过程;②则侧重于对作战实体的建模,如基于Agent的建模仿真方法^[5-7]等,以及对实体行为等单一方面的描述与表达研究^[8-10]。然而,现代战争的军事作战数据来源广泛、属性数据多维、应用范畴需求多样,军事行动不仅包含作战实体在时空上的运动与发展,作战过程中的人员武器装备情况以及作战单位间的关系与结构等复杂内容都随战争的不同形式或推进阶段而动态变化。当前的建模方法着重表现任务整体的发展变化过程,对于实体侧重于描述其时间和空间属性,而对不同粒度下的作战实体的多维动态变化并未得到具体的体现,空间信息尺度仍然属于常规地图范畴^[11],无法更加全面且多维动态地描述作战实体,难以从全尺度、全类型、全属性为军事人员提供辅助决策支持。

近年来,面向对象的建模思想开始应用到时空数据建模领域中,由此产生了面向对象的时空数据模型^[12-14],并得到了一定的研究与应用^[15-17]。在此基础上,全空间信息系统对常规GIS研究对象在空间范畴、属性特征、时空关系、认知能力、行为能力等方面进行了扩展和延拓^[18],文献[11]提出了多粒度时空对象建模思路,将现实世界抽象为一个个具有多维特征的实体,在计算机中对现实世界进行抽象

和描述。基于这一思路,可以直接以多粒度时空对象来描述现实战争世界,将作战实体的时空特征与结构、关系和行为等信息有机结合,在计算机中对其进行概括、感知与抽象表达^[19-20]。依托多粒度时空对象建模框架,以全尺度、全类型、全动态、全属性的思路描述和表达作战实体,并在不同粒度与认知角度下对其进行可视化展现,结合时空数据查询和分析等操作,可进一步反映战争的发生、发展及其时空演变的整个过程。因此,本文拟基于多粒度时空对象模型思想对作战实体进行抽象与概括表达,并以美军凯克提特遣队为例,构建作战对象模型,以期对作战实体的抽象与表达提供新的思路。

2 作战实体对象化建模内容与特点

2.1 作战实体基本信息

根据人类对现实世界的现有认知,可以认为时空实体构成了现实世界。在不同的空间尺度下,时空实体可以分为若干个子实体,也可以重新组成一个大的时空实体^[11]。作战实体即战争中参与作战行动的时空实体,具有一定的空间位置和属性特征,并且随着战争行动的演变存在一定的生命周期。在不同空间尺度下,根据用户认知和显示需求,作战实体可划分为不同粒度,其可以是某一军兵种单位,也可是某独立作战单元。对作战实体的描述主要包括以下内容:①实体的空间位置信息与运动轨迹;②作战实体名称、类别、等级、主官等属性信息;③作战实体的兵力组成、武器装备情况;④实体组建与取缔时间及其结构变化;⑤实体与上下级及友邻单位相互关系;⑥作战行为与能力。现代战争是个复杂的、多维的过程,用户对作战实体的认知需求从时空特征到结构关系、作战行为等各不相同,其描述方法应满足多比例尺、多维属性信息的需求。

2.2 作战实体分类

多粒度时空对象建模需要先建立对象类。由

于文化、国家安全需要和军事传统等因素,各国部队编成存在差异,且作战实体类型复杂多样,因此对作战实体进行分类概括需要多角度分析。根据不同部队的编制结构和人们对作战部队的认知,可分别从级别、职能效用和军兵种3个不同维度对作战实体进行分类。

(1)按编制级别分类。作战单元是战争中参与战斗的作战力量,由多个军队编制体系可知,作战单元根据级别规模可大致分为战略战役军团(集团军)、军、师(旅)、团、营、连、排、班等基本类型,且存在较为一致的规模标准。并且,高级别的作战单位通常由低级别单位组成,因此不同编制级别的作战单元之间存在组成、聚合等关系。

(2)按职能效用分类。作战行动的计划与实施需要多种职能的部门合作完成,如海湾战争前期美军部署就动用了大量战略运输和特种侦查部队,作战实施则通过指挥机构、电子对抗、火力打击、协调通信、勤务保障、后备支援等部门合作,各职能部门之间存在协同、支援等关联关系。因此可根据职能效用的不同对作战实体进行分类建模。

(3)按军兵种分类。现代战争是诸军种合作实施的联合作战,军事行动的对象包括海、陆、空等多个军种,各军种下又可分为多个兵种类型,因此可按军兵种分为不同类型的作战实体。兵种类型继承军种类型并拥有区别于父类的特征,且在作战行动中诸军兵种之间深度协同、联合作战,即作战实体类之间存在继承、关联的关系。

然而,从职能效用和军兵种的角度并不能对多国多时期的作战部队进行统一概括和描述,如火箭军是解放军特有的军种,美军的战场监视类单位是其独有的职能部门。以编制级别来对部队进行划分是当前多数军队普遍适用的方法,且划分标准相对统一,类别数量较少,有利于建立相对明确的对象类体系。因此,本文选择从级别维度建立作战实体对象类,并将职能效用和军兵种等信息作为对象的属性进行描述。

2.3 作战实体对象化描述特点

与其他时空实体相比,作战实体具有以下特点:

(1)多粒度特性。多粒度体现时空对象的组成与分解,当认知和表达对象的角度发生变化时,对象就在多个粒度之间无缝切换,对象的各个方面都可能会发生变化^[21]。进行对象化描述的作战实体,可以是某整编制部队,也可以是其中一个作战单

元,甚至可以具体至某辆装甲车或某个作战人员,并且不论粒度大小,均具有多粒度时空对象的特征,其多粒度特性不仅表现在对象属性、关系、行为等不同维度的特征上,也体现在满足使用者对现实战争多粒度的认知需求上。

(2)多维动态性。现代战争是诸军兵种联合作战的多维战争,且作战行动是一个动态的过程,随着作战态势的演变,在实体的生命周期内其多维特征时刻在发展变化,比如作战实体时空位置运动,人员消耗导致的属性变化,部队整编导致的组成结构和隶属关系及强弱程度变化等。

(3)相对复杂性。作战实体并非是统一描述标准的,不同的作战实体在军兵种组成、编成体系、作战能力等方面可能存在巨大差异。并且,作战实体具有特殊的军事特征,在实体间关联关系、组成结构和作战行为上拥有相对独立的时空变化规律。因此,作战实体具有相对复杂的特性。

战争中的时空实体的多维度特征时刻在发生演变,且与时空变化密切相关,而多粒度时空对象数据模型可以全方位、多角度、全周期地对数据进行描述,为反映作战实体在时空上的演变,并进行多维特征的可视化表达、空间查询和分析提供了可能。

3 作战实体对象化建模方法

3.1 多粒度时空对象建模基本过程

多粒度时空对象是在计算机构建的信息空间(数据世界)中对具有多尺度特征时空对象的具体描述。将现实世界简化和抽象为多粒度时空对象的建模方式称为多粒度时空对象建模,所形成的模型称为多粒度时空对象数据模型^[1]。多粒度时空对象建模从过程上讲主要包括对现实世界的认知、认知结果的逻辑化和形成模型数据^[22]。首先需要依据客观认知对所描述和表达的时空实体进行分类,并建立起类与类之间的连接关系,然后根据对现实世界的抽象,从多粒度时空对象8个方面的特征出发对时空实体进行对象化描述,形成多粒度时空对象类,并可按需求构建相应的实例对象,生成多粒度时空对象数据,基本建模过程如图1所示。

3.2 作战实体多维特征描述框架

现实战场包括复杂场景与对象,在计算机中对现实战场进行描述和表达,必须对作战实体进行一定的化简和抽象,从而得到所需的时空对象模型。

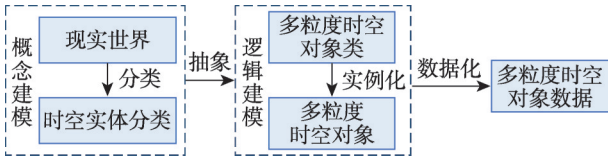


图1 多粒度时空对象建模基本过程

Fig. 1 Basic process of multi-granularity spatiotemporal object modeling

文献[19]提出并建立了多粒度时空对象数据模型的描述框架,除了要了解客观实体的位置、形态等空间特征,还需要对关联关系、组成结构、行为、认知等内在特征进行描述,以实现多粒度时空实体的多粒度、多类型、多形态的表达。其中,全空间信息系统对时空参照、空间位置、空间形态和行为能力等特征提供了统一描述,并对全局数据进行约束,本文主要针对作战实体着重对其属性特征、组成结构、关联关系等特征进行描述。

根据相关军事体系研究,可将具有相同的军种属性和编制信息的军事实体或实体集作为一个多粒度时空对象,例如陆军某集团军某高射炮兵营、海军某舰队某驱逐舰支队等,其人员、装备数量、军兵种组成等信息作为基本属性特征。根据作战实体层级和结构,一个对象可以由多个子对象组成,也可以作为其父对象的组成部分,如战区下辖多个集团军,而集团军由师、旅等编制序列组成,航母舰队由舰船和舰载机组成等,且相互之间存在隶属、协同、指挥与被指挥等关系。军事行动是个复杂的过程,战争中实体具有侦查情报、预警探测等行为,并且行为能力随属性差异而变化波动。综上所述,为构建相应数据模型,可从以下几方面对作战实体复杂的多维动态信息进行描述,如图2所示。

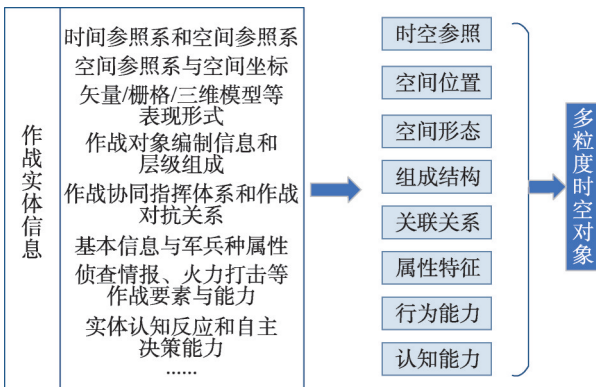


图2 作战实体多维特征描述框架

Fig. 2 Description framework of multidimensional characteristics of combat entities

4 作战实体的对象化描述方法

4.1 作战对象类与时空对象描述方法

4.1.1 作战对象类构建

具有一定的军种属性和编制信息的军事实体或实体集可作为一个时空对象类。根据全空间信息系统提供的类框架,作战对象类统一描述为:

Class={ ClassID, ClassName, Desc, Srs, Trs, [Forms], [Attributes], [Connectors], [Behaviors] }

其中, ClassID 用于唯一标识对象类, ClassName 和 Desc 分别表示对象类名称及其描述信息, Srs, Trs, Forms, Behaviors 分别是该对象类的空间参照对象, 时间参照对象以及形态和行为的集合。Attributes 表示对象类存在的基本属性信息, Connectors 则代表该对象类与其他类之间的连接关系, 并可描述为:

Connector={ ConnectorID, ConnectorName, RelationType, [Target], [RelationMap] }

式中, RelationType 表示对象类之间继承、关联、聚合、组合和依赖等关系, Target 为连接目标对象, 包含类唯一标识、类名称等内容, RelationMap 表示对象类之间一对多或多对一等关系映射。当作战对象的上级单位因战争损耗或调整而消亡, 该对象可能保留编制或仍然存在并非必须同步消亡, 即父对象与子对象具有各自的生命周期, 因此可指向对象类连接关系中的聚合关系(aggregation)。例如, 某作战分队对象类与其直接上下级对象类的连接关系可描述为:

Connectors={ [001, 作战分队与营级关系, aggregation, [营级对象类], manyToOne], [002, 作战分队与连级分队关系, aggregation, [连级对象类], oneToMany] }

4.1.2 作战时空对象构建

作战对象类建立后, 即可按照对象类数据模型框架构建相应的时空对象, 可将其描述为:

Object={ ID, “名称”, [作战对象类], [Geom], ObjTime, [Attributes], [Forms], [Networks], [Composes], [Behaviors] }

式中包含实例对象所对应的对象类, 包括类唯一标识和类名称等内容; Geom 表示对象所在空间位置; Forms 表示时空对象的形态特征, 在不同粒度下对象可以有几何形态或者三维模型等不同可视化表现形式。本文主要针对作战对象的属性特征

(Attributes)、组成结构(Composes)、关联关系(Networks)和行为能力(Behaviors)等多维特征进行具体分析描述。

4.1.3 时空对象版本建立

在对象的生命周期内,任何特征信息发生改变都具有时间关联性,不同时间节点下对象的特征信息变化构成了对象动态演变过程。为了体现对象的时空特征,本文引入版本概念,来表示对象在时间维度上的变化。对象的任何一项特征变化都可根据发生时间建立相应的版本,每一个版本下都对应全特征的对象,也就是可将一个对象看作是一个复合对象,包含了从产生到消亡过程中若干个版本的信息。本文使用ObjTime表示时间参照中对象的时间节点,将版本信息嵌入对象描述表达式中,建立多版本结构的时空对象。

4.2 作战对象多维特征的描述方法

4.2.1 作战对象属性特征的描述方法

时空对象的属性特征是在不同时间节点下对象的状态和性质^[23],在其生命周期内,作战对象的属性信息往往随着作战事件而发生变化。因此,对象的属性特征应与对象全生命周期管理建立联系。根据人对作战实体的认知,作战对象的属性特征极为丰富,除对象编号、名称、对象类等信息外,还应包含其国家、阵营和相应编制下的级别、类型、职能、人员数量、武器装备等信息。并且,作战对象在被赋予其军事编制和职能时便具有创建时间点,作战过程中的消耗或编制调整使其具有消亡时间点,还应与责任主官等对象建立联系。每种属性作为作战对象属性表达集族内的一项,其属性表达集族可以统一描述为:

$$\text{Attributes}=\{ [\text{AttrName}, \text{ValueType}, \text{Value}], [\text{AttrName}, \text{ValueType}, \text{Value}], \dots \}$$

4.2.2 作战对象关联关系的描述方法

对象的关联关系是对象之间关联、约束以及作用等关系的集合,又是对象与对象间不同关系与强度的合集^[21]。任务空间概念模型(Conceptual Model of the Mission Space, CMMS)^[24]提出的作战模拟常见的关联关系类型包括控制关系(Control)、指挥关系(Command)、支持关系(Support)、供应关系(Supply)、协同关系(Collaborate)、隶属关系(Possession)等。在现实作战过程中,2个对象之间可能存在多种关联关系,如图3所示,且不同级别对象之

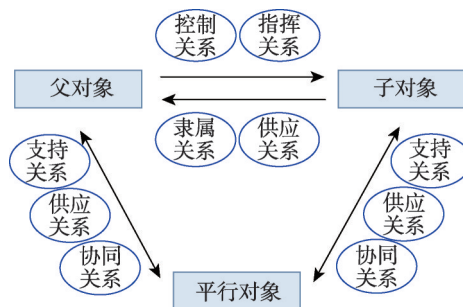


图3 作战对象间关联关系示意

Fig. 3 Schematic diagram of network between operational objects

间还存在关系强度差异,并可随时间、空间和其他属性发生变化。

对象的关联关系由关系类型、源节点、端节点、强度值组成。使用Network表示某时空对象与端对象(TerminalObj)之间某唯一标示关联关系,RelationType指关系类型,可通过计算模型采用关联对象的“级别”属性值来计算得到关联关系强度值(Intensity),用数值反应关系强弱,并通过全空间信息系统的交互界面完成参数的计算和输入^[25]。根据上述分析,某作战对象与其他对象之间的关联关系形式化表达为:

$$\text{Network} = \{ [\text{TerminalObj1}, \text{RelationType}, \text{Intensity}], [\text{TerminalObj2}, \text{RelationType}, \text{Intensity}], \dots \}$$

4.2.3 作战对象组成结构的描述方法

组成结构中定义了部分与整体之间的构成关系。作战对象的组成结构主要指部队建制编成等信息,包括各级机构组成、人员武器装备等。一个对象可以由多个子对象组成,作战对象结构通常为一个父对象下辖多个子对象,并且存在多层级结构,如各个战区下辖多个集团军,集团军则由师、旅、团、营、连、排、班等编制序列组成等。可将其描述为一个多元数组: $C=\{C_p, C_1, C_2, \dots, C_n\}$, C_p 是作战对象在其体系中的位置,标注对象在组成结构中的上级对象; C_i 是作战对象的内部结构,主要描述其直接隶属对象。因此,作战对象的组成结构特征形式化描述为:

$$\text{Composition}=\{ [\text{ParentObj}], [\text{ChildObj1}], [\text{ChildObj2}], \dots, [\text{ChildObjn}] \}$$

4.2.4 作战对象行为特征的描述方法

行为特征形式化描述是对全空间中作战实体的行为进行准确建模,使得能在计算机上对其进行再现和驱动。作战对象的行为类型主要表现为侦

查情报、指挥控制、火力打击、等作战要素,并且对象属性不同,行为能力也各不相同。文献[26]提出多粒度时空对象行为特征由行为类型、行为能力、环境影响因素、行为触发条件、行为作用对象组成,并对对象的行为特征进行详细描述,总体描述为: Behaviors={ {BehaviorType, BehaviorName, [Parameters], [Conditions], Triggers, [Receptors]}, ... }

5 作战实体对象化建模实例

2011年6月,美军在阿富汗库纳尔省瓦塔普尔山谷发起“落锤”行动,由美陆军第25步兵师第3旅战斗队35步兵团2营奉命组建凯克提特遣队执行作战任务。“落锤”行动中,面对复杂环境和顽强抵抗的反美武装,美军作战编组在战术分队深度联合,实现空地一体、立体作战,以立体攻防对抗敌军平面作战,非对称优势较明显,相对减少了对抗损失^[27]。为了多维度探索发掘美军在体系作战、联合制胜方面的特点,本文以凯克提特遣队为实例,使用上述建模方法对其进行具体描述和实现。

5.1 凯克提特遣队对象化建模

根据相关文献资料^[27],该实例可建立营级单位、作战分队、连级分队、排级分队等多个对象类,本文使用UML图描述主要类和类关系,如图4所示。

按照该数据模型框架,针对凯克提特遣队这一作战实体进行多粒度时空对象建模。假设凯克提

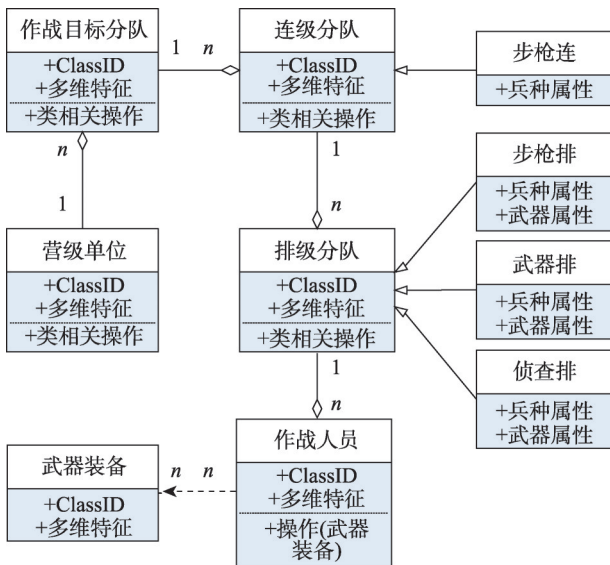


图4 对象类的UML表示

Fig. 4 UML representation of the object class

特遣队ID为001,其作为时空对象可描述为:

Object={ 001, 凯克提特遣队, [作战分队对象类], [Geom], ObjTime, [Attributes], [Forms], [Networks], [Composes], [Behaviors] }

凯克提特遣队的部分多维特征描述如下:

(1)属性特征

凯克提特遣队的属性集族如表1,具体描述为:

Attributes={ [ID, long, 001], [对象类, long, “作战分队对象类ID”], [名称, text, 凯克提特遣队], [国家, long, 美国], [创建时间, datetime, 20110625], [结束时间, datetime, 20110701], ... }

表1 凯克提特遣队属性集族

Tab. 1 Attribute set family of the Keketti Task Force

属性	Attribute	数值
唯一标识码	ID	001
对象类	Class	作战分队对象类ID
名称	Name	凯克提特遣队
阵营	Affiliation	红军
国家	Country	美国
阵营	Affiliation	红军
职能	Function	火力打击
主官	Commander	人员唯一标识码
创建时间	CreatedTime	20110625
取缔时间	RevokedTime	20110701
兵力	Effectives	450
装备数	Armaments	160

(2)关联关系

分析可知,凯克提特遣队与下辖某连级战斗分队之间存在直接上下级隶属和指挥关系,与上级单位如师、旅、团、营等有隶属关系,与旅属“目标分队”和侦察排之间存在协同和支援关系等等。假设关系强度取值范围为[0, 10],则凯克提特遣队的关联关系可描述为:

Networks={ [连级1分队, {隶属关系, 9}, {指挥关系, 9}, ...], [2营, {隶属关系, 9}, ...], [旅属“目标分队”, {协同关系, 7}, {支援关系, 7}, ...], ... }

(3)组成结构

凯克提特遣队的作战单位间指挥结构网络如图5,则其直系结构特征描述为:

Composes={ [步兵团第2营], [连级1分队], [连级2分队], [连级3分队], [连级4分队] }

5.2 实验结果

基于以上研究,为验证作战实体对象化建模的

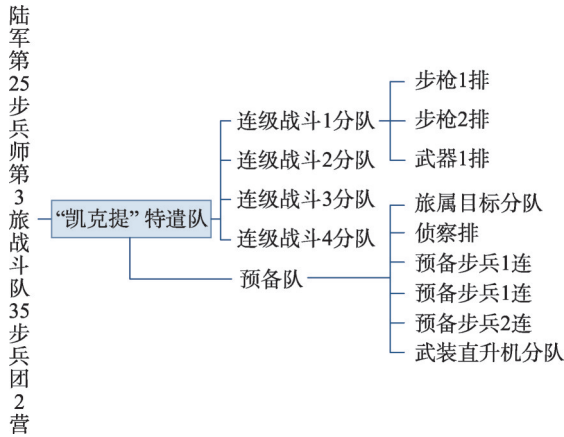


图5 凯克提特遣队指挥结构示意图

Fig. 5 Command structure of the Keketti Task Force

正确性和有效性,本文依托全空间信息系统的多粒度时空对象建模工具,以凯克提特遣队为例进行了对象化实现。对象化建模工作包括2部分组成:①利用交互式类模板设计工具 Designer 创建作战对象类,设定对象类的基本信息、时空参照、属性、关系、结构等特征信息,并设计各对象类间的连接关系,最终形成对象类视图;②在对象类实例化工具 Creator 中将凯克提特遣队作为作战对象,以人机交互的形式实现对象的空间位置和形态等相关特征数据的采编入库,如图6所示。

在此基础上,利用 Space 对象可视化工具,基于 Google Earth 卫星影像进行基础场景的可视化,实现了 B/S 架构的作战实体对象化建模成果展示页面,如图7所示。其中以目录树的方式表示凯克提特遣队的组成结构,清晰体现对象的多层级结构;在页面右侧综合信息窗口对其属性、形态等信息进

行展示;以不同颜色的曲线表示部队之间关联关系,可体现凯克提特遣队当前的关系网络。在时间维度上采用时间轴交互与回溯的方式,实现凯克提特遣队作战任务全过程的动态推演。

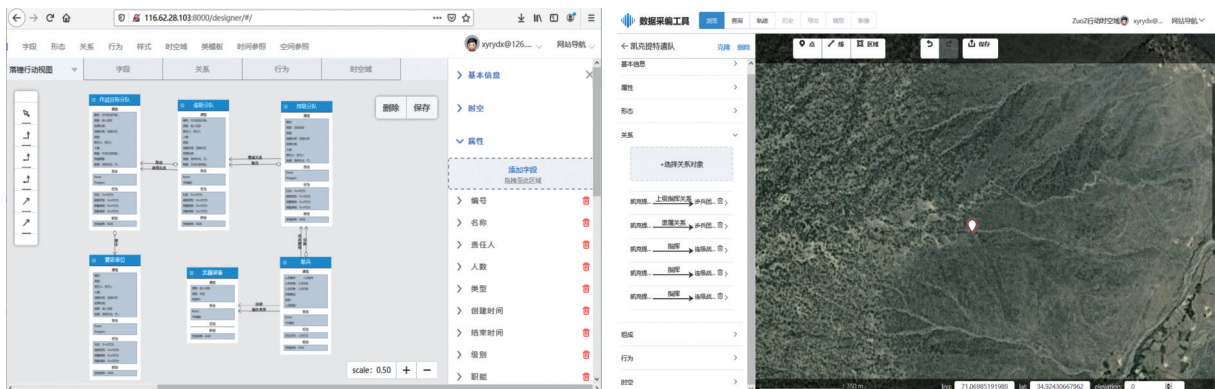
5.3 讨论与分析

实验结果表明,以多粒度时空对象来描述作战实体,具有多粒度、多角度、多维动态的优势。

(1)在数据模型方面,传统 GIS 数据模型中通常采用矢量数据模型,将作战实体作为地图要素,在一定程度上能反映其时间和空间信息,但难以满足实体之间复杂动态信息的表达。相较于其他作战数据模型,基于多粒度时空对象的建模方法除了表达时空和属性信息外,可整合文字、图片等多源信息,更加全面多维地描述作战实体,且有利于作战实体多维信息组织与管理,能够更好地支持对作战实体不同维度的时空查询与分析,满足对军事行动多尺度的研究需求。

(2)在可视化方面,与传统基于单幅地图的作战研究方法相比,对象化建模方法改变了以往分散、静态、单一的作战行动或战例的研究方法,实现动态连续且多角度的表现作战实体的发展,如能直观清晰地反映作战实体的组成与结构、上下级关系等,并能一定程度的体现其组成规模,方便地展现随位置和空间环境变化下各作战实体的行动与关联的态势。

总之,基于此方法,在一定规模的数据和计算机技术支持下,记录或表达多个作战实体在整个作战行动中的多维特征变化过程,可以全面高效、多维动态地表现军事行动发展。



(a) 作战实体对象类视图

(b) 作战实体实例化

图6 作战实体对象化建模实现示例

Fig. 6 An example of combat entity object modeling

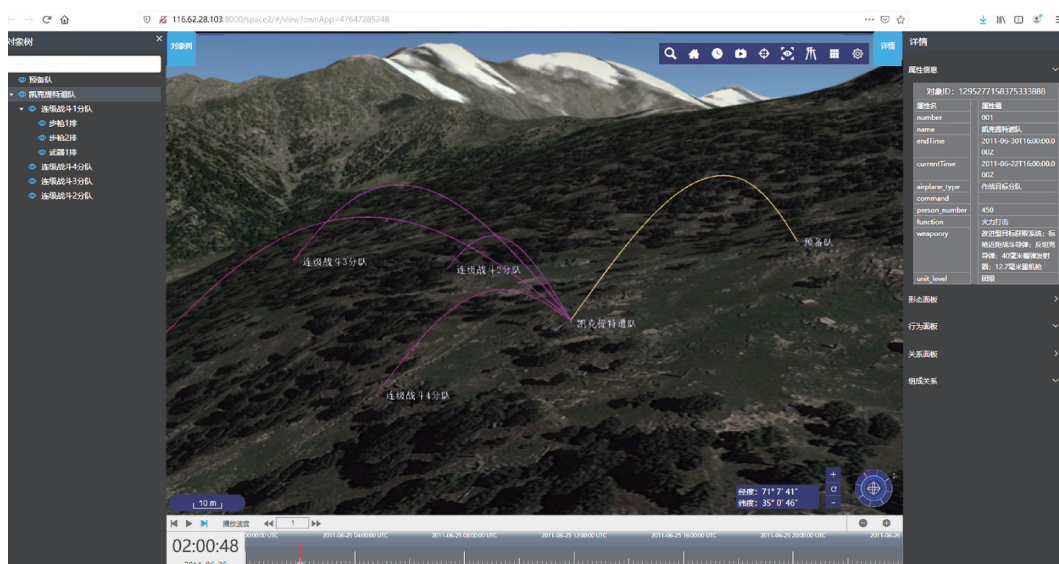


图7 作战实体对象化建模成果可视化示例

Fig. 7 Visualization of combat entity object modeling

6 结束语

本文依托多粒度时空对象建模的思路,分析了作战实体对象化建模的内容与特点,根据不同维度对作战实体进行了分类分析;基于多粒度时空对象模型框架,设计作战实体对象类并创建相应时空对象,对作战实体的多维特征进行了分析和形式化描述,构建相应的数据模型;最终以美军凯克提特遣队为实例进行对象化建模与实现。研究表明,基于多粒度时空对象的作战实体对象化建模方法较以往基于传统地图和其他作战数据建模方式具有多粒度、全类型、多维动态的优势。基于全空间信息系统框架,无论是宏观上对战争全局的概览,还是详细准确地记录或表达作战实体状态变化过程,甚至是对战争进行分析预测,通过可视化和交互技术都能生动直观、全面多维地表现军事行动发展,为精细化作战研究和数据驱动军事决策的实现提供数据和理论支撑。但是,现实世界的作战过程和发展规律极为复杂,本文对作战实体的描述与建模方法仍存在局限性,因此下一步研究还需强化理论并深入实践,对作战实体的对象化建模理论、存储与管理技术、分析和可视化表达等方面开展相关研究。

参考文献(References):

- [1] 王占刚,庄大方,王勇.历史事件时空过程描述及其可视化研究[J].计算机工程,2014,40(11):50-55. [Wang Z G, Zhuang D F, Wang Y, Research on spatio-temporal processes description of historical events and its visualization [J]. Computer Engineering, 2014,40(11):50-55.]
- [2] 李欢,马伯宁,孔龙星.军事任务推演的时空模型与驱动机制[J].国防科技大学学报,2013,35(3):138-143. [Li H, Ma B N, Kong L X. The spatiotemporal model and driving pattern in military mission rehearsals[J]. Journal of National University of Defense Technology, 2013,35(3): 138-143.]
- [3] 刘刚,罗爱民,皇甫先鹏.作战事件跟踪描述建模及验证方法研究[J].计算机科学,2012,39(5):291-294. [Liu G, Luo A M, Huang-Fu X P. Study on method for operational event-trace description modeling and validation[J]. Computer Science, 2012,39(5):291-294.]
- [4] 朱杰,游雄,夏青.任务驱动的面向对象战场环境仿真过程建模[J].测绘学报,2018,47(10):1385-1395. [Zhu J, You X, Xia Q. Object-oriented battlefield environment simulation process object model based on task-driven[J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 2018,47(10): 1385-1395.]
- [5] 王锋,卢厚清,许长鹏.战斗建模中的作战Agent模型研究[J].装甲兵工程学院学报,2011,25(5):68-74. [Wang F, LU H Q, Xu C P. Research on battle agent model in the combat modeling[J]. Journal of Academy of Armored Force Engineering, 2011,25(5): 68-74.]
- [6] 贺建民,刘晓明.多Agent系统在作战仿真中的应用[J].解

- 放军理工大学学报(自然科学版),2006(6):537-542. [Applications of multi-agent system in the field of combat simulation[J]. Journal of PLA University of Science and Technology, 2006(6):537-542.]
- [7] Ron S. Cognitive science meets multi-agent systems: a prolegomenon. *Philosophical Psychology*, 2001,14(1):5-28.
- [8] 秦媛媛.作战实体的行为建模设计与实现[J].系统仿真技术,2016,12(2):156-159,165. [Qin Y Y. Designing and Implementation of combat entity behavior modeling[J]. System Simulation Technology, 2016,12(2):156-159,165.]
- [9] 汪鑫,高岩,陈逸,等.作战班组层次行为建模[J].计算机工程与应用,2020,56(12):250-255. [Wang X, Gao Y, Chen Y, et al. Combat team's hierarchical behavior modeling [J]. Computer Engineering and Applications, 2020,56(12): 250-255.]
- [10] 贾珺,吴元立,贺筱媛,等.作战协同关系超图模型[J].国防科技大学学报,2015,37(3):185-190. [Jia J, Wu Y L, He X Y, et al. Operation cooperative relation modeling based on hypergraphs[J]. Journal of National University of Defense Technology, 2015,37(3):185-190.]
- [11] 华一新.全空间信息系统的核心问题和关键技术论文[J].测绘科学技术学报,2016,33(4):331-335. [Hua Y X. The core problems and key technologies of pan-spatial information system[J]. Journal of Geomatics Science and Technology, 2016,33(4):331-335.]
- [12] Worboys M F, Hearnshaw H M, Maguire D J. Object-oriented data modeling for spatial databases[J]. *International Journal of Geographical Information Systems*, 1990,4(4): 369-383.
- [13] Pelekis N, Theodoulidis B, Kopanakis I, et al. Literature review of spatio-temporal database models. *Knowledge Engineering Review*, 2004,19(3):235-274.
- [14] Donna J. Peuquet, Niu Duan. An event-based spatio-temporal data model (ESTDM) for temporal analysis of geographical data[J]. *Geographical Information Systems*, 1995,9(1):7-24.
- [15] 曹志月,刘岳.一种面向对象的时空数据模型[J].测绘学报,2002,31(1):87-92. [Cao Z Y, Liu Y. An object-oriented spatio-temporal data model[J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 2002,31(1):87-92.]
- [16] 舒红,陈军,杜道生,等.面向对象的时空数据模型[J].武汉测绘科技大学学报,1997(3):43-47. [Shu H, Chen J, Du D S, et al. Object-oriented spatio-temporal data model[J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 1997,3:43-47.]
- [17] 张山山.面向对象的时空概念建模方法[J].武汉大学学报·信息科学版,2003,28(2):191-196. [Zhang S S. Spatio-temporal conceptual modeling: an object oriented approach[J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2003,28(2):191-196.]
- [18] 周成虎.全空间地理信息系统展望[J].地理科学进展, 2015,34(2):129-131. [Zhou C H. Prospects on pan-spatial geographic information system[J]. Process in Geography, 2015,34(2):129-131.]
- [19] 华一新,周成虎.面向全空间信息系统的多粒度时空对象数据模型描述框架[J].地球信息科学学报,2017,19(9): 1142-1149. [Hua Y X, Zhou C H. Description frame of data model of multi-granularity spatio-temporal object for pan-spatial information system[J]. Journal of Geo-Information Science, 2017,19(9):1142-1149.]
- [20] 王晓明,刘瑜,张晶.地理空间认知综述[J].地理与地理信息科学,2005(6):1-10. [Wang X M, Liu Y, Zhang J. Geospacial cognition: An over-view[J]. Geography and Geo-Information Science, 2005(6):1-10.]
- [21] 张政,华一新,张晓楠.多粒度时空对象关联关系基本问题初探[J].地球信息科学学报,2017,19(9):22-27. [Zhang Z, Hua Y X, Zhang X N. The basic issues of associative relationship of spatial-temporal objects of multi-granularity[J]. Journal of Geo-Information Science, 2017, 19(9):22-27.]
- [22] 张江水,华一新,李翔.多粒度时空对象建模的基本内容与方法[J].地理信息世界,2018,25(2):12-16. [Zhang J S, Hua Y X, Li X. The basic content and methods of multi-granularity spatio-temporal object modeling[J]. Geomatics World, 2018,25(2):12-16.]
- [23] 刘朝辉,李锐,王璟琦.顾及语义尺度的时空对象属性特征动态表达[J].地球信息科学学报,2017,19(9):1185-1194. [Liu C H, Li R, Wang J Q. A dynamic representation method of considering semantic scales of attributes of spatio-temporal object[J]. Journal of Geo-Information Science, 2017,19(9):1185-1194.]
- [24] DMSO, Conceptual models of the mission space (CMMS) Technical Framework[R], 1997.
- [25] 文娜.多粒度时空对象属性关联关系的构建及可视化方法研究[D].郑州:战略支援部队信息工程大学,2018. [Wen N. Research on construction and visualization methods of multi-granularity spatial-temporal objects' attributive associative relationship[D]. Zhenzhou: PLA Strategic Support Force Information Engineering University, 2018.]
- [26] 曹一冰,华一新,郭邵萌.多粒度时空对象行为特征的描述方法研究[J].地理信息世界,2018,25(2):31-37. [Cao Y B, Hua Y X, Guo S M. Study on the description of behavior characteristics of spatial-temporal objects of multi-granularity[J]. Geomatics World, 2018,25(2):31-37.]
- [27] 刘鹏.“落锤”行动:美军合成营阿富汗山地作战典型战例[J].军事文摘,2018(15):66-69. [Liu P. A typical example of US military synthetic battalion's mountain operations in Afghanistan[J]. Military Digest, 2018(15):66-69.]