

1-2-2019

Multi-scale Representation of Battlefield Situation

Yafeng Huang

Nanjing Research Institute of Electronics Technology, Nanjing 210039, China;

Xudong Li

Nanjing Research Institute of Electronics Technology, Nanjing 210039, China;

Hangfeng Zhang

Nanjing Research Institute of Electronics Technology, Nanjing 210039, 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.

Multi-scale Representation of Battlefield Situation

Abstract

Abstract: This paper studies the multi-scale representation of battlefield situation at the conceptual level in different aspects, such as the concept of situation scale, scale transformation and typical styles of multi-scale representation. The scale of battlefield situation as the Cartesian product of two sets is defined, in which the first set contains space, time, and semantics; the other set contains breadth, granularity, and ratio. *The scale transformation is classified into two types: scale downward and scale upward. The scale transformation is decomposed into three basic operations, i.e. breadth transformation, transformation and visualization derivation. The study points out that FIOP, LOD and Pliable Display Technology are three typical styles of multi-scale representation which can be used in scenarios of cooperative multitasking, different levels' cooperation under one specific task and fixed object tracking respectively.*

Keywords

battlefield situation, visualization, multi-scale representation, scale transformation

Recommended Citation

Huang Yafeng, Li Xudong, Zhang Hangfeng. Multi-scale Representation of Battlefield Situation[J]. Journal of System Simulation, 2018, 30(2): 452-459.

战场态势多尺度表达研究

黄亚锋, 李旭东, 张航峰

(南京电子技术研究所, 南京 210039)

摘要: 从态势尺度的定义、尺度变换种类与过程、态势多尺度表达的典型样式和应用场景等方面对态势多尺度表达进行概念研究。提出态势尺度是由广度、粒度、比例与空间、时间、语义组成的笛卡尔乘积。将尺度变换划分为尺度上推和尺度下推两类, 将尺度变换过程分解为由广度变换、粒度变换、可视化派生。总结态势多尺度表达的典型样式类型, 包括作战视图族、层次细节显示、变比例尺显示, 这些样式分别应用多任务协同、同一任务不同层级协同、固定目标跟踪的场景。

关键词: 战场态势; 可视化; 多尺度表达; 尺度变换

中图分类号: TP391.9 文献标识码: A 文章编号: 1004-731X (2018) 02-0452-08

DOI: 10.16182/j.issn1004731x.joss.201802011

Multi-scale Representation of Battlefield Situation

Huang Yafeng, Li Xudong, Zhang Hangfeng

(Nanjing Research Institute of Electronics Technology, Nanjing 210039, China)

Abstract: This paper studies the multi-scale representation of battlefield situation at the conceptual level in different aspects, such as the concept of situation scale, scale transformation and typical styles of multi-scale representation. The scale of battlefield situation as the Cartesian product of two sets is defined, in which the first set contains space, time, and semantics; the other set contains breadth, granularity, and ratio. The scale transformation is classified into two types: scale downward and scale upward. The scale transformation is decomposed into three basic operations, i.e. breadth transformation, transformation and visualization derivation. The study points out that FIOP, LOD and Pliable Display Technology are three typical styles of multi-scale representation which can be used in scenarios of cooperative multitasking, different levels' cooperation under one specific task and fixed object tracking respectively.

Keywords: battlefield situation; visualization; multi-scale representation; scale transformation

引言

尺度是自然、社会众多学科所共同关注的概念, 也是最易混淆、最多义的概念。在地图学中, 尺度被解释为表示距离与实地距离比值即地图比例尺, 它受到地图用途、图幅大小、表达详细程度

等因素影响; 在军事指挥领域, 尺度用来界定战场系统空间范围, 例如将战场态势分为战略、战役、战术等层次; 在系统仿真领域, 尺度被解释为“模型描述真实世界的精确度和细节层次”的模型分辨率的概念, 基于该概念的多分辨率建模(Multi-Resolution Modeling, MRM)被认为是解决模拟复杂性与资源有限性的必要与有效手段^[1-7]。

在战场态势可视化表达领域, 尺度这一概念影响了可视化表达各方面。在可视化表达对象方面, 态势图是对表达对象具有无限复杂特点的战场系



收稿日期: 2016-01-05 修回日期: 2016-04-29;
作者简介: 黄亚锋(1981-), 男, 江苏东台, 博士, 高工, 研究方向为地理信息工程研发; 李旭东(1971-), 男, 江苏巨龙, 学士, 研究员, 研究方向信息系统总体技术。

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

统的特定条件下的抽象, 这种抽象程度即为尺度, 它贯穿对战场系统的采样、运算、表达的整个过程。在协同指挥的方面, 执行某一作战意图的指挥员不需要也不可能获取所有态势信息, 仅需要与其意图相关的与其指挥层次对应的态势信息。尺度反映了指挥员执行该作战意图所需认知广度与深度。

由于其在战场态势可视化表达领域中重要意义, 与尺度相关研究一直是该领域研究热点。在协同指挥需求方面, 文献[8]指出了在协同指挥中需要的是立与用户意图相关的、尺度适宜的作战视图, 而不是让所有人看到的单一相同显示。在态势模型建模方面, 尺度被等同于模型分辨率概念, 文献[9]应用聚合解聚法对位置、战损及作战效能三个要素, 从作战层、战术层、技术层对航母战斗群进行建模, 文献[10]则建立坦克连战斗队列的位置和速度聚合与解聚模型。以上方法主要考虑实体空间位置、编队特征对多尺度数据模型建立的影响, 但没有考虑表达载体特征、认知规律等对态势可视化结果的影响。在表达形式方面, 因尺度不一致性导致的“信息过载(Information Overload)”问题是态势可视化难题之一, 为解决该问题文献[11-13]试图利用最小分辨间隔、格式塔等人类认知规律角度通过多重表达方法进行解决, 但忽略态势本体特征在态势信息多尺度表达过程的决定作用。

上述研究集中在态势图多尺度表达的需求、态势本体建模、多重表达等某些方面, 对态势多尺度表达从概念、方法等缺乏系统研究。本研究基于态势可视化应用角度, 从态势多尺度表达必要性出发, 对态势尺度概念、尺度变换、多尺度表达应用场景等问题进行概念研究。

1 态势多尺度表达研究的必要性

战场态势的多尺度表达针对同一战场系统从指挥员的不同层次不同作战的需求出发建立与用户任务相适宜的尺度表达模型, 且保持不同尺度表达模型间一致性。战场态势的多尺度表达研究必要性在于:

1) 复杂系统认知的需要。对无限复杂的战场系统建立多尺度表达视图, 符合人类观察事物、思考问题的思维习惯, 有助于指挥员从不同层次不同角度全面认识战场系统。小范围的高分辨率的表达模型帮助指挥员了解战场细节信息, 适用于旅团级别以下的面向武器控制的战场认知。大范围、低分辨率的表达模型帮助指挥员从战略宏观的角度掌握战场本质特征。

2) 指挥协调的需要。在信息化战场联合作战中, 作战节奏明显加快, 各兵种内部纵向层次行动间转换更为迅速, 各军兵种间横向协同越来越紧密, 各级指挥员亟需可供作战协同的战场态势表达形式。在基于传统的纸质态势图指挥的时代, 我们建立了 1:50 万、1:20 万等不同比例尺级别的协同作战图并规定了不同比例尺协同图的态势要素内容, 以满足不同战略、战役、战术等不同指挥层次的指挥协调需求。在数字化战场时代, 尺度的概念已超越了比例尺本身, 更代表了认知的深度与广度。态势多尺度表达模型, 扩展传统多比例尺协同图的概念, 建立与认知层次性相匹配的多重作战视图, 是指挥员可共享协同环境的重要组成。

3) 提高态势图显示效果。影响态势可视化效果的一大难题为信息过载问题。信息过载问题表征为军标符号的相互叠加不可辨析, 本质是决策尺度与表达尺度的不一致性, 结果是指挥员无从进行高效态势感知。一个具体示例, 高级别的小比例尺协同图与大量的表达低级别的作战实体单元的标号叠加所产生的标号空间占位矛盾。在战场态势多尺度表达方法中, 通过尺度变化方法, 实现从个体到编队群体表达, 建立与高指挥层次相适宜的表达形式, 可有效减少空间占位矛盾。

4) 提高系统前端显示运行效率。对系统前端显示而言, 态势实体表达详细程度越精细、实体种类越多、范围越大, 显示复杂度越高, 系统资源消耗越大。通过系统后台聚合解聚计算建立态势实体多尺度表达模型, 按照指挥员需求过滤用户任务无关或细节层次过高态势实体, 将裁剪后的运算结果

发送给前台显示系统,减少了前台显示计算时间,提高了系统前端显示运行效率。

2 态势多尺度表达概念

2.1 态势尺度的维度

战场态势是在空间、时间、语义三维体中演化的复杂系统,因此作为刻画其范围或抽象程度的态势尺度维度包括空间尺度、时间尺度、语义尺度三个维度。其中空间尺度、时间尺度分别包括态势对象空间、时间分布范围、频率、粒度等方面,语义尺度包括对态势对象语义范围,语义属性的分类与结构体系抽象程度的描述。在量化方法上,空间尺度、时间尺度用定距、定比变量进行表达,而语义尺度用定类、定序变量描述。态势的空间尺度、时间尺度、语义尺度相互独立,但存在一定联系。其联系体现在态势多尺度表达中,随着指挥层级的下沉,指挥员需了解的战场细节越详细,时间分辨率、语义分辨率常随着空间分辨率的提高而同步提高。

2.2 态势尺度的组成

态势尺度的组成包括广度(态势实体或事件的覆盖范围)、粒度(最小可辨析单元)、频度(单位内记录现象的次数)、比例(现象表达范围与实际范围的比值)等方面进行解析。其中粒度在有关文献又被称为分辨率,大部分学者认为两者意义差别不大。对同一态势对象的可视化表达,若将态势对象的广度记为 w_r ,对其采样频度记为 f ,最小可辨单元粒度记为 g ,可视化表达后的符号广度记为 w_p ,比例记为 r ,则广度、粒度、频度、比例间的关系

可用下式描述: $w_r = f * g$, $r = w_p / w_r$ 。

从上式可看出,频度与粒度具有相关性,频度对态势表达细节程度的影响主要是通过粒度施加。因此去除因变量 f ,将独立的自变量 w , g , r 构成集合 B ,结合上节对态势尺度的空间、时间、语义维度划分构建集合 A ,态势尺度 s 的定义可以 A 与 B 的笛卡尔乘积表示,乘积结果如下:

$$s = A \times B = \begin{Bmatrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ a_4 & a_5 & a_6 \\ a_7 & a_8 & a_9 \end{Bmatrix}$$

式中: a_1 为空间广度,代表态势图表达的战场范围; a_2 为空间粒度,包括表征态势图所能刻画态势对象最小面积或长度的空间大小粒度、表征态势图所能刻画态势对象空间形态精细程度的空间特征粒度、表征态势图所能刻画空间关系详细程度的空间关系粒度; a_3 为空间比例为态势图比例尺; a_4 为时间广度代表战场事件或战场系统演变的时间段; a_5 为时间粒度代表战场态势的观测更新时间间隔; a_6 为时间比例代表态势图描述的事件时间范围与事件实际发生时间范围的比值,在模拟仿真与回放中该比值可变; a_7 为语义广度,代表态势图所表示的态势要素种类的范围; a_8 为语义粒度,包括集合语义粒度和聚合语义粒度。集合语义粒度反映态势对象或其属性项划分粗细程度,如图1(a)所示态势类别划分越详细其集合语义粒度越小;聚合语义粒度表征实体对象间的和表征态势对象构成关系详细程度,如图1(b)所示态势对象构成划分越细聚合语义粒度越小; a_9 为语义比例,表征态势图间集合语义粒度或聚合语义粒度的相对大小。

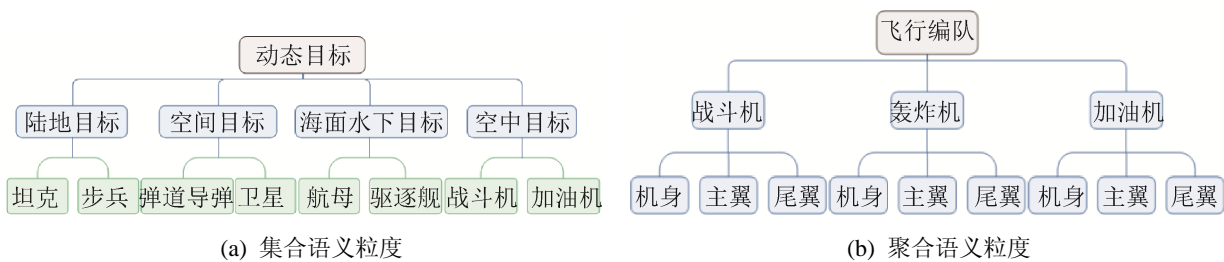


图1 态势尺度的语义粒度
Fig. 1 Semantic granularity of situation scale

2.3 态势多尺度表达

态势多尺度表达是对同一态势对象因应用目标或抽象程度的不同, 态势图中所表达出多样的几何形态与语义含义。若某一尺度 s_i 其对应的态势图用 $SMap(s_i)$ 表示, 则态势多尺度表达可记作下列集合态势多尺度表达基于应用目标侧重于表达、分析尺度的应用, 它受限于物理域的态势本体尺度与信息域的采样尺度。影响态势多尺度表达的因素包括:

$$MSR\{s_1, s_2, \dots, s_n\} = \{SMap(s_1), SMap(s_2), \dots, SMap(s_n)\}$$

物理域因素——态势实体战场实体本身属性特征与分布特征等。态势实体的分布特征如坦克排的横队、V 字队形、楔形队形、交错队形等不同战斗队形, 实体组成特征如弹道导弹群目标分为弹头、弹体、诱饵等子目标。

信息域因素——信息域对态势多尺度表达可分为两大类, 一类为观测设备的影响, 如观测设备对态势要素进行采样、测量所采用的取样单元大小、间隔、更新频率等因素, 一类为显示载体的影响, 如显示载体的不同介质、电子介质的屏幕尺寸、分辨率等。

认知域因素——指挥员所遂行的作战任务决定了战场态势要素语义的要素的不同、广度的不同, 如执行联合作战任务的指挥员关注态势要素广度要高执行于单一兵种作战任务的指挥员所关注态势要素广度; 指挥员的指挥级别决定态势实体的最小粒度与关注的战场范围的不同大小, 指挥员所处指挥级别越高其关注战场态势的空间广度越大, 语义粒度也越大, 如战略行动的指挥员关注全国甚至全球范围, 以集群、集团为最小作战实体单元的情况, 而战术行动的指挥员关注战场局部范围的如几十平方公里内的以连或排为最小作战实体单元的战场态势。

3 支撑态势多尺度表达的尺度变换

尺度变换是某一尺度态势图到其他尺度的变

换函数, 即按照变换前后态势图尺度关系, 尺度变换可分为尺度上推与尺度下推两类。尺度上推是从小尺度到大尺度信息过程, 是信息抽象综合过程。从大比例尺态势图到小比例尺态势图、态势实体的聚合即为尺度上推。尺度下推是从大尺度态势图到小尺度态势图变换过程, 为信息逐步详细过程。航迹数据的内插、仿真态势实体模型的解聚即为尺度下推。在作战指挥应用场景中, 态势数据的生成是逐级上报的过程, 因此在该场景下尺度上推过程更为典型。

$$Transformation = function(SMap(s_1) \rightarrow SMap(s_2))$$

以尺度上推过程为例说明尺度变换过程。为细化尺度变换过程作模型准备, 将计算机条件下的态势可视化分为两种模型, 一种为态势数据模型, 一种为态势数据视图模型, 两者区别在于前者强调态势数据本身组织、存储形式, 而不涉及到具体的表现形式, 而后者是前者的派生, 后者强调以何种表达方式表达态势数据模型, 重点是符号形式与符号间关系的调整, 它追求的是可视化表达的艺术与美观程度。基于上述区分, 态势图的尺度上推可对应划分为两类, 一为从小尺度数据模型到大尺度数据模型的数据模型变换, 二为由变换后的大尺度数据模型派生大尺度作战视图的可视化派生过程。态势数据模型变换是其中先决条件, 随着指挥层级的提高, 态势数据模型的尺度变化特征有着两大特点, 一是广度从小变大, 具体体现在从某一区域到全国范围的空间广度的增加、从以实时动态目标为主的单一类型态势到包括目标、环境、社、政、经因素的综合态势的语义广度的增加、从作战中为主到战前、战中、战后的时间广度的增加; 二是颗粒度从细到粗, 具体变现在分辨率逐步变小的影像图背景的空间粒度变大、最小态势语义单元从单架飞机到飞机编队再到集团的语义粒度增加等。因此, 尺度上推过程上推可看作以小尺度态势数据模型为变换对象, 是由广度从小变大变换、粒度从细到粗变换、可视化派生三种基本变换组成的复合变换过程。

为进一步阐述上述概念,以空中目标的监控为应用背景,以某一责任区范围的目标监控态势图到全国范围的目标监控态势的尺度上推为目标说明变换的具体过程。鉴于态势要素组成的复杂性,为简化讨论选取两类典型态势要素作为主要研究对象,一为境界要素,它是态势图显示的地理背景要素的代表,二为空中动态目标,它是目标监控的主要对象。

在态势显示领域通常采用分层方式对要素进行管理,因此在尺度变换过程也可采用“分层治之”方式进行:

1) 境界要素是态势显示中相对静止要素,因此境界要素尺度变换过程主要包括语义变换(从包括国界、省界、市界到国界、省界)和空间变换(从精细几何表达到概略几何表达)组成,具体变换可由基于语义的选择算子、线几何化简等具体算法实施。作为相对静止要素可采用离线变换方法,即将不同参数阈值下的尺度变换结果以类似于金字塔方法存储到外存中,并建立各层结构数据与显示比例尺间的映射关系。基于离线的金字塔存储后,态势图可以根据实际尺度需要直接到离线金字塔中获得尺度变化结果,而省去中间计算过程,提高显示效率。

2) 空中动态目标具有准实时动态变化特点。对空中动态目标的探测从局部区域的某一部或几部探测装备到全国范围的组网探测、从例如以雷达为主的单一探测手段到包括情报、技侦等多种探测手段的多源信息探测,因此空中目标的尺度上推的过程首先是多源信息融合的过程,它结果体现在探测精度(如位置精度、时间精度、识别结果精度)的提高,语义广度的提高(如属性字段从位置、速度、敌我属性、类型到包括位置、速度、敌我属性、类型、编队组成、行动企图等多属性扩展)。空中目标的尺度上推又是信息抽象过程,它现在两点:一为信息的筛选上报过程,如下级监控责任区监控到包括大量民航飞机与一个由多架战机组成的敌方军航飞行编队,下级指挥中心按照一定规则上报敌

方军航飞行编队信息;二是信息聚合过程,当最小语义关注单元从单架飞机到飞行编队时,对敌方军航飞行编队聚合体现在位置、速度、作战效能等方面的聚合。

3) 可视化派生为从以上两步尺度上推的态势数据模型到可视化模型的过程。可视化派生主要包括该尺度下军标符号库的生成,以及从可视化显示角度对符号占位矛盾进行移动、聚合显示等。

4 态势多尺度表达的典型样式

战场态势多尺度表达具有几种典型样式,如图2所示。

1) 作战视图族。多兵种协同作战中单一尺度特征的态势图无法满足所有指挥员的需求的情况,一个很自然思路是按照用户不同指挥级别、不同任务建立多种尺度特征的作战视图,作战视图间保持时空基准、态势要素间一致性以满足指挥协同要求。美军互操作作战图族(FIOP-Family of Interoperable operational pictures)即是这一思路的具体体现。在互操作作战图族中,按照作战等级分,包含了国家和战区层面指挥的共用作战图(COP-Common Operational Picture)、战术层面的共用战术图(CTP-Common Tactical Picture)、火力打击层面的单一合成态势图(SIP-Single Integrated Picture),按照兵种分包括了陆军/海军陆战队的单一合成地情图、海军的单一合成海情图、国防部的单一合成太空图等。互操作作战图族通过三级网络(联合计划网络、联合数据网络、复合跟踪网络)的纵向垂直连接实现网络连接,通过COP同步工具保持数据的一致性。

2) 层次细节(LOD-Level of Detail)显示。在信息化作战条件下,随着组织形式向扁平网状层次结构发展,指挥控制能力的增强,高等级战略指挥员与低等级战术指挥员间的联系越发紧密,低等级战术行动甚至可得到战略力量、战役力量的直接支援。战场态势层次细节显示的基本思路是将原来分布于不同网络结点的不同层次的作战视图集成与

一个系统一个席位中, 指挥员通过视点的上升、下降选择合适尺度的作战视图。战场态势的层次细节显示不是通过几何图形的仿射变换实现的图形缩放, 而是体现在随着语义粒度、空间广度等尺度相关因子的变换(如语义粒度从集团军、飞行

编队到单架飞机, 空间广度从全国到某个战区再到某一责任区范围), 战场态势的几何图形与属性信息等信息细节的不断增加。战场态势层次细节显示适用于遂行同一作战任务的不同层级指挥员间的交互。

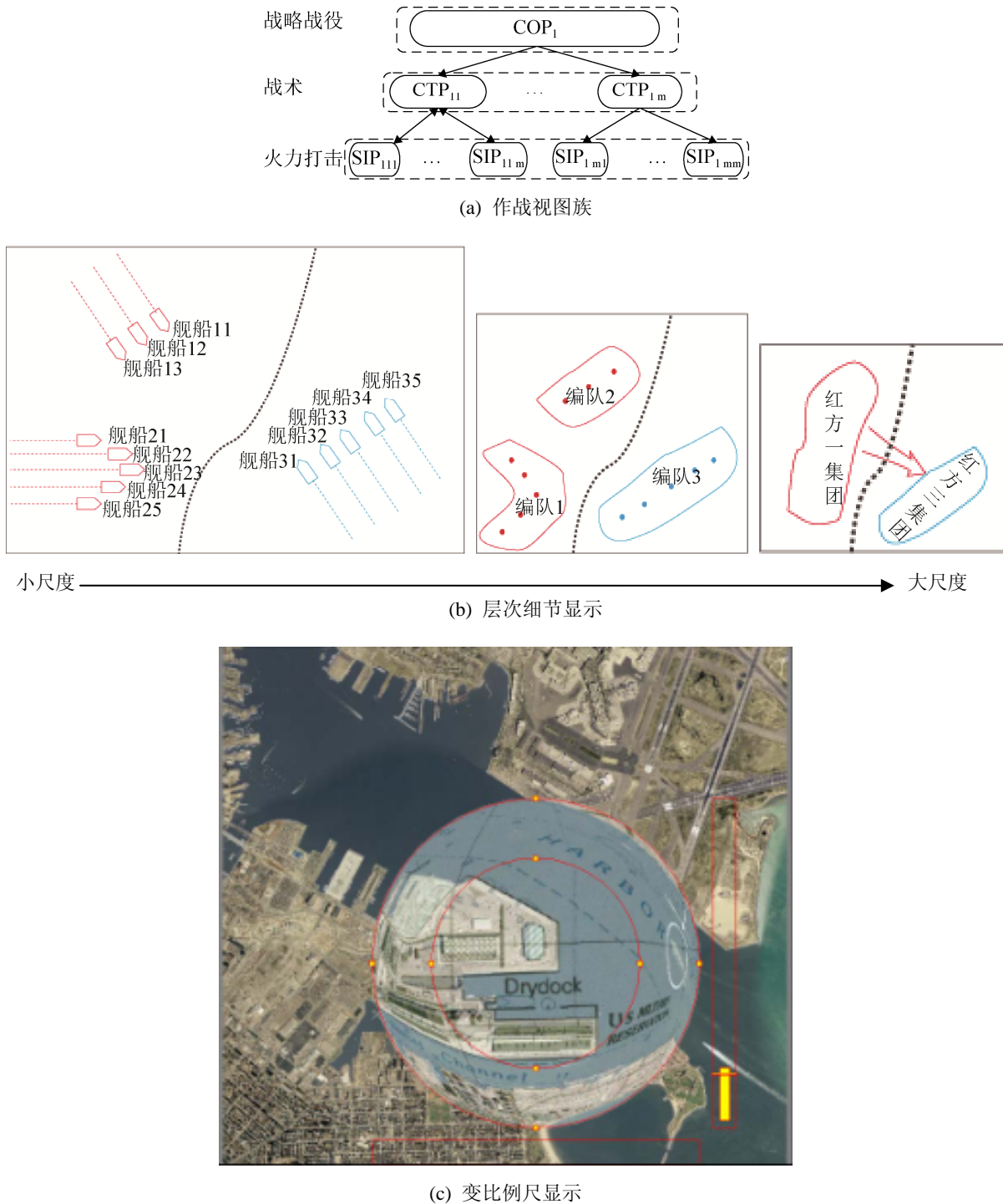


图 2 战场态势多尺度表达的典型样式

Fig. 2 Typical styles of multi-scale representation for battlefield visualization

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

3) 变比例尺可视化显示。在重点目标跟踪或火力打击等作战样式中, 指挥员持续跟踪某一或某些重点目标, 他们对于战场不同地区关注重点或要求的详细层次都不尽相同: 重点目标附近信息要详细, 目标所在区域信息要概略。通过图形缩放或者开窗改变比例尺的方式, 或需要指挥员频繁操作、且破坏图形认知的连贯性, 因此文献[12,14]等提出了一种态势图变比例尺显示方式, 通过重点目标区域到图形边缘区域地图比例尺的连续变换的方法将多种比例尺态势图集中到一张图显示而且保持图形连续性。变比例尺可视化显示与态势图的层次细节显示的区别在于: 层次细节显示需要通过视点变换获得不同尺度的态势信息, 而变比例尺态势图不需要。

5 结论

在分析态势多尺度态势图的多尺度表达研究必要性基础上, 围绕态势多尺度表达进行了以下概念研究: 1) 态势尺度的内涵与外延、2) 态势多尺度表达、尺度变换概念; 3) 态势尺度变换的种类的组成; 4) 态势图多尺度表达的典型样式及其应用场景。

本文的后续研究包括: 1) 在概念研究基础上, 加强对各类尺度变换进行形式化定义与建模研究, 从模型与算法的角度研究尺度变换。在本文提出的尺度变换“分层治之”的思路基础上对支撑各类态势要素的变换进行过程分解, 划分为若干尺度变换算子, 通过态势要素特征的分析、借助于数据模型方法设计针对性算法对算子予以实现; 2) 多尺度表达环境下的态势要素表达的一致性研究。多尺度表达环境下的态势要素表达一致性有两层含义, 一为尺度变换后的不同类型态势要素表达的一致性, 二为大尺度、小尺度表达间的一致性。态势表达一致性是构建通用操作环境(COE, Common Operational Environment)、保证基于态势图的有效沟通的特征基础, 多尺度表达环境下如何保证态势表达一致性是本文后续研究的关注重点。

参考文献:

- [1] 刘宝宏. 多分辨率建模的理论与关键技术研究[D]. 长沙: 国防科学技术大学, 2003.
LIU Baohong. Research on the Theory and Key Techniques of Multi-Resolution Modeling[D]. Changsha: National University of Defense Technology, 2003.
- [2] 周华任, 马亚平, 李元, 等. 战争模拟多分辨率建模研究[J]. 系统仿真学报, 2009, 21(11): 6833-6836.
ZHOU Huaren, MA Yaping, LI Yuan, et al. Research on Multi-Resolution Modeling in War Game and Simulation[J]. Journal of System Simulation, 2009, 21(11): 6833-6836.
- [3] 杨瑞平. 高国华. 计算机生成兵力[M]. 北京: 国防工业出版社, 2013.
YANG Ruiping, GAO Guohua. Computer Generated Forces[M]. Beijing: National Defense Industry Press, 2013.
- [4] 施群山, 徐青, 蓝朝楨, 等. 空天地一体化态势表达引擎的设计与实现[J]. 系统仿真学报, 2014, 26(7): 1570-1576.
SHI Qunshan, XU Qing, LAN Chaozhen, et al. Design and Implementation of Space-Air-Ground Situation Express Engine[J]. Journal of System Simulation, 2014, 26(7): 1570-1576.
- [5] 刘凯, 毋河海, 艾廷华, 等. 地理信息尺度的三重概念及其变换[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2008, 33(11): 1178-1181.
LIU Kai, WU Hehai, AI Tinghua, et al. Three-Tiered Concepts of Scale of Geographical Information and Its Transformation[J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2008, 33(11): 1178-1181.
- [6] Dan Agar, Hasmik Atoyian, Alexandre Bergeron Guyard, Towards a Structured Approach for the Development of a Purpose Driven COP System[R]. France: RTO Information Systems Technology Panel, 2001.
- [7] 刘嵩, 武志强. 基于兵棋推演的综合战场态势多尺度表达[J]. 测绘科学技术学报, 2012, 29(5): 382-390.
LIU Song, WU Zhiqiang. Multi-Scale Expression of Integrated Battlefield Situation Based on Wargaming[J]. Journal of Geomatics Science and Technology, 2012, 29(5): 382-390.
- [8] 赵宗贵, 李君灵, 王珂, 等. 共用作战图现状与发展趋势[J]. 中国电子科学研究院学报, 2008, 3(4): 384-392.
ZHAO Zonggui, LI Junling, WANG Ke, et al. The Current Status and Trend in Development of Common Operational Picture[J]. Journal of China Academy of Electronics and Information Technology, 2008, 3(4): 384-392.

(下转第 464 页)