

基于GIS三维地图的指控通联态势分析

郑凯元, 李德祥, 张兴佳, 刘小鹏

63861部队, 吉林 白城

收稿日期: 2022年8月17日; 录用日期: 2022年9月15日; 发布日期: 2022年9月26日

摘要

为将试验任务中采集到的电台数据进行合理利用, 对电台性能及通联情况进行准确分析, 建立具有实时监测及试后分析处理的态势评估分析软件。在软件中通过函数调用将采集到的数据结合GIS三维地图进行态势分析, 带入位置信息后准确判断出电台通联状况及位置信息等。并在不通联时判断原因, 为电台性能的综合评估提供有力支撑。

关键词

通联状态, 三维地图, 态势分析, 数据处理

Situation Analysis of Command Communication Based on GIS Three-Dimensional Map

Kaiyuan Zheng, Dexiang Li, Xingjia Zhang, Xiaopeng Liu

63861 Troops, Baicheng Jilin

Received: Aug. 17th, 2022; accepted: Sep. 15th, 2022; published: Sep. 26th, 2022

Abstract

In order to make reasonable use of the radio data collected in the test task and accurately analyze the radio performance and communication situation, a situation assessment analysis software with real-time monitoring and post-test analysis processing was established. In the software, the acquired data combined with the GIS 3D map will be analyzed by the function call, and the extension of the radio communication and location information is accurately judged after the position information. And judge the reason when the radio is not connected to provide reliable support for the comprehensive evaluation of the radio station performance.

Keywords

Communication Status, Three-Dimensional Map, Situation Analysis, Data Processing

Copyright © 2022 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

随着信息化科技不断进步, GIS 三维地图不断得到发展和完善, 在 AI 处理和大数据分析的应用场景中得到了广泛的应用, 从而为用户分析提供更精准的信息。我国目前已对 GIS 数据库与地图制图一体化技术进行了相关研究, 并利用拓扑分析从网络全局角度出发进行数据调取利用。

在目前的指挥控制态势分析系统中, 已经完成了采集电台中的语音及参数信息数据的采集, 但在对数据分析过程中还存在仅能依靠时间、人员等参数进行二维的分析处理, 相关的时间信息需要手工记录或导入方式进行添加, 导致分析的结果不准确, 不能完整直观反映整个训练中的态势, 不利于对问题的统计和后期态势的复盘。因此, 本文将 GIS 三维地图引入现有的指挥控制态势分析中, 实现实时的时间、人员、装备、地理的四维信息展示, 直观再现装备系统中各电台间的通联状态, 为装备体系综合效能评估提供技术支撑。

2. GIS 三维地图

2.1. GIS

GIS 为地理信息系统(geographic information system)简称, 指采集、存储、处理、分析、检索和显示空间数据的计算机系统, 是对空间数据进行相关处理的一种新兴技术[1]。

为了能够更加具体显示电台的通联情况, 需要将采集终端所采集并回传的数据, 结合 GIS 三维地图显示通信电台网络拓扑、指挥层级关系[2], 直观了解通信网络和通信装备工作态势; 能利用采集的通信装备信息, 进行数据统计、分析, 并以文字、表格、图形等形式进行实时显示; 实时存储数据、音频; 在任务结束后可对整个任务过程中通信装备信息进行回放。

在使用时需首先下载卫星图像, 三维地图依据高程数据等对地表进行渲染, 实现地表的起伏, 模拟出真实的三维场景。目前比较常用的有 DEM 及 DOM 两种区域数据格式。在程序兼容性方面, 针对两种格式进行了预留开发。

2.2. DEM 三维地图

DEM (Digital Elevation Model)是一定范围内规则格网点的平面坐标(X, Y)及其高程(Z)的数据集, 主要是描述区域地貌形态的空间分布, 是通过等高线或相似立体模型进行数据采集(包括采样和量测)后进行数据内插而形成的[3]。DEM 是对地貌形态的虚拟表示, 可派生出等高线、坡度图等信息, 也可与 DOM 或其它专题数据叠加, 用于地形相关的分析应用, 同时它本身还是制作 DOM 的基础数据。

2.3. DOM 三维地图

DOM (Digital Orthophoto Map)三维地图为数字正射影像图, 是对航空或航天像片进行数字微分纠正

和镶嵌，按一定图幅范围裁剪生成的数字正摄影像集[4]。是时具有地图几何精度和影响特征的图像。

3. 系统设计及实现

3.1. 系统架构

系统基于三维 GIS 为指挥员展示通信网台的实时部署情况，分析并显示通信网台的通联效果[5]，若通联效果不佳，进一步溯源分析影响通联效果的主要因素。为支撑上述功能，态势评估分析软件的体系架构如图 1 所示，自底向上分别为支撑层、数据层、逻辑层和应用层。

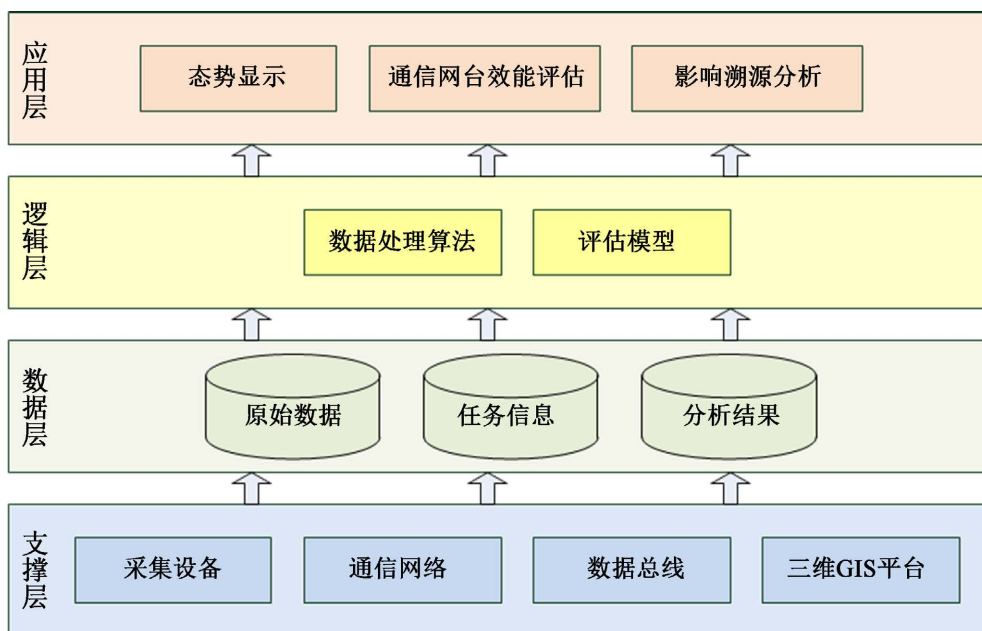


Figure 1. Situation assessment analysis software architecture
图 1. 态势评估分析软件体系架构

1) 支撑层

支撑层主要包括采集设备、无线通信网络、数据总线、GIS 平台等，用于试验训练过程中用频装备工作状态和地理信息的数据获取，保障设备和软件分系统间的数据链路和传输。

2) 数据层

数据层建立用于存储原始采集数据、任务信息、分析评估结果的数据库，试验训练中产生的各类数据由数据层进行管理维护，为软件系统提供数据服务。

3) 逻辑层

逻辑层主要实现数据处理和评估溯源所需的各类算法模型，将算法模型从具体的业务和用户交互剥离开来，降低了软件模块的耦合性，提升了算法的可重用性。

4) 应用层

应用层面向用户，主要提供态势显示、通信网台效能评估、影响溯源分析等业务软件，接收用户输入，展示实时态势和分析评估结果等。

3.2. 通信网台效能分析

基于采集数据评估通信台及通信网效能，实施步骤如图 2 所示：



Figure 2. Steps for evaluating the effectiveness of communication network stations
图 2. 通信网台效能评估步骤

1) 指标体系构建

针对试验训练中能够获取的过程数据，设计用于支撑通信台和通信网效能评估的指标体系和评价准则；

2) 原始数据处理

通过数据的初始化处理和变换，将原始数据转换成支撑指标体系的末级指标值，并进行数据规范化处理；

3) 通信台效能评估

基于指标体系和末级指标，聚合形成通信台的效能评估结果；

4) 通信网效能评估

基于通信网内各电台的效能评估结果以及其它支撑通信网效能评估的指标，聚合形成通信网的效能评估结果。

通过通信装备数据采集可用于通信网台效能分析的原始数据包括电台的同步状态、入网状态、电台的收发状态、信号强度、链路质量和语音的信噪比。

可构建通信电台效能评估指标体系如图 3 所示：

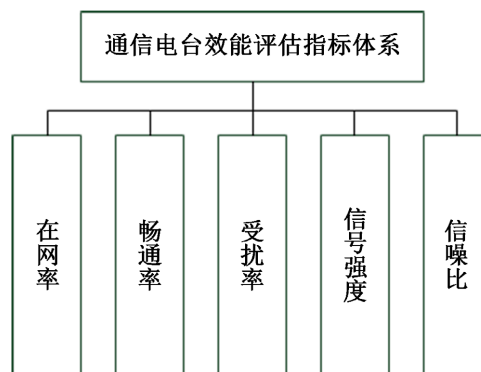


Figure 3. Communication station efficiency evaluation index system
图 3. 通信电台效能评估指标体系

其中，信号强度 E_s 和信噪比 R_{sn} 为采集的电台原始数据进行归一化处理的结果，在网率 R_n 为电台实际在网时长与任务规定电台在网时长的比值：

$$R_n = T_n / T_t \quad (1)$$

畅通率 R_u 为电台收信时长与网内发信台发信时长的比值：

$$R_u = T_r / T_s \quad (2)$$

受扰率 R_d 为通信网内无发信台时电台收信状态被激发的时长与无台发信总时长的比值：

$$R_d = T_d / T_{ns} \quad (3)$$

针对指标集 $V = \{R_n, R_u, R_d, E_s, R_{sn}\}^T$ 建立指标的权重向量 W ，则通信电台效能 E_r 为：

$$E_r = W \cdot V \tag{4}$$

在通信网各电台效能的基础上，可构建通信网效能评估指标体系如图 4 所示：

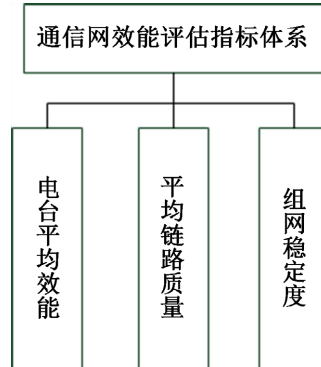


Figure 4. Communication network efficiency evaluation index system
图 4. 通信网效能评估指标体系

其中，电台平均效能 $\overline{E_r}$ 为通信网内所有电台效能的均值：

$$\overline{E_r} = \frac{1}{n} \sum E_r \tag{5}$$

平均链路质量 $\overline{Q_l}$ 为通信网各节点间链路质量的均值：

$$\overline{Q_l} = \frac{1}{m} \sum Q_l \tag{6}$$

组网稳定度 R_{st} 为：

$$R_{st} = T_{st} / (T_{cn} + T_{st}) \tag{7}$$

其中， T_{cn} 为网络建立耗时， T_{st} 为组网稳定时长。

针对指标集 $V' = \{\overline{E_r}, \overline{Q_l}, R_{st}\}^T$ 建立指标的权重向量 W' ，则通信网效能 E_n 为：

$$E_n = W' \cdot V' \tag{8}$$

3.3. 影响溯源分析

尽管通过对电台状态采集数据的分析，可以分析得到通信电台和通信网的效能。但是在实际的试验训练过程中，用户更想知道是什么原因导致效能的下降。然而如果影响效能的原因并非来自电台本身，基于电台工作状态采集的效能影响溯源分析工作就难以进行。通过三维 GIS 的数据，可以获取到电台部署和通视信息，为通信网效能溯源提供了强有力的支撑[6]。

影响通信网指控通联能力的因素主要有：电台的信道参数配置，发信台功率，电台间部署距离，电台间通视关系等。建立信道参数匹配度 R_m 模型为：

$$R_m = \begin{cases} 1, & \text{电台信道参数完全匹配} \\ f(X) \in (0, 1), & \text{其它} \\ 0, & \text{电台信道参数不匹配} \end{cases} \tag{9}$$

部署合理度 D_d 模型为 $D_d = g(p_s, d_{sr})$ ，其中， p_s 为发信台功率， d_{sr} 为收发台间部署距离。

利用三维 GIS 平台基于 DEM 数据的通视分析结果，直接判断是否地形遮挡造成的电台通信问题并

不合适。因为通视计算既容易受到 DEM 数据扰动的影响，又不能反映电磁波的绕射能力。为此，构建最大遮蔽角度 $Ang_m = \max(A_s, A_r)$ 可以更好地描述传播途径中障碍物的影响程度，如图 5 所示：

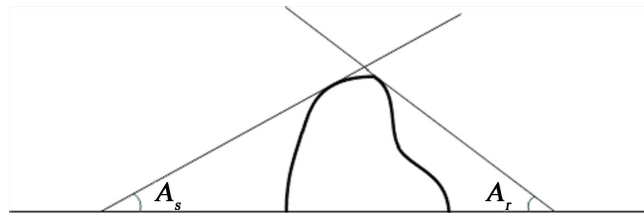


Figure 5. Maximum shading angle
图 5. 最大遮蔽角

则传播途径通视度 D_{iv} 模型为 $D_{iv} = h(Ang_m)$ 。

由于信道参数匹配度、部署合理度和传播途径通视度模型均存在不确定性因素，基于模糊集的数据分析方法适合该不确定性的分析。可依据专家系统构建隶属度函数表达各因素对指控通联能力影响的程度，如图 6 所示，其中 p'_s 为发信台功率模式，小功率、中功率、大功率模式分别取值 1、2、3， d_{sr} 量纲为 km。

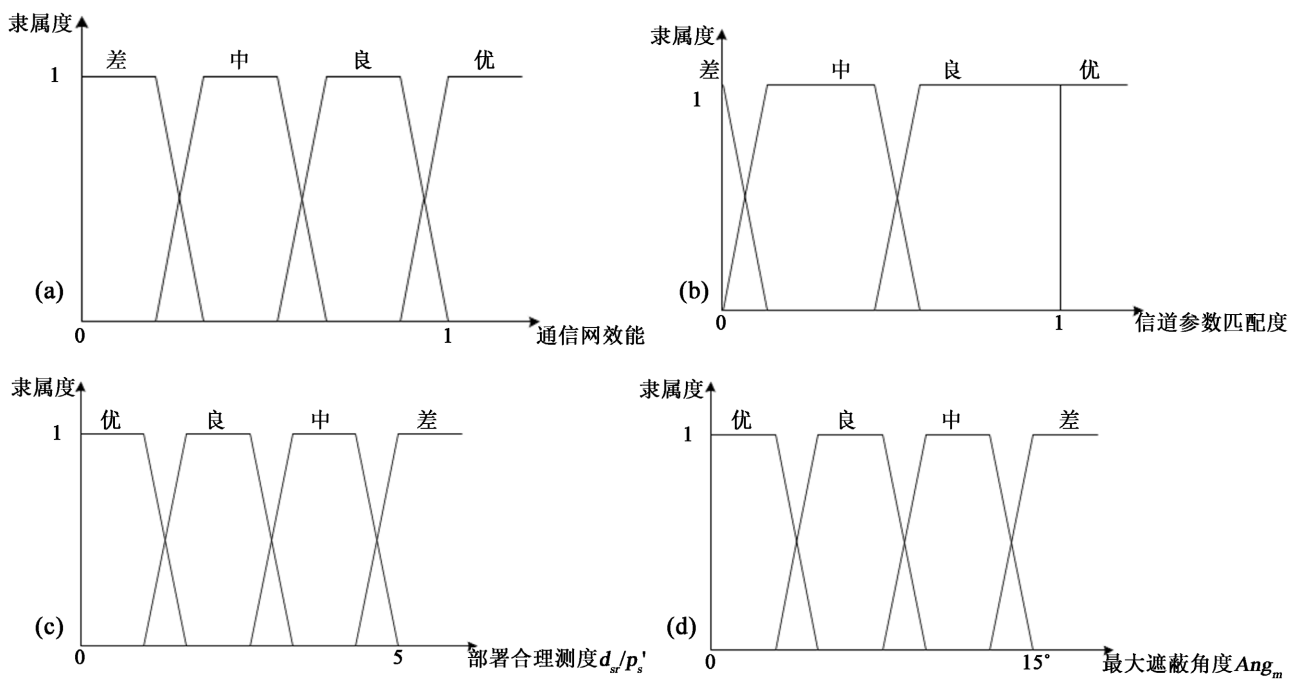


Figure 6. Membership function of communication network efficiency and influencing factors
图 6. 通信网效能及影响因素的隶属度函数

这样即可由试验数据迅速量化各因素影响程度的评价，以支撑对指控通联能力较差的通信网的影响溯源分析。如图 7 所示为指控通联能力及各因素影响程度的评估结果。

3.4. 实时态势展示

在软件中通过对任务及时间调用数据，进行分析处理，自动调用地图置于操作界面下层，将地图与软件界面同时在界面中展现，通过将地图导入 GIS 数据库后，电台准确分布在地图中的各个位置，结合

设备获取到的电台工作时的相关信息参数，工作链路情况并结合试验中的部署情况，通视度等信息进行综合分析，界面如图 8 所示。信息发送的电台与同一时刻接收到的电台数量如界面中柱状图所示。通过换算，将设备位置结合三维地图进行显示后，在界面中可以清楚看到某一时刻电台的通联关系，如通联则为绿色虚线，不通连则为红色虚线。对于不通连的情况则通过频率对准、信号强度及通视情况进行通联判断。依靠三维地图可以高效判断出部分无法通联的原因是由于山谷及凹地等复杂地形所导致，还是因为信道参数匹配失败导致，亦或是受到电磁干扰等其他因素所导致，从而更加全面地对电台综合效能进行精准评估。

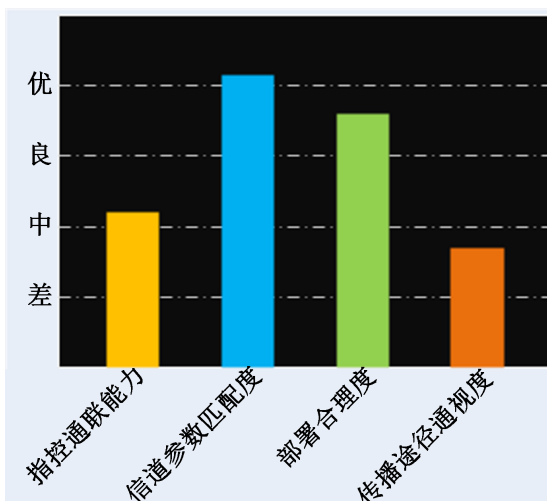


Figure 7. The ability to communicate with allegations and the degree of influence of various factors
图 7. 指控通联能力及各因素影响程度

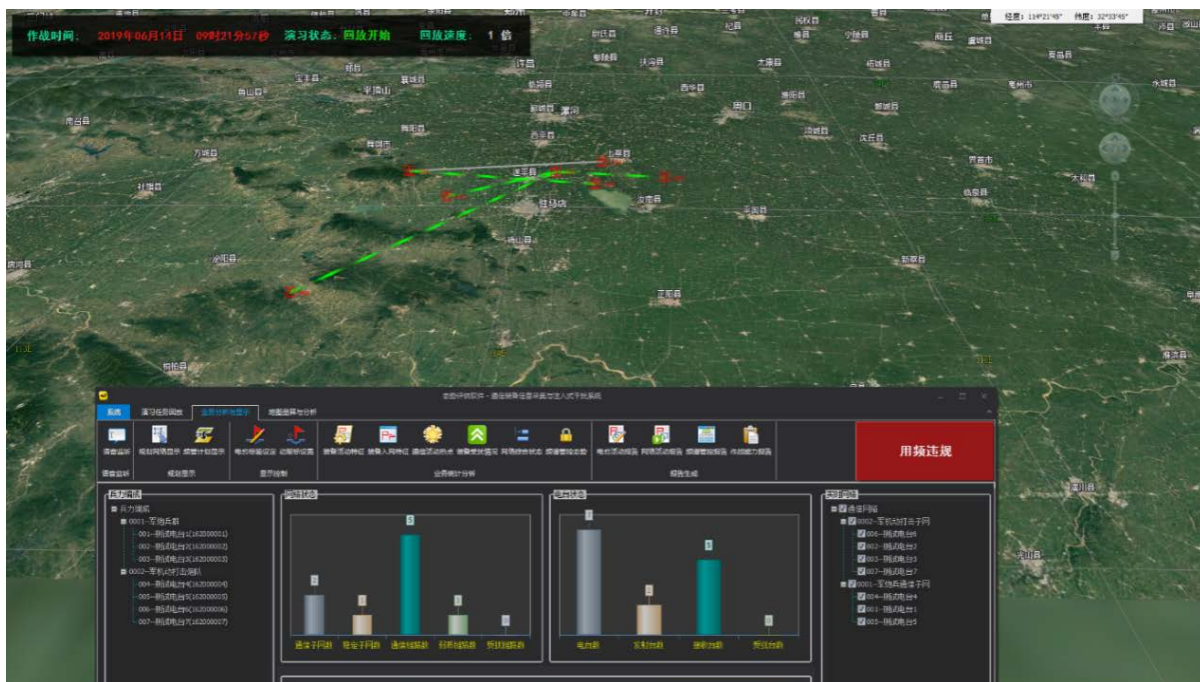


Figure 8. Schematic diagram of the communication link and communication quality situation display interface
图 8. 通信链路及通信质量态势显示界面示意图

4. 总结

态势评估分析软件通过引入 GIS 三维地图信息, 实现了四维的数据的分析和处理, 相比之前的图表模式的数据展示, 可更加直观了解到任意时刻电台的通联情况, 从而辅助指挥员快速准确地获取当前通联情况的信息, 从而可以更加准确地下达指挥和资源的部署。在后续的分析复盘, 系统也能实时复盘整个训练过程, 针对人员部署、通联故障、设备架设分析时, 可结合地图引入环境因素综合判断, 从而为未来的训练甚至实战中总结重要的经验。

参考文献

- [1] 胡国红. 基于 GIS 的地图制图技术研究[J]. 低碳世界, 2019, 9(7): 354-355.
- [2] 宋宇波, 樊明, 等. 一种基于拓扑分析的网络攻击流量分流和阻断方法[J]. 信息安全, 2020, 20(3): 9-17.
- [3] 李耀辉, 周丽莉. 虚拟现实三维仿真地形的生成[J]. 微计算机信息, 2006, 4(3): 280-282.
- [4] 曾友, 高健, 岑寓. 视觉技术的中心定位误差方法研究[J]. 计算机仿真, 2015, 32(7): 264-267.
- [5] 罗智华. 新时期计算机通信软件架构设计与分析[J]. 数字通信世界, 2015(10): 25.
- [6] 常兴华. 指挥显示系统三维态势组件的设计与实现[J]. 自动化技术与应用, 2014, 33(1): 28-31.