

基于 MapX 的无人机生存力分析系统

曹璐, 张安, 郭凤娟

(西北工业大学 电子信息学院, 西安 710129)

(caolu2563@126.com)

摘要:生存力是无人机设计和使用中最优先考虑的技术指标之一,针对现代战场仿真对态势实时显示及分析结果直观表现的要求,应用 MapX 组件技术研制了无人机生存力分析系统。首先,简要介绍了 MapX 的主要框架和特点,讨论了无人机生存力分析系统的功能、组成,并给出了系统的模块划分和程序流程;然后,详细分析了在 VC++ 环境中结合 MapX 技术实现战区地图显示、漫游、缩放以及作战想定、生存力数据显示处理的功能;最后,给出了生存力分析仿真算例。仿真实验表明,该系统能真实、直观、动态地表现无人机所处的战场地理环境,便于生存力影响因素的分析。

关键词:MapX; 无人机; 生存力; 飞行高度; 飞行速度; 雷达散射截面积

中图分类号:TP311.11 **文献标志码:**A

Analysis system of unmanned aerial vehicle survivability based on MapX

CAO Lu, ZHANG An, GUO Feng-juan

(School of Electronics and Information, Northwestern Polytechnical University, Xi'an Shaanxi 710129, China)

Abstract: Survivability is one of the technical indicators, which needed to consider in the highest priority, in the design and use of Unmanned Aerial Vehicle (UAV). According to the requirements of real-time display of situation and visual expression of analysis results in modern battlefield simulation, UAV survivability analysis system was developed with MapX component technology. First the primary frame and characteristics of MapX were introduced briefly. The function and composition of UAV survivability analysis system were discussed. And the module partition and program flow of system were given. Then the functions of war zone map display-roaming, zooming, combat scenario and display and process of survivability data with MapX technology in VC++ environment were analyzed in detail. Finally the simulation examples of survivability analysis were given. Simulation experiments indicate that the battlefield geographic environment of UAV is factually, vividly and dynamically displayed in the system. It is convenient to analyze the influence factors on survivability.

Key words: MapX; Unmanned Aerial Vehicle (UAV); survivability; flight altitude; flight velocity; Radar Cross Section (RCS)

0 引言

随着无人机(Unmanned Aerial Vehicle, UAV)军事用途的不断扩大,无人机已成为一种高效费比、攻防兼备的新型空中力量^[1],在枯燥的、环境恶劣的、危险的任务领域发挥着重要作用^[2],已经引起世界各国的广泛关注。随着地面防空武器性能的日益增强,无人机受到越来越严重的威胁,而做好无人机生存力的评估是作战部队有效使用无人机的前提^[3]。目前关于生存力的文献,大部分是对生存力评估模型和方法^[4-6]以及生存力影响因素^[7-8]的研究,而基于战场仿真和作战任务的无人机生存力研究较少。本文以某无人飞机为背景,在 VC++ 开发环境下结合 MapX 组件技术,设计了一套通用的无人机生存力分析系统。该系统通过模拟战场环境,实时显示战场态势来分析评价各种因素对无人机生存力的影响,从而为无人机的总体设计和作战使用提供支撑和依据,也为无人机的效能分析奠定基础。

1 MapX 简介

MapX 是美国 MapInfo 公司推出的基于 ActiveX(OCX)技术的可编程控件,它为开发人员提供了一个快速、易用、功能强大的地图化组件,可以轻松实现地理空间数据的可视化,完

成空间分析、计算空间查询、地理编码、专题分析等强大的 GIS 功能,可以兼容绝大多数标准的可视化开发环境(VC++、VB、PowerBuilder 等)。用户可以选用自己最熟悉的开发语言,轻松地将地图功能嵌入到应用中,简单快速地在自己专业领域内实现地图化功能,增强空间分析能力。

MapX 由一系列对象和对象集合组成。Map 是最基本的对象,每个 Map 由层、数据集和标注这 3 个对象及对象集合来定义,其中层用于操作地图的图层,数据集用于访问空间对象的属性数据,标注用于在地图上添加文本、符号等标注。作为地理信息系统(Geographical Information System, GIS)的二次开发控件,MapX 能够增强信息可视化和数据深层表现能力,并且易于掌握,开发周期短,成本低。随着各个领域应用系统的信息多元化和复杂化发展,传统的报表和文档方式已不能清晰、直观、智能化地向用户表现,因此在应用系统的二次开发中常利用 MapX 增加信息的可视化显示能力^[9]。

2 系统设计

2.1 系统功能

无人机生存力是指无人机抵御或经受敌对环境的影响而不引起持久的性能削弱并保持连续有效地完成指定任务的能力。无人机生存力的基本要素是敏感性和易损性。敏感性是

收稿日期:2010-11-05;修回日期:2011-01-09。

作者简介:曹璐(1982-),男,湖北宜都人,博士研究生,主要研究方向:复杂系统建模、现代火力控制;张安(1962-),男,陕西岐山人,教授,博士生导师,主要研究方向:航空武器火力控制、复杂系统建模;郭凤娟(1984-),女,山东单县人,博士研究生,主要研究方向:复杂系统建模。

关于无人机被发现和击中的问题,由无人机被探测到的概率 P_D 与探测到后被击中的概率 $P_{H/D}$ 的乘积来衡量;易损性是关于无人机承受打击的能力,用无人机被击中后的毁伤概率 $P_{K/H}$ 来衡量。无人机的敏感性越大,则它越容易被发现和命中;易损性越大,则它被击中后越容易被摧毁。

无人机分析系统的主要功能是完成无人机生存力的定量计算并分析各种因素对其影响。无人机生存力的定量指标可用在一定的敌对环境中,在具体的遭遇条件下,无人机以其自身的敏感性及易损性所能获得的生存概率 P_s 来度量^[10],即:

$$P_s = 1 - P_D \times P_{H/D} \times P_{K/H} \quad (1)$$

由式(1)可以计算无人机一次任务完成后的生存力。

2.2 系统组成

无人机生存力分析系统是一个复杂的综合仿真系统,它主要用于仿真分析无人机对预定目标进行侦察过程中抵御或经受敌对环境攻防对抗下的生存力问题。在实体组成上该系统包括多种作战子单元,如图 1 所示,主要有攻方无人机、敌方地面指挥所、地空导弹雷达、地空导弹等。同时还考虑了地形因素及大气环境因素。

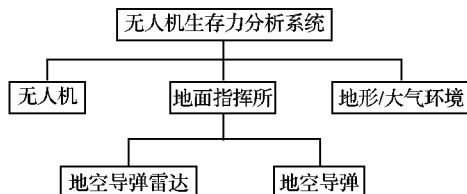


图1 无人机生存力分析系统组成框架

2.3 模块划分

根据无人机生存力分析系统的功能和组成,该系统主要完成两方面工作,一是战场态势的模拟,二是生存力的分析计算。其中战场态势模拟包括 GIS 模块、大气环境模块、数据库模块、信息显示模块、无人机模块、地面指挥控制系统模块、地空导弹雷达模块、地空导弹模块和目标模块;生存力分析计算包括生存力分析模块和灵敏度分析模块。各个模块之间的关系如图 2 所示。

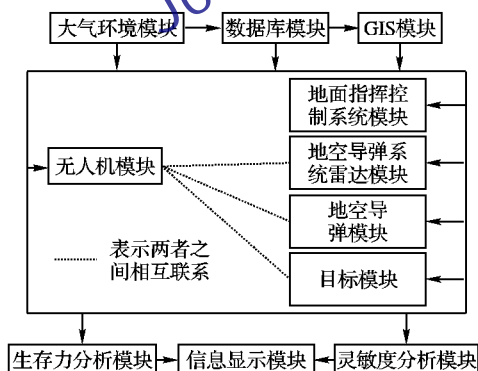


图2 系统模块关系

战场态势模拟中的 GIS 模块采用嵌入的 MapX 控件建立地图模型,为无人机生存力分析系统提供可视化的仿真环境,并通过数据库模块和大气环境模块加载地形条件、大气环境等,模拟真实的战场环境。然后通过向战场单元(如无人机、地空导弹、目标等模块)提供统一的接口,将战场作战单元实时显示在地图上,形成直观的作战态势图,演示无人机的整个作战过程。

生存力分析计算主要是根据上述战场态势模拟中战场单元的配置情况,讨论无人机通过地空导弹防空区的生存力。

生存力分析模块建立了无人机生存力计算模型,分析无人机在一次任务完成过程中,多次遭遇地空导弹拦截时的生存力。而灵敏度分析模块则研究了飞行高度、飞行速度以及雷达散射截面积(Radar Cross Section, RCS)等因素对无人机生存力的影响程度,并给出了无人机的战术使用要求。

2.4 系统流程

研究无人机生存力,首先需要进行任务/威胁分析,即明确无人机要完成的任务及所遭遇的敌对环境。在本文的生存力分析系统中,无人机的主要任务是对敌方目标进行侦察,并实时地把所获图像信息传递给指挥中心。在完成的过程中,无人机面临着地空导弹防空系统的威胁。无人机生存力分析系统的流程如图 3 所示。

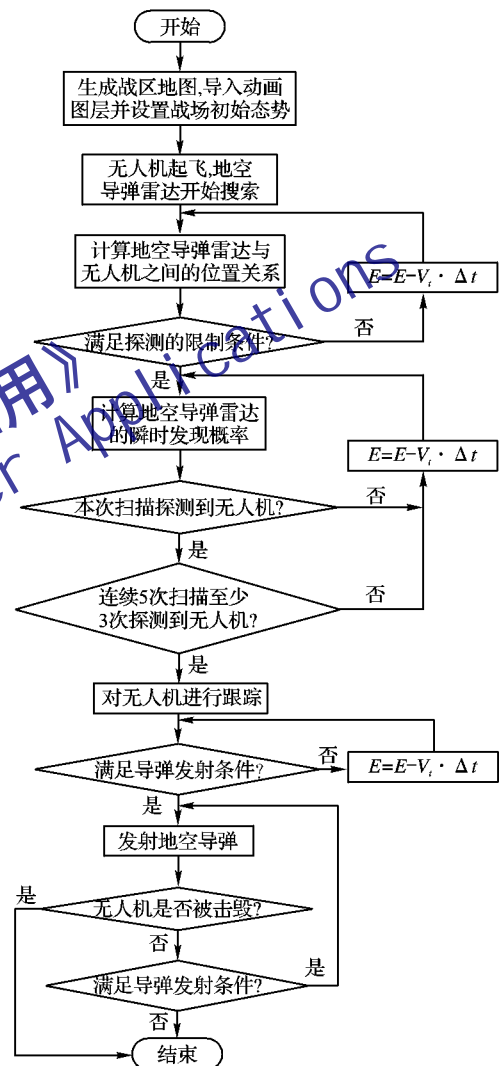


图3 无人机生存力分析系统流程

3 基于 MapX 的系统实现

在 VC 环境下集成 MapX 开发 GIS 软件是将 MapX 作为控件插入到应用程序中,然后通过设置其属性和调用其方法,响应其事件来实现的^[11]。

3.1 建立仿真地理环境

在生存力分析系统中,仿真的地理环境主要是指电子地图的创建和显示坐标系设置。在 VC++ 开发环境中,应用程序生成向导“App Wizard”生成基于 MFC 的应用程序,并在工程中添加位于 MapX 安装路径子目录 Samples50/C++/CPP 中的 MapX.cpp 和 MapX.h 文件,或是在菜单中点击 Project/

Add To Project/Components and Controls,然后选择已注册的控件 MapX 5.0 即可,通过以上两种方法都可将 MapX 支持类库添加到工程中^[12]。

然后在视图类中包含 MapX.h 头文件,为要显示的地图资源对象创建地图资源 ID 并在视图类的 onCreate 和 onSize 消息映射函数中创建 MapX 地图控件并调整它与窗口的相对位置、大小和显示坐标参数。至此,添加地图的工作完成。编译并运行程序,可在视图窗口中显示战区地图。

3.2 战区地图控制功能

在生存力仿真分析过程中为了使观察更加细致灵活,控制地图的缩放和漫游必不可少。这些功能的实现主要是通过调用 MapX 控件中的标准工具。这些工具由 MapX 封装,在需要使用的地方调用 CMapX 类中的 SetCurrentTool 函数即可。在 MapX 中常用的标准工具有:中心定位点、标注、漫游、各种选择、放大与缩小等。每一种标准工具在 MapX 中都有常量和值与其对应。例如放大工具的常量为 miZoomInTool,值为 1003,在程序中使用常量和值均可。

3.3 图层导入及战场想定

对无人机生存力进行分析计算,首先要明确无人机所处的敌对环境,通过在战区地图上导入新的图层来设置战场初始态势,配置地空导弹阵地以及设置无人机的初始状态,完成战场想定。

1) 利用 MapX 在图层对象上增加一个图层并自定义无人机和导弹阵地选择工具。代码如下:

```
void CUAVView::OnLayControl()
{
    m_Simulayer =
        m_mapx.GetLayers().CreateLayer("UAVSimulayer", NULL, 0);
    m_mapx.GetLayers().SetAnimationLayer(m_Simulayer);
    m_Simulayer.GetLabelProperties().SetOverlap(true);
    m_mapx.CreateCustomTool(miUAVTool, miToolTypePoint,
        miSelectCursor);
    m_mapx.CreateCustomTool(miMISSILETool, miToolTypePoint,
        miSelectCursor);
}
```

2) 配置地空导弹阵地并设置无人机初始状态,以设置无人机为例。代码如下:

```
void CUAVView::OnPutUavButton()
{
    m_mapx.SetCurrentTool(miUAVTool);
}
```

通过上面两步完成战场想定及配置各兵力初始状态,并可选定各兵力在地图上对应的图标,通过鼠标右键更改其状态。

3.4 数据处理及态势显示

由式(1)可知,无人机生存力的计算与无人机被探测的概率、探测到后被击中的概率和被击中后的毁伤概率有关。

敌方防御系统的探测手段是多种多样的,有雷达探测、红外探测、可见光探测、声波探测等,本文以雷达探测为例进行分析。在给定的雷达参数中,一般包括特征探测性能参数,即相对应于某一给定雷达散射截面积 σ_0 时的最大探测距离 R_0 和探测概率 P_{D0} 。因此,对于同一部雷达,当探测距离为 R , RCS 为 σ_1 时,探测概率为^[13]:

$$P_D = P_{D0} \frac{\sigma_0 R_0^4}{\sigma_1 R^4} \quad (2)$$

由于本文主要针对地空导弹阵地对无人机生存力的影

响,因此只考虑近炸引信高能炸药战斗部对击中概率和毁伤概率的影响。计算中我们用击毁概率代替击中概率和毁伤概率,对于此类战斗部,需要考虑误差距离、引信及毁损函数,因此击毁概率 P_{KSS} 为^[10]:

$$P_{KSS} = \frac{r_1^2 P_f}{CEP^2 + r_1^2} \left[1 - \exp\left(-\ln 2 \frac{CEP^2 + r_1^2}{CEP^2 r_c^2}\right) \right] \quad (3)$$

其中: r_b 为定标常数,它由战斗部的杀伤半径 r_1 确定, $r_b = \frac{r_1}{\sqrt{\ln 2}}$; P_f 为引爆概率; CEP 为圆概率误差; r_c 为引信的引爆截止半径。

仿真运行时在动画图层上实时显示战场态势,如无人机的飞行状态,地空导弹阵地发射导弹及地空导弹飞行轨迹等。仿真结果显示在结果输入区,也可以自动保存算例,以便后续的结果分析。

系统的运行界面如图 4 所示。

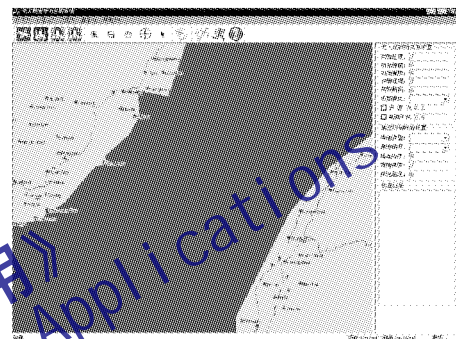


图4 系统运行界面

4 仿真算例与分析

在仿真过程中,防空系统的配置可以任意设定。对于一具体实例,设定防空系统为单个爱国者地空导弹系统,配置参数如下:导弹的杀伤半径为 20 m; CEP 为 15 m; 引爆概率为 85%; 射程为 100 km; 飞行速度为 6 732 km/h (5.5 Ma); 最大探测距离为 150 km, 相对应的探测概率为 85% ($\sigma_1 = 1 \text{ m}^2$)。仿真中主要分析飞行高度 H ($V = 635 \text{ km/h}$; $RCS = 1.0 \text{ m}^2$)、飞行速度 V ($H = 19 \text{ km}$; $RCS = 1.0 \text{ m}^2$) 及 RCS ($V = 635 \text{ km/h}$; $H = 19 \text{ km}$) 对无人机生存力的影响,此处的生存力指标为一次任务完成后的生存概率。仿真结果见图 5~7。

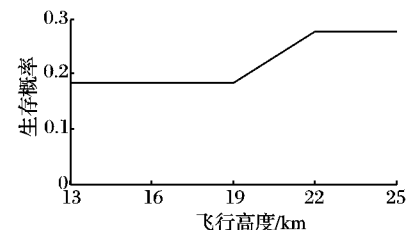


图5 生存概率随飞行高度的变化曲线

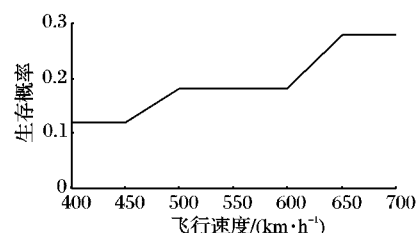


图6 生存概率随飞行速度的变化曲线

由图 5~7 可看出:无人机生存概率随飞行高度的增加、飞行速度的提高以及 RCS 的减缩呈阶梯状增加。这是因为

增加飞行高度,提高飞行速度均能使无人机在导弹防御区内所停留的时间变短,使导弹的可拦截时间变短;而减缩 RCS 可使地空导弹雷达的预警距离减少,当预警距离的减少量致使导弹阵地的可拦截距离变小时,能减少导弹的可拦截时间。当时间的减少量致使导弹阵地所发射导弹数减少时,能显著提高无人机生存概率。

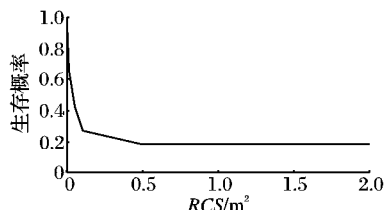


图7 生存概率随 RCS 的变化曲线

5 结语

本文详细介绍了在 VC++ 环境中,如何通过 MapX 控件将地图功能嵌入到应用软件的方法。并在此基础上,以某无人机突防敌方地空导弹阵地为背景,设计了一套通用的无人机生存力分析系统。该系统能够自由配置战场兵力,直观反映战场态势变化,实时给出无人机状态以及地空导弹阵地发射情况,并能一次任务完成后计算出无人机的生存力。因此,该系统对无人机的设计定型以及战术使用都有一定的指导意义。

参考文献:

- [1] 李华超,吴潜,陈春俊,等.基于 BCB & MapX 的无人机航路规划与监控系统实现[J].计算机应用,2007,27(9):2315-2318.

(上接第1338页)

苹果/n 的/ude1 皮/n”,对于这样的歧义,单从句法层面是难以进行消除的,需要从更高的语言层面进行消解。

2)对于宾语前置句、反问句等特殊句式还不能很好地支持,例如“鬼我都不怕,还会怕人!”该句型属于 n+n+v,名词“鬼”做主语“我”的宾语,在剖析中不能被识别,错误地将“鬼我”判为名词短语 NP。

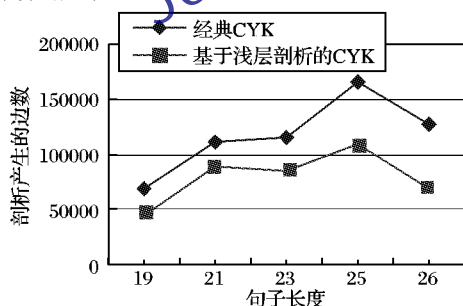


图4 算法复杂度对比

从实验结果来看,中文的句法分析是一项复杂的任务,关键在于汉语句法组合的灵活性和多样性,上述的分析结果也会受到底层分词标注以及句法知识积累的影响。

4 结语

浅层句法剖析是介于词法分析和整句剖析之间的一种轻型句法分析方法,体现了句法剖析的新思路,使得句法分析任务可以被分解为3个层面的子任务:组块识别、块内结构分析和组块间关系分析。本文首先利用 HMM 对短语组块进行识别,然后将 CYK 剖析算法作为块连接器(Attracker)剖析语块间的依存关系,最后合成完整的句法分析。实践证明,通过在

- [2] Unmanned aircraft systems roadmap 2005-2030 [EB/OL]. [2010-05-10]. http://www.fas.org/irp/program/collect/uav_roadmap2005.pdf.
- [3] 郭凤娟,张安,张耀中,等.高空无人侦察机生存力仿真研究[J].西北工业大学学报,2009,27(6):827-832.
- [4] 王旭,宋笔锋.一对一遭遇时飞机生存力-探测时间解析模型[J].航空学报,2008,29(4):914-918.
- [5] 童中翔,李寿安,叶广强,等.基于协商定权的飞机生存力评价体系研究[J].兵工学报,2007,28(4):508-512.
- [6] 李寿安,张恒喜,李曙林,等.飞机生存力评估与综合权衡方法研究[J].航空学报,2005,26(1):23-26.
- [7] 李曙林,李寿安,童中翔,等.战伤抢修对飞机生存力的影响分析[J].兵工学报,2005,26(6):795-797.
- [8] 史彦斌,张安,高宪军.自卫式电子干扰对突防飞机的生存力影响[J].电光与控制,2008,15(6):7-9.
- [9] 刘小龙,张永利.基于 MapX 的战场辅助决策系统可视化应用[J].火力与指挥控制,2007,32(9):101-104.
- [10] 张考,马东立.军用飞机生存力与隐身设计[M].北京:国防工业出版社,2002:18-53.
- [11] 田晶,杨玉珍,陈阳舟,等.基于 VC 和 MapX 的停车诱导信息系统软件开发[J].计算机工程与应用,2006,42(22):227-229.
- [12] MapInfo Corporation. MapInfo MapX developer guide v5.0 [EB/OL]. [2010-12-31]. http://reference.mapinfo.com/common/Docs/mapx/MapX_50_DevGuide.pdf.
- [13] 朱宝璠,朱荣昌,熊笑非.作战飞机效能评估[M].北京:航空工业出版社,2006:94-95.

语块层次上进行依存关系剖析,而非词语层面上,可以大大提高整体分析效率,达到降低句子分析难度的目的^[10]。这种将整个剖析任务分解为不同层面解决的策略越来越受到人们重视,今后对此将会进行更为深入的研究。

参考文献:

- [1] TSURUOKA Y, TSUJII J. Iterative CKY parsing for probabilistic context-free grammars [C]// Proceedings of IJCNLP 2004. Berlin: Springer-Verlag, 2005.
- [2] 李伟.现代汉语句型自动识别的研究[D].厦门:厦门大学,2007.
- [3] LU Q, ZHOU J, XU R-F. Machine learning approaches for Chinese shallow parsers [C]// International Conference on Machine Learning and Cybernetics. Washington, DC: IEEE, 2003:2309-2314.
- [4] TAN YONGMEI, YAO TIANSHUN, CHEN QING, et al. Applying conditional random fields to Chinese shallow parsing [C]// Proceedings of CICLing 2005, LNCS 3406. Berlin: Springer-Verlag, 2005:167-176.
- [5] 肖清梅.汉语组块识别的研究与应用[D].大连:大连理工大学,2009.
- [6] TAN YONGMEI, YAO TIANSHUN, CHEN QING, et al. Chinese chunk identification using SVMs plus sigmoid [C]// Proceedings of IJCNLP 2004, LNCS 3248. Berlin: Springer-Verlag, 2005:527-536.
- [7] FELDMAN R, SANGER J. 文本挖掘 [M]:英文版.北京:人民邮电出版社,2009.
- [8] OKHOTIN A. Boolean grammars [J]. Information and Computation, 2004,194(1):19-48.
- [9] MARTIN L, HANS L. To CNF or not to CNF? An efficient yet presentable version of the CYK algorithm [EB/OL]. [2010-05-10]. <http://www2.tcs.ifi.lmu.de/SeeYK/paper.pdf>.
- [10] 于静.汉语句子的组块识别研究[D].大连:大连理工大学,2008.