

机器博弈海战兵棋推演系统的设计实现

傅调平, 陈建华, 李微波

(海军兵种指挥学院模拟训练中心, 广东 广州, 510431)

摘要: 分析了基于机器博弈海战兵棋推演的基本思想, 介绍了机器博弈海战兵棋推演系统的设计方法, 包括棋盘表示、兵力表示、规则设计、态势评估和搜索策略等, 实现了基于机器博弈的海战兵棋推演系统, 并进行实例仿真分析, 以某红蓝海军编队为博弈对象, 进一步阐述了系统对海战兵棋推演的功能。

关键词: 机器博弈; 海战兵棋;

0 引言

机器博弈, 是一个挑战无穷、生机勃勃的研究领域, 是机器智能、兵棋推演等人工智能领域的重要研究基础。1997年5月在美国, IBM“深蓝”计算机战胜世界棋王卡斯帕罗夫; 2006年8月在中国, 浪潮天梭服务器与东北大学棋天大圣软件结合战平了“中国象棋第一人”许银川, 这表明机器的思维能力, 至少是逻辑思维能力, 在某一个特定的领域和问题上已经可以和人类天才相抗衡。可以推断, 机器博弈在战争领域具有更为广泛的应用前景, 其对新战法的指导与检验作用不言自明。

1 基于机器博弈海战兵棋推演的基本思想

海上编队作战面临各种武器发射平台发射武器的袭击。现代海上作战中, 作战平台主要包括各种水面舰艇、轰炸机、潜艇等, 这些平台在进行各种战斗活动时, 遵循规定的战斗基本原则。无论是主动攻击还是被动防御, 正确的机动是形成有利态势的前提, 只有在接敌和展开阶段实施正确的机动, 才能保证形成有利的对敌态势。水面舰艇的编队对抗作战, 在时间允许的情况下, 及时、合理的机动可以保障编队作战武器和电子战器材发挥最佳效能, 从而提高编队整体的防御作战效率。

随着科学技术和计算机技术的飞速发展, 计算机技术在军用领域的应用不断扩大, 军队训练方式将以仿真环境为主。西方军事科学经历了 200 余年的严格格式兵棋应用过程, 顺理成章的从严格格式兵棋发展出了电脑兵棋, 在得到运筹分析和虚拟现实技术的升级后, 成为既有兵棋推演, 又有运筹分析的战场仿真完整体系。

美军兵棋推演的开创者威廉·迈克卡蒂·利特尔强调“判断谁输谁赢只是一瞬间, 但要尽一切可能详细地弄清究竟是什么导致了成败才极其重要”。过去的战例学习已经无法跟上装备水平发展前进的步伐, 新战法的应用在实战检验之前进行无数次的重复推演成为研究战法的有效工具。兵棋设计和推演海上作战过程, 可以“在实验室中学习战争”, 是现代技术和战争艺术的结合。

兵棋计算机博弈所需要的最基本的知识内容(元知识)就是走棋的“着法规则”和判断棋局好坏的“审局标准”(量化)[1]。从兵棋推演的活动来看, 其核心目的是通过对作战活动的模拟来培养和训练指挥员的谋略[2], 兵棋所需要的知识内容也就是战斗单位的“战术行动规则”和判断战争态势孰优孰劣的“态势评估”。

战争本身就是一个激烈的敌我对抗、相互博弈的过程, 用兵棋模拟战争, 至少应具备以下几个部分:

- (1) 符合特定战场环境的兵棋地图, 即棋盘。并采用便于体现战争状态的方式进行棋盘表示。
- (2) 符合战术要求的着法规则, 以使博弈公正的进行, 判断博弈双方是否乱走。
- (3) 遵照着法规则, 按照一定的搜索策略, 从所有合法的着法中选择最佳的着法。
- (4) 一种评估局面优劣的方法, 用以同上面的技术配合做出智能的选择。

兵棋可以对海战进行模拟与推演预测, 它的基本特征是“定量分析”。无论是敌方的导弹攻击还是战斗攻击机的突击, 其战术意图反映在战术行动中。各空袭武器平台根据自身的战术技术性能, 在进行相互协

同作战时，通常编成不同的战斗队形，达到整体作战能力最优的效果。

2 机器博弈海战兵棋推演系统设计

机器博弈海战兵棋推演系统设计可以通过编制软件代码来实现，软件设计的好坏直接影响到仿真模型的实现和代码效率与可维护性。仿真系统的功能是通过作用在（各种复杂度不一的）数据结构上的一系列加工处理实现的，这些加工处理的过程是由静态的算法或者动态的操作命令确定的。在面向对象的软件系统中，这些数据结构和作用在其上的一组处理过程被封装为一个对象，并且把具有相同的数据结构和操作的一组对象用类定义，而把具体的对象称为其类的一个实例[3]。

一个逼真的基于机器博弈的海战兵棋系统必须反映作战使命空间的基本运行规律和特征。对系统内特定的模拟实体而言，一方面，它的属性必须准确描述原型实体的某些侧面，并且与模拟目的密切相关；另一方面，它的动态行为必须准确描述两个方面的影响：其一是实体行为对系统状态的影响，即行为的效果；其二是系统状态对实体行为的影响，即行为的选择[4]。基于机器博弈的海战兵棋系统主要由舰艇兵力模型、战场空间模型、搜索估值模型等组成，如图1所示。

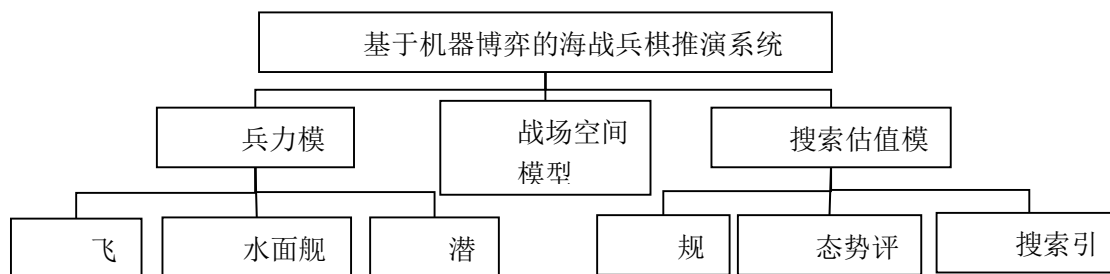


图1 海战兵棋推演系统组成框图

2.1 棋盘表示

兵棋的棋盘是兵棋地图(Wargame Map)。兵棋地图是对阵各方展开作战行动的场所，对阵各方的兵力都放在一定的棋格里[5]。兵棋使用的地图可按照真实的地形依比例尺专门绘制，也可以直接使用军用地形图。为了精确地反映舰艇位置，通常需将地图栅格化，如图2所示。

2.2 兵力表示

红蓝双方的兵力部署根据编成方案不同而不同。每个兵力的静态属性包括估值属性(Value)、攻击力属性(Attack)、防御力属性(Protection)等基本静态属性，其中估值属性又细分为基本估值属性(BaseValue)和可变估值属性(FlexibleValue)。基本估值主要是根据作战兵力类型的不同，相应赋予的基本估值也不同，如假定某型护卫舰的基本估值为250，某型航空母舰对应的基本估值为1000，显示出该型航空母舰的重要性远远大于该型护卫舰；可变估值主要是针对战场空间规模大小及参战兵力配置的情况，不同类型的作战兵力占据不同的战场空间位置时，相应的估值属性就会得到提升或削减。

攻击力属性与防御力属性是相对于整个战斗局面而言的，单个兵力兵器的攻击力和防御力是构成整体攻击力和防御力的基础，而不同的兵力兵器具有不同的攻击力和防御力，在编队防空作战过程中，不同舰艇之间的区别主要是不同类型舰艇的兵器毁伤概率和打击范围的区别，从而导致攻击力和防御力的大小和范围有所不同，如假定某型护卫舰攻击力为200，某型航空母舰攻击力为500，这表明航空母舰的攻击力远远大于护卫舰的攻击力；如假定某型护卫舰能防御30公里内的空中目标，某型驱逐舰能防御90公里内的空中目标，表明该型驱逐舰的防御力大于护卫舰，同时也说明在该型驱逐舰90公里范围类的目标受到保护。不同的兵力占据不同的位置形成了不同的战场态势，从而双方的优劣也在不断地变化之中，棋局则代表了整个战局的静态评估，这也是符合集中优势兵力、保存自己的战术原则的。

2.3 规则设计

每个兵力的动态行为包括机动和攻击两种行为，对海战进行仿真是兵棋设计的基本原则，其最大特点

就是每战一棋，因此，兵力的行动规则应尽量符合各武器平台的行动特点与作战规则，设计一个 CMoveGenerator 类，对各种类型的武器平台行动规则进行概略封装，简述其要点如下：

- (1) 博弈双方分别执不同颜色的兵力，轮流机动或者攻击。
- (2) 机动时兵力移动到指定位置，攻击时被攻击兵力从棋盘拿掉。
- (3) 棋盘上有兵力占据的位置不能有其他兵力机动到该点。

.....

2.4 态势评估

鉴于计算机的运算能力仍然十分有限，在博弈过程中不可能一直搜索到分出输赢的那一步，在有限搜索深度的末端，采取静态评估的方法，来估计每一时刻局面的优劣。在兵棋推演中，所有实体数据值都具有相对性的含义，而非绝对性含义。估值函数综合考虑编队内部各武器平台的综合性能，然后把对抗一方的各舰艇估值叠加在一起，就构成了该方的估值总和，从若干角度评价某一态势博弈双方的优劣程度。其中，舰艇的估值与舰艇的型号、舰员素质、所处的战略位置、舰载武器装备状态等因素有关，航空器材的估值与航空器材的类型、所处的战略位置、机载武器装备状态等因素有关[6]。

兵力基本估值相对大小参考相关兵力的作战估值，在程序中定义如下：

```
#define BASEVALUE_hangkongmujian    1000 //航空母舰，基本估值 1000
#define BASEVALUE_daodanquzujian    500 //导弹驱逐舰，基本估值 500
#define BASEVALUE_daodanting        300 //导弹艇，基本估值 300
```

为了区分不同兵力平台的估值大小，用基本估值粗略反映了各平台之间相对的估值大小，同时，为了反映出平台在战场空间所占据位置优劣的区别，引进了可变估值这一变量，根据该兵力平台在战场空间所占据的战场位置，其受攻击情况、受保护情况及攻击情况调整其可变估值的大小，具体的技术实现方案是它在某一战场空间位置，如受敌方攻击的兵力数为 n_0 ，受己方保护的兵力平台数为 n_1 ，该平台能够攻击敌方兵力数为 n_2 ，则该兵力平台的可变估值如下：

$$V_{iFV} = n_1 + n_2 - n_0 \quad (1)$$

根据某一方所有兵力的所有估值之和，可以得到该方的估值总和，以下以蓝方为例：

$$V_{BlueV} = \sum_{i=1}^N (V_{iBV} + V_{iFV}) \quad (2)$$

其中， V_{iBV} 表示蓝方第 i 个武器平台的基本估值(具体兵力基本估值的大小见附录 A)； V_{iFV} 表示蓝方第 i 个武器平台可变估值。

以下为海战兵棋系统中态势评估的代码。

```
int CEvaluation::Evaluate(BYTE byChessBoard[][21], BOOL bIsRedTurn)
{//扫描棋盘，找出每一个兵力，及其威胁/保护的兵力
for(i=0;i<17;i++)
{for(j=0;j<21;j++)
{if(byChessBoard[i][j]!=NOCHESS)//扫描某一位置上有兵力的情况
{bySourceChess=byChessBoard[i][j];//取兵力类型
GetRelatePiece(byChessBoard, j, i);//找出棋盘上[i][j]兵力所有可能着法
for(k=0;k<nPosCount;k++)//对每一目标位置
{byTargetChess=byChessBoard[RelatePos[k].y][RelatePos[k].x];
if(byTargetChess==NOCHESS)
m_FlexibilityPos[i][j]++;
else//有兵力(代表是攻击)
{if(IsSameSide(bySourceChess, byTargetChess)) //目标受保护
```

```

m_GuardPos[RelatePos[k].y][RelatePos[k].x]++;
else//敌方兵力
{m_AttackPos[RelatePos[k].y][RelatePos[k].x]++;//攻击能力加1
m_FlexibilityPos[i][j]++;//灵活性增加1
switch(byTargetChess)//分析敌方舰艇
{
    case R_zhihuijian://红方指挥舰
if(!bIsRedTurn)//轮到蓝方兵力行动
return 18888;//返回蓝方最大值
case B_zhihuijian://蓝方指挥舰
if(bIsRedTurn)//轮到红方行动
return 18888;//返回红方最大极值
default:
m_AttackPos[RelatePos[k].y][RelatePos[k].x]+=(30+((m_iChessBaseValue[byTargetChess][i][j]
-m_iChessBaseValue[bySourceChess][i][j])/10))/10;
break;
}}}}}}

```

我们在 CEvaluation 类中定义了估值核心类，这是评价一个战场局势优劣的核心代码。CEvaluation 包括了估值函数和被估值函数所调用的变量以及判断舰艇间关系的函数。

2.5 搜索策略

战争是一门博弈艺术，参与作战的双方都力争在战争中获取尽可能大的成果，而尽可能地降低自己在作战行动中所付出的代价。近几十年来，博弈树搜索算法研究取得了很大的进展，其中包括基本的 Alpha-Beta 搜索、Transposition Table、迭代深化、空窗搜索、历史/杀手启发等一系列方法[7]。把这些方法单独或者结合使用，将在很大程度上提高博弈树的搜索效率。

(1) 作战决策的依据

海战机器对抗机器方自主做出作战决策是通过搜索各个可能的作战行动，计算在这些行动下蓝红双方（即机器方和受训方）战斗剩余舰艇的总估值差值：

$$V_{DeciV} = V_{BlueV} - V_{RedV} \quad (3)$$

对上述差值进行综合搜索评估，选择取最大值的节点做出作战决策。VBlueV 和 VRedV 计算见（2）式。我们在 CSearchEngine 类中定义了搜索决策核心类，这是对一战场态势做出决策行动的核心。

(2) 历史启发在决策中的使用

Alpha-Beta 搜索的剪枝效率，几乎完全取决于节点的排列顺序。在节点排列顺序处于理想状态下，Alpha-Beta 搜索需遍历的节点数仅为极大极小搜索建立节点数的平方根的两倍左右，即：

$$N_{min} = 2 \times \sqrt{N_T} \quad (4)$$

其中，NT 为极大极小搜索所需建立的总节点数的平方。

因此，如何调整待展开的作战行动方案排列的顺序，是提高搜索效率的关键。根据部分已经搜索的结果来调整将要进行搜索的节点顺序是一种方法。通过建立各个作战行动方法的历史得分模型，在搜索的过程中，每当找到一个好的作战行动方案，就将与该作战行动方法对应的历史得分作一增量，一个多次被搜索并确认为好的行动方法的历史得分就会较高。当搜索中间节点时，将行动方法根据其历史得分排列顺序，以获得较佳排列顺序。

3 海战兵棋系统实现

海战兵棋系统是在 Microsoft Visual C++6.0 开发环境下编制完成的，程序运行后出现的主界面如图 13 所示。

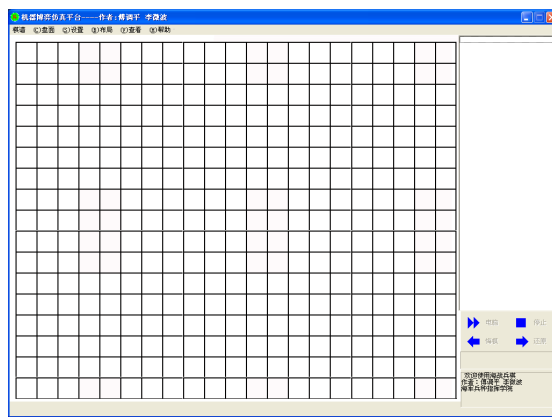


图 2 海战兵棋推演系统主界面

在海战兵棋系统主界面上主要包括对有关信息的设置、战场实体的显示、实验过程中有关主要动作以及实验结果的显示等。红蓝各方的兵力部署及行动信息，表示为兵力在棋盘上的布局；右侧显示攻防对抗过程中红蓝双方的行动情况。此外，根据不同的要求可以设置机器博弈初始信息，如图 3 所示。

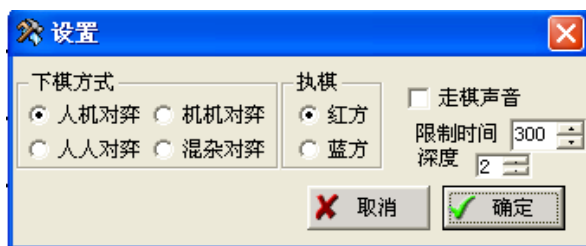


图 3 机器博弈初始设置界面



图 4 机器博弈初始兵力设置界面

在机器博弈初始设置界面中，可以设置对弈方式，包括人机对弈、机机对弈、人人对弈和混杂对弈，可以设置执子方为红方或者蓝方，还可以设置搜索深度及限制时间，主要根据对方的作战指挥水平设置相应的限制时间和搜索深度，作战指挥水平越高，则对应的搜索深度越深，限制时间越大。

在初始设置机器博弈参数中，还可以根据需要设置相应的对抗兵力，如图 4 所示，如红方可以设置兵力包括两栖攻击舰、驱逐舰、护卫舰、潜艇、船坞登陆舰、登陆舰、直升机等。如果红方设置有潜艇兵力，则蓝方在未探测到潜艇之前是不知道红方有潜艇兵力存在的，即在态势评估当中，会漏估红方潜艇兵力。如果蓝方设置有潜艇兵力，则红方在未探测到蓝方潜艇前也是不知道蓝方存在潜艇兵力。图上显示红方可以看到己方潜艇，却不知道蓝方是否存在潜艇，但是可以通过探测发现对方潜艇。

从上述内容可以看出，海战兵棋系统为编队防空队形变换提供了试验平台，主要通过对方的战术机动判明其战术机动意图，分析其可能威胁的方向，从而进行编队队形变换，打乱或者打破对方的战术意图。

为了进一步阐述海战兵棋系统仿真编队对抗的过程，这里假设红方舰艇编队，在某海域遭遇蓝方舰艇编队。假设机器方为蓝方，准备对红方编队进行袭扰和拦截作战。蓝方海军空袭舰艇编队采用水面舰艇独立突击。

根据以上分析，对弈初始态势局面如图 5 所示（图中舰艇只区分红蓝，不区分舰艇类型）。

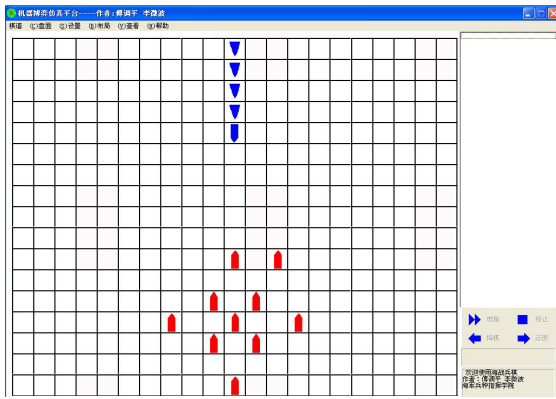


图5 机器博弈实例仿真界面

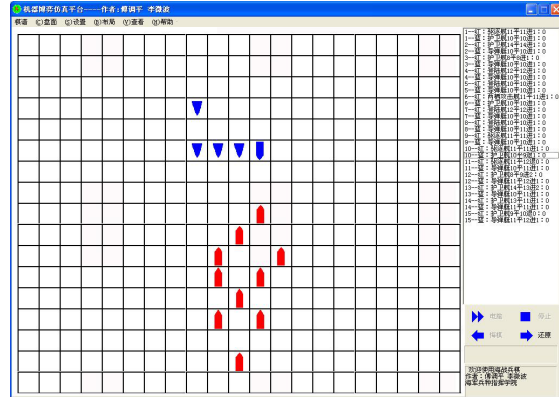


图6 蓝方兵力展开图

当蓝方采用航渡队形探测到红方目标时,开始引导导弹艇进行预先展开,但必须位于红方驱逐舰攻击范围之外。当蓝方护卫舰进入红方驱逐舰攻击范围内时,会采取规避措施。此时,红方驱逐舰就会暴露于蓝方的导弹攻击艇攻击范围内,因此必须采取规避措施,同时,探知蓝方正在形成单横队的导弹齐射队形,必须进行重点方向的对空防御,如图6所示。

此后,根据2.3节中的着法规则,双方进行攻防对抗,直至一方取得胜利。

4 小结

机器博弈,是一个挑战无穷、生机勃勃的研究领域,是机器智能、兵棋推演等人工智能领域的重要研究基础。阐述了基于机器博弈海战兵棋推演的基本思想,分析了机器博弈海战兵棋推演系统的设计方法,包括棋盘表示、兵力表示、规则设计、态势评估和搜索策略等,实现了基于机器博弈的海战兵棋推演系统,并进行实例仿真分析,以某红蓝海军编队为博弈对象,进一步阐述了系统对海战兵棋推演的功能。

参考文献:

- [1]. Peter Perla. The Art of Wargaming, A Guide for Professionals and Hobbyists[M].Annapolis:The United States Naval Institute,1990.
- [2]. 孔令丰,曹晓东.作战模拟系统军事规则研究[J].计算机仿真,2004,(10):1-3,转 24.
- [3]. 余小涛,李德华,潘莹.兵棋地图快速数字化算法的研究与实现[J].计算机与数字工程,2010,(11):52-54,转 75.
- [4]. 杨伦,彭春光,黄健,黄柯棣.兵棋推演中地形量化算法研究与实现[J].计算机仿真,2008,25(9):96-99.
- [5]. James F Dunnigan.the Complete Wargames Handbook[Z].USA: Universe Incorporated,1997.
- [6]. 傅调平,陈建华,刘玉树.基于智能主体的海战仿真平台设计与实现[A].系统仿真技术及其应用学术交流会议论文集[C],2005.
- [7]. 王小春.游戏编程(人机博弈)[M].重庆:重庆大学出版社,2002.