

# 基于地面移动作战平台的战场信息数字化建模 及其可视化研究<sup>(V1.0 2018.3.26)</sup>

陈庆武

**摘 要：**在以地面移动作战平台为主的陆地战场上，如何高效地管理和利用复杂战场信息进行决策至关重要。本文以模拟战场环境下小型地面移动平台对抗为研究对象，以矩阵为基础工具建立模型，对战场信息进行数字化处理，进行相关实体建模、事件建模，对实际可能存在的情况进行状态离散、信息分离和重组等量化操作，实现多维度动态信息解耦与耦合，最后利用 Python 语言进行代码实现，并利用 Pygame 实现动态信息实时可视化。

**关键词：**地面无人作战平台；数字化战场；信息解耦与耦合；矩阵；可视化

**中图分类号：**E917（军事系统工程学） TP301.6（算法理论）

**文献标识码：**A

## 1 引言

在复杂的战场环境下，决策者在具有空间、时间、事件等多维复杂度的战场环境下进行高效的决策制定的前提条件是建立有效的信息管理机制，随着人工智能的兴起，如何利用传统算法与神经网络相结合为机器赋能并提供决策辅助也需要高效能的战场信息管理。国内外学者提出一系列数字化战场<sup>[1]</sup>的概念，如美军的全球信息栅格(global information grid, GIG)和通用作战图(common operational picture, COP)概念<sup>[2]</sup>，国内学者的“数字地球”<sup>[3]</sup>、“战场透明”<sup>[4]</sup>、“数字化合成营”<sup>[5]</sup>等，均旨在达到战场信息的网络化、数字化、一体化、透明化和可视化，选择信息的合理组织方式，以达到信息的快速检索和使用。

针对上述停留在概念上的“数字化战场”，本文通过构建模拟战场环境，以地面无人移动平台对抗为下研究对象，以矩阵为工具建立战场信息数字化模型，实现多维度动态战场信息的解耦与耦合，最后利用 Python 进行代码实现和信息可视化，验证模型的可行性与信息组织管理的高效性。

## 2 背景

### 2.1 课题概述

由于实际战场环境通常具有面积大、地形多样等特征，实际战斗单位例如坦克、装甲车等具有体积大、运行开销大等不利于本课题早期研究等特点，本文通过构建小型地面无人移动平台和模拟战场，在此基础上展开进一步研究。

模拟战场为 8m×5m 的矩形区域如图 1 所示，其中包括红蓝双方的启动区，高为 400mm 的障碍区，奖励区等场地元素。

使用小型化地面无人移动机器人模拟实际战斗场景下使用坦克等战斗单位，其结构如图 3 所示，尺寸大小为 500mm×500mm×500mm，具有全向移动麦克纳姆轮底盘，车载两轴云台和 17mm BB 弹发射机构，机体周围安装有四片打击检测装甲模块用以检测到子弹击打的力度，云台上安装有视觉传感器模块，可以识别敌方机体的装甲，以下简称该机器人为智能体。

红蓝双方各两个战斗单位从各自的启动区域出发，在场地中通过互相发射 17mm BB 弹进行战术对抗，打击预装在机体上的装甲模块，装甲模块通过检测子弹打击力度进行智能体健康值衰减仲裁操作，每台智能体初始健康值为 1500，当装甲模块检测到子弹打击，则该

智能体健康值减少 50，当一方智能体健康值全为 0 时，则另一方被判胜。

本课题旨在为智能体在战场中进行自主无人化作战的控制算法设计提供系统仿真和信息前处理操作。

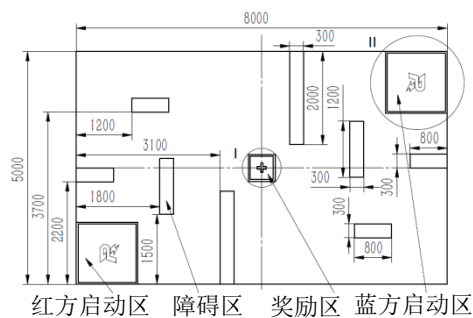


图 1 场地图纸

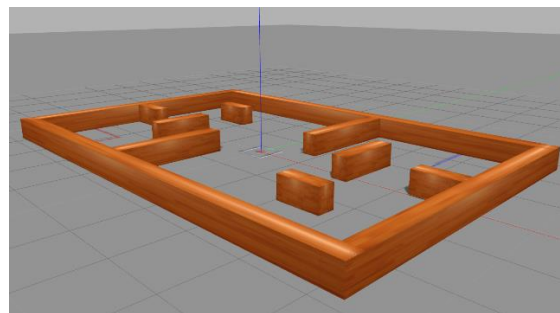


图 2 场地三维图

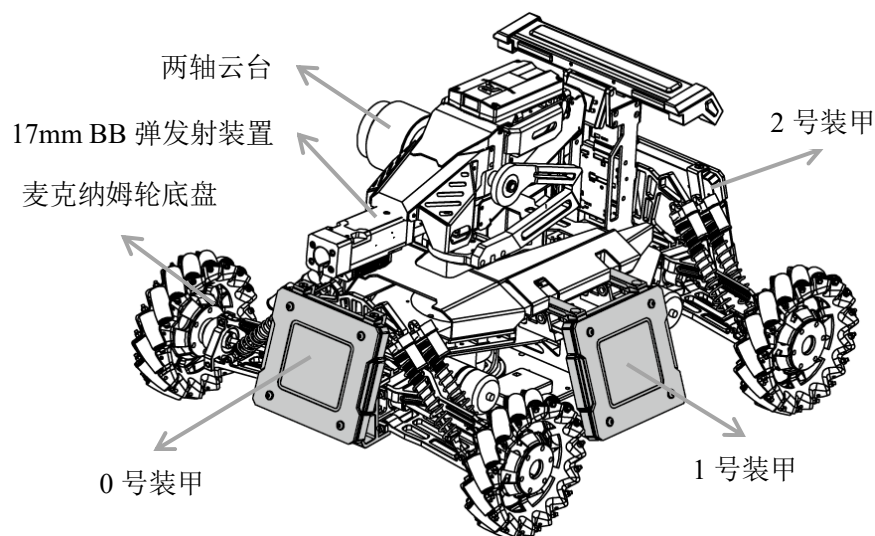


图 3 机器人模块说明



图 4 机器人实体

## 2.2 战场信息数字化的重要性

由于战场上智能体动作的连续性导致其状态的复杂性远超整个宇宙中原子数目的状态数，要想为智能体赋予人工智能，必须像 AlphaGo<sup>[6]</sup>那样为计算机赋予抽象思维的能力。从量化的角度考虑，怎样设计一个数学模型，使得上述对抗问题的维数可以得到量化至关重要。经过量化后的数学模型需要将该问题从空间复杂度、时间复杂度、任务复杂度上进行信息解耦，并在某些算法的实施时快速地将解耦之后的信息按照特定的需求进行耦合。如何设计一

个信息可松散耦合的数学模型来泛化实际中可能出现的情况是进行算法设计及验证的前提条件。

### 3 实体建模

#### 3.1 战场场地

忽略场地图案等相关次要因素，用  $80 \times 50$  的二维矩阵表示  $8000\text{mm} \times 5000\text{mm}$  的三维赛场，如图 5 所示，矩阵上每一个元素对应地图上  $100\text{mm} \times 100\text{mm}$  的空间区域，其中 0 代表自由区域（白色），-1 代表障碍区（灰色），1 代表奖励区（绿色），黄色区域为坐标索引值。

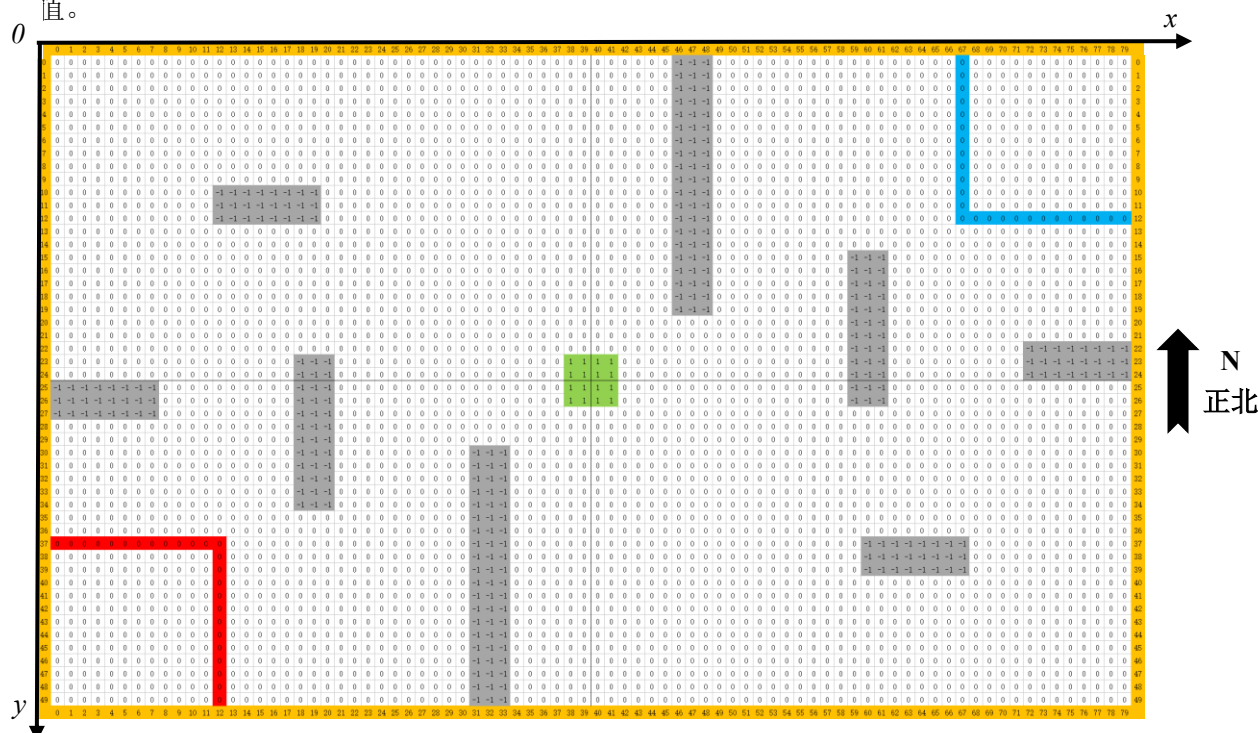


图 5 地图信息矩阵 ( $80 \times 50$ )

#### 3.2 智能体姿态信息

##### 3.2.1 智能体姿态信息

智能体具有平面平动、转动、云台俯仰多个自由度，为简化模型，将云台横滚轴与底盘运动固连，俯仰轴运动可以由根据视觉信息进行调整，在数学模型中可以隐藏此自由度，在本模型中，智能体有向左前方、前方、右前方、右方、右后方、后方、左后方、左方 8 个方向平动和向左、向右转向的能力。为了在模型中量化表示智能体的姿态，对姿态更新进行离散化处理，单次平动的更新距离为一个网格单位，单次转动的更新角度为  $45^\circ$ ，则智能体在场地中有 8 种姿态：车头指向西北、正东、东北、正东、东南、正南、西南、正西八个方向。

用  $5 \times 5$  的矩阵代表尺寸为  $500\text{mm} \times 500\text{mm}$  单个智能体在全局地图中的空间占有区域，如下所示，其中 2（红色）代表红方零号智能体装甲有效打击面，4（绿色）代表车体其他部位，红色外围区域 0（白色）代表自由区域，内部 0（白色）是为指示车体姿态而设立的，从右上角 0 号矩阵开始，按顺时针方向，序号依次递增为红方零号智能体对应上文八种姿态的矩阵表示。

0	0	2	0	0
0	2	6	2	0
2	6	0	0	2
0	2	0	2	0
0	0	2	0	0

图 6 0 号矩阵（西北方向）

6	2	2	2	6
2	6	0	6	2
2	6	0	6	2
2	0	0	0	2
6	2	2	2	6

图 7 1 号矩阵（正北方向）

0	0	2	0	0
0	2	6	2	0
2	0	0	6	2
0	2	0	2	0
0	0	2	0	0

图 8 2 号矩阵（东北方向）

6	2	2	2	6
2	6	6	0	2
2	0	0	0	2
2	6	6	0	2
6	2	2	2	6

图 9 7 号矩阵（正西方向）

红方零号智能体  
姿态矩阵

6	2	2	2	6
2	0	6	6	2
2	0	0	0	2
2	0	6	6	2
6	2	2	2	6

图 10 3 号矩阵（正东方向）

0	0	2	0	0
0	2	0	2	0
2	6	0	0	2
0	2	6	2	0
0	0	2	0	0

图 11 6 号矩阵（西南方向）

6	2	2	2	6
2	0	0	0	2
2	6	0	6	2
2	6	0	6	2
6	2	2	2	6

图 12 5 号矩阵（正南方向）

0	0	2	0	0
0	2	0	2	0
2	0	0	6	2
0	2	6	2	0
0	0	2	0	0

图 13 4 号矩阵（东南方向）

按照同样的方法对其余智能体单位的姿态进行矩阵化表示如下所示，

0	0	2	0	0
0	2	4	2	0
2	4	0	0	2
0	2	0	2	0
0	0	2	0	0

4	2	2	2	4
2	4	0	4	2
2	4	0	4	2
2	0	0	0	2
4	2	2	2	4

0	0	2	0	0
0	2	4	2	0
2	0	0	4	2
0	2	0	2	0
0	0	2	0	0

图 14 红方零号智能体姿态矩阵

0	0	3	0	0
0	3	6	3	0
3	6	0	0	3
0	3	0	3	0
0	0	3	0	0

6	3	3	3	6
3	6	0	6	3
3	6	0	6	3
3	0	0	0	3
6	3	3	3	6

0	0	3	0	0
0	3	6	3	0
3	0	0	6	3
0	3	0	3	0
0	0	3	0	0

图 15 红方一号智能体姿态矩阵

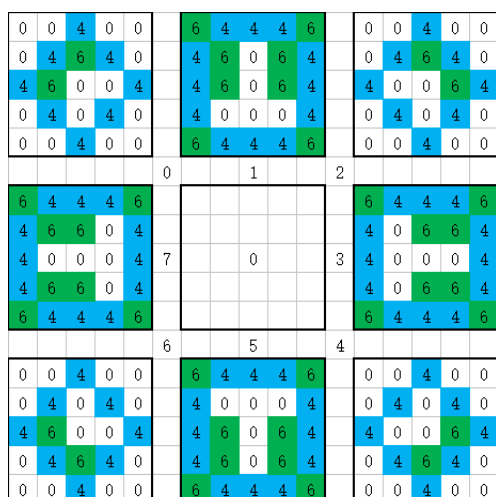


图 16 蓝方零号智能体姿态矩阵

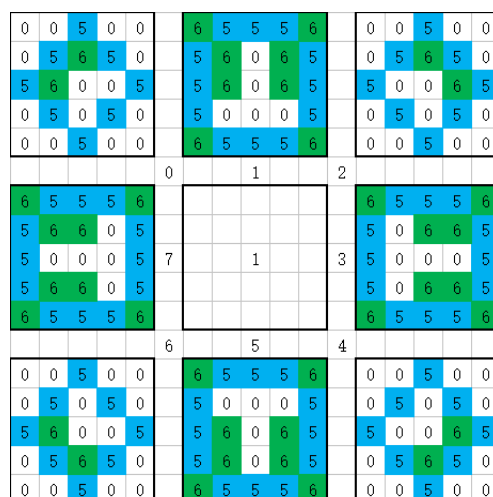


图 17 蓝方一号智能体姿态矩阵

### 3.2.2 智能体位置信息

智能体在全局地图中的位置  $x$  和  $y$  可用上文中智能体姿态矩阵的中心元素 (2,2) 在全局地图矩阵中的二维索引值表示。

## 4 事件建模

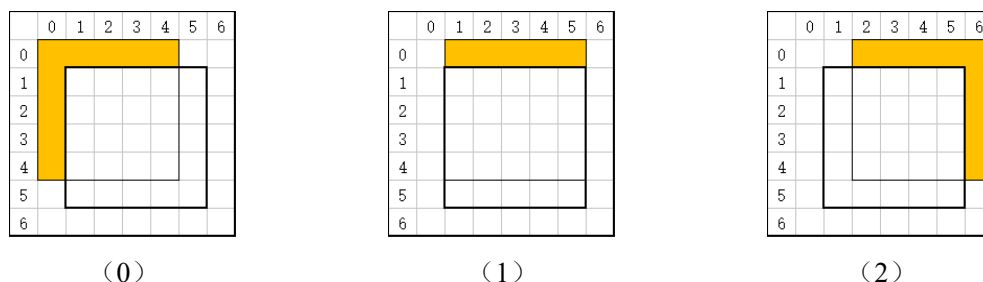
### 4.1 越界检测

现实世界中,智能体在给定场地中运行时,会发生与场地边界碰撞乃至越界的情况。在本模型中,每一个智能体执行完每一个平动动作之后,首先要考虑是否会发生越界情况,具体方法为,在全局地图矩阵中,假设智能体平动动作执行成功,取得新的坐标位置  $(x, y)$ ,通过判断  $(x, y)$  是否在全局地图矩阵的索引范围内,来达到越界检测的目的,如果在范围内,则不越界,进行下文中的碰撞检测以判断是否更新坐标位置;如果不在索引访问范围内,则判定智能体发生越界,本次平动无效,不再进行碰撞检测,智能体坐标位置不更新。

### 4.2 碰撞检测

智能体在场地中具有转动和平动能力,转动会使智能体的姿态发生变化,平动会使智能体的位置坐标发生变化。对于转动运动,上文已建好相对应姿态矩阵模型,对于智能体在场地中的平动,由于障碍物和其他智能体的存在,每一次动作执行之后,需要检测特定区域的空间占有情况,再更新智能体的姿态矩阵位置信息。假设智能体初始位置为图 18 黑色粗线框内  $5 \times 5$  矩阵,由于智能体具有八个平动方向,假设平动动作执行之后的新位置为表 1 图中的黑色细线框内  $5 \times 5$  矩阵,则黄色区域为对应平动动作执行之前需要进行碰撞检测的区域,如果该区域矩阵元素都为 0 (自由区域),则更新相对应智能体在全局坐标中位置,如果存在非 0 元素,则不更新智能体坐标。

表 1 智能体平动碰撞检测

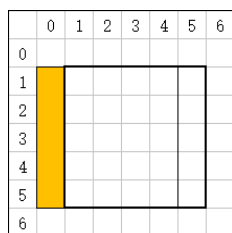


(0)

(1)

(2)





(7)

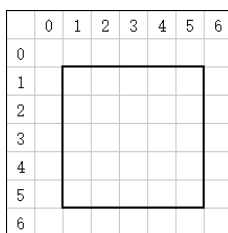
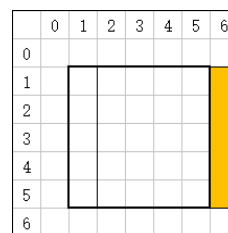
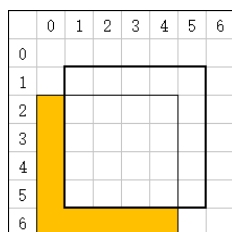


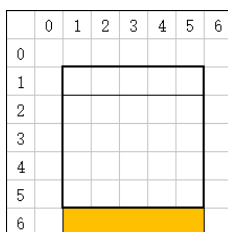
图 18 初始位置



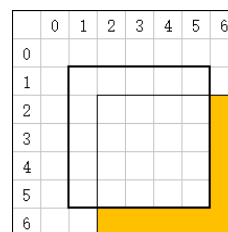
(3)



(6)



(5)



(4)

### 4.3 识别检测

智能体上的视觉传感器可以识别敌方装甲，经过处理可以得到敌方车辆的位置姿态信息，假设视觉传感器的有效检测距离为 2m 左右，视角为  $90^\circ$ ，为在模型中体现这一事件，引入在全局动态矩阵中遍历特定区域的检测方法检测敌方位姿，检测区域根据智能体位姿来确定。

例如以红方零号智能体为对象，在不同姿态的情况下对应的识别检测区域如下所示，图中除智能体矩阵外的红色区域为不同姿态下的检测区域。对应区域进行识别检测时的具体操作为：在全局地图矩阵中，由离智能体位置（中心元素在全局地图矩阵中的二维索引）向检测区域辐射以欧式距离为标准逐层取全局地图矩阵中对应索引位置的元素值，如果元素值为 4 或 5（蓝方智能体智能体装甲有效打击点），则在红方视野中更新对应蓝方智能体的位姿信息，具体操作为红方视野信息矩阵与该蓝方独立智能体位姿矩阵相加即得到更新的红方视野信息矩阵，如果元素值为非 0（自由区域）和 1（奖励区域），则相应缩小检测区域，此区域检测及视野信息矩阵更新方式同样适用于蓝方。

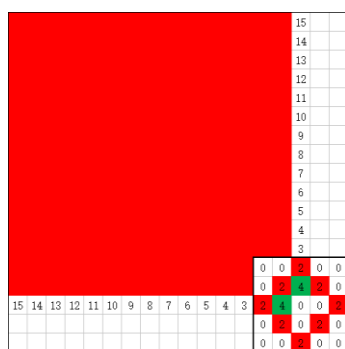


图 19 0 号姿态矩阵检测区域

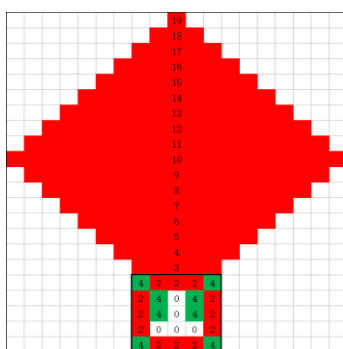


图 20 1 号姿态矩阵检测区域

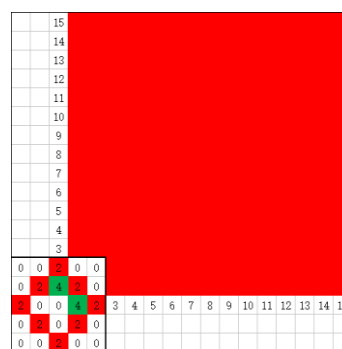


图 21 2 号姿态矩阵检测区域

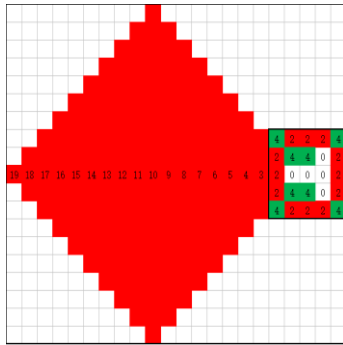


图 22 7 号姿态矩阵检测区域

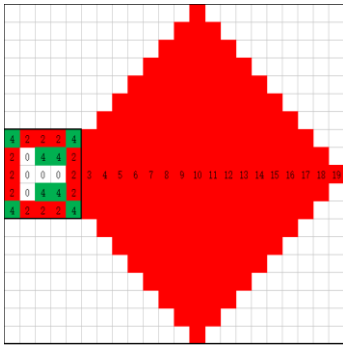


图 23 3 号姿态矩阵检测区域

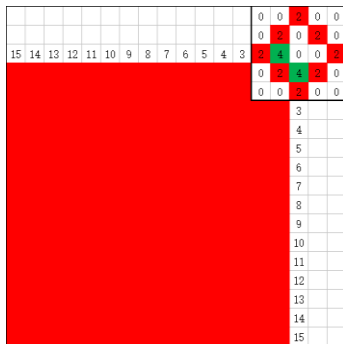


图 24 6 号姿态矩阵检测区域

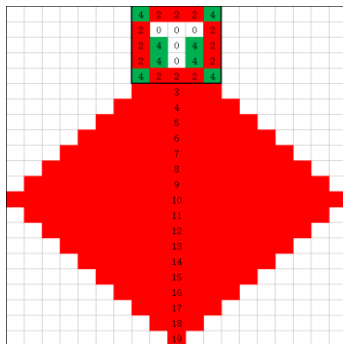


图 25 5 号姿态矩阵检测区域

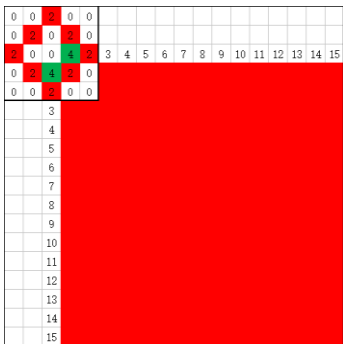


图 26 4 号姿态矩阵检测区域

## 5 多维度动态信息解耦与耦合

### 5.1 独立智能体位姿信息矩阵

独立智能体位姿信息包括位置和姿态信息，每个智能体用一张  $80 \times 50$  的二维矩阵表示其位姿信息，并在对应的位置（姿态矩阵中心元素在全局地图矩阵中的索引）放置相对应的姿态矩阵，图 27 至图 30 分别对应表 2 智能体位姿信息，图中黄色区域为坐标轴，每当执行动作时，进行前文所述越界检测和碰撞检测之后，再更新对应独立智能体位姿信息矩阵。

表 2 智能体位姿信息

智能体	位置坐标 (x,y)	姿态 (编号)
红方零号	(8,41)	正北 (1 号矩阵)
红方一号	(8,47)	正东 (3 号矩阵)
蓝方零号	(71,8)	正南 (5 号矩阵)
蓝方一号	(71,2)	正西 (7 号矩阵)

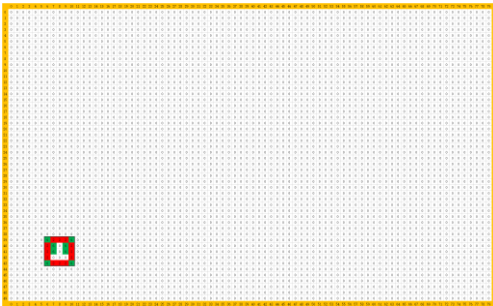


图 27 红方零号智能体位姿矩阵

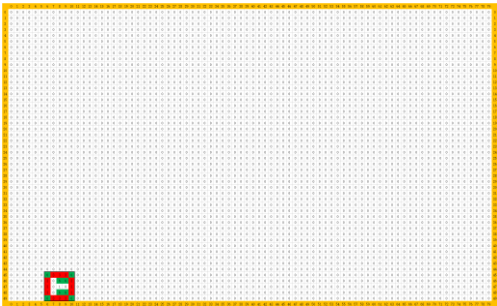


图 28 红方一号智能体位姿矩阵

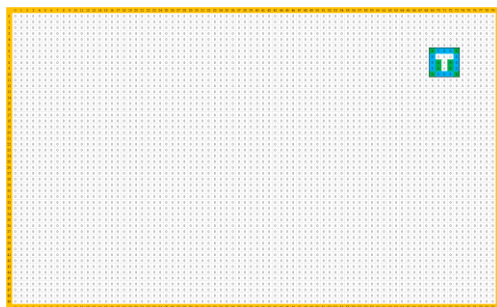


图 29 蓝方零号智能体位姿矩阵

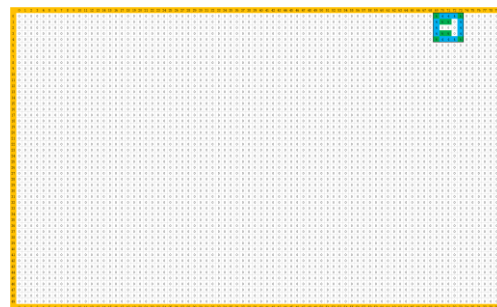


图 30 蓝方一号智能体位姿矩阵

## 5.2 双方视野信息矩阵

双方视野信息矩阵主要用来表示作战双方对视野的掌控情况,其包含的基本内容为全局地图信息矩阵与该方所有智能体位姿矩阵的叠加,若敌方智能体被识别检测到,则将对应该敌方智能体位姿矩阵叠加至视野信息矩阵,其更新逻辑如下图所示:

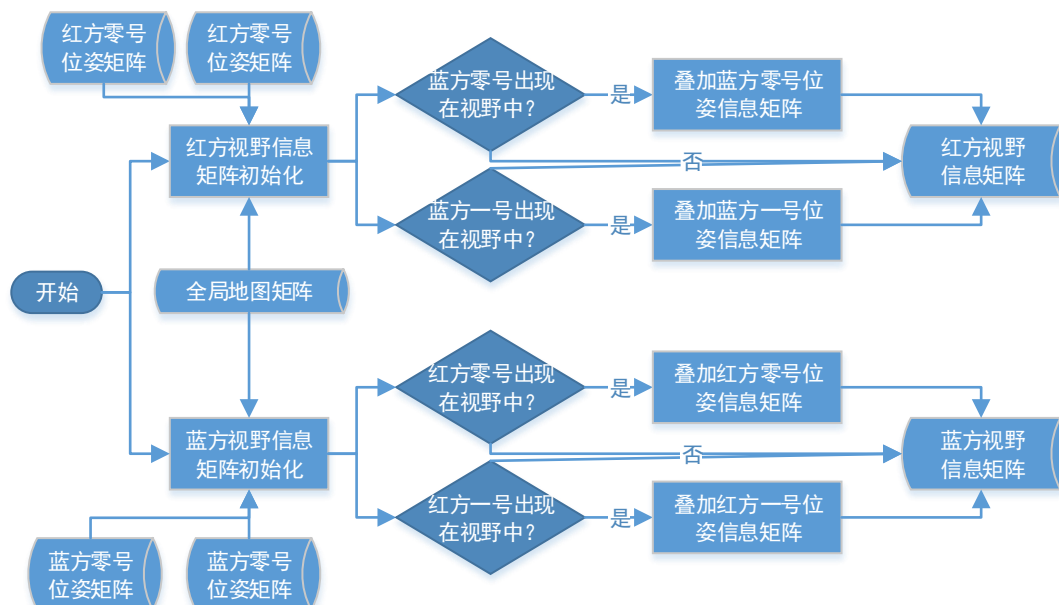


图 31 视野信息矩阵更新逻辑

## 5.3 全局动态信息矩阵

全局动态视野信息矩阵为各独立智能体位姿信息矩阵与地图信息矩阵相加(都是  $80 \times 50$  的二维矩阵,对应元素相加即可),将图 27 至图 30 独立智能体位姿信息矩阵与图 5 地图信息矩阵( $80 \times 50$ )相加得到的全局动态信息矩阵如图 32 所示。

表 3 全局动态信息矩阵 ( $80 \times 50$ )

全局动态信息矩阵	红方零号位姿矩阵
	红方一号位姿矩阵
	全局地图矩阵
	蓝方零号位姿矩阵
	蓝方一号位姿矩阵



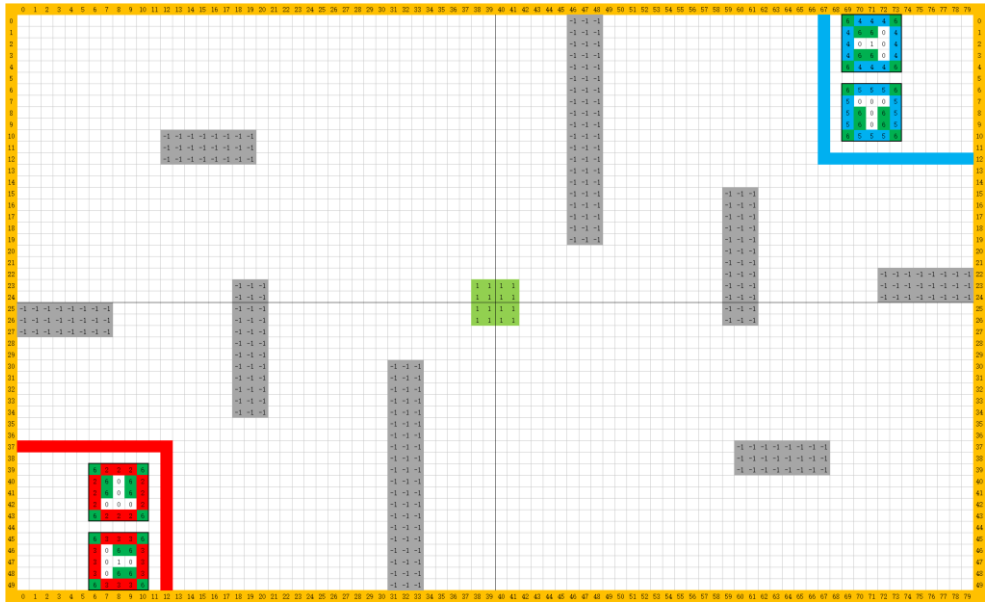


图 32 全局动态信息矩阵（80×50）

6 信息矩阵实时可视化

Pygame 是一个跨平台的 Python 模块集合，有丰富的色彩像素级操作函数。模型中建立的矩阵可用一定大小的图片表示，采用 400 像素×250 像素的图片表示 80×50 的二维信息矩阵，图片中每 5 像素×5 像素区域的颜色由对应二维信息矩阵的元素决定，元素值与颜色的对应关系如表 4 所示，多维动态信息解耦与耦合之后的信息矩阵使用 Pygame 进行可视化效果如错误!未找到引用源。所示。

表 4 信息矩阵可视化配置

80×50 二维 信息矩阵元素值	实体	像素区域颜色
-1	障碍区	黑色
0	自由区	白色
1	奖励区	浅绿色
2	红方零号智能体 装甲有效打击点	红色
3	红方一号智能体 装甲有效打击点	红色
4	蓝方零号智能体 装甲有效打击点	蓝色
5	蓝方一号智能体 装甲有效打击点	蓝色
6	车体	深绿色

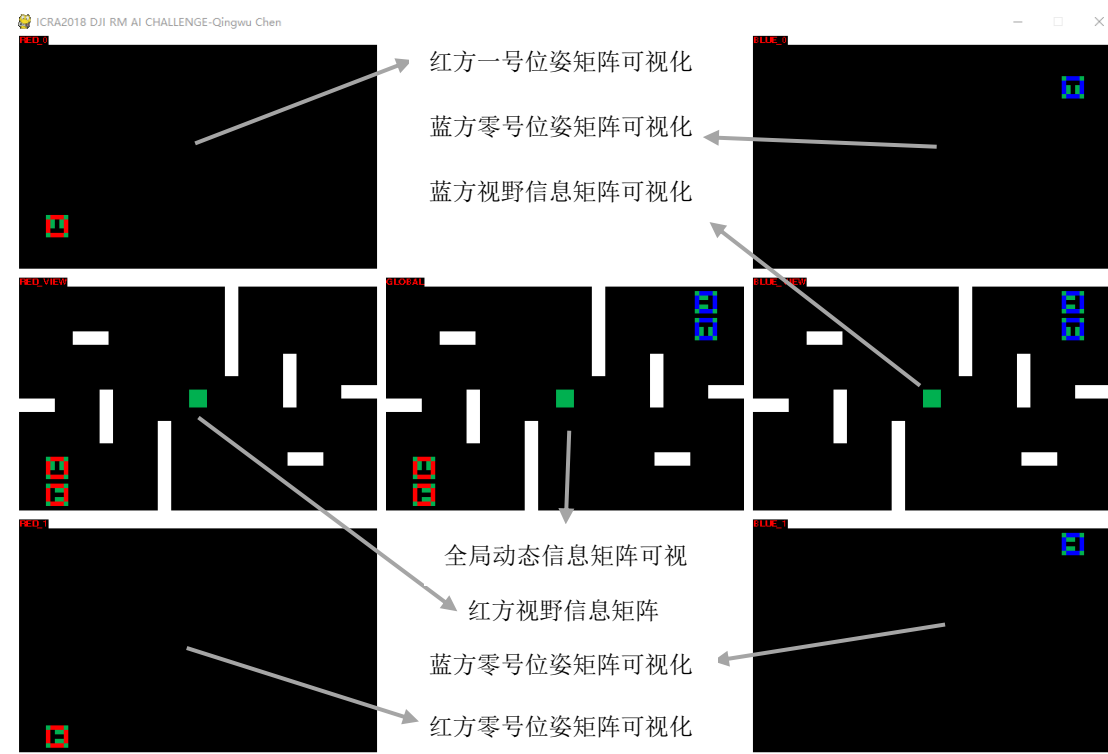


图 33 信息矩阵实时可视化界面

将实际场景问题离散数字化为信息矩阵之后,可以从信息矩阵的角度对问题进行精确量化的复杂度分析,下文将进行精确至以“百”为量级的问题复杂度简单分析,以说明上述利用矩阵进行战场信息数字化建立的矩阵模型潜在的科研用途。

对于红方独立智能体,单纯考虑其位姿矩阵,共有  $(80-4) \times (50-4) = 3496$  种可能位置,每种位置有 8 种姿态情况,将地图信息矩阵带入考虑,由于障碍区(-1)的存在,则独立智能体在全局地图中的位置情况大致有 3000 种;进一步考虑红方智能体,根据其视野信息矩阵,大致有  $3000 \times 2700 \div 2$  种可能位置情况,每种位置有 8 种姿态情况,对于这些可能存在的情况,蓝方智能体可以有相对应的动作来达到战胜红方的目的,在动作产生之前,需要进行一系列的决策:找到最佳攻击位置、找到最佳攻击姿态、找到全局最优路径、动态路径规划<sup>[7]</sup>等。在上述有限的状态空间里,一方面可快速部署传统的算法进行决策,另一方面也可通过将蓝方视野信息矩阵输入设计好的深度分层强化学习模型来训练智能体,或者设计大疆无人机智能导航技术总监&Robomasters 部门技术总监杨硕在“RoboMaster AI 挑战赛科研思路浅谈”一文中所提到的战术上的传统算法与 DRL 结合的混合控制、战略上的决策神经网络等<sup>[8]</sup>,以达到为智能体赋能的目标。

## 7 结束语

本文以小型化地面移动平台对抗赛为研究对象,以矩阵为基础工具建立模型对战场信息进行数字化处理,进行相关实体建模、事件建模,对实际可能存在的情况进行状态离散、信息分离和重组等量化操作,实现多维度动态信息解耦与耦合,最后利用 Python 语言进行代码实现,并利用 Pygame 实现动态信息实时可视化。

作者简介:陈庆武,男,1993 年,硕士研究生,主要研究方向为机器人学

Email: [820978255@qq.com](mailto:820978255@qq.com)

代码链接: [https://github.com/jackychen227/ICRA2018\\_DJI\\_RM\\_AI\\_Challenge\\_Pygame](https://github.com/jackychen227/ICRA2018_DJI_RM_AI_Challenge_Pygame)

## 参考文献

- [1] 董明, 林李炬. 数字化战场[M]. 第1. 北京: 星球地图出版社, 2009.
- [2] 周彪, 杜鹏泉. 美军数字化战场分析研究[J]. 飞航导弹. 2017(06): 45-47.
- [3] 邹红霞. 基于数字地球的数字化战场建设[J]. 现代电子技术. 2013(08): 23-26.
- [4] 王雪平. “战场透明”背景下陆军数字化建设[N]. 学习时报, (2).
- [5] 张雅东, 郑岳明. 数字化合成营自主感知多维战场[N]. 解放军报, (1).
- [6] 唐振韬, 邵坤, 赵冬斌, 等. 深度强化学习进展:从AlphaGo到AlphaGo Zero[J]. 控制理论与应用. 2017(12): 1529-1546.
- [7] 董培方, 张志安, 梅新虎, 等. 引入势场及陷阱搜索的强化学习路径规划算法[J]. 计算机工程与应用. 2017.
- [8] 杨硕. RoboMaster AI 挑战赛科研思路浅谈[Z]. 2018: 2018.