

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Н. Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра дискретной математики и информационных технологий

**СТРАТЕГИИ АТАКИ САМОДВИЖУЩИХСЯ МИН
КУРСОВАЯ РАБОТА**

студента 3 курса 321 группы
направления 09.03.01 — Информатика и вычислительная техника
факультета КНиИТ
Голубкова Артема Анатольевича

Научный руководитель
доцент

В. В. Кирьяшкин

Заведующий кафедрой
доцент, к. ф.-м. н.

Л. Б. Тяпаев

Саратов 2025

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1 Описание алгоритмов движения	5
1.1 Жадный алгоритм (Greedy Attack)	5
1.2 Zigzag (зигзагообразное движение)	5
1.3 Spiral (спираль)	6
1.4 Flank (фланговая атака)	7
1.5 Random (случайное движение)	8
1.6 Gathering (сбор и атака)	8
1.7 Spiral Zigzag (спиральный зигзаг)	8
2 Анализ и графики	8
3 Возможности развития симулятора	8
3.1 Новые идеи для стратегий	8
3.2 Улучшения системы тестирования	8
3.3 Расширение модели противника	8

ВВЕДЕНИЕ

Цель работы: разработка, визуализация и анализ алгоритмов группового поведения автономных боевых роботов (самодвижущихся мин) для эффективного поражения одного или нескольких противников на условном поле боя.

Современное развитие робототехнических систем и искусственного интеллекта активно влияет на формирование новых подходов к ведению боевых действий, в которых ключевую роль играют автономные и кооперативные системы. Особенно перспективными являются исследования, связанные с разработкой стратегий поведения групп автономных боевых единиц, способных действовать скоординированно, быстро адаптироваться к изменениям на поле боя и достигать поставленных целей с минимальными затратами ресурсов.

В данной работе основное внимание уделяется моделированию поведения самодвижущихся мин, функционирующих как автономные агенты с ограниченной информацией об окружающей среде. В условиях условного сражения предполагается, что такие мины способны анализировать позиции противников, взаимодействовать между собой и выбирать наиболее эффективную тактику атаки. Это моделирование осуществляется с применением различных алгоритмов движения и координации, разработанных и реализованных в рамках программного симулятора.

В процессе выполнения курсовой работы решаются следующие задачи:

- анализ существующих подходов к организации движения автономных агентов в группе;
- разработка и апробация авторского алгоритма, сочетающего элементы нескольких стратегий с целью повышения эффективности атаки;
- разработка и программная реализация симулятора, моделирующего поведение самодвижущихся мин;
- описание и реализация различных стратегий движения и взаимодействия (жадная стратегия, зигзаг, спираль, фланговая атака и др.);
- визуализация траекторий и результатов взаимодействия в рамках различных сценариев;
- сравнительный анализ эффективности разработанных алгоритмов.

Актуальность темы определяется растущей потребностью в интеллектуальных системах управления автономными устройствами, как в военной, так и в гражданской сферах. Разработанные в рамках курсовой работы подходы могут быть применены при проектировании стратегий поведения мобильных агентов в многокомпонентных системах, включая боевые симуляторы, системы наблюдения, а также поисково-спасательные комплексы.

Таким образом, данная работа объединяет в себе элементы теоретического исследования и практической реализации, направленные на решение прикладной задачи, связанной с разработкой эффективных алгоритмов поведения групповых автономных систем.

1 Описание алгоритмов движения

1.1 Жадный алгоритм (Greedy Attack)

Жадный алгоритм основан на принципе «жадного» выбора: на каждом такте мина стремится максимально сократить текущее расстояние до цели. Формально пусть

$$\mathbf{x}(t) = (x(t), y(t))$$

— текущая позиция мины, а

$$\mathbf{T} = (x_T, y_T)$$

— позиция цели. Тогда вектор направления движения вычисляется как

$$\mathbf{u}(t) = \frac{\mathbf{T} - \mathbf{x}(t)}{\|\mathbf{T} - \mathbf{x}(t)\|}, \quad (1)$$

а угол направления

$$\theta(t) = \text{atan2}(y_T - y(t), x_T - x(t)). \quad (2)$$

С учётом постоянной скорости v (заданной через константу `MINE_SPEED`) обновление координат описывается формулой

$$\mathbf{x}(t+1) = \mathbf{x}(t) + v \mathbf{u}(t). \quad (3)$$

Данный подход описан в Тиханычеве О. В. «Автономная робототехника: о проблеме контроля модифицируемых алгоритмов» (2020)

1.2 Zigzag (зигзагообразное движение)

В данной стратегии самодвижущаяся мина движется в направлении цели, при этом её траектория периодически отклоняется от прямой линии по синусоидальному закону. Пусть $\mathbf{x}(t) = (x(t), y(t))$ — положение мины в момент времени t , а $\mathbf{T} = (x_T, y_T)$ — координаты цели. Тогда базовый угол направления на цель определяется как

$$\alpha(t) = \text{atan2}(y_T - y(t), x_T - x(t)).$$

Далее угол курса мины задаётся как:

$$\theta(t) = \alpha(t) + A \sin(\omega t),$$

где A — амплитуда отклонения, $\omega = \frac{2\pi}{T}$ — циклическая частота, связанная с периодом колебаний T . Направление движения описывается единичным вектором:

$$\mathbf{u}(t) = (\cos \theta(t), \sin \theta(t)),$$

а координаты обновляются по формуле:

$$\mathbf{x}(t+1) = \mathbf{x}(t) + v \mathbf{u}(t),$$

где v — постоянная скорость мины.

Особенности:

- Амплитуда A определяет максимальное боковое отклонение от прямого курса;
- Период T влияет на частоту колебаний — при меньшем T зигзаги происходят чаще;
- Стратегия снижает предсказуемость траектории и может повысить устойчивость к перехвату средствами ПВО, однако удлиняет путь и время атаки.

1.3 Spiral (спираль)

Спиральное сближение представляет собой движение мины по логарифмической спирали в направлении цели, находящейся в центре координат. Начальные координаты мины можно выразить в полярной системе (r_0, θ_0) , где r_0 — начальное расстояние до цели, θ_0 — начальный угол. Траектория движения описывается уравнением логарифмической спирали:

$$r(\theta) = r_0 e^{-b(\theta - \theta_0)},$$

где $b > 0$ — параметр спирали (spiral factor), определяющий скорость уменьшения радиуса при увеличении угла.

Такой тип траектории обладает рядом свойств:

- Постоянный угол между касательной к траектории и радиусом-вектором,

обеспечивающий геометрическую самоподобность;

- Радиальная скорость убывает по мере приближения к центру: $\dot{r} = -b r \dot{\theta}$;
- Спиральная траектория позволяет избегать прямолинейного движения, снижая вероятность перехвата;
- Мина подходит к цели с постепенным замедлением, что создаёт эффект мягкого окружения и концентрического давления.

Таким образом, стратегия реализует плавное и безопасное сближение с целью, при этом обеспечивая устойчивую и управляемую траекторию.

1.4 Flank (фланговая атака)

Фланговая атака — это стратегия, при которой мина движется к цели, постоянно отклоняясь от прямого курса на фиксированный угол α . Пусть α — постоянный угол смещения от направления на цель (вправо или влево). В полярной системе координат движение описывается системой:

$$\dot{r} = -v \cos \alpha, \quad r \dot{\theta} = v \sin \alpha,$$

где v — скорость мины.

Интегрируя уравнение для $r(\theta)$:

$$\frac{dr}{d\theta} = -r \cot \alpha \quad \Rightarrow \quad r(\theta) = r_0 e^{-\cot \alpha (\theta - \theta_0)}.$$

Таким образом, траектория также представляет собой логарифмическую спираль, но с постоянной радиальной скоростью. Особенности поведения этой стратегии:

- Мина обходит цель с одной стороны, приближаясь по флангу;
- Радиальная скорость сближения $v \cos \alpha$ остаётся постоянной;
- Подход осуществляется без замедления, с сохранением устойчивого угла атаки;
- Такая траектория затрудняет прогнозирование и перехват, особенно при защите по фронтальному курсу.

Таким образом, фланговая атака позволяет эффективно избегать прямого столкновения с защитой и выполнять атаку по менее защищённым направлениям.

1.5 Random (случайное движение)

В стратегии случайного движения мина направляется к цели с добавлением случайного отклонения к базовому курсу. Пусть $\alpha(t)$ — угол направления на цель, определяемый по формуле:

$$\alpha(t) = \text{atan2}(y_T - y(t), x_T - x(t)).$$

Тогда фактический угол курса мины вычисляется как:

$$\theta(t) = \alpha(t) + \varepsilon(t),$$

где $\varepsilon(t) \sim \mathcal{U}(-\Delta, \Delta)$ — случайная величина, равномерно распределённая на интервале $[-\Delta, \Delta]$, определяющая величину отклонения.

Далее вектор движения:

$$\mathbf{u}(t) = (\cos \theta(t), \sin \theta(t)),$$

а новые координаты:

$$\mathbf{x}(t+1) = \mathbf{x}(t) + v \mathbf{u}(t).$$

Особенности:

- Диапазон шума Δ определяет максимальное отклонение от прямого курса;
- При частом обновлении $\varepsilon(t)$ траектория становится хаотичной;
- Стратегия затрудняет предсказание движения и может быть эффективной против целеуказания, но также увеличивает среднюю продолжительность атаки.

1.6 Gathering (сбор и атака)

1.7 Spiral Zigzag (спиральный зигзаг)

2 Анализ и графики

3 Возможности развития симулятора

3.1 Новые идеи для стратегий

3.2 Улучшения системы тестирования

3.3 Расширение модели противника

Отчет о практике выполнен мною самостоятельно, и на все источники, имеющиеся в отчете, даны соответствующие ссылки.

подпись, дата

инициалы, фамилия