# Алгоритмы решения задачи восстановления начальных условий стрельбы по участку траектории

## Общая постановка задачи

Контрбатарейная борьба является одной из самых важных ситуаций на поле боя, ведь она позволяет подавлять огневые точки противника, в следствии чего повышается эффективность работы артиллерийских войск.

Представим ситуацию, где нам не известны координаты вражеской артиллерии и необходимо по зафиксированному участку траектории определить место выстрела и поразить цель. Вышеизложенное является обратной задачей внешней баллистики, когда известны координаты падения снаряда и необходимо восстановить начальные параметры стрельбы и координаты места выстрела.

Будем рассматривать две системы координат [2]:

*  – земная система координат;
*  – стартовая система координат;

В земной системе координат ось направленна строго на север, ось

строго ей перпендикулярна. В начале земной системы координат находится наблюдатель, который фиксирует участок траектории полета снаряда с постоянной массой (рисунок 3.1).

Началом стартовой системы координат  – является место выстрела. Ось  направлена строго по направлению выстрела, ей перпендикулярна. Ось  в обоих системах координат одинакова и выражает собой высоту полета снаряда, т.е. .

Необходимо по зафиксированному участку траектории вычислить траекторные параметры  и решить задачу классификации снаряда, восстановить начальные условия стрельбы () и найти координаты места выстрела  в системе координат 

Изображение выглядит как линия, диаграмма

Автоматически созданное описание

Рисунок 3.1. Земная и стартовые системы координат

## Определение траекторных параметров

Перед нами стоит задача, определить траекторные параметры на зафиксированном участке траектории полета снаряда и из всей доступной информации нам известны только координаты полета снаряда (рисунок 3.1). На основе этих данных необходимо вычислить скорость на данном участке траектории, угол наклона снаряда к горизонту, угол отклонения и с какой скорость меняется скорость снаряда. Алгоритм определения вышеперечисленных параметров изложен ниже.

Изображение выглядит как диаграмма

Автоматически созданное описание

Рисунок 3.2. Зафиксированный участок траектории

На зафиксированном участке траектории  полета снаряда (рисунок 3.2) определим траекторные параметры .

Скорость на участке найдем как путь пройденный снарядом за время . Расстояние, которое прошло тело рассчитаем как скалярное произведение трех векторов:

 . (3.1)

Производную скорости найдем по разностной схеме:

 . (3.2)

Угол наклона к горизонту равен арктангенсу отношения:

. (3.3)

Угол направления равен арктангенсу отношения и :

. (3.4)

## 2.1 Математическая модель внешней баллистики снаряда

Расчет траектории движения снаряда включает решение системы дифференциальных уравнений движения. При этом считается, что снаряд является абсолютно стабилизированным, колебания оси снаряда относительно центра масс отсутствуют. В математической модели также учитывается неоднородность параметров атмосферы по высоте, ветер отсутствует.

, , , (2.1)

, (2.2)

, (2.3)

. (2.4)

Для вращающегося снаряда аксиальная угловая скорость:

, (2.6)

Соотношение для вычисления коэффициента деривации, используемого в уравнении (2.4), имеет вид:

, (2.8)

## Баллистический коэффициент

Критерием подобия в баллистике является баллистический коэффициент. В самом общем случае баллистический коэффициент зависит от геометрической формы объекта, его ориентации относительно набегающего потока и массы. Он определяет скоростные свойства летящих объектов и характеристики их рассеивания (например в случае головных частей баллистических ракет). Смысл его заключается в следующем: разные снаряды, с одинаковым баллистическим коэффициентом и с одинаковыми начальными параметрами выстрела, прилетят в одно и тоже место.

Баллистический коэффициент определяется по формуле:

. (3.5)

На зафиксированном участке траектории (рисунок 3.2) баллистический коэффициент будем определять следующим образом: отношение параметров снаряда (3.5) присутствует в уравнении (2.2):

 . (3.6)

Из (3.6) перенесем все неизвестные нам параметры в левую часть:

. (3.7)

Баллистический коэффициент на зафиксированном участке траектории будем определять как:

, (3.8)

где количество точек на зафиксированном участке траектории.

## 3.4 Классификация типа снаряда

Входным параметром нейронной сети будет баллистический коэффициент (таблица 1). Выходной параметр - это вектор вероятностей, номер элемента с наибольшей вероятностью является номером снаряда (*i-*номер класса, *n –* количество классов в таблицев таблице 3.1).

Таблица 3.1 – Снаряды и их параметры.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер класса | Имя | Калибр |  | Масса | C |
| 0 | ОФ29 | 152 | 1,02 | 46,00 | 0,512 |
| 1 | ОФ-462 | 122 | 1,10 | 21,78 | 0,752 |
| 2 | ОФ-506 | 125 | 1,50 | 36,00 | 0,651 |
| 3 | БР-540Б | 152 | 1,15 | 48,96 | 0,543 |
| 4 | ПБ-35 | 152 | 1,10 | 51,07 | 0,498 |
| 5 | Г-545 | 152 | 1,10 | 56,00 | 0,454 |
| 6 | О-530А | 152 | 1,10 | 40,00 | 0,635 |

При известном значении баллистического коэффициента и параметров снаряда для определения начальной (конечной) точки выстрела производим интегрирование с шагом по времени  () до условия встречи снаряда с землей ().

Уточнения алгоритма:

1) выбор способа задания аэродинамических коэффициентов

2) учет ветра

3) учет деривации вращающегося снаряда

4) учет активного участка траектории для реактивных снарядов