

Краткое описание алгоритма расчета орудийных таблиц

1 Введение

В процессе выбора метода расчет рассматривались два варианта: Решать обратную задачу восстановления исходного угла наводки по известной точке попадания. Но в этом случае решение будет неким действительным числом. В то же время для реального орудия есть конкретный шаг, с которым оно поднимается и опускается. Также у нас в игре расстояния считаются только как целые значения в кабельтовых. Поэтому нет необходимости решать задачу для произвольных координат. Поэтому был выбран другой метод.

Согласно ему сначала рассчитываются все возможные траектории для различных углов наводки от -90 до $+90$ градусов с неким шагом (по умолчанию 0.5 градуса). Следует сразу отметить, что задач решается двумерная, так как угол поворота по горизонтали для расчета баллистики нас не интересует. Поэтому есть только вертикаль и расстояние до цели. В этой плоскости решается задача: найти ту траекторию, которая проходит достаточно близко от, отстоящей от начала координат(точки, где запускается снаряд) на заданное число кабельтовых и находящейся выше или ниже на другое, тоже заданное число кабельтовых. "достаточно близко значит, что рассчитывается расстояние от траектории до точки. Все данные точки удобно записать в таблицу (а точнее в двумерные массивы) и для каждой точки сделать перебор всех траекторий.

2 Уравнения и метод расчета траекторий

Исходно взяты отсюда <https://glebgrenkin.blogspot.com/2014/03/blog-post.html> В векторном виде:

$$m \frac{d\vec{v}}{dt} = m\vec{g} - k|\vec{v}|\vec{v} \quad (1)$$

Или в координатном виде.

$$\frac{dv_x}{dt} = -\frac{k}{m} \sqrt{v_x^2 + v_y^2} \cdot v_x \quad (2)$$

$$\frac{dv_y}{dt} = -g - \frac{k}{m} \sqrt{v_x^2 + v_y^2} \cdot v_y \quad (3)$$

Численный метод самый простой - явный первого порядка

$$\frac{dv}{dt} \approx \frac{v^{t+1} - v^t}{\Delta t} \quad (4)$$

Или для данной системы

$$\frac{v_x^{t+1} - v_x^t}{\Delta t} = -\frac{k}{m} \sqrt{(v_x^t)^2 + (v_y^t)^2} \cdot v_x^t \quad (5)$$

$$\frac{v_y^{t+1} - v_y^t}{\Delta t} = -g - \frac{k}{m} \sqrt{(v_x^t)^2 + (v_y^t)^2} \cdot v_y^t \quad (6)$$

Шаг пришлось взять маленький. $10^{-4} - 10^{-5}$ секунды. m - Масса снаряда. k - некое "сопротивление воздуха снаряду" то есть по сути подгоночный параметр. для разумных значений получалось 0.005-0.009 для разных снарядов. Надо подгонять и смотреть. В процессе расчета каждый шаг — записывается как точка, в которой побывал снаряд

3 Выбор траектории

После того, как траектории рассчитаны — берутся все точки из заданного диапазона (в длину от 0 до max, в высоту от нижней границы до верхней) и для каждой точки с целочисленным расстоянием - перебираются все траектории (на самом деле не все, об ограничениях позже). Для каждой траектории перебираются все ее точки и для каждой ищется расстояние от точки траектории до заданной точки в пространстве. Если наименьшее расстояние больше некой величины (скажем - один кабельтов) то считается, что нету траекторий и в данную точку орудие попасть не может. Если наименьшее расстояние меньше нужного порога — то траектория с наименьшим расстоянием считается той траекторией, по которой следует стрелять, чтоб попасть в точку. Ограничения: если грубо прикинуть угол между горизонталью и точкой - то для перебора можно брать только большие углы. Также не надо брать слишком большой угол (вроде бы отличающийся больше чем $\pi/4$) Так как стрельба ведется настільная, а не навесная.

Найдя для всех возможных точек свои траектории, можно легко вычислить: Время полета до попадания, расстояние, которое пролетел снаряд, его конечную скорость (по отношению к начальной, т.е. дробь меньше единицы) и конечный угол. Все эти данные в виде таблиц выгружаются в файлы csv.

4 Обработка результатов расчетов

Результаты расчетов дают все необходимые данные о попадании, но не отвечают на вопрос: какой модификатор брать и попали ли мы в палубу и борт (ну т.е. вообще ни на что не отвечают). Для этого во-первых были предложены еще две модели (похожие друг на друга) и сделать excel файл, чтоб это все быстро считать, а главное - подгонять.

4.1 Модели

Нашим целевым числом является модификатор к попаданию в тот момент, когда кидаешь кубы "сколько попало". Предлагается следующая функция

$$M = \alpha \cdot T^\nu \quad (7)$$

Где M – модификатор, T - время полета снаряда до точки попадания, α, ν - коэффициенты подгона. Для упрощения один из коэффициентов остается свободным (его можно "подкручивать") а второй закрепляем дополнительным условием: мы знаем модификатор(задаем его) при определенных параметрах выстрела. Например для стрельбы из 8 Дюймовой пушки на 80 кабельтовых по горизонтали модификатор будет -10, а при стрельбе на 1 кабельтов (в упор) -4. Тогда при известной степени (которую мы сами подбираем) решается простое уравнение

$$(-4 + 10) = \alpha \cdot T(80 \text{ Кабельтовых})^\nu \quad (8)$$

Отсюда мы находим коэффициент α и уже можем рассчитать результирующий модификатор по формуле $-4 - M$ для любого времени, только еще округлить надо.

Для бронепробиваемости идея та же самая, однако в степень возводится не время полета, а конечная скорость. Также берется бронепробиваемость, но не в конце, а на выходе из ствола степень берется отрицательная (чтоб бронепробиваемость падала) и рассчитывается константа. После этого используя конечную скорость можно рассчитать бронепробиваемость. Для расчета места попадания (палуба, борт и т.д.) просто берется конечный угол и выбираются его предельные значения (если меньше одного - то угол слишком малый и снаряд падает сверху вниз , в палубу. Если больше другого - то снизу вверх, и попадаем в дно, во всех остальных случаях в борт.)

4.2 Файл

Для всех этих расчетов есть excel файл, в котором есть вкладка с "исходными данными где задаются все константы, степени и исходные модификаторы. Далее там есть страницы, куда надо вставлять данные из расчетных файлов csv, и страницы с результатами расчета тех или иных нужных параметров.