

Python

Python-код сохраняет 2D-траектории в файлах (i – номер ШТ, j – номер камеры):

1. `boxes_i_(j).csv` – траектории "старые" модели YOLO8n (модель 2023 года)
2. `boxes_notrack_i_(j).csv` – траектории "новые" модели YOLO11n (модель 2025 года)

Разницы между ними, скорее всего, нет. Просто я переделал траектории на новой модели. Содержание файла `boxes_i_(j).csv` (Обычно количество областей обнаружения либо 0 – ШТ не найден, либо 1 – ШТ найден; иначе Matlab вроде просто ошибку выдаст):

```
[номер кадра] [количество box] [x1] [y1] [x2] [y2]
```

Matlab

Структура кода:

```
vectorT25/
├── +graphics
│   ├── circle.m           рисует круг (для main0)
│   ├── myplot.m           рисует (x,y) по матрице N×2
│   ├── myplot3.m          рисует (x,y,z) по матрице N×3
│   ├── myscatter.m         рисует (x,y) по матрице N×2
│   ├── myscatter3.m        рисует (x,y,z) по матрице N×3
│   └── undistort.m        корректирует картинку
├── +utils
│   ├── Camera.m           класс параметров камеры
│   ├── diff_evolvem        дифференциальная эволюция
│   ├── eiler2mat.m         матрица из углов Эйлера (из Википедии)
│   ├── krilov2mat.m        матрица из углов Крылова (из файла Алгоритм.doc)
│   ├── line_least_squares.m поиск коэффи-в линии по точкам
│   ├── mlm2orb.m           переход МЛМ -> РС -> ССК -> ОСК
│   ├── my_atm.m            очень кривой рассчёт плотности атмосферы (заменить)
│   ├── myget.m              распаковка калибровочных параметров
│   ├── residual.m          функция ошибки (по 2D точкам И/ИЛИ по линиям)
│   └── residual3.m         функция ошибки (между 3D траекториями)
└── local
    ├── 1cam-sample.jpg      примеры кадров с камер
    ├── 2cam-sample.jpg
    ├── 3cam-sample.jpg
    ├── boxes_1_(1).csv       траектории (модель YOL08n)
    ├── boxes_1_(2).csv
    ├── boxes_1_(3).csv
    ├── boxes_2_(1).csv
    ├── boxes_2_(2).csv
    ├── boxes_2_(3).csv
    ├── boxes_notrack_1_(1).csv   траектории (модель YOL011n)
    ├── boxes_notrack_1_(2).csv
    ├── boxes_notrack_1_(3).csv
    ├── boxes_notrack_2_(1).csv
    ├── boxes_notrack_2_(2).csv
    └── boxes_notrack_2_(3).csv
```

calibration-1.mat	параметры камеры (cam) после main1
calibration-2.mat	параметры камеры (cam) после main2 / main12
calibration-3.mat	параметры камеры (cam) после main3
cam1-lines.mat	линии на кадрах, которые "надо выпрямить" в main1 / main12
cam2-lines.mat	
cam3-lines.mat	
pre-calibration.mat	фокусные расстояния (F) после main0
test_line_calibr.mat	куча точек (f) для test_line_calibration
trajectories-2D.mat	траектории (T) ШТ после main0
trajectories-3D.mat	траектории (T) ШТ после main3
trajectories-3D-approximated.mat	траектории-полиномы (P) ШТ после main4
Орбита_МКС_UTC.txt	
config.m	параметры моделирования
main0.m	чтение "boxes_...", 2D-траектории, оценка фокусов
main1.m	калиброка по линиям
main2.m	калиброка по точкам
main12.m	калиброка по линиям и точкам
main3.m	совмещение траекторий (+ калибровка?)
main4.m	построение полиномиальной 3D-траектории
main5.m	анализ движения ШТ в ОСК
test_J2.m	относительное грав. ускорение
test_line_calibration.m	решаемость калиброки по линиям
test_show3Dpoints.m	3D-визуализация точек МЛМ

Основные файлы

config.m В секции *Design drawing* задаются константы. В секции *Cameras* задаются классы Camera, которые вследствие будут изменяться в файлах *calibration-N.mat*.

main0.m Гиперпараметр *POLY_DEGREE*. В секции *Time management* совмещаются временные шкалы камер, задаются начала и продолжительности экспериментов (они основаны на выходных картинках). В секции *Files reading* читаются файлы *boxes...csv* в таблицы T (в них уже нет траекторий до начала и после конца эксперимента). В секции *Pre-calibration estimations* рассчитываются фокусные расстояния по первому кадру после начала эксперимента. В секции *2D plot* отображается 6 графиков с обнаруженными траекториями на кадрах (CIRCLES - 2D Trajectory), и 6 графиков с покоординатной аппроксимацией траекторий (Just lines).

main1.m В секции *2D plot* отображаются изначальные кадры и кривые на них. В секции *Camera calibration* подбираются параметры $[c_x, c_y, k_1, k_2]$ только диффэволюцией (1000 векторов, 30 шагов). В секции *Visualize* отображаются скорректированные кадры и "выпрямленные" кривые.

main2.m В секции *2D plot* отображаются изначальные кадры и точки на них. В секции *Camera calibration* подбираются параметры $[f, c_x, c_y, \alpha, \beta, \gamma, k_1, k_2, x, y, z]$ (у меня зафиксированы: $[c_x, c_y, k_1, k_2]$, потому что $lb=ub$ для них) сначала диффэволюцией (1000 векторов, 200 шагов), потом fmincon. В секции *Visualize* отображаются скорректированные кадры, положение 2D-точек после коррекции (x,y), положение 3D-точек из формулы тонкой линзы (x1,y1).

main12.m Объединяет файлы *main1.m*, *main2.m*.

main3.m Секции *Calculation* и *Visualisation* повторяются 2 раза: до калибровки и после. В секциях *Calculation* из новых параметров камер по 2D-траекториям (*T.x*, *T.y*, *T.d*) строятся 3D-траектории (*T.R_cam*, *T.R_mlm*). В секции *Second calibration* немного варьируются все параметры $[f, c_x, c_y, \alpha, \beta, \gamma, k_1, k_2, x, y, z]$ для всех камер одновременно диффэволюцией (+ fmincon, если раскомментировать, и поменять строки кода 105,111,117).

main4.m Гиперпараметр *POLY_DEGREE*. В секции *Approximate* траектории покоординатно аппроксимируются

полиномом, выводятся 2 графика 3×3 . В секции *Merge trajectories* коэффициенты полиномов усредняются, записываются в $P\{i\}.r$, по ним я строю траекторию \vec{r}^{MLM} $P\{i\}.r_mlm$. Так же на этих коэффициентах посчитаны \vec{v}^{MLM} , \vec{a}^{MLM} (на стр. 50 формула). Далее, перевожу траекторию в ОСК, снова аппроксимирую, и так же ищу \vec{v}^{OCK} , \vec{a}^{OCK} , \vec{v}^{OCK} . В *Manual v,a* я задавал скорости, ускорения вручную, чтобы потом проверить формулу на стр. 50. В секции *3D plots* я отображаю траектории с камер + усреднённую в МЛМ, и усреднённую в ОСК; у усреднённых траекторий я выводу эпюры скоростей, ускорений каждые 100 шагов по времени.

main5.m В секции *Parse ISS orbit params* читается файл *ОрбитаМКС*, строится таблица *ISS*. В секции *Calculations* переводится движение из ГСК в ИСК, рассчитывается орбитальный момент. В секции *Duration of experiments* задаются маски - строки *ISS*, в которые запускались 1-й и 2-й ШТ. Внимание: я предположил, что времена начал 8:40, 9:02, потому что не услышал на видео объявление бортового времени, я мог прослушать. В секции *3D plot* отображается геоид и траектория. Секции *Comparing to HKW + aero* и *Ballistic coefficients* не доделаны; в них: 1) проверка траектории ШТ на простой модели ХКУ + аэродинамика, 2) Рассчёт аэро сопротивления МКС по формуле (0.10) из отчёта.