**ПОИСК МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ БПЛА ПО ЭМПИРИЧЕСКИМ ДАННЫМ**

Исходными данными являются сигналы управдяющие сигналы, а также данные, полученные с бортовых датчиков БПЛА в результате летных испытаний.

Входами считаем:

Left\_el – левый элевон

Right\_el – правый элевон

Thr – газ

V – скорость

H – высота

Выходы:

Tang\_angle – угол тангажа

Kren\_angle – угол крена

Графики обозначенных величин после предварительной фильтрации приведены на рисунках 1-3.

**1. Линейная регрессионная модель, полином второго порядка**

(1)

Чтобы ускорить градиентный спуск, все параметры (в т. ч. полиноиальные) нормировались в соответствии с формулой (2):

Для контроля качества модели, помимо функции потерь, использовался коэффициент детерминации (3):

Чем лучше модель описывает данные, тем ближе значение к 1.

В результате обучения линейной регрессионной модели (1) методом градиентного спуска по данным одного лога было достигнуто значение . На рисунке 4 сопоставлен лог угла тангажа и результат работы модели.

В таблице 1 приведены значения коэффициентов модели.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Таблица 1 – Значения коэффициентов линейной регрессионной модели второго порядка | | | | | |
| *a0* | 15.32 | *a7* | 197.53 | *a14* | 22.05 |
| *a1* | 143.03 | *a8* | 34.62 | *a15* | -63.45 |
| *a2* | -204.05 | *a9* | -10.91 | *a16* | -48.71 |
| *a3* | 125.12 | *a10* | -21.69 | *a17* | -100.6 |
| *a4* | 118.4 | *a11* | 16.23 | *a18* | -4.37 |
| *a5* | 60.7 | *a12* | -93.2 | *a19* | 9.25 |
| *a6* | 151.58 | *a13* | -76.6 | *a20* | 30.4 |

В таблице 2 приведены значения коэффициентов после денормировки

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Таблица 2 – Значения коэффициентов линейной регрессионной модели второго порядка после денормировки | | | | | |
| *a0* | 46,6948791415229 | *a7* | 2,55428358946294 | *a14* | 0,0338033725096129 |
| *a1* | -14,2365754537906 | *a8* | 0,351278726162492 | *a15* | -0,746050955585650 |
| *a2* | -23,2042661492172 | *a9* | -0,0263644869083851 | *a16* | -0,307396126426431 |
| *a3* | 12,6040199749317 | *a10* | -0,003686216668577 | *a17* | -0,157460320222181 |
| *a4* | 5,82042135994224 | *a11* | 0,228489198496868 | *a18* | -0,0250464094798214 |
| *a5* | 0,791410817034876 | *a12* | -1,11560519991985 | *a19* | 0,0143244388507888 |
| *a6* | 1,50165740103257 | *a13* | -0,502039773579060 | *a20* | 0,0216261865317566 |

**Выводы**

Выполнена фильтрация полетных данных.

Получено первое приближение математической модели угла тангажа.

Дальнейшие направления исследования следующие:

– проверить модель на других логах;

– попробовать увеличить обучающую выборку, используя данные нескольких логов;

– попробовать использовать многослойный персептрон для получения требуемой аппроксимации.



Рисунок 1 – Положение элевонов



Рисунок 2 – Остальные параметры



Рисунок 3 – Выходные параметры (есть сомнения по поводу угла тангажа)



Рисунок 4 – Прогнозирование угла тангажа по входным параметрам (нормированные входы)