

Дипломная работа на тему:

«Нейросетевой способ классификации
искусственных спутников Земли по
параметрам их орбит»

Слушателя:
А.

Иванова П.

Цели и задачи

- Обработка и частичная коррекция данных об орбитах спутников в формате TLE
- Предварительная обработка данных перед подачей на вход нейронной сети
- Реализация алгоритма нейросетевой классификации искусственных спутников Земли по параметрам их орбит

Формат TLE

- Первая строка (необязательная)

01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
I	S	S		(Z	A	R	Y	A)													

- Вторая строка (обязательная)

01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
1		2	5	5	4	4	U		9	8	0	6	7	A			0	8	2	6	4	.	5	1	7	8	2	5	2	8		
1	2			3	4		5		6		7		8																			

34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69
-	.	0	0	0	0	2	1	8	2			0	0	0	0	0	-	0		-	1	1	6	0	6	-	4		0			2	9	2	7
9									10						11					12	13			14											

- Третья строка (обязательная)

01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
2		2	5	5	4	4			5	1	.	6	4	1	6		2	4	7	.	4	6	2	7		0	0	0	6	7	0	3
1	2			3				4				5																				

34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69
	1	3	0	.	5	3	6	0		3	2	5	.	0	2	8	8		1	5	.	7	2	1	2	5	3	9	1	5	6	3	5	3	7
6				7					8					9			10																		

Обработка входных файлов

- Пример входного файла

```
SAUDISAT 1C
1 27607U 02058C 19263.88859977 -.00000054 00000-0 13330-4 0 9993
2 27607 64.5541 121.6008 0076759 238.2678 121.0928 14.75572135900807
SAUDISAT 2
1 28371U 04025F 19264.74495034 .00000168 00000-0 50153-4 0 9993
2 28371 98.2381 211.9451 0025189 307.6354 52.2549 14.54353620807971
```

- Пример выходного файла

```
SAUDISAT 1C      1 27607U 02058C 19263.88859977 -.00000054 00000-0 13330-4 0 9993 2 27607 64.5541...
SAUDISAT 2      1 28371U 04025F 19264.74495034 .00000168 00000-0 50153-4 0 9993 2 28371 98.2381...
SAUDISAT 3      1 31118U 07012B 19264.72380979 -.00000005 00000-0 71470-5 0 9991 2 31118 97.8261...
```

- Пример строки с ошибкой в типе данных поля

TEST.txt – Блокнот

Файл Правка Формат Вид Справка

```
SAUDISAT 1C
1 276.7U 02058C 19263.88859977 -.00000054 0000
2 27607 64.5541 121.6008 0076759 238.2678 121.09
```

error_TEST.txt – Блокнот

Файл Правка Формат Вид Справка

```
SAUDISAT 1C      1 276.7U 02058C 1926...
----ERROR IN FIELD NORAD NUMBER -- MUST BE INTEGER
```

- Пример коррекции строки спутника без названия

```
1 28371U 04025F 19264.74495034 .00000168 0000
2 28371 98.2381 211.9451 0025189 307.6354 52.25
```

correct_TEST.txt – Блокнот

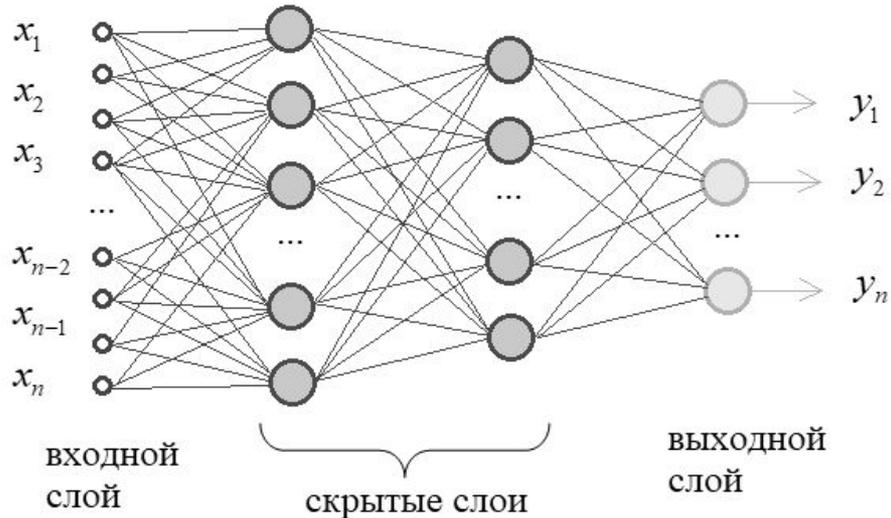
Файл Правка Формат Вид Справка

```
1 28371U 04025F 19264.74495034 ...
```

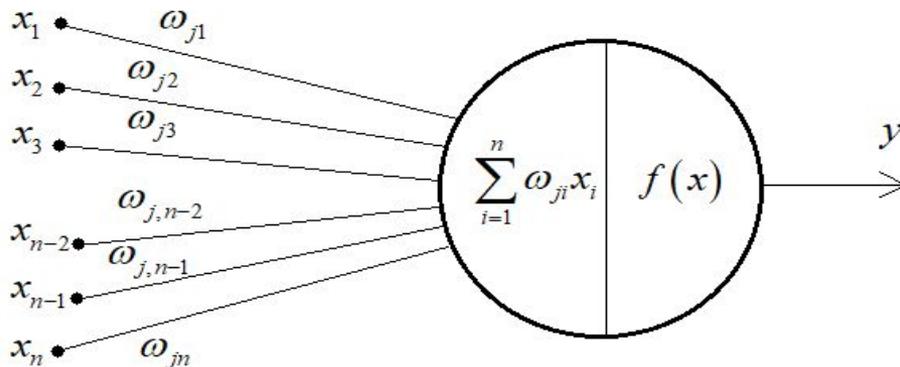
Обработка данных перед подачей на нейронную сеть

- Интерпретация полей «вторая производная от среднего движения», «коэффициент торможения V^* », «эксцентриситет» и «международное обозначение (часть запуска)»
- уравнение количества спутников всех видов – зашумление реальных данных
- Нормализация данных
- Формирование тренировочной, валидационной и тестовой выборок
- Создание меток для каждого класса спутников
- Перемешивание данных в выборках и меток случайным образом

Модель полносвязной нейронной сети



Модель искусственного нейрона



Реализация нейронной сети

```
...
```

```
Создание модели
```

```
...
```

```
model = keras.Sequential([
    keras.layers.Dense(number_of_params, input_shape=(number_of_params,)),
])

for i in range(4):
    model.add(keras.layers.Dense(110, activation=tf.nn.tanh))
last_layer = keras.layers.Dense(fi.number_of_classes, activation=tf.nn.softmax)
model.add(last_layer)
```

```
model.summary()
model.compile(optimizer='Adam',
              loss='sparse_categorical_crossentropy',
              metrics=['accuracy'])
```

```
...
```

```
Обучение модели
```

```
...
```

```
start_time = time.time()
history = model.fit(dataset, flagy, epochs=24)
stop_time = time.time()
```

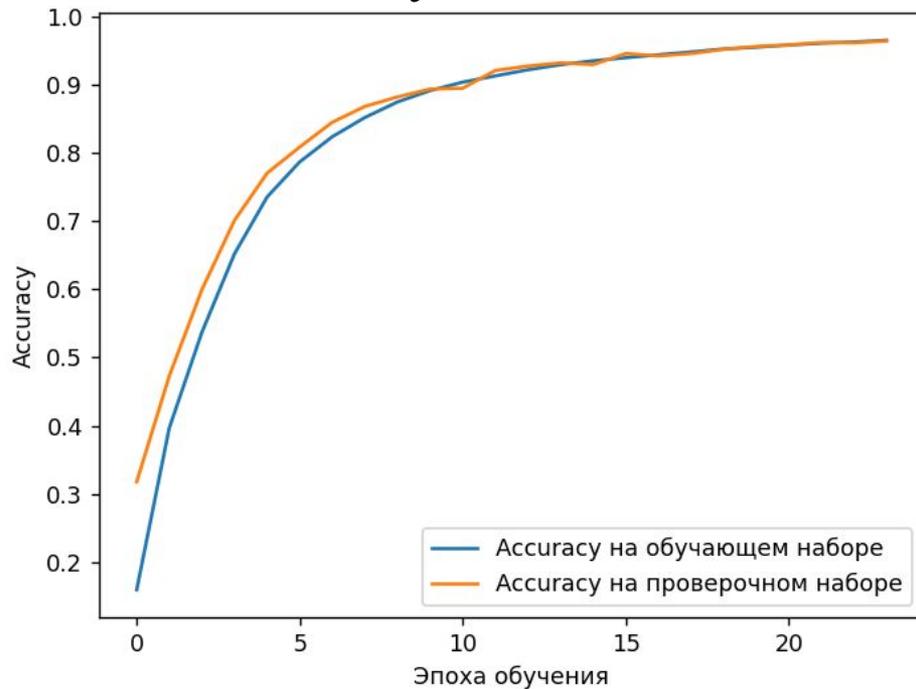
Layer (type)	Output Shape	Param #
dense (Dense)	(None, 20)	420
dense_1 (Dense)	(None, 110)	2310
dense_2 (Dense)	(None, 110)	12210
dense_3 (Dense)	(None, 110)	12210
dense_4 (Dense)	(None, 110)	12210
dense_5 (Dense)	(None, 34)	3774

Total params: 43,134
Trainable params: 43,134
Non-trainable params: 0

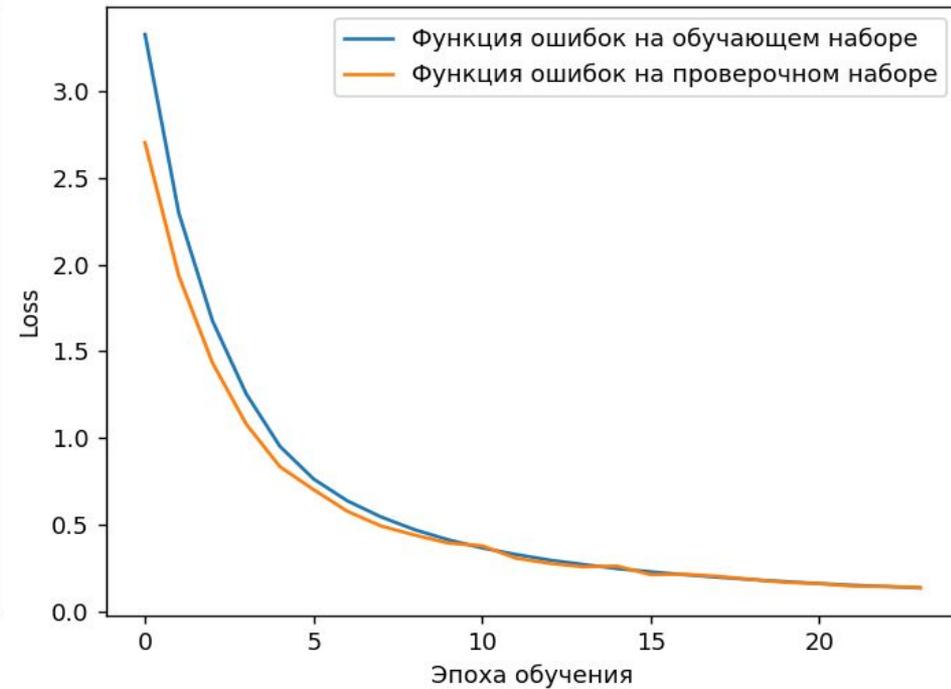
Оценка качества и графики обучения нейронной сети

Test accuracy: 0.9826989769935608
learning time: 76.90609550476074
number of errors in test dataset 30
probability of correct prediction in test dataset 98.3 %

- Зависимость значения функции ошибок (loss) от эпохи обучения



- Зависимость точности (accuracy) от эпохи обучения



Выходной файл обработки тестовых данных

test	prediction	ERRORS
iridium	iridium	
radar	radar	
resource	resource	
spire	spire	
planet	planet	
globalstar	globalstar	
gps-ops	gps-ops	
goes	goes	
engineering	engineering	
goes	goes	
intelsat	ses	ERROR
noaa	noaa	
weather	weather	
stations	stations	
engineering	engineering	
...		
tdrss	tdrss	

Блок схема алгоритма

