|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  | УТВЕРЖДАЮ |
|  |  |  |  | Профессор кафедры ИАНИ института ИТММ ННГУ им.Н.И. Лобачевского |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  | Н.В. Старостин |
|  |  |  |  | «\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_20\_\_ г.  М.П. |

**НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА   
“МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОТОКА ЖИДКОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ, ОСНОВАННОГО НА ФИЗИЧЕСКИХ МОДЕЛЯХ”**

**Пояснительная записка**

**02068143.00225-02**

**Листов 5**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | СОГЛАСОВАНО |  | СОГЛАСОВАНО |
|  |  | Старший преподаватель кафедры ИАНИ института ИТММ ННГУ им. Н.И. Лобачевского |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  | Д.В. Попов |  | Н.А. Хлопцев |
|  |  | «\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_20\_\_ г.  М.П. |  | «\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_20\_\_ г.  М.П. |

2022

Оглавление

[Введение 3](#_Toc106256149)

[Описание формата входных данных 3](#_Toc106256150)

[Пример данных, представленных в Python 3](#_Toc106256151)

[Графическая интерпретация 4](#_Toc106256152)

[Генерация тестовых данных 4](#_Toc106256153)

[Количество тестовых данных 5](#_Toc106256154)

[Оценка полученных результатов 5](#_Toc106256155)

# Введение

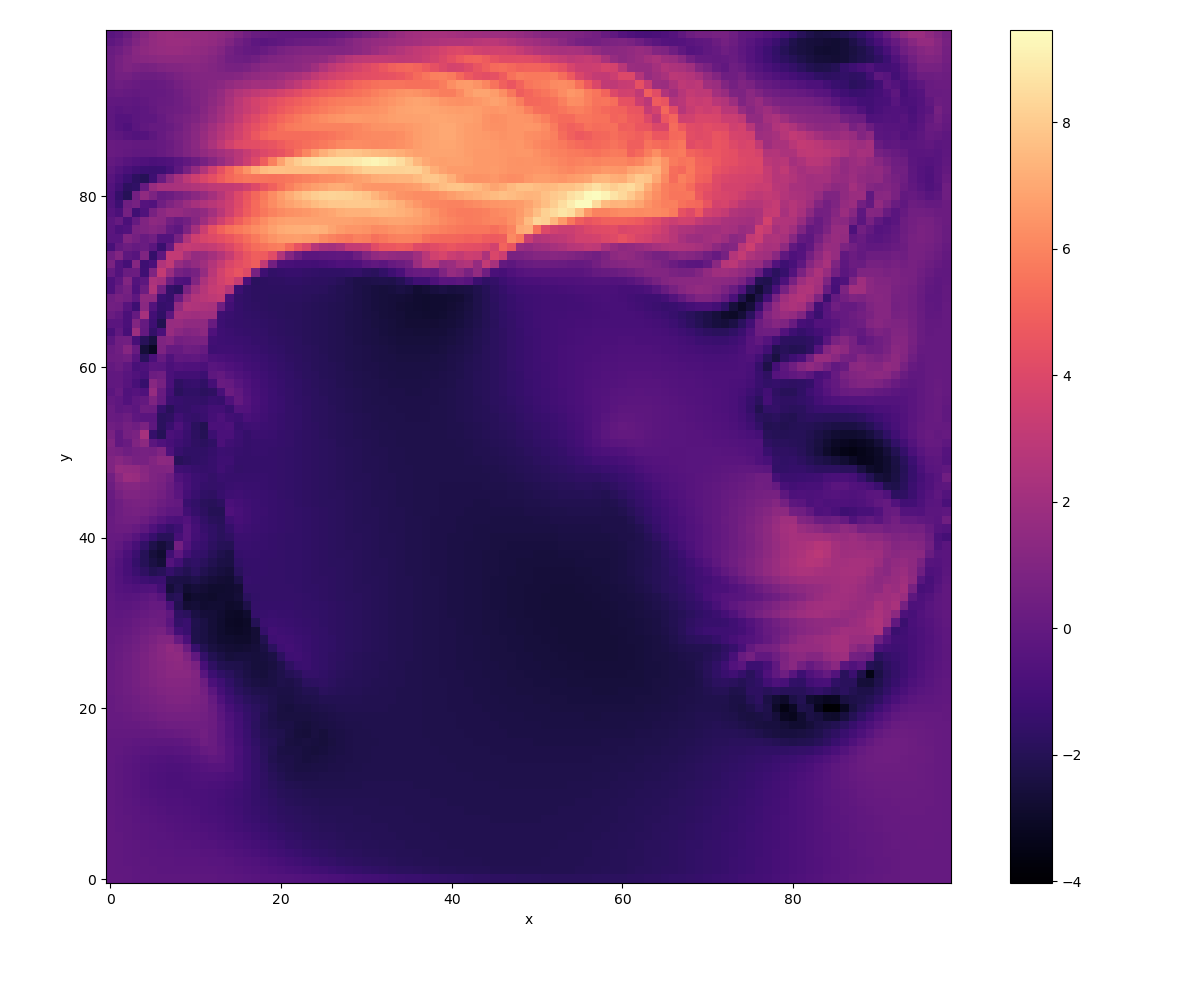
Данный документ посвящен проблеме подготовке тестовых данных для проверки эффективности алгоритмов аппроксимации и прогнозирования состояния потока жидкости. По согласованию с заказчиков, в данной задаче рассматриваются ламинарные потоки жидкости, которые описываются уравнениями Навье-Стокса.

# Описание формата входных данных

Предлагается следующий формат входных данных: четыре 2D сетки в виде файла формата .npy представляющих из себя двумерный массив NumPy размером 100 на 100. Неизвестные значения в узле обозначаются значением NULL. Известные значения задаются в виде действительных чисел в пределах от -100 до 100.

# Пример данных, представленных в Python

<class 'numpy.ndarray'>; shpae: (100, 100); max: 4.94297; min: 0.0; average: 1.5227631  
[[7.9563222e-31 4.4547000e-30 8.0648106e-29 ... 1.8784698e-12  
1.0956809e-14 2.9880318e-17]  
[9.1487019e-27 6.1543372e-26 8.6523447e-25 ... 2.3320373e-10  
1.8363642e-12 6.5506733e-15]  
[1.9217936e-23 1.3840868e-22 1.4277470e-21 ... 8.7667118e-09  
7.2013000e-11 3.0156037e-13]  
...  
[2.0744758e+00 2.1122537e+00 2.1304865e+00 ... 2.2027166e+00  
2.2066605e+00 2.1961977e+00]  
[2.0741355e+00 2.1140463e+00 2.1308241e+00 ... 2.2092111e+00  
2.2066946e+00 2.1927516e+00]  
[2.0742333e+00 2.1066167e+00 2.1267874e+00 ... 2.2048759e+00  
2.2003903e+00 2.1875844e+00]]

Графическая интерпретация

# Генерация тестовых данных

Тестовые данные генерируются с помощью пошаговой симуляции движения потока жидкости, использующей уравнения Навье-Стокса для определения значений скорости, давления и концентрации жидкости в каждом узле сетки в следующий такт времени. Положение жидкости в нулевой такт времени задается следующими случайными параметрами:

* Координаты центра окружности, из которой поступает жидкость:
  + По x: случайной число от 10 до 90
  + По y: случайное число от 10 до 40
* Радиус окружности, из которой поступает жидкость: случайное число от 5 до 10
* Сила поступления жидкости: случайное число от 0,2 до 1.5 ньютонов
* Коэффициент плавучести: от 1 до 2

Вектор скорости поступающей жидкости направлен по оси y.

Все случайные величины округляются до сотых.

Окончание симуляции происходит в случайный такт времени между значениями 50 и 100.

Для тестирования алгоритма аппроксимации из примера сгенерированных данных исключается случайным образом 20-50% точек. Целевым значением в этих точках будут являться значения в оригинальном примере.

Для тестирования алгоритма прогнозирования симуляция проделывает еще одну итерацию, чтобы вычислить целевые значения в точках потока в следующий момент времени.

# Количество тестовых данных

Было сгенерировано 500 состояний потока жидкости, соответствующих уравнениям Навье-Стокса. 400 из них использовались в качестве данных для обучения нейронной сети. Оставшиеся 100 являются валидационными данными, на которых будет оцениваться ошибка разработанных алгоритмов.

# Оценка полученных результатов

В качестве оценки результатов первого и второго алгоритма будет применяться функция относительной ошибки следующего вида.

где – целевое значение *i*-ом в узле, – значение алгоритма в *i*-ом узле, n – количество узлов (в случае тестовых данных n=100x100=10000). Для алгоритма аппроксимации – Значение аппроксиматора, для алгоритма прогнозирования - Значение после одной итерации.

Для алгоритма прогнозирования также следует уточнить особые случаи расчета относительной ошибки. Для концентрации и давления жидкости, ошибка рассчитывается по формуле. Для скорости применяется следующая формула.

, где – значение алгоритма прогнозирования в сетке скорости по X в *i*-ом узле, – целевое значение в сетке скорости по X в *i*-ом узле, – значение алгоритма прогнозирования в сетке скорости по Y в *i*-ом узле, – целевое значение в сетке скорости по Y в *i*-ом узле, n – количество узлов (в случае тестовых данных n=100x100=10000).

Для общей относительной ошибки применяется следующая формула.

, где – значение алгоритма прогнозирования в *j*-ой сетке в *i*-ом узле, – целевое значение в *j*-ой сетке в *i*-ом узле, n – количество узлов (в случае тестовых данных n=100x100=10000).