

Выпускная квалификационная работа

Исследование итераций каскада и когерентных структур
методами машинного обучения

Докладчик: студент Максимов Д.М.

17.06.2020

МГТУ им. Н.Э.Баумана, Группа: РК6 - 81

Введение

Цели и задачи

Объект исследования: динамические системы

цель работы: исследовать возможность применения моделей и методов машинного обучения для анализа динамических систем

задачи:

- протестировать нейронную сеть для моделирования дискретной динамической системы
- предложить методы машинного обучения для выявления когерентных структур в непрерывных динамических системах

требуется получить:

- нейронную сеть для предсказаний итераций каскада
- методы машинного обучения для обнаружения когерентных структур на примере уравнения Курамото-Сивашинского

- Развитие искусственного интеллекта
- Современный этап развития - искусственные нейронные сети
- Машинное обучение как инструмент исследования динамических систем

Динамические системы

Непрерывные и дискретные динамические системы

По временной характеристике динамические системы разделяют на:

- дискретные(каскады)
- непрерывные(потоки)

Примеры динамических систем:

прикладная математика: популяция видов в биологии,
финансовый рынок в экономике

фундаментальная математика: КЗ для систем
дифференциальных уравнений

Динамическая система $S^{(t)}$, управляемая внешним сигналом $x^{(t)}$:

$$S^{(t)} = f(S^{(t-1)}, x^{(t)}; \theta), \quad (1)$$

где θ - параметр динамической системы

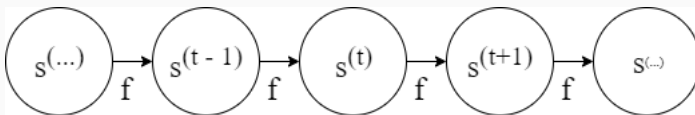


Рис. 1: Развернутый граф динамической системы (1)

Постановка задачи

Задача

Пусть в качестве каскада будет видеоряд, тогда задача будет звучать так: по n кадрам построить видео из n кадров, где выходной кадр момента времени t должен совпадать со входным кадром момента времени $t+1$, а выходной кадр для последнего временного состояния, должен не нарушать общую тенденцию каскада.:

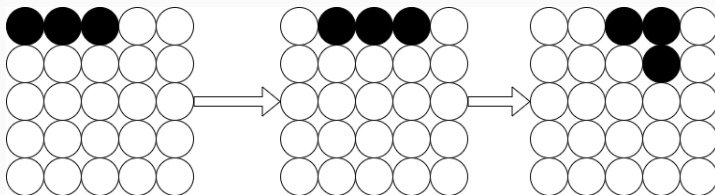


Рис. 2: Динамическая система в рамках данной задачи

PHC в соответствии с задачей

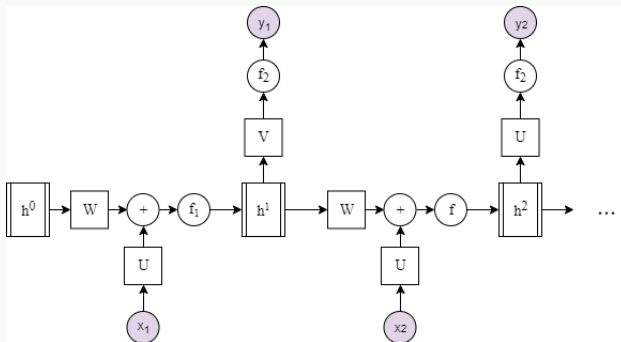


Рис. 3: $h^{(i)}$ – состояние системы, x_i – входные параметры, f_1 – функция активации для скрытых блоков, f_2 – функция выхода, W , U , V – матрицы весов

Результаты

Результаты

В результате нейронная сеть имеет точность 0.95, при соотношении тестовых данных и тренировочных 1:1, результаты работы нейронной сети:

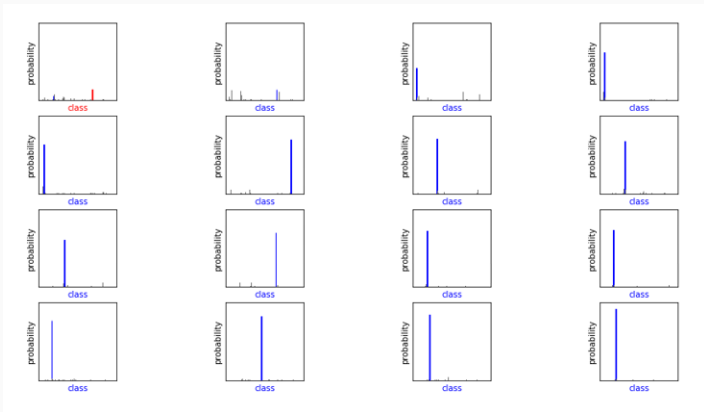


Рис. 4: Предсказания следующей итерации каскада нейронной сетью

Нахождение когерентных структур в турбулентных потоках

Уравнение Курамото-Сивашинского

В качестве модели турбулентности взято уравнение Курамото-Сивашинского с ГУ:

$$0 = \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial u^4}{\partial^4 x} + \frac{\partial u^2}{\partial^2 x} + u \frac{\partial u}{\partial x}, \quad (2)$$

где $u = u(x, t)$. Решение уравнения (2) получено с помощью IMEX метода с дискретизацией по времени с помощью схемы CNAB2(CrankNicolson Adams-Bashfort 2). Для дискретизации по пространственной переменной используется псевдоспектральный метод.

Уравнение Курамото-Сивашинского

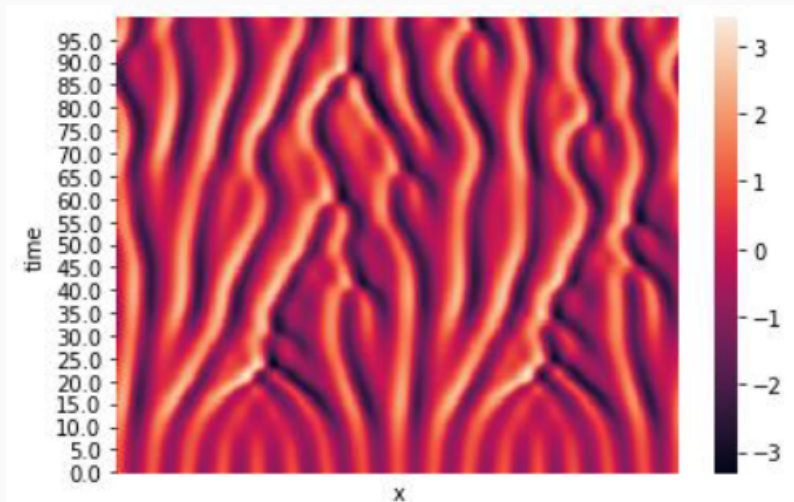


Рис. 5: Модель пространственно-временной турбулентности

Кластеризация

Введение в кластеризацию

. В задаче кластеризации обучающая выборка x_1, \dots, x_l состоит только из объектов, но не содержит ответы на них, а также одновременно является и тестовой выборкой. Требуется расставить метки y_1, \dots, y_l таким образом, чтобы похожие друг на друга объекты имели одинаковую метку, то есть разбить все объекты на некоторое количество групп

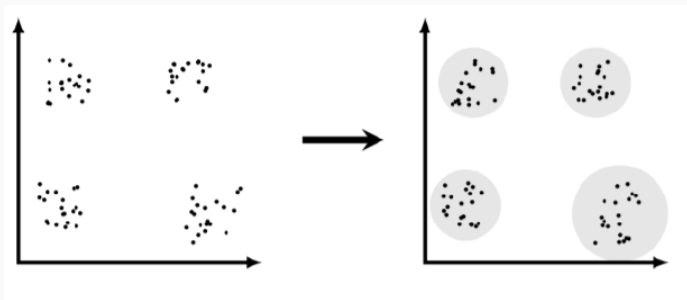


Рис. 6: Пример задачи кластеризации

Применение методов кластеризации для выделения когерентных структур

метод DBSCAN для первичной кластеризации

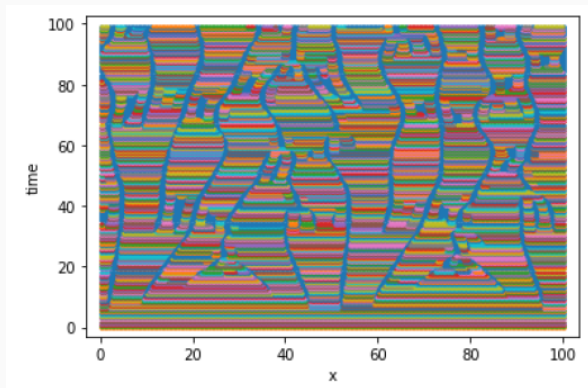


Рис. 7: Результат кластеризации методом DBSCAN при $\epsilon = 0.3$

метод DBSCAN для первичной кластеризации

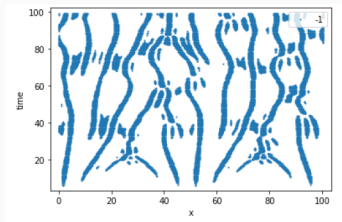


Рис. 8: Кластер №-1, выделенный методом DBSCAN

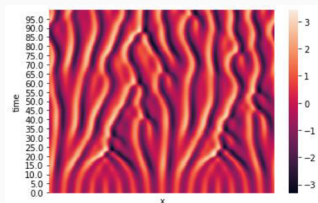


Рис. 9: Модель пространственно-временной турбулентность

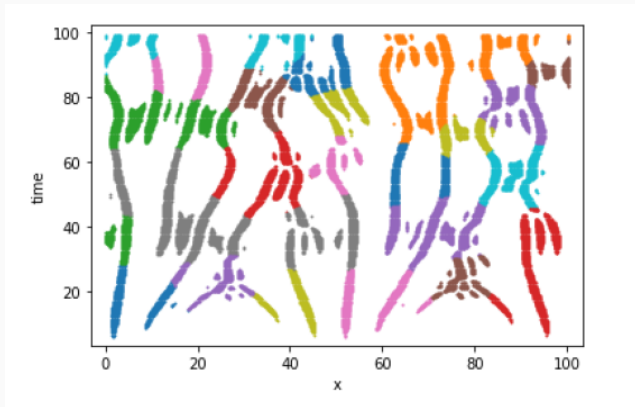
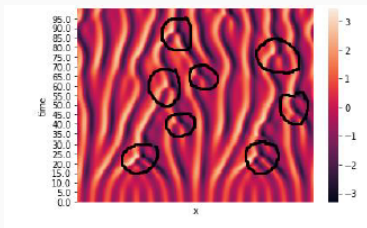


Рис. 10: Результат выделения когерентных структур для данных полученных решением уравнения Курамото-Сивашинского

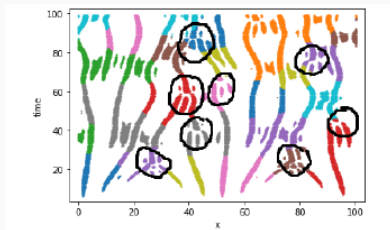
Анализ результатов

Результат

Желаемый результат:



Полученный результат:



Традиционные методы анализа динамических систем не всегда можно применить. Для исследования таких систем необходимо выделить структуры, которые впоследствии возможно анализировать общепринятыми методами. Предложенный метод позволяет выделить интересующие структуры.

Заключение

Исходя из результатов данной работы можно говорить, что методы машинного обучения являются пригодным инструментом для исследования динамических систем.

Спасибо за внимание!