

Прогнозирование поверхностной влажности почвы на сельскохозяйственных угодьях в зонах риска подтопления с применением искусственного интеллекта

Плотников Е. Д. (1), Митрофанов Е. П. (1)

(1) Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

Актуальность

Прогнозирование поверхностной влажности почвы является важной задачей для управления сельскохозяйственными территориями, особенно в зонах с повышенным риском подтоплений. Актуальность задачи связана с необходимостью своевременного мониторинга и оценки состояния почвы для предупреждения негативных последствий избыточной влаги и повышения эффективности сельскохозяйственных операций.

Целью данной работы является разработка метода комплексного анализа влажности почвы в контексте оценки работоспособности искусственной дренажной системы.

Набор данных

Для исследования был выбран набор данных для прогнозирования влажности почвы из проекта EO4NOWCAST. В наборе данных содержатся данные пространственным разрешением 100×100 м, охватывающие территорию бассейна Генуи в Италии с 2016 по 2022 год, и содержат следующие признаки:

- Карты NDMI (Нормализованный индекс разности вод), выражается следующей формулой:

$$NDMI = \frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR},$$

где NIR - ближний инфракрасный диапазон (0.85 - 0.88 μm), а SWIR - коротковолновый инфракрасный диапазон (1.57 - 1.65 μm)

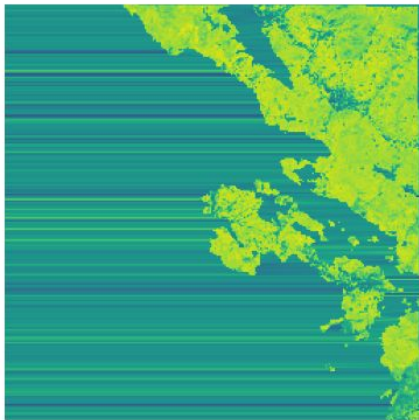
- Карты кумулятивных осадков, полученные от итальянской сети мониторинга осадков на месте (управляется ARPA)

Обработка данных

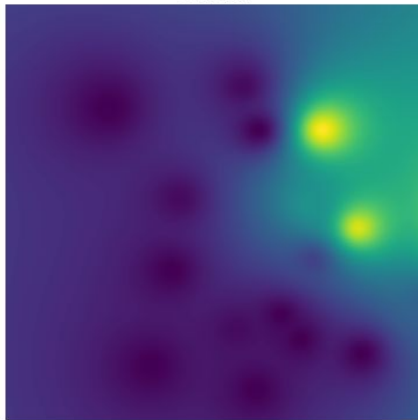
При анализе данных были выявлены артефакты на визуализациях индекса NDMI и влажности почвы, выраженные константными значениями в горизонтальном направлении.

В ходе экспериментов выявлено, что такие данные фокусируют модель на построении ложных зависимостей. С помощью выявления совместных паттернов областей с артефактами такие пиксели были замаскированы для вычисления функции потерь и метрик, то есть не участвовали в обучении и оценке модели.

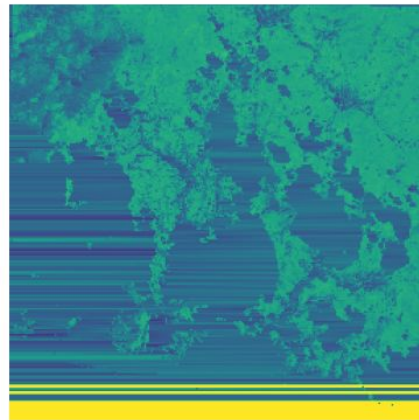
NDMI



Осадки



Влажность



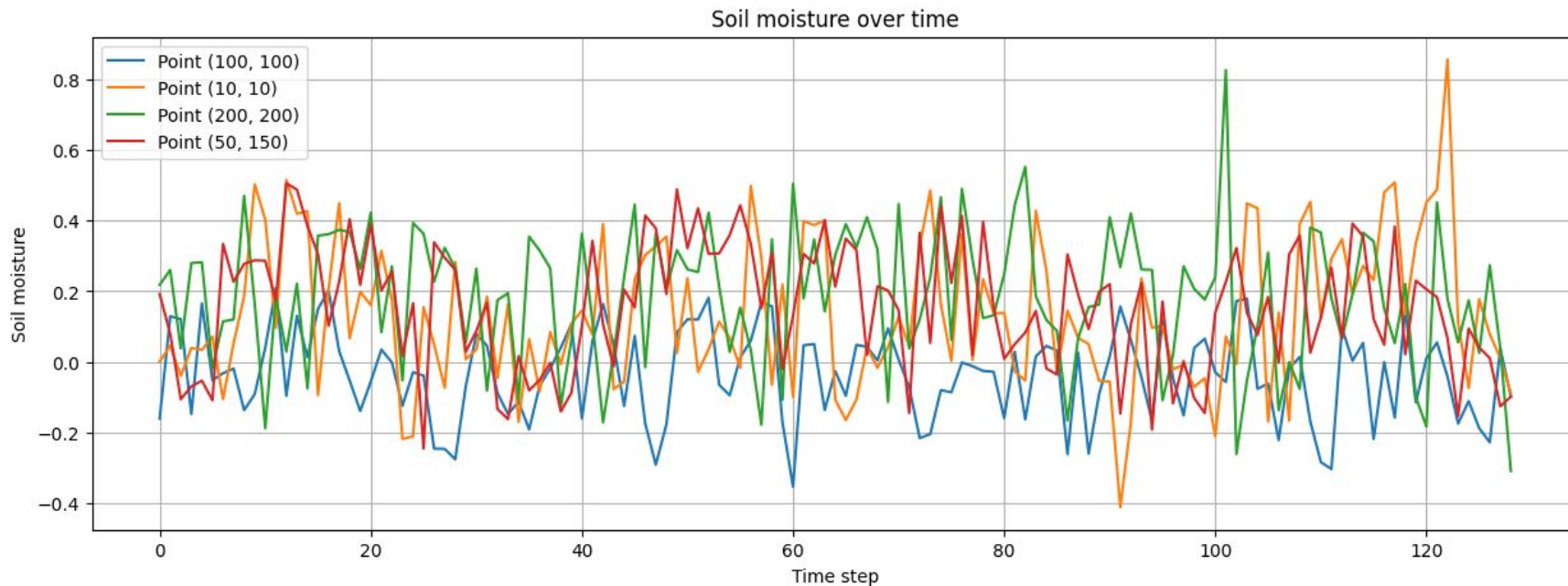
Маска



Методология

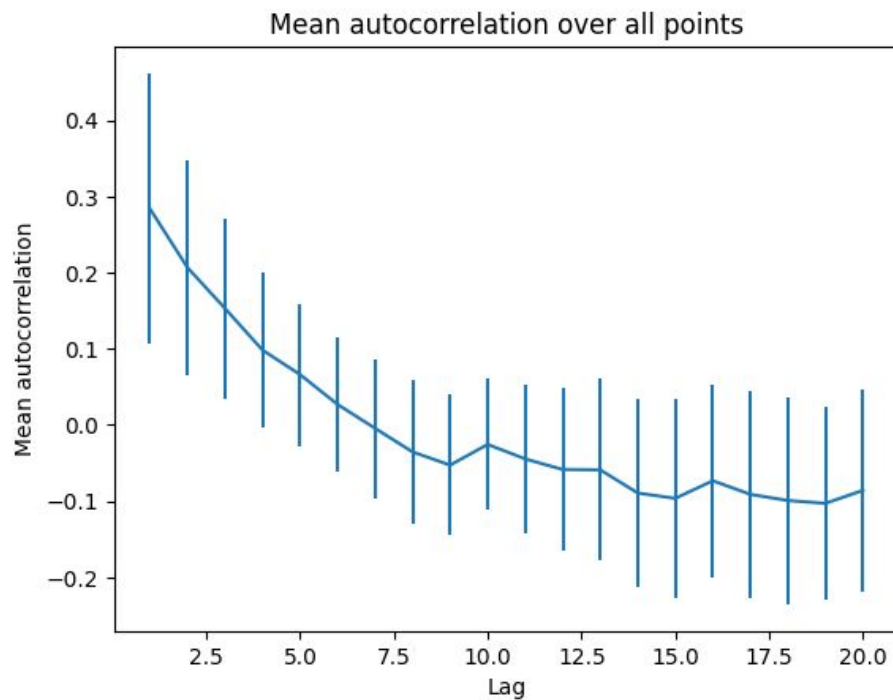
- Пространственно-темпоральная связность
 - ConvLSTM
 - PhyDNet
 - 3D CNN
- Пространственная связность
 - U-Net
 - U-Net + Attention
 - U-Net + MultiHead Attention
 - U-Net + MultiHead Attention + Wavelet
 - GAN-like model
- Не учитывает связность
 - XGBoost

Анализ данных



Временной ряд влажности почвы в выборочных тайлах

Анализ данных



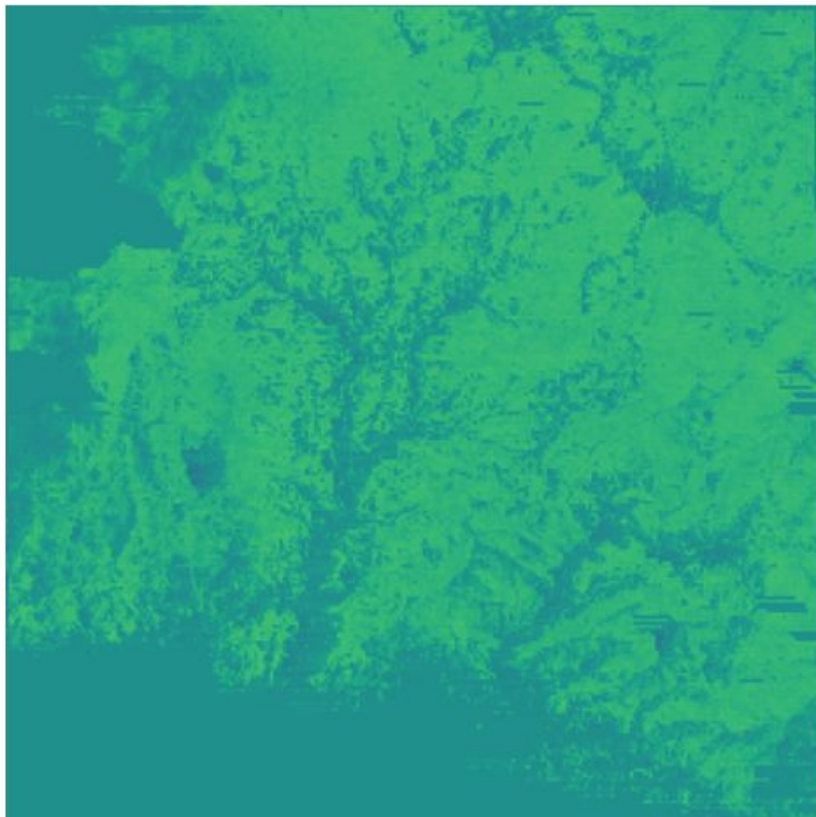
Автокорреляция значений влажности

Результаты

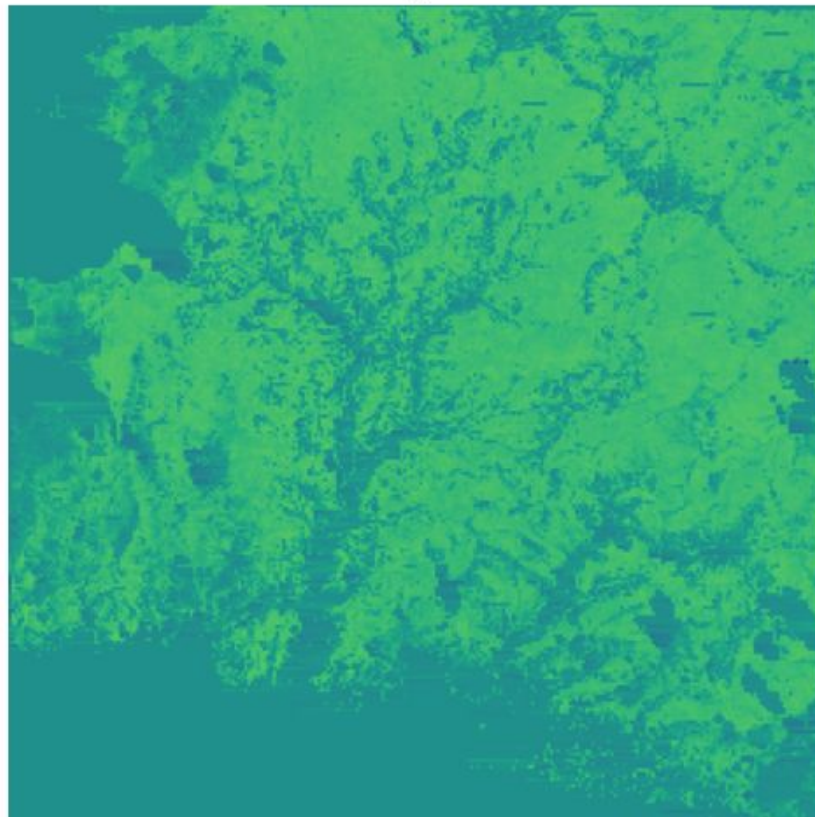
Модель	MSE	MAE	R ²
ConvLSTM	0.3546	0.5191	0.2288
PhyDNet	0.2501	0.4320	0.2920
3D CNN	0.1123	0.2904	0.3919
U-Net	0.0310	0.1768	0.5120
U-Net+Attn	0.0289	0.1514	0.5344
U-Net+MultiAttn	0.0272	0.1489	0.5492
U-Net+MultiAttn+Wavelet	0.0259	0.1331	0.5719
XGBoost	0.4591	0.6610	0.0904
CNN+XGBoost	0.1214	0.3014	0.3684
GAN-like model	0.0081	0.0606	0.7483

Результаты

Prediction



Target



Заключение

Финальная модель, U-net с добавлением Multi-Head Attention, обученная с использованием описанных методов демонстрирует высокую точность в прогнозировании поверхностной влажности почвы на основе данных мультиспектральной съемки и метеорологических наблюдений. Модель устойчива к шуму и переобучению, что делает ее применимой в реальных условиях мониторинга влажности почвы.

Предложенный подход обладает потенциалом применения для комплексного мониторинга влажности почвы в аграрных зонах с целью предупреждения повреждений, связанных с подтоплением, и оптимизации использования земельных ресурсов.