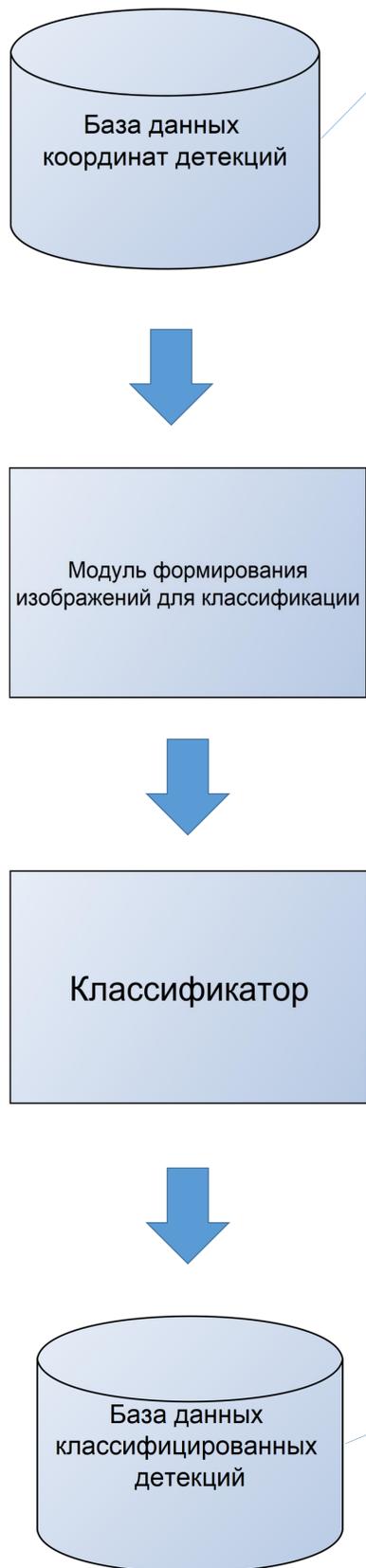


# Классификация высокотемпературных детекций по спутниковым снимкам поверхности Земли высокого разрешения

Трубецков И.Д.  
НИЦ «Курчатовский институт»

Информацию о местоположении высокотемпературных детекций можно получить с помощью обработки спутниковых снимков ночной поверхности Земли, но, к сожалению, таким способом не удастся определить тип объекта. Для этого производится ручная классификация, которая требует большого количества времени и сил. Для автоматизации и ускорения классификации была разработана система автоматической классификации высокотемпературных детекций.

## Схема классификации



С помощью мультиспектральных камер и сенсоров VIIRS, установленных на метеорологических спутниках Suomi NPP и NOAA-20, делаются снимки ночной поверхности Земли в видимом и ИК диапазонах. Полученные изображения обрабатываются методом VIIRS NightFire (VNF) [1], который определяет координаты высокотемпературных детекций и их метаданные, такие как температура горения и базовый класс (например факельное сжигание попутного нефтяного газа, пожар и т.п.). Результат обработки записывается в базу данных высокотемпературных детекций.

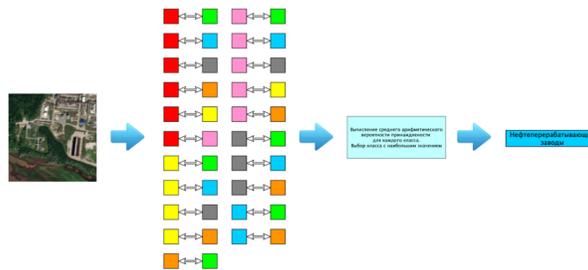
Для каждой детекции формируется изображение, содержащее саму детекцию и окружающий ее контекст. Изображение формируется таким образом, чтобы интересующий нас объект располагался в центре. Для этого для каждой пары координат детекций вычисляются координаты тайла, содержащего эти координаты, а также координаты еще 8 тайлов, окружающих его. Затем все 9 тайлов скачиваются с помощью открытого API ArcGIS [2] и из них формируется результирующее изображение, соответствующее координатам детекции.

(lat, lon) →

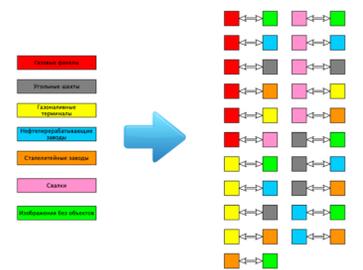


Мультиклассовый классификатор реализован по методу One-vs-One [3] и представляет собой множество бинарных классификаторов и функцию агрегации функций принадлежности объекта к конкретному классу. Множество классов состоит из следующих типов объектов: газовые факелы, угольные шахты, газоналивные терминалы, нефтеперерабатывающие заводы, сталелитейные заводы, свалки и изображений, на которых заведомо нет интересующих нас объектов.

Для каждой пары реализован свой бинарный классификатор, который является нейронной сетью, построенной на архитектуре Xception [4]. В качестве функции, агрегирующей результаты, было выбрано среднее арифметическое всех предсказаний для конкретного класса. А в качестве финального результата выбирался тот класс, который после усреднения имел самую большую вероятность принадлежности объекта. Результат классификации записывается в базу данных.



Работа классификатора на примере НПЗ



Множество бинарных классификаторов для нашего множества классов

## Результаты апробации разработанного классификатора на России

Класс	Количество объектов	Наиболее вероятный класс	Ассурасу наиболее вероятного класс	1 из 3 наиболее вероятных классов	Ассурасу 1 из 3 наиболее вероятных классов
Газовые факела	1300	859	66%	1171	90%
НПЗ	71	27	38%	64	90%
Свалки	5	1	20%	5	100%
Индустриальные объекты	114	85	74%	114	100%

## Анализ ошибок классификатора

К основным причинам ошибок можно отнести:

- Наличие на изображениях туманности или облаков.
- Разные размеры объектов. При скачивании изображений в едином масштабе некоторые объекты получаются слишком маленькими.
- Пересекающиеся формы инженерных конструкций. Например, баки, используемые на НПЗ и газоналивных терминалах.



Пересекающиеся формы инженерных конструкций

## Список литературы

- C. Elvidge, M. Zhizhin, F.-C. Hsu, and K. Baugh, "VIIRS Nightfire: Satellite Pyrometry at Night", *Remote Sensing*, vol. 5, no. 9, pp. 4423–4449, Sep. 2013.
- <https://www.arcgis.com/apps/mapviewer/index.html>
- Pawara P. et al. "One-vs-One classification for deep neural networks", *Pattern Recognition*, 2020, T.108, C.107528
- F. Chollet, "Xception: Deep Learning with Depthwise Separable Convolutions", *2017 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 2017, pp. 1800-1807, doi: 10.1109/CVPR.2017.195.

# База данных координат детекций

С помощью мультиспектральных камер и сенсоров VIIRS, установленных на метеорологических спутниках Suomi NPP и NOAA-20, делаются снимки ночной поверхности Земли в видимом и ИК диапазонах.

Полученные изображения обрабатываются методом VIIRS NightFire (VNF) [1], который определяет координаты высокотемпературных детекций и их метаданные, такие как температура горения и базовый класс (например факельное сжигание попутного нефтяного газа, пожар и т.п.). Результат обработки записывается в базу данных высокотемпературных детекций.

---

[1] C. Elvidge, M. Zhizhin, F.-C. Hsu, and K. Baugh, “VIIRS Nightfire: Satellite Pyrometry at Night”, *Remote Sensing*, vol. 5, no. 9, pp. 4423–4449, Sep. 2013.

# Модуль формирования изображений для классификации

Для каждой детекции формируется изображение, содержащее саму детекцию и окружающий ее контекст.

Изображение формируется таким образом, чтобы интересующий нас объект располагался в центре. Для этого для каждой пары координат детекций вычисляются координаты тайла, содержащего эти координаты, а также координаты еще 8 тайлов, окружающих его.

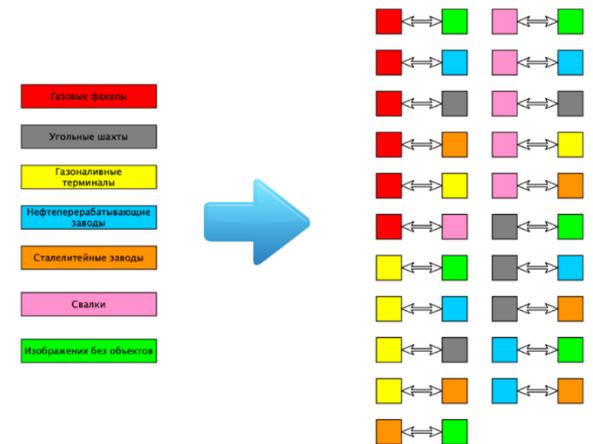
Затем все 9 тайлов скачиваются с помощью открытого API ArcGIS [1] и из них формируется конечное изображение, соответствующее координатам детекции.



# Классификатор

Мультиклассовый классификатор реализован по методу One-vs-One [1] и представляет собой множество бинарных классификаторов и функцию агрегации функций принадлежности объекта к конкретному классу.

Множество классов состоит из следующих типов объектов: газовые факелы, угольные шахты, газоналивные терминалы, нефтеперерабатывающие заводы, сталелитейные заводы, свалки и изображения без объектов.

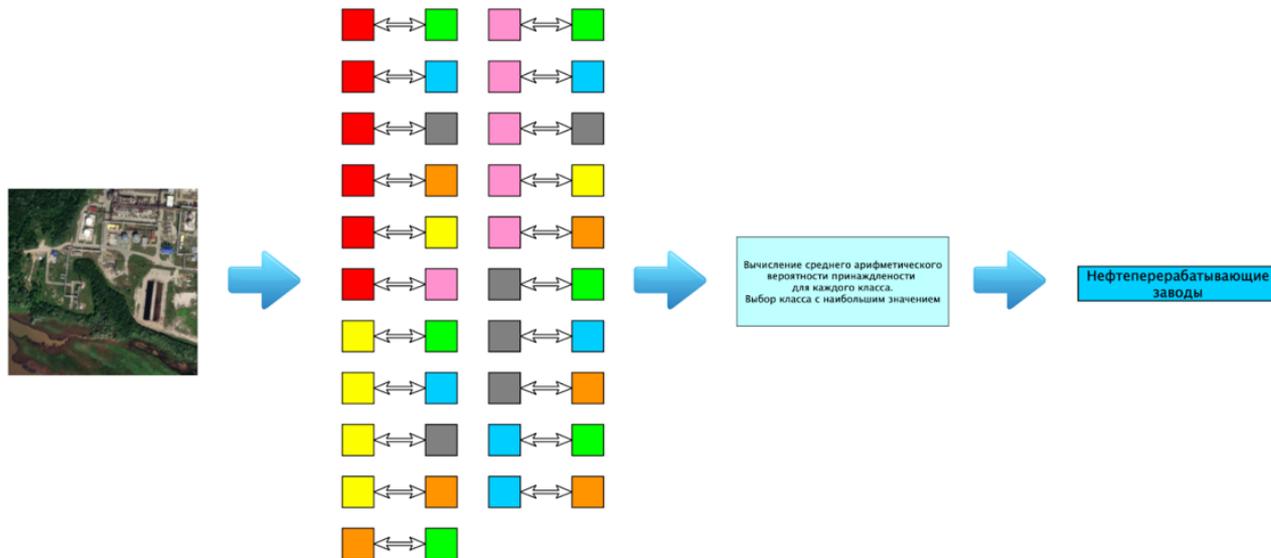


Множество бинарных классификаторов для нашего множества классов

# Классификатор

Для каждой пары реализован свой бинарный классификатор, который является нейронной сетью, построенной на архитектуре Xception [1].

В качестве функции, агрегирующей результаты, было выбрано среднее арифметическое всех предсказаний для конкретного класса. А в качестве финального результата выбирался тот класс, который после усреднения имел самую большую вероятность принадлежности объекта. Результат классификации записывается в базу данных.



Работа классификатора на примере НПЗ

[1] F. Chollet, "Xception: Deep Learning with Depthwise Separable Convolutions", 2017 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2017, pp. 1800-1807, doi: 10.1109/CVPR.2017.195.

# Результаты апробации разработанного классификатора на России

Класс	Количество объектов	Наиболее вероятный класс	Ассигуру наиболее вероятного класс	1 из 3 наиболее вероятных классов	Ассигуру 1 из 3 наиболее вероятных классов
Газовые факела	1300	859	66%	1171	90%
НПЗ	71	27	38%	64	90%
Свалки	5	1	20%	5	100%
Индустриальные объекты	114	85	74%	114	100%

# Анализ ошибок

К основным причинам ошибок можно отнести:

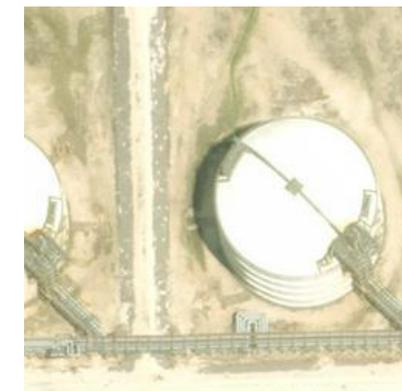
- Наличие на изображениях туманности или облаков.
- Разные размеры объектов. При скачивании изображений в едином масштабе некоторые объекты получают слишком маленькими.
- Пересекающиеся формы инженерных конструкций. Например, баки, используемые на НПЗ и газоналивных терминалах.



Туманность



Неправильный масштаб



Пересекающиеся формы инженерных конструкций