

Zwicky Transient Facility (ZTF): «ЭКОСИСТЕМА» ДАННЫХ

Дмитрий Андреевич Дуев

Научный сотрудник | Департамент Астрономии | Калтех
duev@caltech.edu

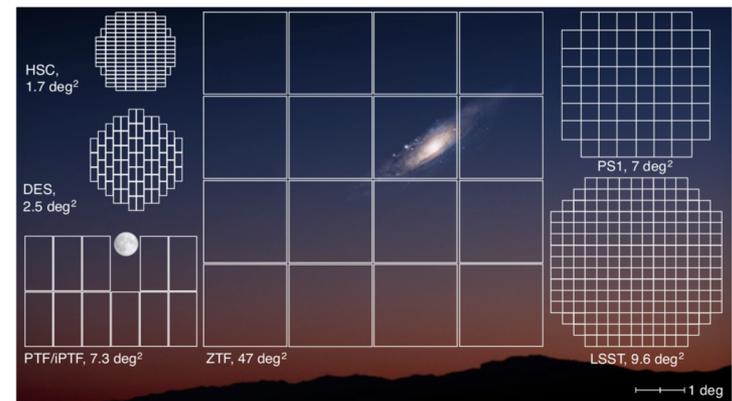
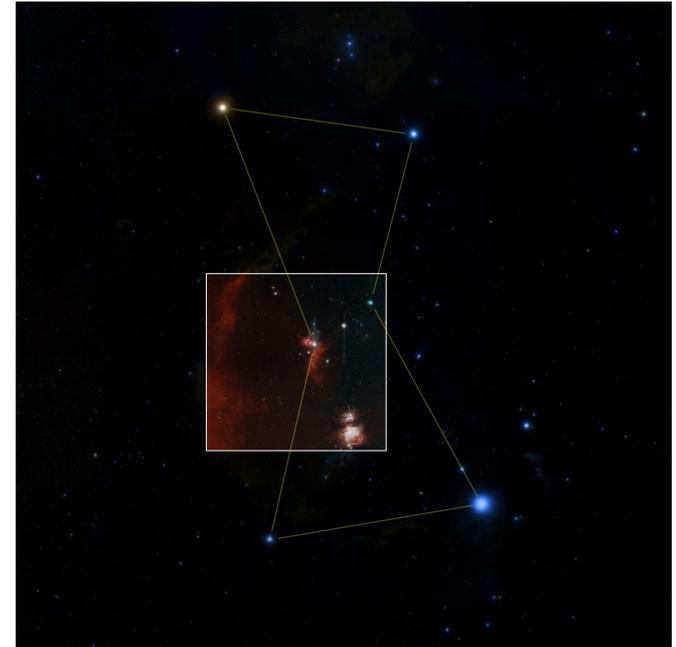
От имени команды ZTF



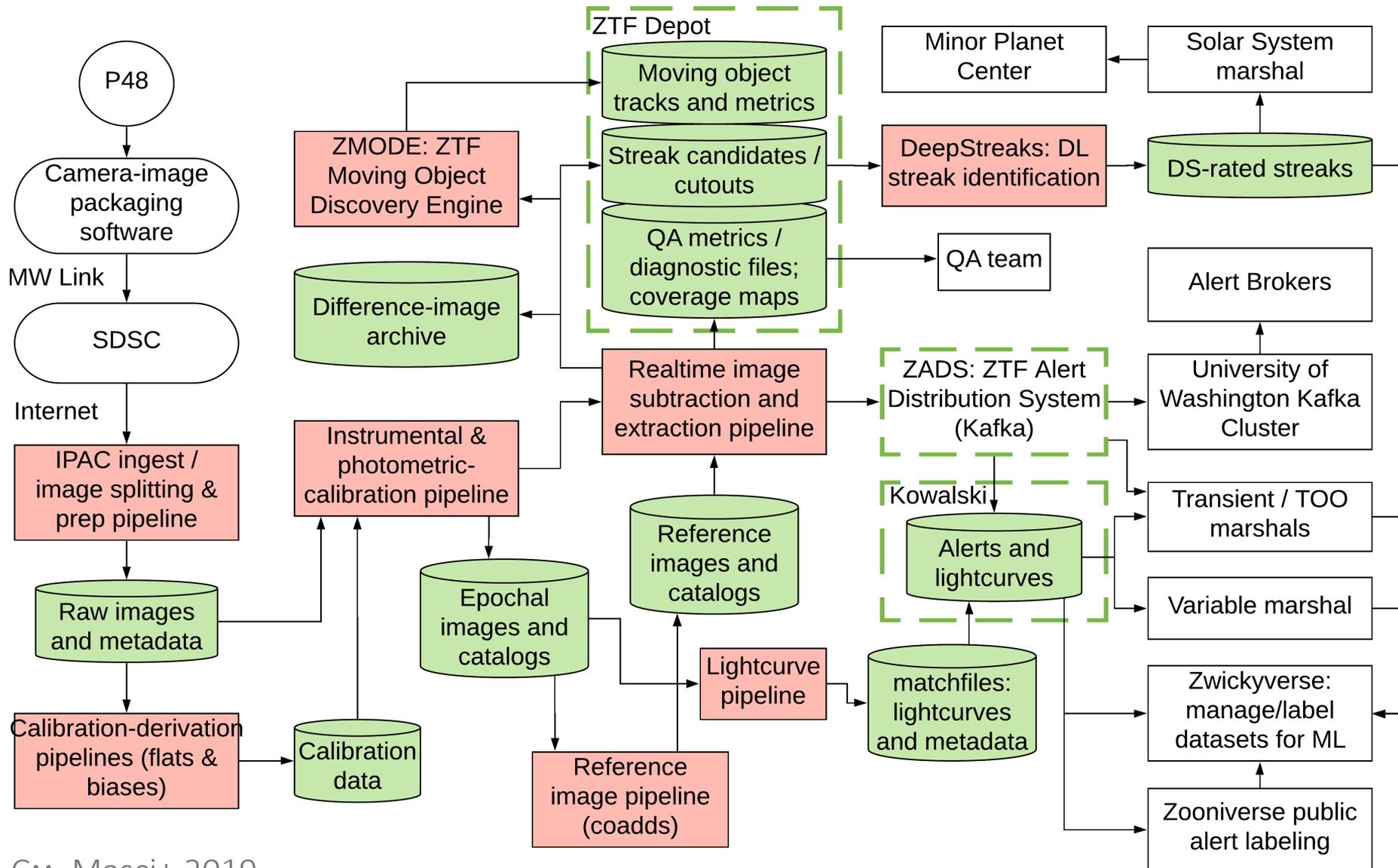
ZTF: основные характеристики

- Телескоп: 48" Шмидт, Обсерватория Паломар, Калифорния, США
- Поле зрения: $\sim 47 \text{ град}^2$
- Скорость съемки: до $4300 \text{ град}^2 / \text{час}$
- Номинальная продолжительность обзора: 3 года
- Открытые данные / Участники проекта / Калтех: 40%/ 40%/ 20%
- Фильтры в полосах: $g / r / i$
- Номинальное время экспозиции: 30 сек
- Глубина одиночной экспозиции (5σ): $20.8 / 20.6 / 19.9$
- Качество изображения (полуширина): $2.1'' / 2.0'' / 2.1''$
- Детекторы: $16 \times 6k \times 6k = 576 \text{ Мpix}$, $1.0'' / \text{пикс}$
- Обзор неба к северу от $\delta \sim -30^\circ$

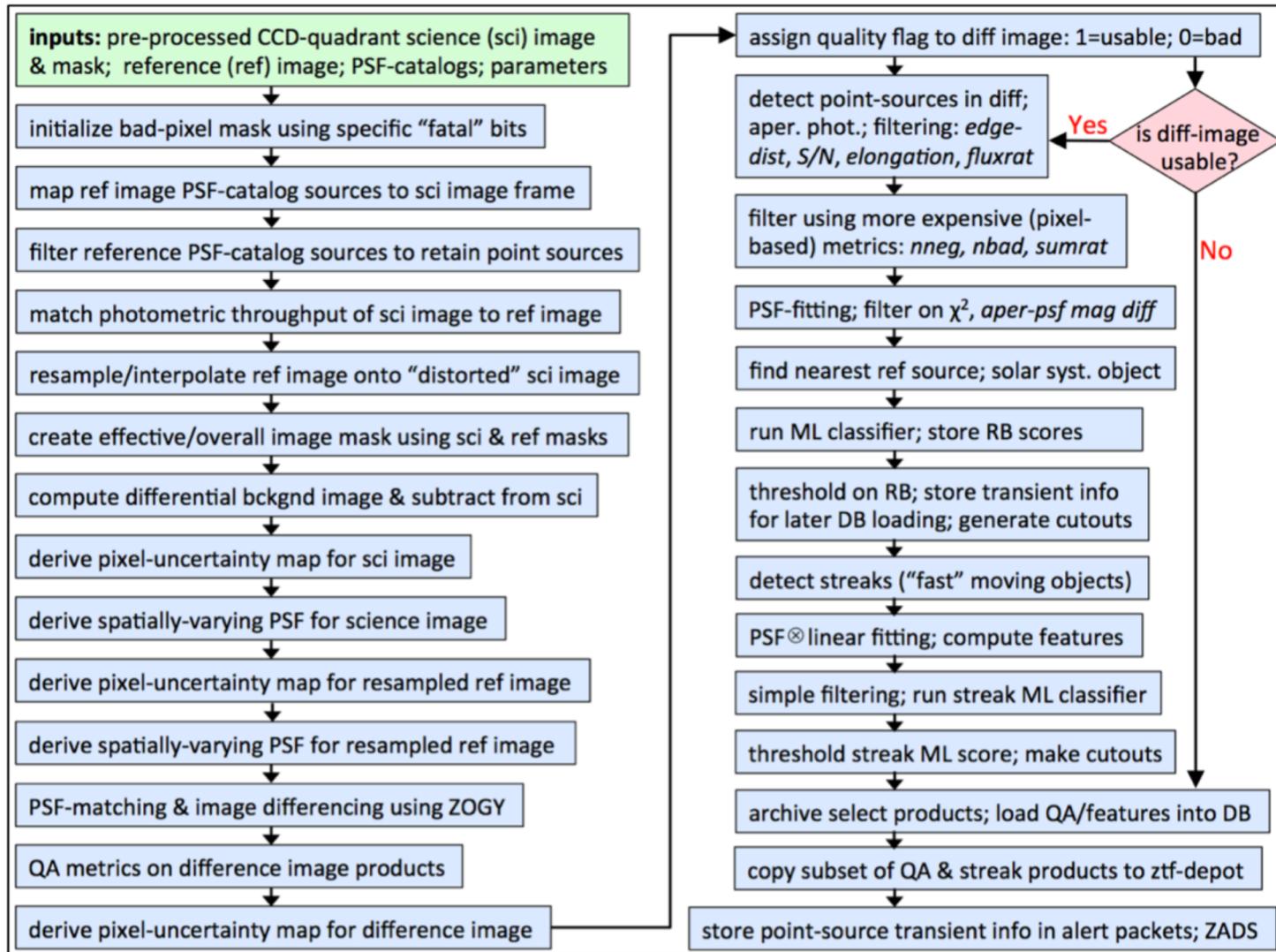
- Быстрый, широкопольный обзор неба:
 - быстрые, молодые и редкие транзиенты
 - ЭМ излучение источников ГВ-излучения
 - космология (СН типа Ia в Местном Объеме)
 - переменные звезды и затменные двойные системы
 - объекты Солнечной системы



ZTF: системы обработки и распределения данных



Система обработки сырых данных @ IPAC



Masci+ 2018



Объемы данных / статистика

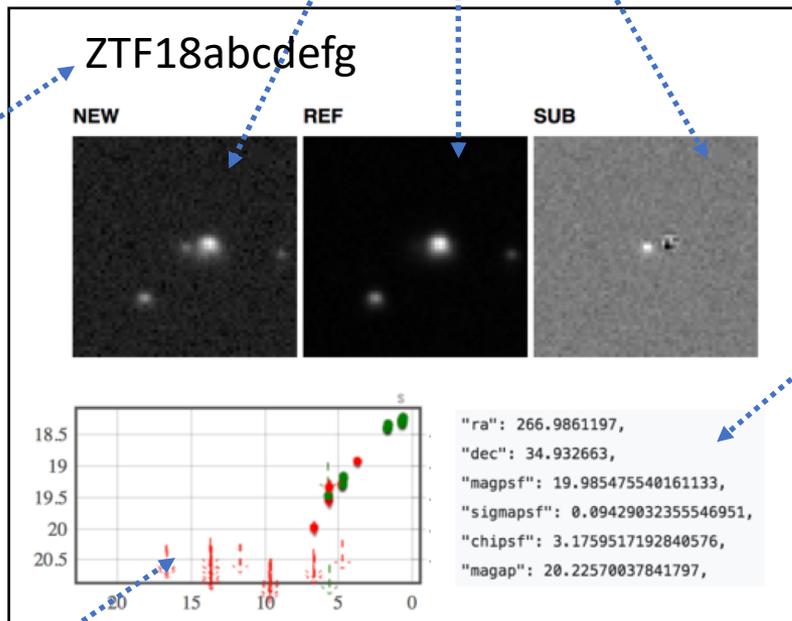
За ночь	8ч 40м	За всё время обзора	3 x 260 н
# экспозиций	~700	Объем обр. данных	~3.2 ПБ
Необработанные изображения	~1 ТБ	Опорные изображения	~60 ТБ
Обработанные данные	~4 ТБ	# опорных изобр. по квадрантам ПЗС матриц	~ 2.8×10^5
# «сырые» 5 σ -алерты	~ $10^5 - 10^6$	Кривые блеска	~50 ТБ
# алерты, отобранные ИИ	~ $10^3 - 10^5$	# «matchfiles»	~ 2.8×10^5
# «сырые» изм. ОЗО	~ $10^4 - 10^6$	# (ФРТ) фотометрических измерений на эпоху	~ 800×10^9
# ОЗО, отобранные ИИ	~ $10^2 - 10^3$	# (ап.) фотометрических измерений на эпоху	~ 230×10^9

Машинное/глубокое обучение -> подлинные астрофизические события / объекты

Структура алертов в AVRO-формате

63x63 пикс 32-битные изображения

Уникальный идентификатор (в радиусе 1.5")



- параметры ZOGY
- Подлинный/фальшивый?
- Звезда/галактика?
- Ближайшие источники
- Ближайший объект СС
- Архивные данные

Размер пакета: ~80 кб
Структура обновляется

Архивные данные за последние 30 дней

<https://zwicky.tf/4t5>

<https://github.com/ZwickyTransientFacility/ztf-avro-alert>



ZTF: алерты и кривые блеска

- На текущий момент: более 215М алертов, 3.1В индивидуальных кривых блеска
- Публичные алерты доступны в реальном времени через «брокеров» и архив
- Изображения и кривые блеска -> релизы данных (DR2 выпущен неделю назад) <https://www.ztf.caltech.edu/page/dr2>

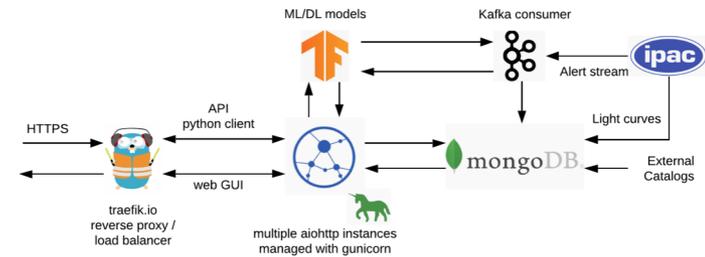
Сервис	Веб-поиск	Программные фильтры	Уведомления	Kafka-потоки	API	Массовый доступ?
LCO MARS	Да	Нет	-	Нет	JSON	Нет
ANTARES	Нет	Python	Slack	Да	Python	(Да)
LASAIR	Да	SQL	-	Нет		Нет
UW	Нет	Нет	-	Нет	Нет	Да
ALeRCE	Да	(Да)	-	Нет	JSON	Нет



ZTF: алерты и кривые блеска

Kowalski: система для эффективной работы с большими астрономическими данными [базы данных, веб-интерфейсы, программные интерфейсы]

- 30+ каталогов (Gaia, PS1, 2MASS...) [~30 ТБ]
- 60+ активных юзеров, как астрономов, так и программных сервисов
- Десятки-сотни миллионов запросов в день
- Нереляционная база данных MongoDB
- Kafka-поток алертов из IPAC
 - Кросс-матч + исполнение классификаторов МО/ГО в режиме реального времени



ZTF Alert 900284953915015002

Science Template Difference

Alert packet contents

```
{
  "_id": { "$id": "1" },
  "scheme": "ZTF",
  "publisher": "ZTF (www.ztf.caltech.edu)",
  "objectId": "ZTF19aanhha1",
  "candidate": "900284953915015002",
  "candidate": { "$id": "1" },
  "cutoutScience": { "$id": "1" },
  "cutoutTemplate": { "$id": "1" },
  "cutoutDifference": { "$id": "1" },
  "classification": { "$id": "1" },
  "coordinates": { "$id": "1" }
}
```

Cross-matches with external catalogs within 5" and detection history for ZTF19aanhha1

_id	cross_matches	prv_candidates
"ZTF19aanhha1"	{ "\$id": "1" }	{ "\$id": "1" }

Composite light curves for ZTF19aanhha1

LC_1: (Telescope: 'PO-1.2m', Instrument: 'ZTF', filter: '1', comment: 'no corrections applied, using raw magpsf, sigmapsf, and diffmaglim')

LC_2: (Telescope: 'PO-1.2m', Instrument: 'ZTF', filter: '2', comment: 'no corrections applied, using raw magpsf, sigmapsf, and diffmaglim')

LC_3: (Telescope: 'PO-1.2m', Instrument: 'ZTF', filter: '3', comment: 'no corrections applied, using raw magpsf, sigmapsf, and diffmaglim')

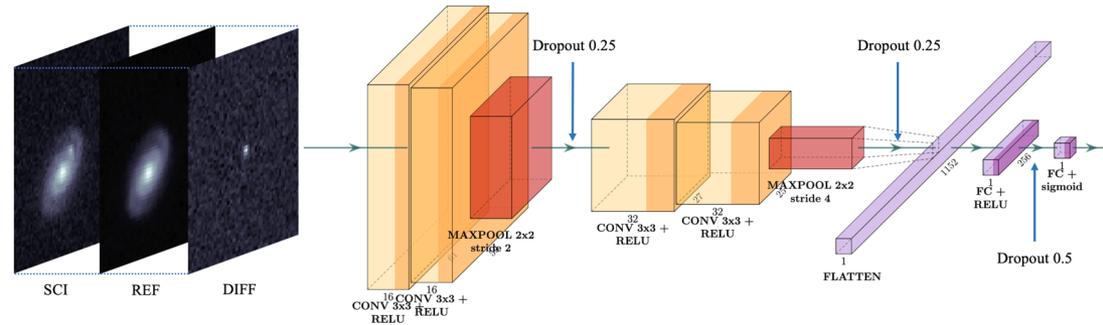
Using 'match_radius_arcsec=1.55star_galaxy_threshold=0.4'

Машинное/глубокое обучение в ZTF

braai: bogus/real adversarial artificial intelligence

- Свёрточная нейросеть для классификации алертов (подлинный/фальшивый)
- ~1-2% ложно-отрицательных и ложно-положительных решений

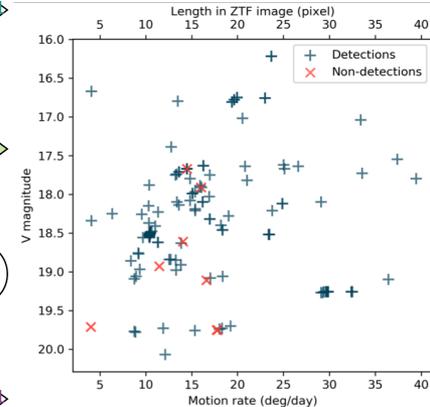
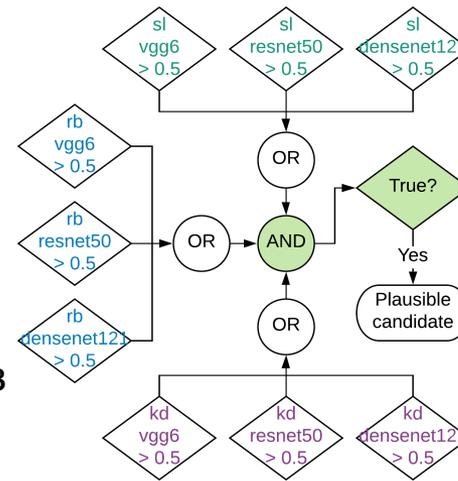
<https://github.com/dmitryduev/braai>



DeepStreaks: идентификация околоземных объектов

- Ансамбль классификаторов на основе свёрточных нейросетей
- <1% ложно-отрицательных и ложно-положительных решений
- Открыто более 80 околоземных астероидов

<https://github.com/dmitryduev/DeepStreaks>



Брокеры алертов внутри проекта ZTF



<http://growth.caltech.edu>

Kasliwal+ 2019

GROWTH Marshal:

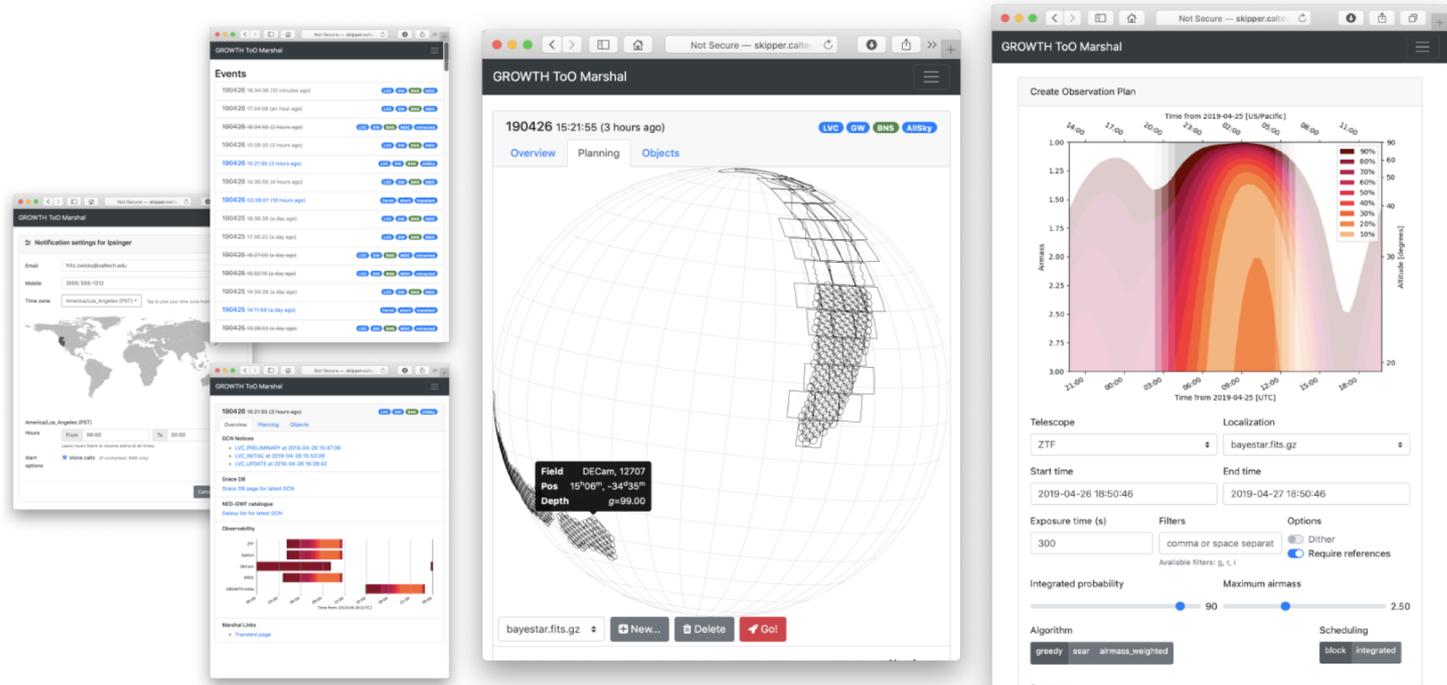
- 150+ астрономов
- 40+ научных программ
- 3000+ CH
- 37 телескопов по всему земному шару



AMPEL
Nordin+ 2019

ZTF TOO marshal

- Отслеживание оповещений/алертов LIGO/Virgo, IceCube, Fermi, Swift...
- Оповещение об интересных событиях
- Оптимальное планирование наблюдений на ZTF, DECam, KPED, Gattini...
- Взаимодействие с роботизированными телескопами, отслеживание наблюдений
- Автоматическая генерация циркуляров GCN



<https://github.com/growth-astro/growth-too-marshall>

Переменные источники и объекты Солнечной системы

- ZTF Variable Marshal: графический и программный интерфейс доступа к кривым блеска ZTF
 - Архив, последующие наблюдения, «маркировка» для МО
- SSM: отбор наблюдений, отфильтрованных DeepStreaks для отправки в Центр Малых Планет

ZTF Variable Marshal Home Data Search Docs Logged in as admin

Quick search:

Search saved sources:

Source page:

id	ra	dec	p	zvm_program_id	source_types	source_flags	created	created_by
ZTF191915a	234.8840008	50.4607984	[period: 10.004000028; period_unit: 'Days']	3			2019-11-16 09:18:51.814000	admin
ZTF191900a	12.5116381	-17.607465	[period: 11.5379184; period_unit: 'Days']	3			2019-11-13 20:48:02.830000	admin

Showing 1 to 20 of 22 rows

ZTF Variable Marshal Home Data Search Docs Logged in as admin

Coordinates: RA: 234.8840008, DEC: 50.4607984

Light curve plot for ZTF191915a showing magnitude vs. time.

Search:

Filters: LCL-1, LCL-2, LCL-3

Download:

Upload Light Curves:

JSON output:

```
{
  "ZTF191915a": {
    "ra": 234.8840008,
    "dec": 50.4607984,
    "period": 10.004000028,
    "period_unit": "Days",
    "zvm_program_id": 3,
    "source_types": [],
    "source_flags": [],
    "created": "2019-11-16 09:18:51.814000",
    "created_by": "admin"
  }
}
```

ZTF Fast Moving Object: DeepStreaks Review Page

From Page | General Scanning Page | Sherwood Page

Database last updated at UT 2019-12-16 11:20.

Displaying 519 of 519 DeepStreaks-vetted candidates that are not yet classified.

Grid of image sequences for review, each with 'Accept' or 'Reject' buttons.

<https://github.com/dmitrydudev/ztf-variable-marshal>

