

ТЕПЛОВАЯ КАРТА — КАРТОГРАММА ЧАСТОТЫ ВЫСОКОДЕТАЛЬНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ ЗЕМЛИ В 2018 Г.*

М.Ю. Потанин (ИТЦ «СКАНЭКС»)

В 2003 г. окончил механико-математический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова по специальности «математик, прикладная математика». После окончания университета работает в ООО ИТЦ «СКАНЭКС», в настоящее время — руководитель направления веб-разработок.

▼ Каталог космоснимков

Веб-приложение «Каталог космоснимков» [1] (далее — Каталог) — информационный сервис, который служит агрегатором метаданных ведущих мировых коммерческих программ космической съемки Земли в оптическом диапазоне, в том числе метаданных снимков, полученных с помощью российских космических аппаратов (КА) серий «Ресурс-П» и «Канопус-В». Каталог был создан компанией «СКАНЭКС» в 2007 г. с момента начала дистрибуции данных высокого пространственного разрешения с КА Ikonos и QuickBird на территории России. В настоящее время приложение служит главным инструментом при подборе данных для коммерческих заказчиков и выполнении производственных (тематических) проектов компании «СКАНЭКС». При этом в службу технической поддержки также обращаются пользователи, которые пока не планируют покупать данные, а применяют Каталог как открытый информационный сервис. Например, один из пользователей Каталога, специалист в

области океанологии, по квиклукам (заглубленным изображениям) высокодетальных снимков с КА провел оценку качества алгоритмов определения ледовой обстановки на основе данных MODIS в акваториях на Дальнем Востоке (рис. 1).

Несмотря на то, что компания «СКАНЭКС» поставляет космические снимки только российским заказчикам, есть два момента, благодаря которым Каталог стал базой метаданных снимков с глобальным покрытием на всю территорию суши Земного шара. Этому, во-первых, способствовало сотрудничество с компанией «Яндекс» по созданию подложки «Спутник» для сервиса «Яндекс.Карты», которая охватывает почти всю территорию суши Земного шара, и, во-вторых, творческий интерес разработчиков к тому, чтобы создать глобальный информационный ресурс. В результате в настоящее время база данных Каталога содержит метаданные космической съемки, начиная с 1999 г. (снимки с КА Ikonos), общее количество записей составляет более 50 миллионов и ежеднев-

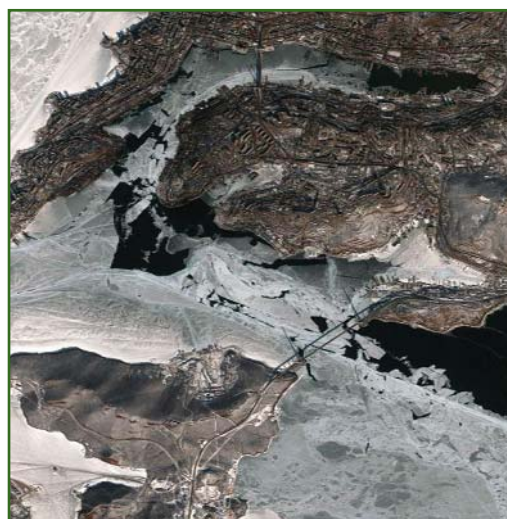


Рис. 1
Фрагмент квиклука с КА GeoEye-1, 24.12.2018 г. — ледовая обстановка в районе моста «Русский», г. Владивосток.
© DigitalGlobe, Inc. All Rights Reserved 2018

но пополняется более 20 тысячами записей. Алгоритм поиска, используемый в Каталоге, описан в статье [2].

▼ Мотивация исследования

В последние несколько лет отчетливо видно как подтверждается гипотеза, что будущее отрасли дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) — за переходом от поставок отдельных снимков/покрытий на заданный

* Статья подготовлена на основе статьи автора «Создание тепловой карты высокодетальной съемки за 2018 год на портале «Каталог космоснимков», опубликованной в журнале «Земля из космоса» №10(26), 2019 г.

участок территории к сервисам подписок на регулярно обновляемые данные и в развитии автоматических аналитических сервисов, использующих такие данные для извлечения полезной информации. Базой для этого тренда служат новые съемочные системы, которые обеспечивают гораздо более высокую частоту съемки. Если раньше детальность ежедневно обновляемых данных держалась на уровне максимум в несколько сот метров на пиксель (MODIS), то теперь уже по факту этот порог сдвинулся до детальности 5–10 м/пиксель (КА Planet и Sentinel-2). Фактически, для подбора метаданных снимков с пространственным разрешением в диапазоне 5–10 м/пиксель уже не требуется классический поисковый интерфейс, в котором нужно указывать широкий диапазон

времени проведения съемки, чтобы в результатах поиска отбирать подходящие космические снимки. Проиллюстрируем этот тезис примером работы с данными другого типа. Допустим, чтобы узнать динамику курса валюты или прогноз погоды, мы не запускаем поиск, а просто выбираем дату, на которую нужна информация. Аналогично и для работы с базой ежедневно обновляемой космической съемки: не нужно указывать диапазон времени, достаточно в календаре или на таймлайне выбрать интересующую дату.

Пользуясь тем, что в нашем распоряжении есть уникальный информационный ресурс — единая база метаданных космической съемки с 12 КА сверхвысокого разрешения, мы решили проверить, что получится, если объединить данные этих 12

спутников в единую виртуальную группировку? Какая будет суммарная производительность и частота съемки? Есть ли территории, для которых порог ежедневной съемки достиг разрешения в 0,5 м/пиксель? Какие участки земной поверхности снимают чаще всего и сколько раз в год? И, наконец, за какой максимальный срок имеет смысл хранить метаданные снимков в базе Каталога, чтобы обеспечить выполнение основного сценария работы при подборе высокодетальных снимков — найти наиболее актуальный безоблачный космический снимок на заданную территорию?

▼ Описание исходных данных исследования

Как уже было сказано выше, для исследования были выбраны метаданные снимков с 12 КА, выполняющих съемку с пространственным разрешением

КА, обеспечивающие высокодетальную космическую съемку

Таблица 1

Наименование КА	Оператор, страна	Год запуска	Максимальное пространственное разрешение снимка, м/пиксель
WorldView-1*	DigitalGlobe, США	2007	0,5
GeoEye-1	DigitalGlobe, США	2008	0,4
WorldView-2	DigitalGlobe, США	2009	0,46
Pléiades-HR 1A	CNES, Франция	2011	0,5
Pléiades-HR 1B	CNES, Франция	2012	0,5
WorldView-3	DigitalGlobe, США	2014	0,31
KOMPSAT-3A	SIIS, Южная Корея	2015	0,5
WorldView-4	DigitalGlobe, США	2016	0,31
SuperView-1 01**	Space View, Китай	2016	0,5
SuperView-1 02	Space View, Китай	2016	0,5
SuperView-1 03***	Space View, Китай	2018	0,5
SuperView-1 04***	Space View, Китай	2018	0,5

Примечания.

* Это единственный КА из представленных в таблице, который выполняет съемку только в панхроматическом режиме. Остальные позволяют получать космические снимки в панхроматическом и мультиспектральном режимах.

** Альтернативное название этой группировки КА — GaoJing-1.

*** Это третий и четвертый космические аппараты группировки SuperView-1, которые были запущены в начале 2018 г. Первые снимки с КА SuperView-1 03 и SuperView-1 04 есть в базе Каталога, начиная с 11 января 2018 г. Таким образом, четыре космических аппарата, входящих в группировку SuperView-1, работали на полную мощность в течение почти всего 2018 г.

0,5–0,3 м/пиксель (табл. 1). На данный момент это максимально доступная детальность космической съемки на коммерческом рынке данных ДЗЗ. Что такое пространственное разрешение 0,5–0,3 м/пиксель? На снимках с разрешением 0,5 м/пиксель можно посчитать количество машин на парковке супермаркета (рис. 2), а на снимках с разрешением 0,3 м/пиксель — даже определить марку/класс автомобиля (рис. 3) [3].

Были проанализированы метаданные снимков с КА, представленных в табл. 1, с датой-временем съемки по UTC в диапазоне 2018-01-01 00:00:00 — 2018-12-31 23:59:59.

Стоит отметить также два аспекта.

Во-первых, все метаданные предоставляются операторами в рамках программ дистрибуции коммерческой съемки. В принципе, метаданные — это информация, которая близка к открытой. Тем не менее, не все операторы предлагают базы с метаданными в полностью открытом виде. Как правило, файлы или API-сервисы метаданных доступны только дистрибьюторам или по специальному запросу.

Во-вторых, метаданные, предоставляемые дистрибьюторам, могут содержать неполную информацию. Если спутники сверхвысокого разрешения имеют двойное назначение, то какая-то часть съемки, даже на уровне метаданных, является секретной. К тому же иногда проводятся различного рода калибровочные/технические съемки, которые также не регистрируются в общей базе метаданных. Однако, как утверждают эксперты отрасли, если подобные пропуски и есть, то в процентном отношении это незначительный объем информации по отношению к доступным метаданным коммерческой съемки.

▼ Результаты

Площадные характеристики высокодетальной космической съемки

Был выполнен расчет площади всех высокодетальных космических снимков, полученных в течение 2018 г. каждым из 12 КА (табл. 2). При этом площадь контуров снимков рассчитывалась по упрощенной формуле вычисления площади полигона на эллипсоиде. Относительная максимальная ошибка расчета площади не превысила ~2–3%.

Общая площадь всех космических снимков, полученных в 2018 г., в панхроматическом режиме составила около 1,6 млрд км², а в мультиспектральном — 1,1 млрд км². Это означает, что площадь суши Земли, которая составляет около 149 млн км², была в среднем за год снята более 10 раз! И хотя почти 3/4 от площади всех снимков в панхроматическом режиме и почти 2/3 от площади всех снимков в мультиспектральном режиме получил ведущий оператор DigitalGlobe, этого знакового порога — больше 10 снимков суши Земли в течение года — не удалось бы достичь без совместной и конкурентной работы всех операторов. Среднее количество съемок суши Земли в течение года в мультиспектральном режиме — примерно 7.

Точную оценку по количеству безоблачных космических снимков дать сложно, поскольку в метаданных содержится общий процент облачности снимка. Средний показатель облачности получился около 30%. Это можно интерпретировать так, что 3 из 10 пикселей облачные, а 7 из 10 — безоблачные. Применив простую пропорцию, и стремясь к простому итоговому результату, будем считать, что за 2018 г. каждая точка суши была покрыта в среднем 7-ю безоблачными



Рис. 2

Снимок с КА WorldView-3, пространственное разрешение 0,5 м/пиксель.
© DigitalGlobe, Inc. All Rights Reserved 2017



Рис. 3

Снимок с КА WorldView-4, пространственное разрешение 0,3 м/пиксель.
© DigitalGlobe, Inc. All Rights Reserved 2017

снимками, 5 из которых — мультиспектральные снимки с пространственным разрешением 0,5–0,3 м/пиксель.

Но результат «10 снимков за год» — это, условно, «средний доход на душу населения».

Построение тепловой карты

Чтобы визуализировать информационное неравенство в полученных данных на различные территории, была создана тепловая карта космических

Общая площадь высокодетальных космических снимков, полученных в 2018 г.

Таблица 2

Наименование КА	Площадь снимков в панхроматическом/мультиспектральном режимах, млн км ²	Доля от площади всех снимков в панхроматическом режиме, %	Доля от площади всех снимков в мультиспектральном режиме, %
WorldView-1*	477,8/–	29,70	—
GeoEye-1	79,4/79,4	4,94	7,02
WorldView-2	356,5/356,5	22,16	31,53
Pléiades-HR 1A	102,8/102,8	6,39	9,09
Pléiades-HR 1B	102,7/102,7	6,38	9,08
WorldView-3	178,6/178,6	11,10	15,79
KOMPSAT-3A	27,6/27,6	1,72	2,44
WorldView-4	97,6/97,6	6,07	8,63
SuperView-1 01	53,8/53,8	3,34	4,76
SuperView-1 02	54,1/54,1	3,37	4,79
SuperView-1 03	39,1/39,1	2,43	3,46
SuperView-1 04	38,5/38,5	2,39	3,41
<i>Итого</i>	<i>1608,5/1130,7</i>	<i>100</i>	<i>100</i>

Примечание.

* Производительность КА WorldView-1 гораздо выше за счет того, что съемка выполняется только в панхроматическом режиме.

съемок с детальностью снимков 0,5–0,3 м/пиксель, представляющая собой картограмму частоты съемок суши Земли в течение 2018 г. (рис. 4).

Технология создания тепловой карты состояла из следующих операций:

— экспорт метаданных космической съемки из свободной

объектно-реляционной СУБД PostgreSQL в формат CSV;

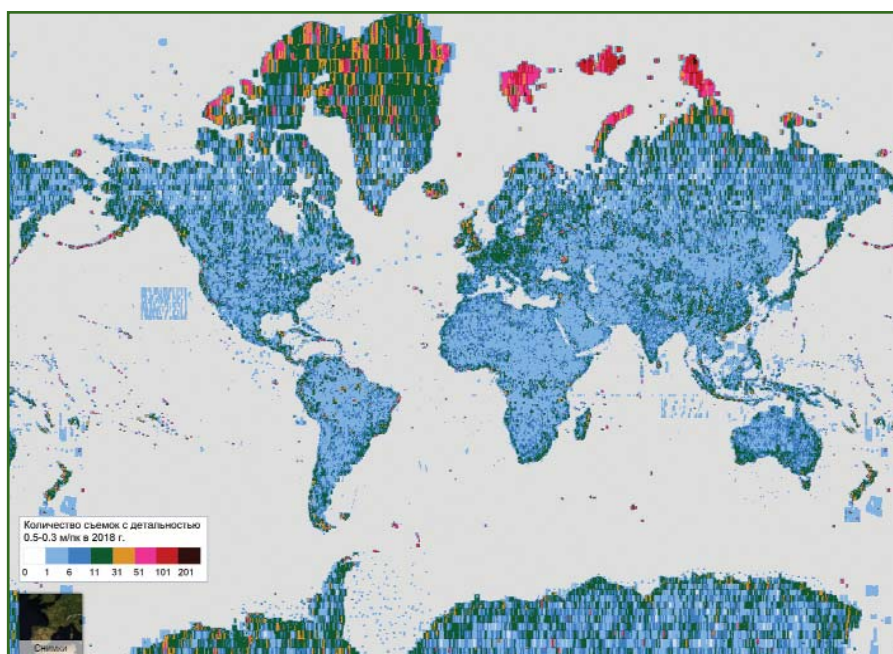
— конвертация в ESRI Shapefile с помощью настольного приложения QGIS;

— получение единого растра с количеством снимков в пикселе с помощью запуска консольной утилиты «gdal_rasterize — burn 1 — add ...». В результате был получен растр на всю сушу Земли с разрешением 1 км/пиксель, где в каждом пикселе содержалась информация о количестве съемок;

— присвоение цветовой палитры растру.

Получившуюся тепловую карту — картограмму частоты съемок — можно посмотреть в виде картографической подложки непосредственно в Каталоге [1].

На рис. 5 и 6 приведены фрагменты тепловой карты для различных территорий. Так, на территории Европы и Европейской части России (рис. 5) среди других локаций с высокой

**Рис. 4**

Тепловая карта частоты космических съемок с детальностью снимков 0,5–0,3 м/пиксель в течение 2018 г. [1]

частотой съемки выделяется зона конфликта на юго-востоке Украины. А в районе Двинской губы и Архангельской области (рис. 6) видны незаселенные участки восточнее русла Северной Двины, где в 2018 г. не проводились космические съемки, и город Северодвинск, который был снят больше 200 раз.

После публикации тепловой карты в Каталоге, автор получил критические отзывы, в том числе от экспертов отрасли. Отмечалось, что данные на тепловой карте выглядят подозрительно, поскольку «не может быть, чтобы, Землю Франца-Иосифа снимали в два раза чаще, чем Москву или Санкт-Петербург». На самом деле полученный результат очень легко проверить непосредственно в Каталоге. Достаточно поставить «маркер», который фиксирует точку интереса, выбрать все перечисленные в статье космические аппараты, установить временной интервал, равный 2018.01.01–2018.12.31, и дать команду «Найти снимки». Количество найденных снимков составит 231, что совпадает с цветом, присвоенным в легенде на тепловой карте (рис. 7).

Из тепловой карты следует, что имеется большое число мест, съемки которых проводились не менее 300 раз за год. Это означает, что частота съемок в этих местах близка к ежедневной. Приведем подборку из трех локаций, входящих в «чемпионский» список:

— город Рейкьявик, Исландия — 650 съемок (одна из локаций с максимальным количеством съемок в течение 2018 г.);

— Анадырь (Угольные Копи/аэропорт), Россия — 475 съемок;

— Остров Комсомолец, архипелаг Северная Земля, Россия — 425 съемок.

Как объяснить такое количество съемок в этих и других

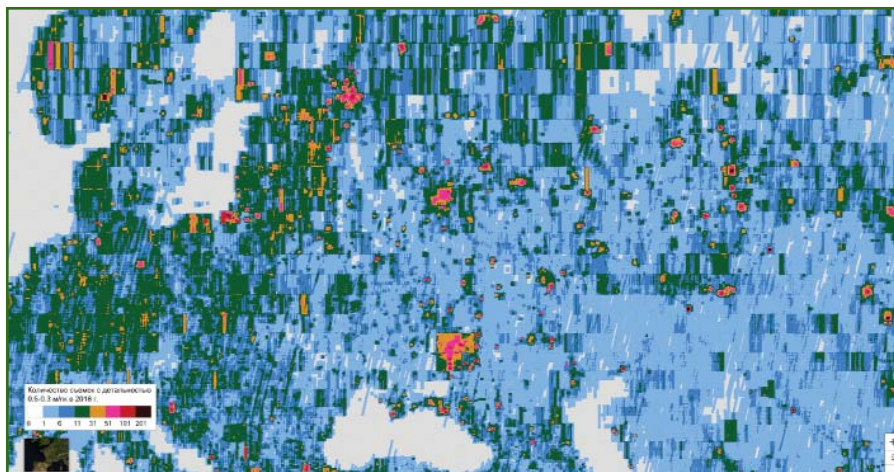


Рис. 5

Фрагмент тепловой карты на территорию Европы и Европейской части России [1]

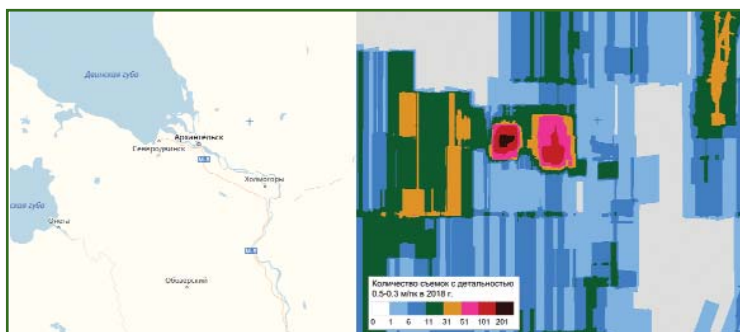


Рис. 6

Фрагмент тепловой карты в районе Двинской губы и Архангельской области [1]

местах, аномальных по частоте съемки: случайным совпадением, научными экспериментами, коммерческими проектами, военной разведкой или особенностями орбитальной баллистики — автор утверждать не берется. Вопрос остается открытым.

В то же время на тепловой карте имеется и много «дыр» — участков суши, съемка которых в 2018 г. не проводилась и которые не попали на космические снимки с пространственным разрешением 0,5–0,3 м/пиксель. Это, как минимум, означает, что для гарантированного подбора актуальных космических снимков на любой участок суши, нужно хранить архив метаданных за несколько лет, и даже на покрытия с данными за

три года на данный момент остаются «белые пятна».

▼ Что будет дальше?

Во-первых, в начале января 2019 г. космический аппарат WorldView-4 вышел из строя и был выведен из эксплуатации. Если исходить из данных табл. 2, можно отметить, что компенсировать потерю КА WorldView-4 не удастся даже за счет ожидаемого увеличения совокупной площади съемки КА SuperView-1 03 и SuperView-1 04, которые в 2018 г. работали неполный год. Поскольку в 2019 г. запуск других коммерческих аппаратов с детальностью съемки 0,5–0,3 м/пиксель не запланирован [4], общая площадь космической съемки неизбежно снизится.

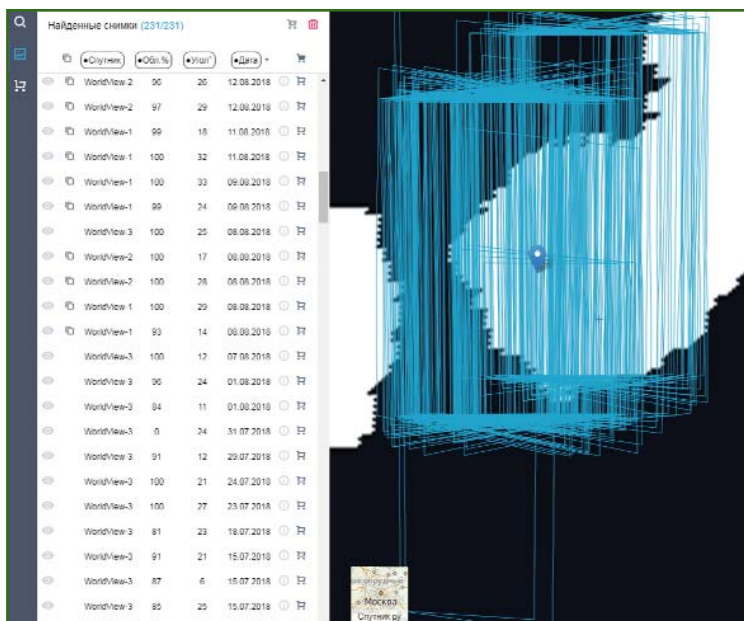


Рис. 7
Список из 231 снимка на участок архипелага Земля Франца-Иосифа [1]

В то же время автору представляется, что самое интересное будет происходить на фронте обработки и анализа данных,

регистрируемых спутниками ДЗЗ. Эти данные уже явно приобретают все признаки BigData, изучение этой области и приме-

нение соответствующих алгоритмов — один из главных трендов в IT отрасли. Можно ли по ряду ежедневных космических снимков выявить какую-то хитрую экологическую и экономическую закономерность или даже предсказать ее развитие? Будем наблюдать за прогрессом в этой области, а если повезет, то и участвовать.

▼ Список литературы

1. Веб-приложение «Каталог космоснимков». — <https://search.kosmosnimki.ru>.

2. М.Ю.Потанин. 3 сюжета по веб-геоинформационным технологиям // Земля из космоса. — № 9(25). — 2018.

3. GISGeography. Predicting retail earnings and market share by counting cars in parking lot — <https://gisgeography.com/100-earth-remote-sensing-applications-uses>.

4. А.А. Кучейко. Перспективы развития зарубежных спутников ДЗЗ сверхвысокого пространственного разрешения // Земля из космоса. — Спецвыпуск 2018. — С. 62–69.

gisinfo.ru

 **КБ ПАНОРАМА**
Геоинформационные технологии

ГИС

Разработка и внедрение
геоинформационных систем
и технологий

АО КБ «Панорама»
Россия, г. Москва, Пыжевский пер., д.5, стр.3.
тел.: +7 (495) 739-0245, факс: +7 (495) 739-0244
panorama@gisinfo.ru