

# «ОТ СНИМКА К ЦИФРОВОЙ РЕАЛЬНОСТИ:



дистанционное зондирование Земли  
и фотограмметрия

18-я Международная научно-техническая конференция

## Материалы конференции



Организаторы

Партнёры

Спонсоры



«Ракурс»  
(Россия)

Янис Янирис (Греция)



Афинский национальный  
технический университет



Греческая Ассоциация  
инженеров-землеустроителей



25 ЛЕТ НА РЫНКЕ  
**ЦИФРОВОЙ**  
**ФОТОГРАММЕТРИИ**  
И ДИСТАНЦИОННОГО  
ЗОНДИРОВАНИЯ  
ЗЕМЛИ



АО «Фирма «Ракурс»  
129366, г. Москва,  
ул. Ярославская, д. 13А  
Тел.: +7 (495) 720-51-27  
info@racurs.ru  
www.racurs.ru

### **Уважаемые коллеги!**

Пожалуй, в мире нет более загадочного места, чем Крит. С этим островом связаны сотни легенд, тысячи преданий, рождение и исход цивилизаций. История Крита – это история гения человеческой мысли. Именно здесь впервые появились многоэтажные здания, искусственное освещение, водопровод и канализация, вентиляция, отопление, мощные дороги — прототипы нынешних «умных городов». Вряд ли это стало бы возможным без хорошего понимания того, как устроено географическое пространство.



В этом году мы ставим своей задачей протянуть мост между достижениями прошлого, настоящего и будущего. Соединить историю, запечатленную на картах Птолемея, лабиринтах Кносского дворца и снимках Гаспара Турнашона с современными системами цифровой реальности, построенными на основе фотограмметрической обработки данных дистанционного зондирования Земли.

Цифровая реальность — это измеряемая пространственная информация, использующаяся практически во всех направлениях технологического развития общества, будь то управление земельными ресурсами, навигация, автономные транспортные системы, «умные» города, робототехника и многое другое.

История компании «Ракурс», бессменного организатора конференции, в этом году перешла 25-летний рубеж. Это совсем немного по сравнению с многовековой историей Крита, но минувшая четверть века пришлась на самый захватывающий период развития технологий дистанционного зондирования Земли. Нам есть чем гордиться. Добро пожаловать на Крит!

*С уважением,  
председатель оргкомитета  
Виктор Адров*

Материалы 18-й Международной научно-технической конференции  
«ОТ СНИМКА К ЦИФРОВОЙ РЕАЛЬНОСТИ: ДЗЗ и фотограмметрия»  
24-27 сентября, 2018, Крит, Греция



## СОДЕРЖАНИЕ

В. Н. Адров. Как быстро летит время... Четверть века на геоинформационном рынке.....	3
О. А. Корчагина. Применение ДДЗЗ в кадастре. Фотограмметрические методы в кадастре. Мифы и реальность.....	5
Р. Н. Ахметов, А. А. Юдаков и др. Малый космический аппарат «Аист-2Д»: технические особенности, результаты эксплуатации и перспективы развития.....	12
И. Вигер, А. Н. Пирогов. Использование фотограмметрических 3D моделей для создания виртуальных цифровых двойников.....	17
В. А. Мороз, С. А. Белов, О. А. Никонов, В. А. Ермаков. Автоматизированный комплекс анализа качества целевой информации КА «Метеор-М».....	19
С. А. Белов, А. Н. Виноградов и др. Автоматическое детектирование и идентификация объектов на снимках морской поверхности, полученных средствами ДЗЗ.....	20
К. Бактыбеков, Г. Кабжанова, А. Аимбетов и др. Результаты использования космических технологий в управлении сельскохозяйственными ресурсами республики Казахстан.....	25

## Как быстро летит время... Четверть века на геоинформационном рынке.

В. Н. Адров, АО «Ракурс», Москва, Россия

Как быстро летит время... Кажется, что совсем недавно наша компания «Ракурс» отмечала 20-летний юбилей, а вот уже наступила и более серьезная дата – четверть века. Даже как-то не верится, что уже 25 лет мы занимаемся одним и тем же, не самым, наверное, финансово выгодным и государственно значимым, но, безусловно, очень интересным делом – разработкой и использованием фотограмметрических технологий. Создавая 25 лет назад частную фирму, мы, группа сотрудников Российской Академии наук, не думали, что компания станет нашим «делом жизни» и основным местом работы на долгие годы. Мы не думали, что слово PHOTOMOD, придуманное как временное название для нашей первой версии фотограмметрической системы в ночь перед конференцией ISPRS в 1995 году, где мы принимали участие, станет одной из известнейших фотограмметрических торговых марок в мире.

Вспоминается, что это было не простое решение — бросить академическую науку, где уже было устойчивое положение и гарантированное, правда весьма бедное в 90-е годы, существование и развитие. Но у нас было главное — хорошее физтеховское образование, перспективные идеи и наработки, и желание самим определять и решать задачи, которые казались нам интересными. Впоследствии, о том времени и нашем выборе я написал по следам Шекспира и его принца Датского следующий иронический монолог:

Вспоминая В. Шекспира.

Быть или не быть - таков вопрос;  
 Что благородней духом – отрешиться  
 От знаний чудных, данных на Физтехе,  
 Или забыть семью и долг мужской, остаться  
 В науке милой, денег не дающей,  
 Но так прекрасной, если вдруг случайно  
 Сойдется интеграл или программа дрогнет  
 И выдаст результат, годами жданный.  
 Жаль кушать хочется, да и одежду тоже -  
 Не страшно лето, но, а вдруг зима настанет...  
 Уснуть! И видеть сны, быть может?

Ведь, если повезет, то и жратва приснится:  
 Колбаса, мясное что-то, может даже сыр?  
 Вот в чем трудность – приснится мне,  
 А как кормить семью? Вот, что сбивает нас,  
 Вот, где причина раздумий долгих в выборе  
 судьбы.

А может быть уехать – в безвестный край,  
 Откуда нет возврата земным скитальцам.  
 Ведь говорят и в Штатах можно жить...  
 Но снова начинать? Ведь бедствия так долго-  
 вечны.

Гнет сильных и насмешки гордецов терпеть  
 –

Нет, это не по мне – останусь здесь, пожа-  
 луй.

Да, трусами нас делает раздумье...  
 Так проявлю решимость и создам  
 Компанию, которой раньше не бывало,  
 Чтоб заработать деньги головой,  
 Пытаясь знания продать, энтузиазм и опыт.  
 Пусть Ракурс будет и надолго эту ношу,  
 Стараться будем на себе нести...

Кстати, идея создать собственную компа-  
 нию с друзьями-коллегами пришла ко мне по-  
 сле возвращения из месячной командировки в  
 США, где наши программные разработки были  
 приняты с неожиданным для нас восторгом и  
 предложениями продолжить свою работу там.  
 В то время такое предложение было крайне за-  
 манчивым. Однако вернувшись и переговорив  
 с коллегами, мы решили, что надо работать в  
 России и никогда не жалели об этом решении.

Конечно, 25 лет работы на сложном геоин-  
 формационном рынке не могут быть полностью  
 безоблачными. Вместе с экономическими из-  
 менениями в России менялась и наша отрасль,  
 были взлеты и падения, появлялись и исчеза-  
 ли интересные и не очень компании, менялись  
 технологические тренды.

«Ракурс» развивался вместе со страной и от-  
 раслью, проходя через успехи и неудачи. неиз-  
 менными оставались только наши принципы:

разрабатывать фотограмметрические системы – одни из лучших в мире по функционалу и эффективности; обеспечивать всестороннюю техническую поддержку своих клиентов и партнеров; сохранять высокую репутацию, заработанную за годы работы на российском и мировом рынках.

Отмечая юбилей хочется вспомнить историю компании, ее успехи, сотрудников и партнеров, которым мы многим обязаны. Мы гордимся тесной кооперацией с предприятиями Роскосмоса, Министерства обороны, Роскартографии и многими другими большими и малыми организациями. Не каждая российская компания, работающая в сфере высоких технологий, может похвастаться и столь обширной мировой географией использования своих разработок. Специалисты более 80 стран мира знакомы с системой PHOTOMOD, эффективно используя ее для решения своих задач.

Мы гордимся историей «Ракурса», но считая себя по-прежнему развивающейся и активной компанией, больше думаем о будущем и о новых разработках. И я опять хочу вспомнить свое ироническое стихотворение, написанное 5 лет назад по мотивам известного произведения М.Ю.Лермонтова, в котором приводятся основные направления развития наших фотограмметрических технологий, кажущиеся и сейчас весьма актуальными.

Беседа молодого сотрудника компании «Ракурс» с одним из основателей компании о ее прошлом и будущем.

«Скажи-ка, дядя, ведь недаром  
Вы в Ракурсе с большим угаром,  
Решили PHOTOMOD создать.  
Ведь был же выбор в ваше время.  
Не понимает наше племя,  
Зачем себе такое бремя  
На задницу искать?»

«Да, странным было это дело...

Душа свободы захотела,  
Уйти из-под опеки.  
Самим решать задач обилие,  
Порою чувствуя бессилье,  
Но зная, что еще усилье,  
И победил ты век!

Еще была одна причина:  
Работа – не всегда рутина.  
Такой вот постулат.  
Хотелось нам, чтоб не в корзину,  
Работали, согнув мы спину,  
И не тянули бы резину,  
И был бы результат»

«А мог бы ты сказать мне, дядя,  
С умом наук развитие глядя,  
Что ждет нас впереди?  
Какие можешь дать прогнозы?  
Куда мы тянем знаний возы?  
Какие нам решать вопросы?  
В курс мыслей нас введи»

«Ну, слушай, маленький дружок,  
Я очерчу проблем кружок.  
И прежде всех - БПЛА.  
Ты знаешь, есть у нас творенье –  
Для блоков снимков уравнение.  
Но каждый раз у всех волнение,  
Не выйдет – вот дела.

А есть еще такая цель –  
Нам сделать плотную модель,  
3D ее зовут.  
Модель должна, работав скоро,  
Z вычислять без перебора.  
Продукт такой без разговора  
Клиенты оторвут.

И, наконец, еще задача -  
На рынке все ждут, чуть не плача,  
А мы ее решим.  
Расчет процессов параллельный  
Даст рост доходов беспредельный  
«Конвейер» создадим отдельный.  
...И стих сей завершим.»

## Применение ДДЗЗ в кадастре. Фотограмметрические методы в кадастре. Мифы и реальность.

*О. А. Корчагина, ЗАО «НПК «Ракурс Проекты», Москва, Россия*

С развитием рыночной экономики в нашей стране изменились требования к ведению кадастрового учета, который неразрывно связан с картографированием территории. Начиная с 1990-х годов в России, так или иначе, использовались различные методы создания картографического материала для целей кадастра, в том числе применялись и фотограмметрические методы, например, «Единая технология кадастровых и топографо-геодезических съемок для целей инвентаризации и ведения кадастра в городах и других поселениях в 1994-1995гг.», утвержденная Приказом Роскомзема №26 от 20.04.1994.

В 2005 году принята подпрограмма «Создание системы кадастра недвижимости (2006 - 2012 годы)», утвержденная Постановлением Правительства РФ от 13.09.2005 N 560, в которой говорилось, что «отсутствие современной цифровой картографической основы и адресных цифровых планов при проведении государственного кадастрового учета недвижимости создает проблемы с определением географического положения и согласованием границ земельных участков и объектов недвижимости, что является негативным фактором при регистрации права собственности и иных вещных прав на землю». Было принято решение о «формировании обновленной цифровой картографической основы и опорной межевой сети с применением современных методов дистанционного зондирования и спутниковых навигационных систем». В качестве картографической основы были выбраны ортофотопланы, создаваемые на основе данных дистанционного зондирования. [9]

Сплошного покрытия ортофотопланами на межселенную территорию и на все населенные пункты не получилось по ряду причин. Эта тема находится вне рамок этого обсуждения. Кроме того, даже то количество материала, которое было получено, не было использовано в полной мере, и потенциал этих сведений для

актуализации данных кадастра, так и остался потенциалом. Известен также проект актуализации сведений ГЗК, в основу которого были положены не ортофотопланы, полученные по материалам АФС, а космические снимки сверхвысокого разрешения, информативность и дешифрируемость которых заведомо уступают аэроснимкам. [5] Так как содержание ортофотопланов со временем становится не актуальным в силу развития и застраивания территорий, то об этих данных можно благополучно забыть.

Федеральное законодательство

С 1 января 2015 года началась «новая волна» земельной реформы, которая подкреплена Федеральным законом от 22.12.2014 N 447-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «О государственном кадастре недвижимости» и отдельные законодательные акты Российской Федерации».

В ФЗ-221 появился новый раздел — комплексные кадастровые работы. [1] Их особенностью является выполнение кадастровых работ одновременно в отношении всех земельных участков на территории кадастрового квартала. Работы проводятся единожды, повторные работы в том же квартале не допускаются. С вступлением изменений в закон о кадастре, активизировалась деятельность специалистов в области аэрофотосъемки, в том числе и беспилотной. [7]

В силу стремительного развития фотограмметрических технологий и отставания нормативных документов, регламентирующих эти технологии [8], происходит недопонимание предъявляемых требований к точности создания карт и планов для различных целей кадастра, смешение и подмена понятий: карты, как картографической основы ГКН; и карты, для определения координат поворотных точек границ объектов недвижимости картометрическим способом. [10]

Различия в требованиях к точности

Согласно ФЗ-221 «картографической осно-

вой Единого государственного реестра недвижимости (далее — картографическая основа) является единая электронная картографическая основа, создаваемая в соответствии с законодательством о геодезии и картографии. Сведения о картографической основе размещаются на официальном сайте органа регистрации прав в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет».

Требования к картографической основе ГКН закреплены Приказом Минэкономразвития № 848 от 13.11.2015 года «Об утверждении требований к картам и планам, являющимся картографической основой Единого государственного реестра недвижимости, а также к периодичности их обновления». Согласно приказа на населенные пункты:

«Картографической основой являются:

1) фотопланы (ортофотопланы) и (или) цифровые топографические планы масштаба 1:2 000 — для территории населенных пунктов.

При отсутствии фотопланов (ортофотопланов) и (или) цифровых топографических планов масштаба 1:2 000 допускается использовать фотопланы (ортофотопланы) и (или) цифровые топографические планы масштабов 1:5 000 и 1:10 000...».

А требования к точности определения координат поворотных точек границ объектов недвижимости изложены в Приказе №90 Минэкономразвития [3]: «Средняя квадратическая погрешность местоположения характерных точек земельных участков, отнесенных к землям населенных пунктов - 0,10 метра», там же закреплена возможность использования фотограмметрического и картометрического способа при координировании границ земельных участков: «...Фотограмметрический метод. Величина среднеквадратической погрешности местоположения характерных точек принимается равной 0,0005 метра в масштабе аэроснимка (космоснимка), приведенного к масштабу соответствующей картографической основы. ... Картометрический метод. При определении местоположения характерных точек, изображенных на карте (плане), величина средней квадратической погрешности принимается равной 0,0005 метра в масштабе карты (плана)...».

Если переходить к масштабу создаваемого

картографического продукта для определения значений координат земель населенных пунктов картометрическим методом, то в соответствии с п.1.7 Инструкции по фотограмметрическим работам, это планы масштаба 1:200. Все требования к точности создания цифровых карт и планов фотограмметрическими методами, как известно, регламентируются в настоящий момент Инструкцией по фотограмметрическим работам при создании цифровых топографических карт и планов. ГКИНП (ГНТА)-02-036-02. [4]. В данном документе написано, что опорные данные для построения фотограмметрических моделей должны быть получены с точностью 0.1 мм в масштабе создаваемой карты (плана) (пп 2.2.6) , то есть 2 см для обеспечения точности 0,10 метра. Согласно требований этой же инструкции пп.3.7.6 средние расхождения на контрольных точках не должны превышать 0.3 мм в масштабе создаваемого плана, т.е. 6 см.

Получив при построении сетей фототриангуляции значения, удовлетворяющие этим требованиям, надо понимать, что кроме этого существуют ограничения по дешифрируемости и информативной возможности материала, которая отчасти регламентируется пп.4.6 Инструкции [4]. Согласно которого, графическая точность планового материала ограничивается размером пиксела на местности, и это 0.07 мм в масштабе создаваемого плана, таким образом, размер пиксела на местности при такой аэро съемке, должен быть 1,4 см или меньше. Но даже в этом случае думать, что, создав ортофотоплан по таким материалам аэрофотосъемки, вы можете получить координаты всех точек границ объектов недвижимости данной территории, удовлетворяющие требованиям к точности определения координат [3], нельзя. Так как часть поворотных точек границ на ортотрансформированном изображении будет закрыта посторонними объектами (растительностью, изображением соседних высотных объектов, либо самим объектом). [6]

Что наглядно демонстрируется рисунком 1 — фрагмент ортофотоплана. На данном рисунке видно, что на снимке, трансформированное изображение которого выбрано для построения бесшовной мозаики, угол здания закрыт изображением крыши. Тот же эффект может



присутствовать и на поворотных точках границ участка, если они закреплены кирпичными столбами, или другими объектами большого диаметра. Казалось бы, можно воспользоваться другим, новым типом фотограмметрической

продукции — True ortho. Но и в этом случае фундамент будет закрыт свесами, козырьками крыш, так как на плановом материале мы видим изображения верхних поверхностей объекта.

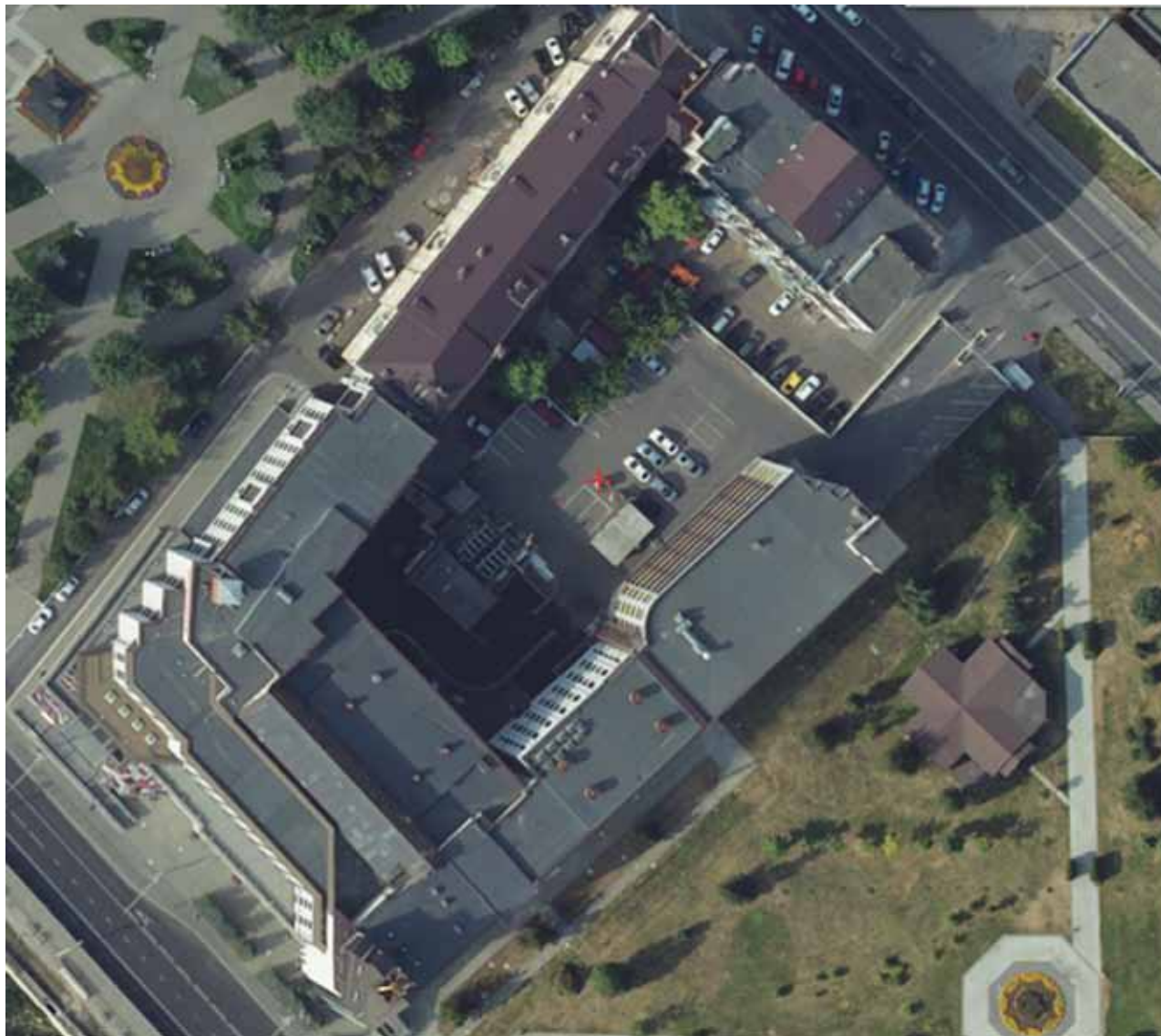


Рис. 1. Фрагмент ортофотоплана

Этих проблем можно избежать при использовании стереофотограмметрических измерений на точках, когда оператор может выбрать необходимый ракурс при наблюдении этих точек на поверхности земли (рис.2), наблюдая сбоку с нужной стороны, выбирая соответствующую стереопару аэроснимков.

Безусловно стереофотограмметрический ме-

тод можно использовать для координирования поворотных точек границ земельных участков и их частей, занятых строениями, сооружениями (при достаточном разрешении на местности пиксела аэрофотосъемки, в 3-4 раза лучше требуемой точности определения значений координат).

Вызывает беспокойство мнение о возможно-



Рис. 2. Стереопара, на которой виден закрытый фундамент дома

сти использования цифровых ортофотопланов (ЦОФП) для определения значений координат границ объектов недвижимости картометрическим способом. В силу высоких требований к точности фотограмметрических построений и ограничений, вызванных центральной проекцией снимков, неизбежно возникнут проблемы при сплошных кадастровых работах по ЦОФП. [10].

Фотограмметрические методы эффективны, но не являются панацеей: что-то можно и нужно выполнять с применением данных дистанционного зондирования, но применять их надо с умом и знанием дела.

Большой проект в Тульской губернии вылился в огромное количество материала: сведения в кадастр попадают очень медленно, так как дешифровать материал (снимки) могут только специалисты. Кроме того, точность, с которой можно получить кадастровые сведения, а точнее координаты границ недвижимости, с данного материала, не соответствует требованиям предъявляемым нормативными документами (Приказ Минэкономразвития РФ от 01.03.2016 № 90 «Об утверждении требований к точности и методам определения координат характерных точек границ земельного участка, требований к точности и методам определения координат характерных точек контура здания, сооружения

или объекта незавершенного строительства на земельном участке, а также требований к определению площади здания, сооружения и помещения»).

Письмо Минэкономразвития № 16-14169-МС/17 от 30.11.2017 говорит, что «ЦОФП, созданные на основе данных ДЗЗ с использованием БПЛА позволяют определять значения координат характерных точек объектов недвижимости картометрическим методом» в соответствии с требованиями Приказа № 90. Позволяют, если повезет, и не всех объектов изобразившихся на снимках. Мы за использование данных дистанционного зондирования, но мы против передергивания фактов и искажения возможностей этих данных.

Список источников:

1. Федеральный закон от № 221-ФЗ «О государственном кадастре недвижимости»
2. Приказ Минэкономразвития РФ от 13.11.2015 № 848 «Об утверждении требований к картам и планам, являющимся картографической основой Единого государственного реестра недвижимости, а также к периодичности их обновления»
3. Приказ Минэкономразвития РФ от 01.03.2016 № 90 «Об утверждении требований к точности и методам определения координат



A MAXAR COMPANY

# Subscribe to the largest library of global imagery

An EarthWatch subscription gives you instant access to the best of DigitalGlobe satellite imagery and geospatial data. And you don't have to be an imagery expert or have in-house tools; EarthWatch is designed to make imagery accessible to anyone who needs it, whether you're concerned with a specific area or the entire globe.

[DigitalGlobe.com/Racurs](https://DigitalGlobe.com/Racurs)


 Nana Beach Resort, Crete Island  
 June 3rd, 2018 / KOMPSAT-3

## KOMPSAT Series Introduction

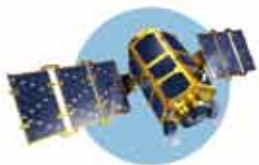
### KOrean Multi-Purpose SATellite

KOMPSAT program is a part of the Korean government's space development program, which aims at providing very high resolution (VHR) satellite imagery to the national and international users. Since the first launch of KOMPSAT-1 (6.6m, Optical). Resolution has been evolved to 40 cm and has been widened to X-band SAR satellite imagery.

KOMPSAT is dual-use program. Korea Aerospace Research Institute (KARI) is in charge of KOMPSAT operation, and SI Imaging Services (SIIS) has worldwide exclusive distribution rights of KOMPSAT imagery. As a national space program, data continuity of KOMPSAT is guaranteed for both VHR Optical and SAR.

KOMPSAT-6 is scheduled to be launched in 2020 as the second SAR satellite of Korea. And KOMPSAT-7 is scheduled to be launched in 2021 equipped with 30cm camera payload as the follow-up model of KOMPSAT-3A.

## Technical specification



### KOMPSAT-2

**Product resolution**  
 PAN: 1.0 m / MS: 4.0 m

**Local imaging time**  
 10:50

**Spectral bands**  
 PAN/BLUE/GREEN/RED/NIR

**Imaging mode**  
 Strip (max. 7,900 km)  
 Single point target



### KOMPSAT-3

**Product resolution**  
 PAN: 0.5 m / MS: 2.0 m

**Local imaging time**  
 13:30

**Location accuracy**  
 11.80 m RMSE,  
 < 17.90m CE90 with POD/PAD  
 (Measured in June, 2018)

**Spectral bands**  
 PAN/BLUE/GREEN/RED/NIR

**Imaging mode**  
 Strip (max. 4,000 km)  
 Multi point  
 Single pass stereo  
 Wide area along (max. 100 km)



### KOMPSAT-3A

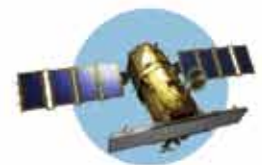
**Product resolution**  
 PAN: 0.4 m / MS: 1.6 m

**Local imaging time**  
 13:30

**Location accuracy**  
 5.7 m RMSE,  
 < 8.65 m CE90 with POD/PAD  
 (Measured in June, 2018)

**Spectral bands**  
 PAN/BLUE/GREEN/RED/NIR

**Imaging mode**  
 Strip (max. 4,000 km)  
 Multi point  
 Single pass stereo  
 Wide area along (max. 204 km)



### KOMPSAT-5

**Product resolution**  
 X-band SAR  
 UH-VHR/HR: 0.85 - 1 m  
 ES/ST: 2.5 - 3 m  
 EW/WS: 20 m

**Orbit repeat cycle**  
 28 days (hSAR)

**Local imaging time**  
 08:00 / 18:00

**Location accuracy**  
 4.82 m RMSE, < 7.32 m CE90

**Imaging mode**  
 Spotlight  
 - swath: 5 km  
 Strip (max. 840 km)  
 - swath: 30 km  
 Wide swath (max. 840 km)  
 - swath: 100 km

характерных точек границ земельного участка, требований к точности и методам определения координат характерных точек контура здания, сооружения или объекта незавершенного строительства на земельном участке, а также требований к определению площади здания, сооружения и помещения»

4. Инструкция по фотограмметрическим работам при создании цифровых топографических карт и планов. ГКИНП (ГНТА)-02-036-02. Утверждена Роскартографией 11.06.02. - М., ЦНИИГАиК, 2002;

5. Герасимов В.И., Суконцев О.В. Формирование цифровой картографической основы для создания государственного кадастра недвижимости./Управление развитием территорий №1,2012 с.46-48

6. Зуев Н.А,Кобзев А.А. ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ АЭРОФОТОСЪЕМКИ С БАС

ДЛЯ КОМПЛЕКСНЫХ КАДАСТРОВЫХ РАБОТ/ Геопрофи № 4, 2017, с.11-15

7. Котов.АА. ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ «ГЕОСКАН» В КАДАСТРОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ/ Геопрофи № 4, 2017, с.9-10

8. Кузнецов С.В., Усатин В.З.К ВОПРОСУ О ТЕХНИЧЕСКОМ РЕГУЛИРОВАНИИ В СФЕРЕ ГЕОДЕЗИИ, КАРТОГРАФИИ И ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ, /Геопрофи № 8, 2017, с.12-16

9. Требования к картографической продукции, создаваемой для целей государственного кадастра объектов недвижимости, государственного мониторинга земель и землеустройства / ФГУП «Госземкадастръёмка»–ВИСХАГИ. – М., Роснедвижимость, 2006. – 37 с.

10. Письмо Минэкономразвития № 16-14169-МС/17 от 30.11.2017

## Малый космический аппарат «Аист-2Д»: технические особенности, результаты эксплуатации и перспективы развития.

*Р.Н. Ахметов, Н.Р. Стратилатов, А.А. Юдаков, А.А. Федосеев, А.Н. Гусева*  
Акционерное общество «Ракетно-космический центр «Прогресс», Россия, г. Самара

Опытно-технологический (ОТ) малый космический аппарат (МКА) «Аист-2Д» запущен 28 апреля 2016г. с космодрома «Восточный» РН «Союз-2» этапа 1а с БВ «Волга» совместно с КА «Ломоносов» (разработчик ОАО «Корпорация ВНИИЭМ») и автономным модулем научно-технологической аппаратуры «Контакт - Наноспутник» (разработчик Самарский университет). АО «РКЦ «Прогресс» является разработчиком и оператором МКА «Аист-2Д», обеспечивающее управление, прием и обработку получаемой информации.

Основными задачами миссии данного МКА являются отработка и демонстрация новых технических решений, отработка и сертификация целевой аппаратуры, научной аппаратуры, обеспечивающих систем и их программного обеспечения для дальнейшего использования в перспективных разработках АО РКЦ «Прогресс».

В числе полезной нагрузки на борту МКА «Аист-2Д» установлена оптико-электронная аппаратура высокого разрешения «Аврора», обеспечивающая съемку земной поверхности в панхроматическом и трех узких каналах видимого диапазона спектра. Получаемая данной аппаратурой информация, имеет потенциал в части практического использования в интересах широкого круга потребителей, и позволяет решать различные тематические задачи:

- определение границ сельскохозяйственных полей и посевов сельскохозяйственных культур;
- контроль мест незаконной добычи общераспространенных полезных ископаемых;
- контроль мест организации свалок твердых бытовых отходов;
- контроль несанкционированной хозяй-

ственной деятельности;

- контроль изменения состояния лесов в результате негативных воздействий;
- картографирование речной сети;
- мониторинг состояния водоохранных зон;
- выявление участков разливов рек в период половодий и других задач.

С самого начала штатной эксплуатации МКА «Аист-2Д» материалы космической съемки были высоко оценены специализированными организациями, занимающимися обработкой и распространением данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ).

Для привлечения широкого круга потребителей данных ДЗЗ с МКА «Аист-2Д» заключены дистрибьюторские договоры с ООО «Иннотер» и ЗАО «НПК «Ракурс Проекты», а также договор с АО «Главкосмос», в рамках которого данные ДЗЗ с МКА «Аист-2Д» будут использоваться в международном проекте по морскому мониторингу судов. Ключевыми потребителями информационных продуктов на основе данных ДЗЗ с МКА «Аист-2Д» в настоящее время являются такие организации как АО «Главкосмос», ФКУ «Национальный центр управления в кризисных ситуациях» МЧС России, международная организация гражданской обороны, Росреестр и министерство лесного хозяйства охраны окружающей среды и природопользования Самарской области.

В ходе проектирования МКА использован платформенный принцип, который позволяет создавать МКА различного назначения с широким набором целевой аппаратуры. Дальнейшее развитие данного проекта позволит получить ряд МКА с целевыми характеристиками, обеспечивающими реализацию высокодетальной, широкозахватной и стерео съемки.



# Ваш глобальный партнер в области геоданных

Д33. Аналитика. Программное обеспечение.



#### TerraLink Russia

☎ +7 (495) 721-1721  
✉ [info@terralink.ru](mailto:info@terralink.ru)  
🌐 [www.terralink.ru](http://www.terralink.ru)

#### TerraLink Kazakhstan

☎ +7 (727) 232-1-555  
✉ [info@terralink.kz](mailto:info@terralink.kz)  
🌐 [www.terralink.kz](http://www.terralink.kz)

#### TerraLink USA

☎ +1-844-837-5465  
✉ [info@terralink.us](mailto:info@terralink.us)  
🌐 [www.terralink.us](http://www.terralink.us)

#### TerraLink Canada

☎ +1 (416) 593-0700  
✉ [info@terralink.ca](mailto:info@terralink.ca)  
🌐 [www.terralink.ca](http://www.terralink.ca)

#### TeraLink MENA

☎ +971 (4) 248 29 44  
✉ [info@terralink.ae](mailto:info@terralink.ae)  
🌐 [www.terralink.ae](http://www.terralink.ae)

# The Online Pack: Unbeatable Value

Just £1  
a month

Join  
today!

Unlimited access to Online News, Comment, Features Sections and Archive plus Monthly eNewsletter packed with the Latest News and what's on in the **Geospatial Industry**

Join today for **only £1 a month**

## Topics covered:

- ✓ 3D Visualisation/Modelling
- ✓ Addressing Technology
- ✓ Aerial Imagery/Photography
- ✓ Asset Management
- ✓ Bathymetry
- ✓ Big Data
- ✓ Business Geographics/ Analytics
- ✓ Cadastral Mapping
- ✓ Cartography
- ✓ Climate Change
- ✓ Computing in the Cloud
- ✓ Crime Mapping/ Modelling
- ✓ Data Capture/Collection
- ✓ DEM- Digital Elevation Model
- ✓ DGPS - Differential GPS
- ✓ Digital City Models
- ✓ Digital Mapping
- ✓ Digital Rights Management
- ✓ Disaster Management/ Monitoring
- ✓ DSM - Digital Surface Model
- ✓ DTM - Digital Terrain Model
- ✓ Dynamic Mapping
- ✓ Earth Observation
- ✓ Emergency Services
- ✓ ENC - Electronic Navigation Chart
- ✓ Environmental Monitoring
- ✓ Galileo
- ✓ Geo-ICT
- ✓ Geodesy
- ✓ Georeferencing
- ✓ Geosciences
- ✓ Geospatial Image Processing
- ✓ GIS
- ✓ GIS in Agriculture & Forestry
- ✓ GLONASS
- ✓ GMES
- ✓ GNSS
- ✓ GPS
- ✓ GSDI
- ✓ Hardware
- ✓ Hydrography
- ✓ Hyperspectral Imaging
- ✓ Image Analysis
- ✓ INSPIRE
- ✓ Integration
- ✓ Interoperability & Open Standards
- ✓ Land Information Systems
- ✓ Laser Scanning
- ✓ LBS
- ✓ LiDAR
- ✓ Mapping Software
- ✓ Marine Tracking & Navigation
- ✓ Mobile GIS/Mapping
- ✓ Municipal GIS
- ✓ Navigation
- ✓ Network Topology
- ✓ NSDI
- ✓ Open GIS
- ✓ Photogrammetric
- ✓ Photogrammetry
- ✓ Point Clouds
- ✓ Property Information Systems
- ✓ Radio Navigation
- ✓ Remote Sensing
- ✓ Risk Management
- ✓ RTK (Real Time Kinematic) Surveying
- ✓ Satellite Imagery/Navigation
- ✓ Scanning Technology
- ✓ SDI - Spatial Data Infrastructures
- ✓ Smart Grids
- ✓ Software
- ✓ Surveying Instrumentation
- ✓ Surveying Technology Sensor
- ✓ Telematics
- ✓ Topographic Mapping
- ✓ Total Station
- ✓ Tracking & Route Planning
- ✓ Transport
- ✓ Utilities GIS
- ✓ Vehicle Tracking & Navigation
- ✓ VRS - Virtual Reference Station
- ✓ Web Mapping

## Sectors covered:

- ✓ Aerospace
- ✓ Agriculture
- ✓ Archaeology & Heritage
- ✓ Architecture
- ✓ Biosecurity
- ✓ Business Security/Service
- ✓ Central/Local/Regional Government
- ✓ Construction
- ✓ Consulting Services
- ✓ Cyber Security
- ✓ Defence
- ✓ Education
- ✓ Emergency Services
- ✓ Energy Utility
- ✓ Engineering
- ✓ Environmental Management
- ✓ Environmental Monitoring
- ✓ Financial Services
- ✓ Fisheries
- ✓ Forestry Management
- ✓ Geosciences
- ✓ Healthcare
- ✓ Infrastructure Protection
- ✓ Insurance
- ✓ Manufacturing
- ✓ Marine
- ✓ Military
- ✓ Mining
- ✓ Natural Resource Management
- ✓ Oil & Gas
- ✓ Property
- ✓ Public Safety/Works
- ✓ Retail
- ✓ Shipping
- ✓ Software Development
- ✓ Technical Services
- ✓ Telecommunications
- ✓ Tourism/Travel
- ✓ Training
- ✓ Transport
- ✓ Utilities (Energy & Water)

**Subscribe and stay ahead of the game!**

The content that you can trust

Sign up at [geoconnexion.com/membership](http://geoconnexion.com/membership)



# GeoTop

отраслевой медиа-проект  
в области геодезии, картографии и ГИС



Интернет-каталог и печатный  
Справочник организаций  
картографо-геодезической  
и ГИС отрасли

[www.geotop.ru](http://www.geotop.ru)  
[kvo@geotop.ru](mailto:kvo@geotop.ru)  
+7 911 909-21-59

Журнал для специалистов, работающих в различных областях и использующих геодезические, картографические и геоинформационные технологии и данные ДЗЗ в производственной деятельности.

Издается в печатном и электронном видах с 2003 г. с периодичностью 6 номеров в год.

ISSN 2306-8736



Электронная версия всех номеров журнала бесплатно доступна на [www.GEOPROFI.RU](http://www.GEOPROFI.RU).

На печатную версию журнала можно подписаться в Агентстве "Урал-Пресс" через Интернет по адресу [www.ural-press.ru](http://www.ural-press.ru).

## Использование фотограмметрических 3D моделей для создания виртуальных цифровых двойников

И. Вигер<sup>1</sup>, А. Пирогов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>VR Concept, <sup>2</sup>АО «Ракурс», Москва, Россия

В последние годы прогресс в области проектирования был обусловлен не только быстрым развитием программных средств автоматизированного проектирования (технологии CAD/CAM/CAE/PDM/PLM/BIM), но и широким внедрением специализированных средств визуализации для коллективной работы.

Как известно, примерно 80% информации человек воспринимает визуально. Индивидуальные средства визуализации - мониторы имеют ограниченную функциональность, когда речь заходит о визуализации для коллективной работы. Как показывает практика, для подобных задач наилучшим образом подходят системы с «эффектом погружения». Подобные системы дают возможность быстрого восприятия и обсуждения «виртуальной информации» одновременно большим количеством людей в интерактивном режиме. Количество людей, работающих в виртуальной среде, может быть различным в зависимости от типа выбранной системы (от 1 до 50 и более). Подобные решения являются очень удобным и гибким инструментом для отображения информации из различных источников.

Технологии виртуальной (VR) и дополненной реальности (AR) сегодня переживают настоящий бум. Согласно прогнозу инвестиционного банка Goldman Sachs, к 2025 году объем рынка виртуальной и дополненной реальности составит от \$80 млрд до \$110 млрд.

Одним из перспективных направлений VR является информационный макет города — CIM (CITY INFORMATION MODELLING), новое понятие, появившееся всего лишь в конце 2000-х годов. CIM генетически вырос из BIM, идеология которого отсчитывает свою историю с конца 80-х – начала 90-х годов прошлого века). BIM (Building Information Modelling), как метод комплексного информационного представления здания (архитектуры, конструкций, инженерной инфраструктуры и др.), был вполне достаточен для одного, максимум группы зданий. Но для описания модели города этого

уже не достаточно. Геология, застройка, транспортная сеть, демография, экология и т.п. требуют других принципов моделирования и визуального представления.

Преимущества использования технологий VR в CIM:

- Высокая стоимость и сложность создания натуральных макетов в масштабе 1:1.
- Сложности работы над одним прототипом группы специалистов различных областей знания.
- Трудоемкость проведения виртуальных туров.
- Презентация инвесторам/покупателям — сложно оценить потенциал еще не застроенной площадки.
- Совместные макетные комиссии перспективного развития (Agile совещания).
- Сокращение количества и стоимости ошибок при коллективной работе над прототипом будущего здания специалистами различных областей с моделированием процесса его использования.

Использование виртуальной реальности позволяет сократить сроки проектирования за счет оптимизации временных и материальных ресурсов.

В июле 2018 года, на выставке «Иннопром», впервые в России были представлены возможности использования фотограмметрических 3D моделей компании «Ракурс», совместно с различными BIM моделями в системе виртуальной реальности на базе программного обеспечения VR Concept.

Компания VR Concept — разработчик российского программного обеспечения для виртуального прототипирования, позволяющего решать промышленные задачи и задачи обучения в виртуальной реальности.

АО «Ракурс» — разработчик фотограмметрической системы PHOTOMOD, позволяющей получать модели городской застройки, отличающиеся высокой геометрической точностью и операбельностью.

В настоящий момент технологии VR Concept, помимо BIM форматов, поддерживают как векторные модели, созданные с помощью стереовекторизации по данным космической или аэрофотосъемки, так и облака точек. Точность создаваемых фотограмметрических 3D моделей коррелирует с точностью исходных данных и соответствует требованиям к детальности, предъявляемым заказчиком. Один и тот же дом может быть представлен как простейший параллелепипед или же, как сложный объект с мельчайшими деталями — трубами и окнами. Для исходной фотограмметрической обработки используются снимки с разрешением на местности от единиц до десятков сантиметров. Размеры создаваемых моделей ограничиваются только требованиями заказчика: от сотни квадратных метров на местности до размеров

целого города и даже страны. Трехмерные объекты могут быть текстурированы наземными, аэрофото- и космическими снимками.

Разработчики СИМ предъявляют строгие требования к метрическим характеристикам моделей. Такой запрос складывается из необходимости сводить воедино разные уровни информации, получаемой из BIM и ГИС.

Технологии фотограмметрической обработки данных дистанционного зондирования Земли, бесспорно, наиболее эффективны для получения максимально точной метрической информации. Развитие технологий VR открывает новый рынок для фотограмметрии, а методы фотограмметрии, в свою очередь, позволяют насытить VR качественными пространственными данными.



Рис. 1. Демонстрация 3D моделей в шлеме виртуальной реальности.



Рис. 2. Фрагмент демонстрируемой векторной модели.

## Автоматизированный комплекс анализа качества целевой информации КА «Метеор-М»

*В.А. Мороз<sup>1</sup>, С.А. Белов<sup>1</sup>, О.А. Никонов<sup>2</sup>, В.А. Ермаков<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>АО «СТТ груп», <sup>2</sup>АО «Корпорация «ВНИИЭМ», Москва, Россия*

Автоматизированный комплекс создан АО «СТТ груп» по заказу АО «Корпорация «ВНИИЭМ».

Комплекс предназначен для использования в составе стенда главного конструктора для анализа и контроля качества целевой информации (ЦИ), получаемой с КА «Метеор-М» № 2.

Комплекс решает следующие задачи:

- оценка соответствия информации, полученной при наземной метрологической аттестации, калибровки, юстировке и геометрической аттестации ЦА результатам, полученным на этапе летных испытаний и эксплуатации;

- оценка качества ЦИ на всех этапах срока активного существования КА;

- информационная поддержка разработчика КА при принятии решений по обеспечению качества ЦИ;

- сравнение ЦИ с аналогичной ЦИ других КА, в том числе иностранных с учетом уровня обработки информации.

В состав контролируемой целевой аппаратуры входит:

- комплекс многозональной спутниковой съемки среднего разрешения (КМСС-2);

- многозональное сканирующее устройство малого разрешения (МСУ-МР);

- инфракрасный Фурье-спектрометр тем-

пературного и влажностного зондирования (ИКФС-2);

- радиометрическая аппаратура СВЧ диапазона для температурного и влажностного зондирования атмосферы (МТВЗА-ГЯ);

Анализ и обеспечение качества ЦИ осуществляется на основании методик:

- оценки качества ЦИ для каждой ЦА;

- сопоставления характеристик ЦИ с аналогичными характеристиками ЦИ ЦА, в том числе других КА, включая иностранные;

- обеспечения качества ЦИ для каждой ЦА, включая анализ причин снижения качества ЦИ ЦА и выработки рекомендаций по их устранению.

Программное обеспечение комплекса включает модули:

- ввода и хранения ЦИ;

- интерактивного и автоматического анализа качества ЦИ;

- мониторинга качества ЦИ;

- автоматического контроля наличия и передачи ЦИ.

Комплекс является территориально-распределенной системой, размещенной на двух площадках (НЦ ОМЗ и ВНИИЭМ), соединенных каналом передачи данных.

## Автоматическое детектирование и идентификация объектов на снимках морской поверхности, полученных средствами ДЗЗ

*С. А. Белов<sup>1</sup>, А. Н. Виноградов<sup>2</sup>, Е. П. Куршев<sup>2</sup>, С. В. Парамонов<sup>1</sup>, П. Д. Тарасова<sup>3</sup>*

*<sup>1</sup>АО «СТТ групп», <sup>2</sup>ИПС им. А.К. Айламазяна РАН, <sup>3</sup>АО «Ракурс», Москва, Россия*

Процесс мониторинга поверхности морей и океанов Земли, осуществляемый средствами дистанционного зондирования, имеет ряд принципиальных особенностей по сравнению с процессом мониторинга суши. Для детектирования и идентификации объектов по данным съемки, производимой с борта спутника ДЗЗ (при космической съемке) либо БПЛА (при авиасъемке) приходится обрабатывать большое число снимков площади покрытия, из которых только доли процента могут содержать существенную информацию [1].

Для решения задачи отбора снимков для дальнейшего детального анализа возможно применения ряда средств автоматизации обработки больших массивов данных съемки, базирующихся на программно реализованных методах детектирования и идентификации объектов на снимках морской поверхности. Результатом последовательного их применения является информация о наличии объектов интереса в заранее обозначенном районе поиска, его географические координаты и характеристики.

- Определение границ зоны поиска

Исходными данными для всего процесса обработки являются [2]:

- Данные о районе поиска (координаты точек-вершин полигона, ограничивающего часть акватории промысловой зоны, для которой необходимо произвести анализ);
- Временной диапазон (начальные и конечные дата и время, обозначающие границы временного интервала);
- Исторические океанографические и метеорологические данные, на основании которых производится оценка вероятности нахождения рыбного скопления обозначенного вида промысловой рыбы;
- Оперативные данные о перемещениях рыбопромысловых судов в данной акватории.

В результате работы методов и алгоритмов поиска ОИ должны быть получены координаты

фрагментов морских районов, для которых по данным космической съемки высокого разрешения производится детектирование и идентификация зафиксированных на этих снимках ОИ [3].

При поиске ОИ применяется два основных метода и связанных с ними алгоритма:

- Метод поиска ОИ по океанографическим метеорологическим характеристикам;
- Метод поиска ОИ по данным об активности рыбопромысловой деятельности.

- Детектирование объектов на изображениях

В подавляющем большинстве случаев на изображении могут появляться объекты нескольких разных типов. В этом случае детектирование объектов может выполняться одновременно с их классификацией. При реализации простого детектирования все типы объектов, которые должны распознаваться, могут быть сведены в один класс.

В указанном виде задача детектирования заключается в том, чтобы распознать наличие на изображении объекта заданного вида с определенной вероятностью и предсказать его положение на картинке в виде соответствующего ограничивающего прямоугольника.

- Сегментация изображений

Под сегментацией понимается разбиение изображения на области, соответствующие различным объектам. Требуется, чтобы построенные области по возможности точно покрывали объекты изображения с учетом их сложной формы и неизбежных наложений.

Образы такого рода объектов представляют собой области, характеризующиеся некоторыми текстурными признаками и имеющие нечеткие размытые границы. (см. Рис.1).

- Классификация объектов интереса

Под классификацией объектов интереса понимается отнесение областей изображения, полученных с помощью процедур детектирования и сегментации, к одному из заранее задан-



Рис. 1. Скопление промысловых рыб и перепад глубин (подводный рельеф)

ных типов.

Для полноценного решения задачи, поставленной в рамках исследования, важно не просто выделить прямоугольную область, в которой находятся ОИ, но и точно определить границы предположительных объектов, поскольку форма границы объекта в ряде случаев является важным идентифицирующим признаком, используемым для отнесения объекта интереса к определенному типу. Среди рассматриваемых объектов на снимках представлены не только представляющие первостепенный интерес рыбные скопления, но и другие объекты, и во

многих случаях удается различать классы объектов между собой именно по форме границ.

- Восстановление границ объектов интереса

Для первоначального выделения границ к изображению применяются известные операторы Габора, Кэнни, Собеля. После применения этой процедуры на изображении возникает система линий, относящихся к границам различных объектов интереса. Как правило, эти линии пересекаются и прерываются.

На Рис. 2 показаны снимок пятна нефтяного разлива, «разрезанного» следом проходящего судна, и выделенные границы после некоторой



Рис.2. Выделение границ пятна на поверхности моря и следа от проходящего судна

фильтрации. На рис. 3 показан снимок области развития фитопланктона на участке Баренцева

моря с облачностью.

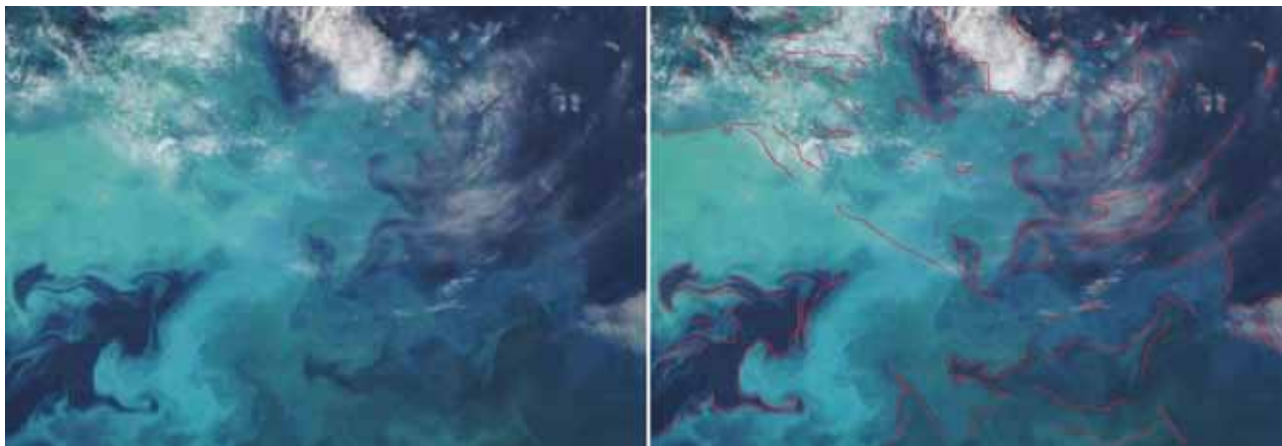


Рис. 3. Выделение границ области развития фитопланктона на фоне облачности атмосферы

Для успешной обработки подобных ситуаций нужно решить задачу прослеживания границы объекта интереса в условиях наложения изображения другого объекта и его границ. Эта задача сводится к задаче восстановления прерванных кривых на изображении.

Для её решения был использован подход к решению задачи задач восстановления поврежденных изображений [4], который кроме полученных участков сглаженных кривых, учитывает также само исходное изображение, что повышает качество решения поставленной задачи. Предложенный метод универсален, он может работать как с плоским изображением, так и с изображением сферическим, т.е. определенным в области на сфере достаточного большого радиуса.

- Алгоритм детектирования и классификации объектов на изображениях

В задаче распознавания объектов на сегодняшний день в качестве классификационных признаков объекта следует выбирать статистические признаки, формируемые на выходе некоторой сверточной нейронной сети (СНС), обрабатывающей изображение [5]. Наиболее близким по прикладному применению может считаться тип сети с архитектурой U-net, часто используемый при решении задач сегментации объекта с нечеткими контурами на неравномерном фоне, например, таких как сканирование человеческих

органов (с); обработка ДДЗ [6] и пр. Алгоритм, базирующийся на архитектуре сети типа U-net, способен использовать меньший, по сравнению с прочими, набор данных для «обучения» сети, что является критичным для рассматриваемой в данной работе задачи [7].

В качестве наборов данных для обучения были использованы имеющиеся в небольшом на настоящий момент количестве спутниковые снимки объектов 4-х классов на морской поверхности:

- рыбные скопления
- водоросли/планктон
- загрязнения
- морская поверхность без объектов.

а также сгенерированные синтетические изображения аналогичных объектов.

На Рис. 4 представлены результаты построения масок объектов, полученных в результате обучения сети по имеющемуся набору данных с последующим тестированием на некоторых тестовых примерах.

К настоящему моменту описанные методы обработки данных ДЗЗ применительно к задаче мониторинга морской поверхности реализованы в виде комплекса программных средств. В ближайшее время планируется проведение их тестирования на массивах как синтетических данных, так и на реальных данных спутниковой съемки высокого разрешения.



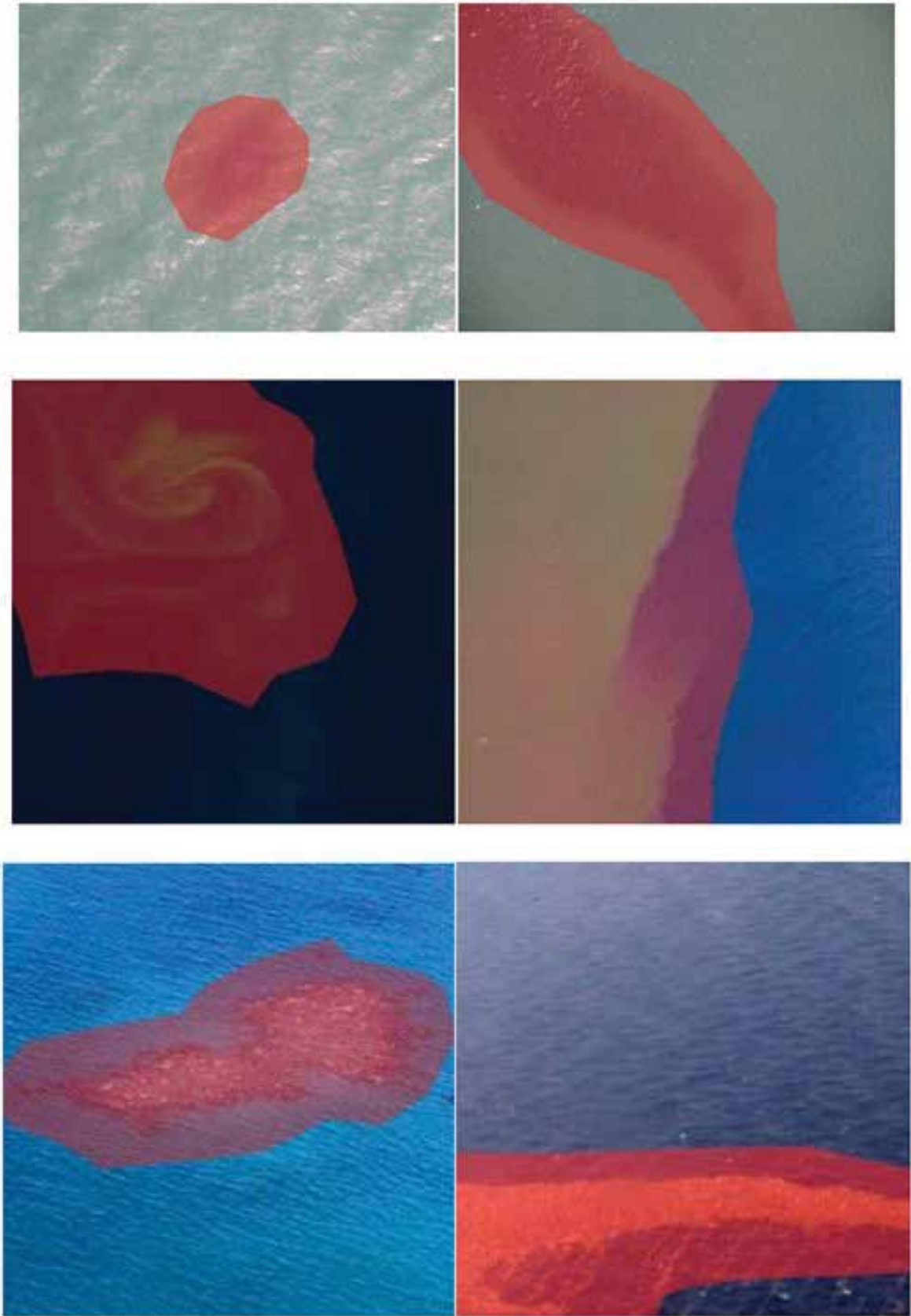


Рис. 4. Маски объектов, полученные для ОИ класса «рыбное скопление», «водоросли» и «мусор».

Работа выполнялась при финансовой поддержке государства в лице Минобрнауки России в рамках проекта RFMEFI60716X0153

#### Список литературы

1. Виноградов А.Н., Куршев Е.П., Парамонов С.В., Белов С.А. Методы и средства анализа данных дистанционного зондирования морской среды с целью обнаружения промысловых рыбных скоплений // Материалы VIII Всероссийской научно-технической конференции «Актуальные проблемы ракетно-космического приборостроения и информационных технологий» (Москва, 1–3 июня 2016 г.)

2. С.А.Белов, С.В.Парамонов, А.Н. Виноградов, Е.П. Куршев. Перспективы применения средств ДЗЗ в задачах интенсификации рыбного промысла. 17-й Международная научно-техническая конференция «ОТ СНИМКА К ЦИФРОВОЙ РЕАЛЬНОСТИ: ДЗЗ и фотограмметрия». 16-19 октября, 2017 г., Хадера, Израиль. Сб. трудов, с.36-40.

3. Парамонов С.В., Журавлёв С.В., Виноградов А.Н., Куршев Е.П. Разработка высокопроизводительной системы обработки океанографических данных на базе распределенной архитектуры. Национальный суперкомпьютер-

ный форум (НСКФ-2017). 28.11-01.12.2017. Переславль-Залесский.

4. A.P.Mashtakov, A.A.Ardentov, Y.L.Sachkov, Parallel Algorithm and Software for Image Inpainting via Sub-Riemannian Minimizers on the Group of Rototranslations// Numerical Mathematics: Theory, Methods and Applications, Vol. 6, No. 1. (2013), 95-115.

5. Girshick, Ross; Donahue, Jeff; Darrell, Trevor; Malik, Jitendra. Rich feature hierarchies for accurate object detection and semantic segmentation. eprint arXiv:1311.2524. November 2013]

6. U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation. Olaf Ronneberger, Philipp Fischer, Thomas Brox. Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention (MICCAI), Springer, LNCS, Vol.9351: 234--241, 2015

7. Z. Zhang, Q. Liu and Y. Wang, "Road Extraction by Deep Residual U-Net," in IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, vol. 15, no. 5, pp. 749-753, May 2018.

8. Geoffrey Hinton, Oriol Vinyals, and Jeff Dean, 'Distilling the knowledge in a neural network', in Proceedings of the Deep Learning and Representation Learning Workshop, (2014).

## Результаты использования космических технологий в управлении сельскохозяйственными ресурсами республики Казахстан

*К. Бактыбеков, Г. Кабжанова, А. Аимбетов, Г. Кабдулова, Б. Рахимжанов, А. Зеленовский  
АО «Национальная компания «Қазақстан Ғарыш Сапары», г. Астана, Казахстан*

АО «Национальная компания «Қазақстан Ғарыш Сапары» Аэрокосмического комитета Министерства оборонной и аэрокосмической промышленности Республики Казахстан, являясь Национальным оператором Космической системы дистанционного зондирования Земли и Системы высокоточной спутниковой навигации Республики Казахстан, владеет мощным инструментом для решения актуальных проблем агропромышленного сектора страны. С развитием собственной космической системы в Казахстане расширились возможности использования современных методов мониторинга и контроля хозяйственной деятельности и природопользования в целом.

Национальная система дистанционного зондирования Земли Республики Казахстан включает группировку двух электронно-оптических космических аппаратов ДЗЗ — KazEOSat-1 и KazEOSat-2 и наземного сегмента, где проводятся работы по управлению КА, приему, обработке, распространению данных ДЗЗ и созданию производных от них геопродуктов и геосервисов.

СВСН включает центр дифференциальной коррекции и мониторинга, сеть дифференциальных станций, мобильную дифференциальную станцию, лабораторию оценки соответствия аппаратуры спутниковой навигации, производство навигационного оборудования и формирует условия для гарантированного получения качественных координатно-временных и навигационных услуг потребителями глобальных навигационных спутниковых систем.

Основным направлением работы космических систем является обеспечение пространственно-временными данными государственных органов и организаций, производственных структур, поддержка развития основных отраслей экономики страны и политических интересов и вопросов обороны и безопасности страны.

Один из отечественных спутников

«KazEOSat-2» имеет пространственное разрешение 6,5 м/пиксель, 5 мультиспектральных каналов, представляет пространственную информацию о земной поверхности в видимом и инфракрасном диапазонах длин электромагнитных волн, адаптирован, прежде всего, на решение задач агропромышленного комплекса и землепользования (внедрение системы точного земледелия, прогноз урожайности сельскохозяйственных культур, целевое использование сельскохозяйственных земель, решение вопросов экологической безопасности, контроль над рациональным использованием почвенных ресурсов и др.).

Отраслевые задачи сельского хозяйства, решение которых включает создание инфраструктуры отраслевых пространственных данных на основе данных ДЗЗ из космоса и спутниковой навигации, в Республике Казахстан утверждены на государственном уровне и включены в Государственную программу.

Использование данных ДЗЗ при решении отраслевых задач сельского хозяйства обеспечивают комплексность, оперативность, объективность, наукоемкость и доступность информации. Результаты анализа данных ДЗЗ по решению отраслевых задач мониторинга сельскохозяйственного производства для повышения эффективности управления и контроля государственными органами размещены в отраслевых геопорталах.

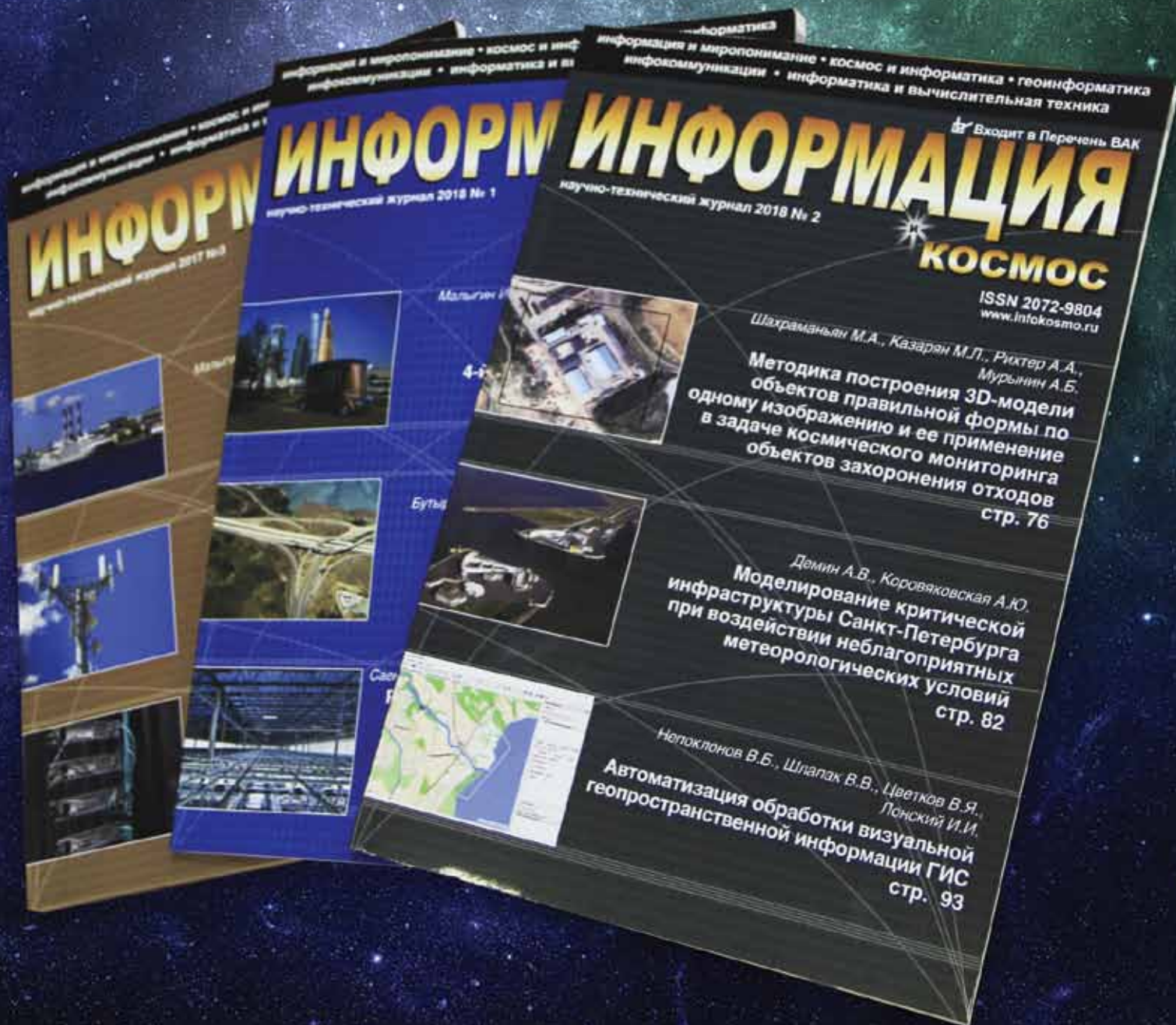
Спектр задач сельского хозяйства, решаемых на основе использования данных ДЗЗ и оказываемых государственным органам и организациям АО «НК «Қазақстан Ғарыш Сапары», включает следующее задачи:

1. Мониторинг использования земель сельскохозяйственного назначения (идентификация и учет площадей посевов сельскохозяйственных культур, оценка площадей паров и пастбищ, оценка площади уборки урожая сельскохозяйственных культур и др.);

2. Оценка состояния сельскохозяйственных



Журнал «Информация и Космос» входит в перечень  
Высшей аттестационной комиссии (ВАК)



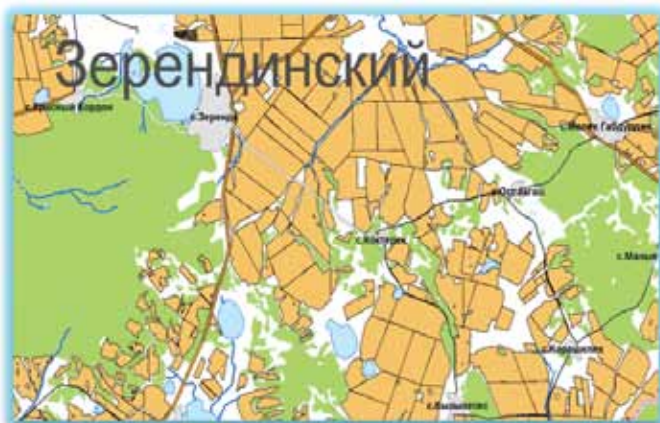


Рис.1 – Оценка использования земельных ресурсов Акмолинской области по данным ДЗЗ

угодий (выявление очагов повышенной засоренности зерновых культур, очагов поражения сельскохозяйственных культур под действием пожаров, наводнений, выявление деградации естественных кормовых угодий — пастбищная дигрессия);

3. Прогноз урожайности — оценка всходов, степени спелости и прогноз урожайности сельскохозяйственных культур, оценка сезонной продуктивности пастбищ, оценка объемов сбора продукции растениеводства;

4. Мониторинг своевременности и качества проведения агротехнических мероприятий — сроков и качества проведения агротехнических мероприятий, точное земледелие — определение неоднородности полей для эффективного внесения удобрений и средств защиты растений для повышения продуктивности сельскохозяйственных культур;

5. Мониторинг ресурсов рыбного хозяйства (оценка нефтяных загрязнений, картирование деятельности рыбохозяйственных объектов);

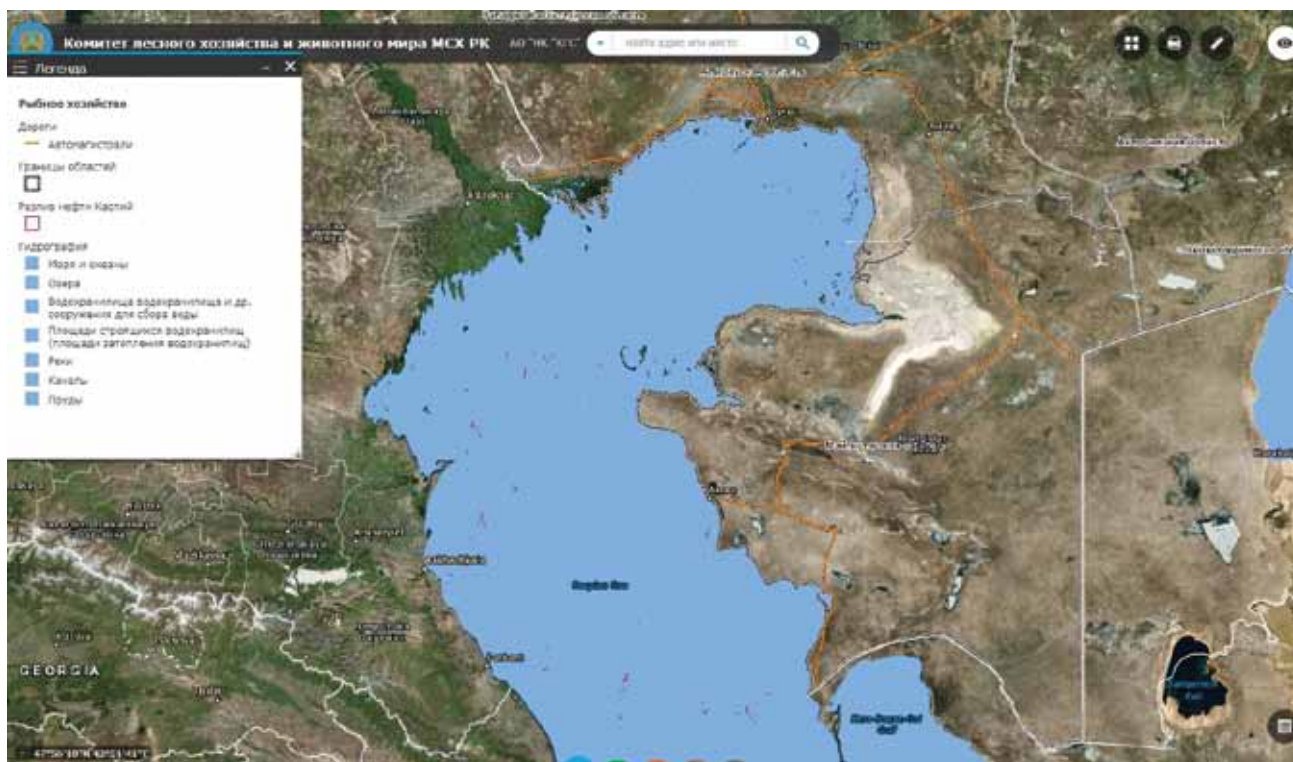


Рис. 2 – Спутниковая оценка нефтяных загрязнений в акватории казахстанского сектора Каспийского моря (02.04.2018 г.)

6. Оценка плодородия почв (картографирование основных типов почвенного покрова, выявление структуры почвенного покрова), характеристика свойств почв (оценка содержания гумуса в почвах и влажности почв, определение температуры почв), оценка степени засоления почв, оценка нарушенности почвенного покрова (выявление массивов почвенного покрова с признаками деградации, выявление участков развития процессов дефляции, опустынивания);

7. Оценка лесных ресурсов — оценка лесного фонда и лесистости территории РК; лесорастительное районирование - определение лесорастительных зон с относительно однородными лесорастительными признаками; оценка породного состава древостоя и сомкнутости полога; выделение массивов редколесий, ветровалов; инвентаризация лесов (распределение лесов различного целевого назначения по преоблада-

ющим древесным породам лесных насаждений); выявление изменений состояния лесов, происходящих в результате лесных пожаров, ветровалов, использования лесов и т.д.; создание и актуализация кадастра лесных ресурсов; оценка пожароопасности лесов, определение координат участков возгорания и оперативное наблюдение за лесными пожарами, прогноз распространения лесных пожаров), выделение гарей и определение их возраста, оценка состояния возобновления выгоревших участков леса, антропогенные воздействия промышленных и др. объектов; выявление участков леса, пострадавших от промышленных выбросов, воздействия при заготовке древесины, определение освоенности лесных массивов рубками; определение площади лесосеки; выявление нарушений границ отвода лесосек и др.;

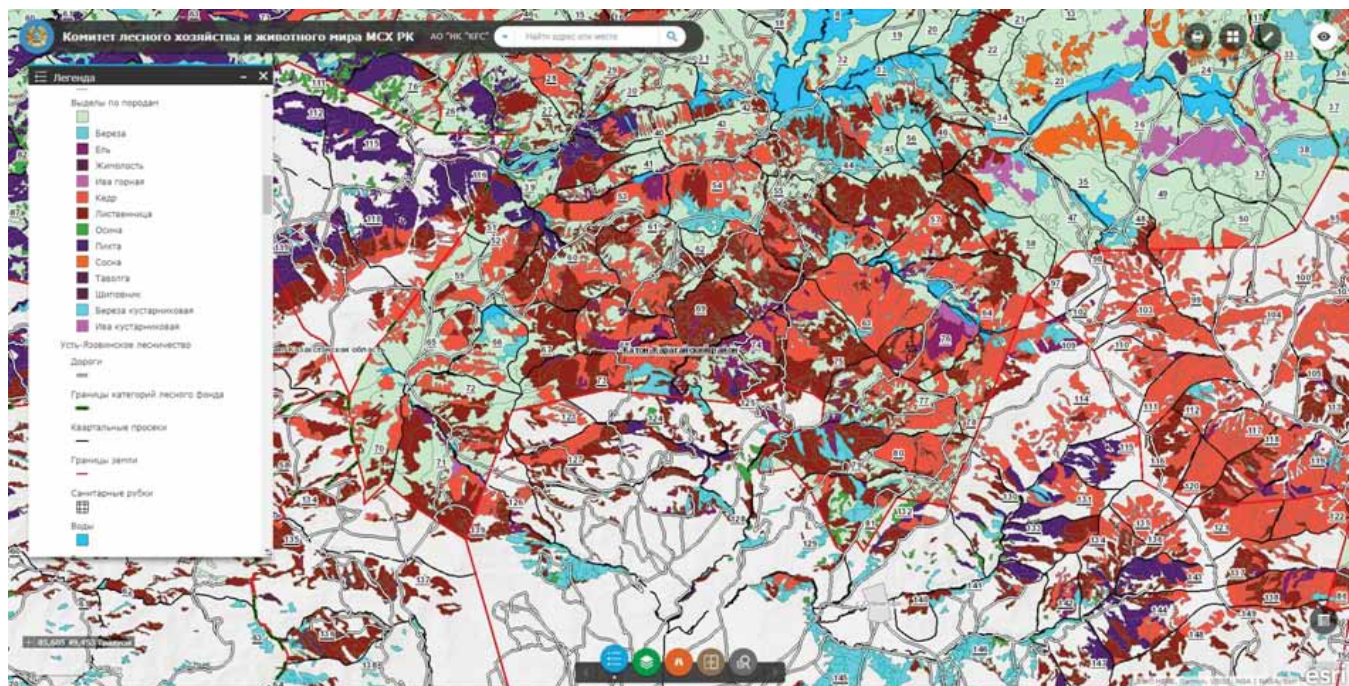


Рис. 3 – Спутниковая оценка лесного фонда Республики Казахстан

8. Водные ресурсы - картографирование гидрографической сети; картографирование озер и водохранилищ и их основных элементов; выявление ледовых заторов, участков русла с течением воды поверх льда и др. для прогнозирования наводнений; выявление участков разлива рек в период половодий и паводков

для прогнозирования наводнений; определение границ зон затопления при наводнениях и предварительная оценка последствий наводнений; выявление несанкционированной застройки в водоохраной зоне; создание и актуализация кадастра водных ресурсов и объектов.

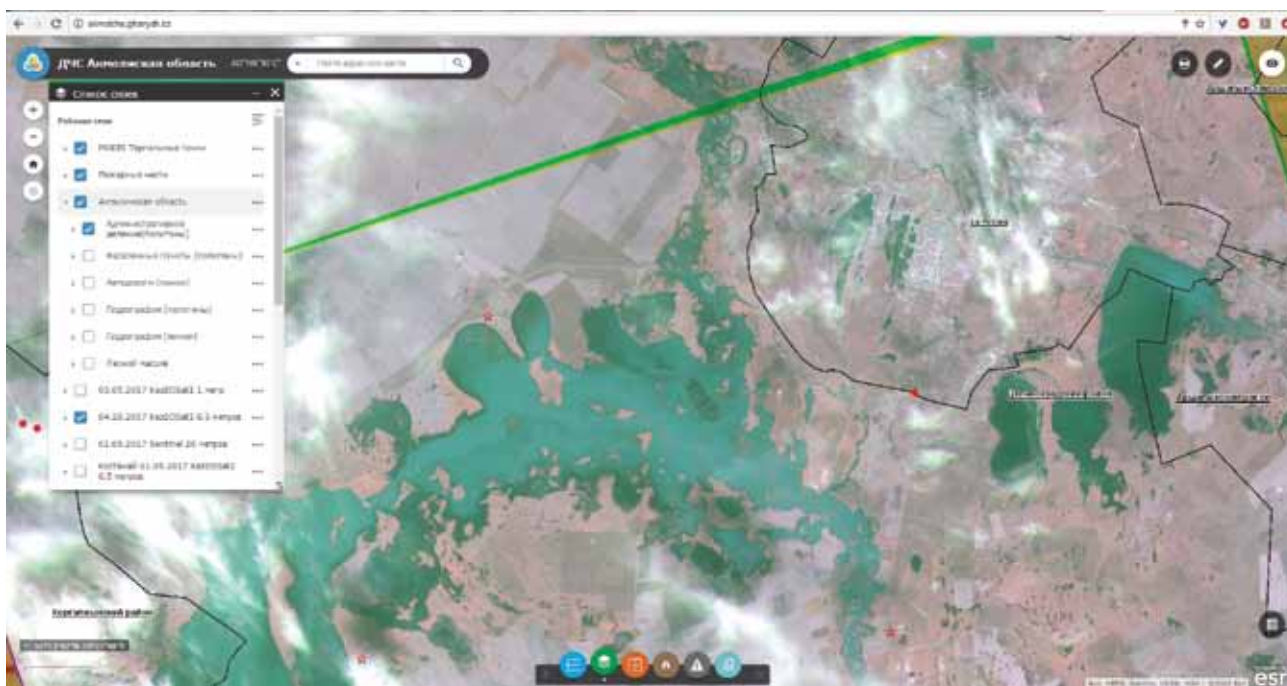


Рис. 4 – Спутниковая оценка паводковой ситуации по руслам рек по данным ДЗЗ

Результаты некоторых проектных работ АО «НК «Қазақстан Ғарыш Сапары» представлены ниже.

Спутниковая оценка посевных площадей сельскохозяйственных культур проводится на основе актуальных данных ДЗЗ и использования современных геоинформационных технологий. Основными условиями проведения космического мониторинга сельскохозяйственного производства являются высокое простран-

ственное разрешение и одновременные наблюдения. Электронная карта полей территории Республики Казахстан, созданная на основе векторизации данных ДЗЗ высокого и среднего разрешения, несет точную информацию по площади и границам по каждому полю в разрезе хозяйств при интеграции с данными земельного кадастра. Данный подход исключает субъективную оценку землепользования и заведомо ложные данные по посевным площадям.



Рис. 5 – Оценка посевных площадей на основе данных ДЗЗ

Для оценки состояния яровых и озимых сельскохозяйственных культур Казахстана обработка космических снимков проводится на базе программного обеспечения Erdas.

Под оценкой состояния посевов сельскохозяйственной культуры понимается характеристика растительного покрова в данный момент времени, совместно отражающая развитие, изреженность, высоту, засоренность, повреждения растительного покрова и его относительную продуктивность в виде условной пятибалльной шкалы. Оценка состояния посевов является сравнительным показателем, учитывающим предшествующий опыт взаимосвязи состояния посева с урожайностью. Состояние посевов оценивают по шкале с учетом совокупности признаков, определяющих ожидаемую продуктивность.

Источником данных определения состояния посевов являлся индекс «здоровья рас-

тительности» VHI (VegetationHealthIndex), полученный с помощью прибора AVHRR (AdvanceVeryHighResolutionRadiometer) спутника NOAA и основанный на отражении видимого света растительным покровом. Данный индекс базируется на сочетании индекса VCI (VegetationConditionIndex), который характеризует угнетённость растительного покрова и индекса температурного режима TCI (TemperatureConditionIndex).

Индекс взят в формате 6-ти дневного композита. Оценка состояния посевов проводилась в период максимального накопления растениями биомассы – состояние молочной спелости яровой пшеницы 30 недели 2018 года, что соответствует концу июля месяца. На это время приходится период колошения растений, когда можно хорошо определить состояние. Каждому полю присваивалось отдельное значение, в зависимости от значения индекса.



Рис. 6 – Карта – схема состояния яровых посевов 2018 года в Акмолинской области на основе ДЗЗ



Таким образом, спутниковая оценка состояния яровых зерновых культур позволяет реализовать пространственно-временной мониторинг сельскохозяйственных посевов как на региональном уровне, так и на уровне отдельных полей и может служить для принятия управленческих решений в агропроизводстве.

Урожайность – это качественный, комплексный показатель, который зависит от многих факторов, и является, прежде всего, индикатором применяемой культуры земледелия. При прочих равных агрометеорологических условиях именно соблюдение севооборота и качественное выполнение агротехнологии способствует повышению продуктивности полей. Это результирующий показатель, который служит основанием для планирования и принятия эффективных управленческих решений в агропроизводстве.

Информация об ожидаемом урожае, о причинах возможных потерь и об уровне потерь интересует как самих производителей сельскохозяйственной продукции, так и государственные структуры. Для последних эта информация является не только сугубо экономической, но не в меньшей степени и политической. Потери урожая и снижение качества продукции по различным причинам достигают 30% и более. Поэтому имеет большое значение оперативное прогнозирование урожайности сельскохозяйственных культур и регулирование производственного процесса доступными технологическими средствами.

Объективные данные о состоянии сельскохозяйственных культур на региональном уровне можно получать только с использованием данных дистанционного зондирования.

Прогнозирование урожайности зерновых культур с использованием спутниковой информации имеет ряд преимуществ, которые заключаются в оперативности получения информации о пространственном размещении посевных площадей, в объективности и независимости получаемой информации.

Прогнозирование урожайности яровой пшеницы проводилось на смоделированных производных данных ДЗЗ с 2007 года для северного региона Казахстана (вегетационные индексы

VNI, VCI, TCI, NDVI), ошибка моделей, обученных на различных данных, составила 5,98-13,1%. Основным направлением в настоящее время является повышение качества прогнозов, заблаговременности, что в конечном счете положительно повлияет на планирование и управление сельскохозяйственным производством.

Данные космического дистанционного зондирования Земли являются наиболее объективной информацией о текущем состоянии сельскохозяйственного производства, позволяют количественно оценить ранние стадии нестабильности земельного фонда и агроэкосистем, определяют эффективность управления по опережению при информационном обеспечении сельскохозяйственного производства и принять правильное решение об адаптации системы земледелия. В конечном счете, точное земледелие является инструментом объективной характеристики биогеоэкологической системы.

Система точного земледелия должна учитывать неоднородность посевных участков, в том числе и разницу по рельефу. Для выявления неоднородностей по рельефу используются цифровые модели рельефа, полученные методом полевой съемки или оптической и радарной съемки.

Для разработки элементов системы точного земледелия в Республике Казахстан использовали комбинацию цифровых моделей рельефа, полученную с космической съемки КА KazEOSat -1 и цифровые модели рельефа, полученные с БПЛА.

Для построения модели растровые цифровые модели рельефа переведены в облако точек LAS.

Далее, облако точек загружается в программную консоль Open GL, в специальную структуру данных, представляющая собой класс для хранения и обработки данных, с последующей выдачей результатов в векторном виде.

Созданные цифровые модели рельефа заполнены цветами с шагом заполнения 1 метр в высоту. Это связано с пространственным разрешением исходного ДTM и шагом рельефных высот на каждые 1 метр в декартовой системе координат.

Данный метод способствует определению

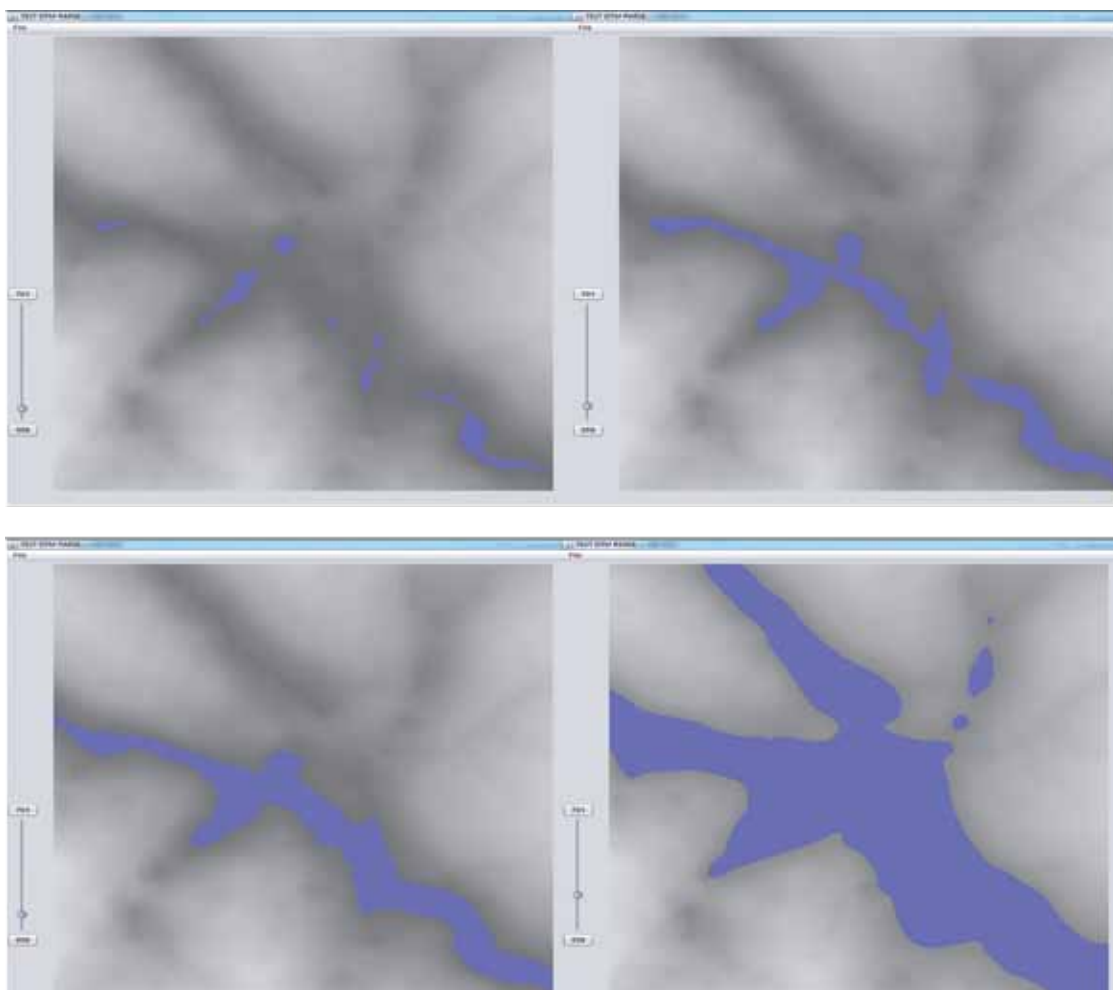
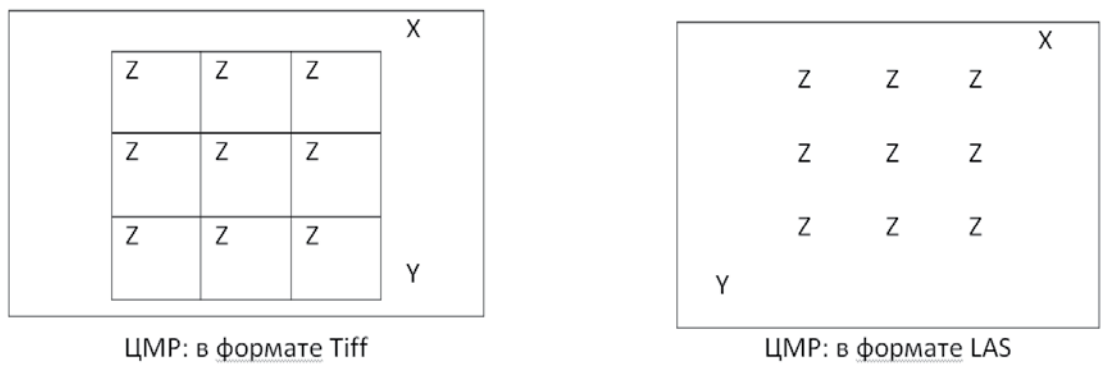


Рис. 7 – Моделирование затоплений методом заливки низменностей

неровностей рельефа на посевах для последующего прогноза процессов заболачивания и управления мелиоративными мероприятиями.

Таким образом, методы объективного дистанционного анализа, основанные на данных ДЗЗ, позволяют осуществлять комплексный мониторинг сельскохозяйственного производства и землепользования, при этом характери-

зуются высокой оперативностью, периодичностью данных, уменьшением времени анализа и высокой степенью достоверности данных.

АО «НК «Қазақстан Ғарыш Сапары», являясь Национальным оператором КС ДЗЗ РК, способствует развитию современных космических технологий в Казахстане и эффективному применению данных ДЗЗ в различных отраслях экономики, в том числе в АПК страны.

# Mapping the world

Stay informed with *GIM International* - anytime, anywhere

*GIM International*, the independent and high-quality information source for the geomatics industry, focuses on worldwide issues to bring you the latest insights and developments in both technology and management.

- Topical overviews
- News and developments
- Expert opinions
- Technology

**Sign up** for your free subscription to the online magazine and weekly newsletter today!

[www.gim-international.com](http://www.gim-international.com)

**GIM**  
INTERNATIONAL



## Научный комитет



## Медиа-партнеры



## Контакты

**АО «Ракурс»**  
129366, г. Москва, ул. Ярославская, д. 13А, офис 15.  
+7 495 720 51 27 | [conference@racurs.ru](mailto:conference@racurs.ru)  
**Янис Янирис**  
63 Akadimias street, 10678 Athens, Greece  
+30 210 330 27 59 | [ywanniris@gmail.com](mailto:ywanniris@gmail.com)  
<http://conf.racurs.ru>

