

ПРЕДИСЛОВИЕ

В октябре 2013 г. в Национальном исследовательском Томском государственном университете состоялась Всероссийская конференция по математике и механике, посвященная 65-летию механико-математического факультета. Одна из 11 ее секций была посвящена проблемам тематической обработки спутниковых изображений. В ее работе приняли участие специалисты из Республики Казахстан (Алматы), из Красноярска, Улан-Удэ, Оренбурга, Якутска, Томска. Данный выпуск журнала включает статьи, написанные по материалам докладов, представленных на этой секции. Участвовать в нем были приглашены исследователи из г. Москвы (МГУ, ИВМ РАН, ИКИ РАН) и г. Твери. Исторический обзор работ, которые велись в этом направлении в СССР, сделан Т.А. Сушкевич с коллегами.

В тематический номер журнала включены статьи, посвященные вопросам построения сервисов, использующих спутниковые данные для оценки состояния сельскохозяйственной растительности (ИКИ РАН) и получения необходимой информации о состоянии атмосферы для коррекции ее негативного влияния на результаты интерпретации пассивного спутникового зондирования земной поверхности в оптическом диапазоне длин волн (ИОА СО РАН). Интересен опыт АО «Научный центр космических исследований и технологий» (Республика Казахстан) в параметрическом дешифрировании спутниковых изображений с привлечением подспутниковых наблюдений.

В поле зрения авторов выпуска были такие актуальные проблемы, как технология обработки оптических изображений высокого пространственного и спектрального разрешения (МГУ, ИВМ РАН, ТГУ (Тверь), ИОА СО РАН). Не менее важным вопросам теоретического обоснования и применения алгоритмов для обработки изображений в радиодиапазоне посвящены исследования, проводимые в ИФМ СО РАН (Улан-Удэ). Полученные результаты очень важны для создания современных методов оценки степени пожарной опасности в лесах, степях, торфяных залежах.

Данные спутниковой системы зондирования метеорологических параметров атмосферы ATOVS применялись для оценки зенитной тропосферной задержки сигналов ГЛОНАСС/GPS в исследованиях ученых из СФУ (Красноярск).

Результаты анализа спутниковых изображений с целью оценки воздействия антропогенных и природных факторов и явлений на экологическое состояние природной среды представлены в докладах сотрудников ИХН СО РАН, ТУСУР (Томск), ИКФИА СО РАН (Якутск).

Необходимо также отметить работу ученых ИОА СО РАН по созданию новой технологии атмосферной коррекции спутниковых изображений земной поверхности в оптическом диапазоне длин волн.

Что касается проблемы учета влияния атмосферы на характеристики аэрокосмических изображений земной поверхности в оптическом диапазоне длин волн, то ее решение должно предшествовать их тематической обработке. Поэтому позволю себе остановиться на этом вопросе еще раз, используя для примера данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) при оценке состояния растительных покровов. Известно, что дистанционные методы зондирования теоретически позволяют получать информацию об окружающей среде. Эти методы, как правило, являются косвенными, т.е. измеряются не конкретные параметры, характеристики, свойства объектов, а некоторые связанные с ними величины.

Пусть, например, нас интересует состояние растительных покровов. В оптическом диапазоне длин волн аппаратура спутника регистрирует в нескольких спектральных интервалах энергетические характеристики световых потоков, исходящих от элементов земной поверхности и прошедших атмосферу. Для того чтобы извлечь из этих данных информацию об объекте наблюдения, необходимо решить (с математической точки зрения) обратную задачу атмосферной оптики, т.е. определить те характеристики конкретного элемента растительных покровов, которые при данных условиях зондирования (направление и интенсивность солнечного излучения, ориентация приемной системы

в пространстве, оптическое состояние атмосферы и т.д.) приводят к регистрируемому приемником световому потоку.

Эта задача относится к классу некорректных задач математической физики по той причине, что для ее корректного решения требуются знания об оптическом состоянии территории, окружающей наблюдаемый элемент (соответствующий мгновенному полю зрения приемной оптики), т.е. до решения обратной задачи знать ее решения. Или иначе: во входные начальные, граничные условия уравнения, соответствующего обратной задаче, могут входить неизвестные величины.

Однако указанную проблему можно обойти, имея сведения о передаточных свойствах атмосферы. Это возможно, если априорно известны некоторые особенности текстуры наблюдаемой земной поверхности. Однако такие особенности могут отсутствовать, и тогда неизбежен возврат к проблеме атмосферной коррекции на основе решения уравнения переноса излучения и т.п.

Каковы бы ни были технологии обработки данных ДЗЗ, прогресс в их эффективном применении, как правило, зависит от подспутниковых экспериментов. Данные этих измерений необходимы для валидации алгоритмов интерпретации результатов спутникового зондирования окружающей среды. Известно, что в любом изображении земной поверхности, полученном с помощью оптико-электронных систем спутникового базирования, содержится атмосферный след даже при отсутствии облачности. В общем случае атмосфера может не только изменять восходящие от объектов световые потоки, но и трансформировать исходный спектральный портрет объектов. Это происходит из-за процессов поглощения и рассеяния излучения в атмосфере и отражения от земной поверхности. То есть прежде чем решать проблему распознавания образов с использованием данных ДЗЗ в оптическом диапазоне длин волн, необходимо быть уверенным, что атмосферным следом на изображении можно пренебречь или устранить его (либо снизить до уровня, когда им можно пренебречь). Степень влияния атмосферы на спутниковые изображения земной поверхности зависит от ее оптического состояния. В настоящее время оно может контролироваться, в том числе с помощью спутниковых приборов.

Таким образом, прогресс в практическом использовании результатов ДЗЗ при решении конкретных тематических задач зависит от того, насколько полно устранено влияние атмосферы на параметры, характеристики, которые используются для тематической обработки изображений. Это необходимо учитывать и при оценке состояния растительных покровов на основе вегетационных индексов (ВИ). Напомним, что ВИ формируются в виде комбинации измеренных интенсивностей оптического излучения в различных спектральных каналах оптико-электронной системы, формирующей изображение.

Один из способов устранения этого влияния состоит в проведении атмосферной коррекции изображений в рамках RTM-подхода, который последовательно в течение многих лет развивается в Институте оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН. После осуществления этой процедуры можно использовать ВИ для обработки спутниковых изображений при анализе состояния растительных покровов. Среди ВИ наиболее известны RVI, NDVI, IRVI, WdVI, SAVI, TSAVI и др. Однако делаются попытки сконструировать эти индексы таким образом, чтобы минимизировать влияние атмосферы на результаты интерпретации с их помощью данных ДЗЗ. Примеры этих индексов: GEMI, SARVI и др. Такие индексы, так же как и обычные, вводятся эмпирически и, как следует из опыта их применения некоторыми исследователями, они не всегда приводят к корректным результатам.

В заключение следует отметить, что центральными проблемами, с моей точки зрения, которые остаются актуальными и требующими решения и развития, остаются необходимость учета влияния атмосферы на характеристики аэрокосмических изображений земной поверхности при их тематической обработке и проведение комплексных подспутниковых экспериментов по каждому из направлений использования данных ДЗЗ.

Редактор выпуска д.ф.-м.н., профессор,
заслуженный деятель науки РФ **В.В. Белов**