

# Сравнительный анализ информативности спутниковых данных EOS MODIS и RADARSAT-1 в задаче анализа землепользования Северного Казахстана

А.Г. Терехов

*Институт космических исследований ЦАФИ МОН,  
ул. Шевченко, 15, Алматы, 050010, КАЗАХСТАН  
E-mail: [aterekhov1@yandex.ru](mailto:aterekhov1@yandex.ru)*

При недостатке летнего увлажнения в степной зоне Северного Казахстана яровые зерновые культуры попадают в стрессовые условия. При этом наблюдается изреживание посевов и уменьшение высоты растений. Значительное уменьшение величины листового проективного покрытия создает проблемы с оперативным распознаванием яровых посевов на основе спутниковой информации в оптическом и ближнем инфракрасном диапазоне спектра. В сезоне 2005 года для зерновых посевов центральной части Костанайской области была изучена информативность данных RADARSAT-1 в задаче анализа землепользования. Было показано, что данные RADARSAT-1 (ScanSAR Wide) средне летнего периода имеют высокую информативность и могут служить основой для анализа территорий и выделения полей, находящихся в зернопаровом севообороте.

## Введение

Спутниковая информация с Канадского спутника RADARSAT-1, принимаемая институтом космических исследований РК может использоваться для оценки некоторых параметров зернового производства. Активное микроволновое зондирование с длиной волны 5,666 см позволяет получать информация об отражающей поверхности Земли. Регистрация только одного типа поляризации (H-H) сводит основную информативность радарной съемки к величине обратного сигнала при низко угловом сканировании. В зависимости от пространственного масштаба тестируемого объекта и особенностей организации отражающих поверхностей можно выбрать оптимальный режим сканирования с наиболее удобным пространственным разрешением, размером спутниковой сцены и углом сканирования, табл. 1.

Активное зондирование микроволновым излучением со спутников позволяет тестировать поверхность Земли, причем облачный покров не оказывает при этом существенных помех [1]. Интенсивность рассеянного сигнала зависит от величины диэлектрической проницаемости поверхности Земли и от ее пространственной организации на масштабе сопоставимом (большем) с длиной волны зондирования (5.7 см). Диэлектрическая проницаемость сильно вырастает в материалах, содержащих воду, например: влажная почва или зеленая растительность.

Таблица 1. Некоторые характеристики различных режимов сканирования со спутника RADARSAT-1

Режим сканирования (beam mode)	Позиция пучка	Угол сканирования (мин - макс)	Разрешение (м)	Размер сцены (км)	Число проходов пучка внутри сцены
Fine (5 позиций)	F1	37-40	10	50 x 50	1 x 1
	F2	39-42			
	F3	41-44			
	F4	43-46			
	F5	45-48			
Standard (7 позиций)	S1	20-27	30	100 x 100	1 x 4
	S2	24-31			
	S3	30-37			
	S4	34-40			
	S5	36-42			
	S6	41-46			
	S7	45-49			
Wide (3 позиции)	W1	20-31	30	165 x 165	1 x 4
	W2	31-39		150 x 150	
	W3	39-45		130 x 130	
Scan SAR Narrow (2 позиции)	SN1	20-40	50	300 x 300	2 x 2
	SN2	31-46			
Scan SAR Wide	SW1	20-49	100	500 x 500	2 x 4
	H1	49-52			
Extended High (6 позиций)	H2	50-53	25	75 x 75	1 x 4
	H3	52-55			
	H4	54-57			
	H5	56-58			
Extended Low	H6	57-59	35	170 x 170	1 x 4
	L1	10-23			

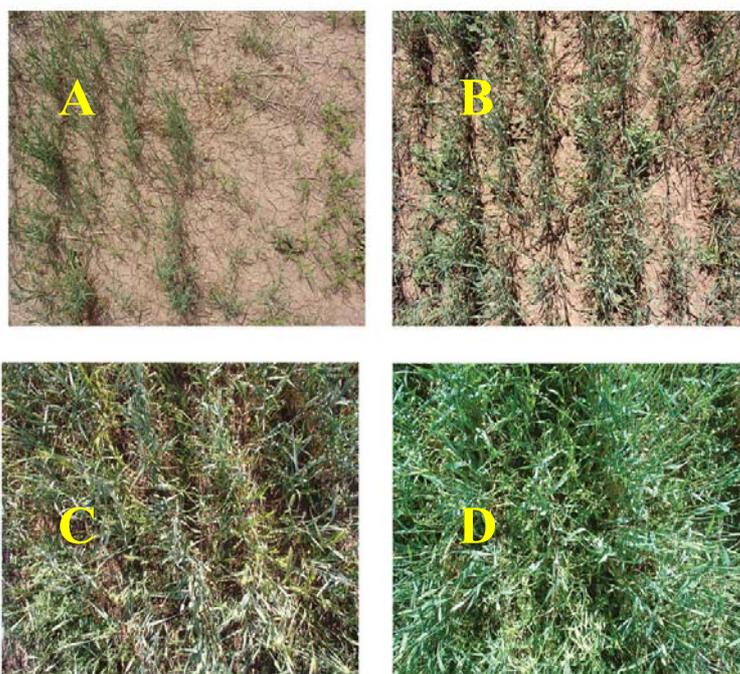
### Принципы использования радарной съемки

Задачи использования данных RADARSAT-1 для практически значимого анализа параметров зернового производства на 10 миллионах гектар посевных площадей Северного Казахстана ограничивают пространственное разрешение снимков, отсекая наиболее детальные из-за небольшого размера спутниковой сцены. Покрытие крупных регионов возможно только в режимах: ScanSARNarrow (300x300 км) и ScanSARWide (500x500 км). Соответственно, на столь крупных сценах имеются существенные вариации углов сканирования. Это накладывает дополнительные ограничения на эффекты, регистрация которых даст информацию о параметрах зернового производства. Остаются только наиболее простые и ярко выраженные, связанные с принципиальной организацией поверхности земли, которые одинаково хорошо регистрируются в широких рамках углов сканирования. Другой важной проблемой является требование типичности погодных условий. На больших сценах, например 500x500 км, регистрация эффектов связанных с нетипичными погодными условиями (локальные особенности режимов поверхностного увлажнения) нереализован-

ными повсеместно крайне затрудняют анализ. Неравномерно распределенные по территории сцены осадки, воздушные конденсаты и пр. делают невозможным использование таких спутниковых данных в практически значимом анализе.

Размеры ярового сева в Северном Казахстане в последние годы характеризуются положительной динамикой. За последние 10 лет площади ярового сева в Казахстане выросли с 12 до 15 млн. га. В этих условиях возможно более точное построение маски ярового сева текущего года [2] представляет большое значение, т.к. повышает достоверность подобной маски следующего года. В связи с этим, существуют два момента в создании маски ярового сева текущего года. Первый, построение соответствующей маски в весенний период для оперативных нужд министерства сельского хозяйства. Второй, построение маски к началу вегетационного сезона следующего года по всем имеющимся данным спутникового мониторинга вегетационного сезона. В последнем случае, помимо известных наиболее информативных периодов колошения – цветения (середина июля - начало августа), созревания (конец августа – середина сентября), добавляется еще один: конец апреля – начало мая следующего года, когда после снеготаяния поля под зерновыми культурами (стерня, зябь) существенно отличаются по спектральным характеристикам от природных трав и залежей.

Недостаток увлажнения делает посевы зерновых низкорослыми и изреженными [3]. Определенная степень засушливости начинает создавать проблемы с оперативным распознаванием зерновых культур на основе многозональных спутниковых данных в оптическом и ближнем инфракрасном диапазонах из-за низкой величины листового проективного покрытия, рис.1. В условиях засухи некоторые зерновые поля фактически мало отличаются от паровых. Плотность посевов в 50-100 продуктивных стеблей на квадратный метр с высотой растений 20-30 см по листовому проективному покрытию соответствуют паровым полям в умеренно увлажненной зоне в период между механическими обработками почвы или залежам и бросовым землям в засушливой зоне. В южных, засушливых, зерносеющих районах Северного Казахстана подобная ситуация является типичной и проблема достоверности разделения земель находящихся в зернопаровом севообороте от залежей и бросовых земель всегда актуальна.

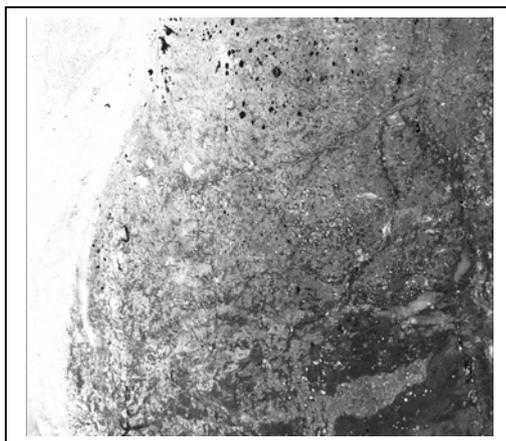


*Рис.1. Вариации проективного листового пшеничных полей при различных режимах увлажнения.  
А-В-С-Д - увеличение увлажненности вегетационного периода*

В рамках задачи разделения пахотных земель, используемых под зерновыми культурами, от природных трав и залежей перспективна средне-летняя радарная съемка (конец июля). В этот период в умеренно-засушливой степной зоне природные травы с выровненной поверхностью почвы отцветают и засыхают (низкая шероховатость поверхности отражения). Культурная растительность (пшеница или ячмень), наоборот, имеет максимум зеленой биомассы, а поверхность почвы паровых полей комковата в любой момент времени из-за регулярных механических прополок (высокая шероховатость в обоих случаях).

Таким образом, класс поверхности с высокой шероховатостью (поля с зеленой биомассой и парующиеся поля) характеризуется повышенным уровнем отражения микроволнового сигнала, другой класс (природные травы) с низкой шероховатостью, соответственно пониженным уровнем отражения. Следует отметить, что все эти эффекты наблюдаются в типичных погодных условиях этого периода – сухой и жаркой погоды, с малым количеством осадков, без образования конденсатов в утренние часы, что делает возможным однотипный анализ больших сцен. Кроме того, возможно использование, как восходящих, так и нисходящих витков пролета спутника, т.е. съемку, как в утренние, так и в вечерние часы.

Снимок RADARSAT-1 (режим: SCANSAR-WIDE, с разрешением 50 м) за 22 июля 2005 года анализировался совместно с данными мониторинга MODIS (1 канал: 620-670 нм; 2 канал: 841-876 нм; разрешение 250 м) в период: май – июль 2005 года, а также первой половины мая 2006 (в 2005 году снимки за: 2, 5, 14, 15, 25, 31 мая; 2, 3, 6, 8, 10 июня; 19 июля; в 2006 году 7, 9, 10, 11 мая), рис.2, 3.



*Рис. 2. Полная сцена RADARSAT-1 ScanSARWide (разрешение 50 м), 500x500 км, 22 июля 2005 года*

На сцене RADARSAT-1 ScanSARWide (рис.3) видно, что оптимальные углы сканирования, при которых регистрируются два хорошо разделяемых класса землепользований: первый - поля, используемые для растениеводства (однолетние культуры); второй - остальная территория; находятся в диапазоне 20-35 градусов. При больших углах, различия между основными классами остаются, но количественные параметры рассеивания начинают существенно зависеть от величины угла сканирования, что потребует более сложной обработки. Таким образом, фактический размер территории пригодной для анализа путем стандартных алгоритмов классификации составляет примерно 250x500 км.

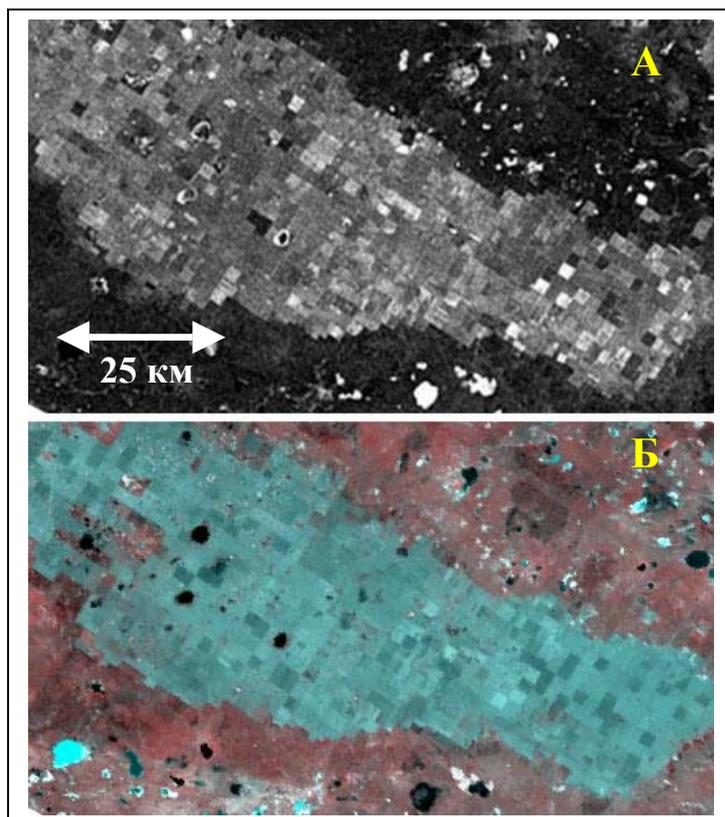


Рис. 3. Космические снимки фрагмента Костанайской области: А – RADARSAT-1 ScanSARWide (разрешение 50 м), 22 июля 2005 года; Б- MODIS, композит RGB 211 (разрешение 250 м), 9 мая 2006

Временной период накопления снимков MODIS выбирался, как наиболее информативный для решения задачи распознавания двух классов землепользования: природные травы и пашня, используемая для выращивания зерновых культур (посевы + пары). В качестве тестового района был выбран отдельный крупный зерновой район, расположенный в центральной, относительно засушливой, части Костанайской области.

Снимок IRS LISS за май 2005 года использовался для дешифрирования границ отдельных полей внутри тестового региона, рис. 4. На основе его оцифровки был сформирован массив полей: 1356 поля, с суммарной площадью свыше 300 тысяч гектар. Тип землепользования отдельных полей, дешифрированный по различным спутниковым данным, анализировался и сравнивался.

Данные MODIS и IRS LISS использовались для экспертного дешифрирования и разделения всех полей сельскохозяйственного массива на два класса: залежь и используемые поля (культура и пары). На снимке RADARSAT-1 (SCANSAR-WIDE), яркостью отображается интенсивность отраженного микроволнового сигнала. Разбивка на два класса (поля под зерновыми культурами и остальные типы растительности)

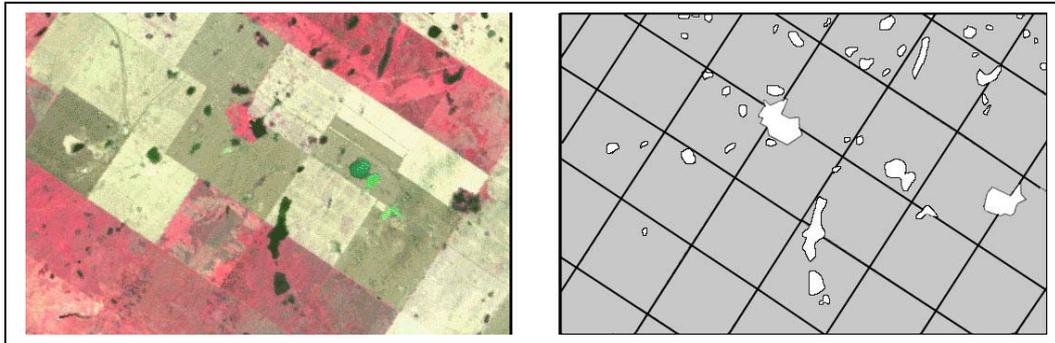


Рис.4. Фрагмент спутникового снимка IRS LISS май 2005, RGB 322 (разрешение 23 м) тестового района и оцифровка структуры его полей, псевдоцветной композит RGB 322

осуществлялась с помощью классификации ISODATA. В одномерном случае результат работы алгоритма ISODATA сводится к простому пороговому алгоритму. Параметры формирования двух финальных классов. Полное число градаций яркости на исходном снимке RADARSAT-1 около 200, на используемой, информативной половине сцены около 50. Оптимальное число классов классификации свыше 30, т.е. необходимо максимально использовать имеющуюся информативность радарной съемки. Гистограмма радарного изображения тестового района представлена на рис. 5.

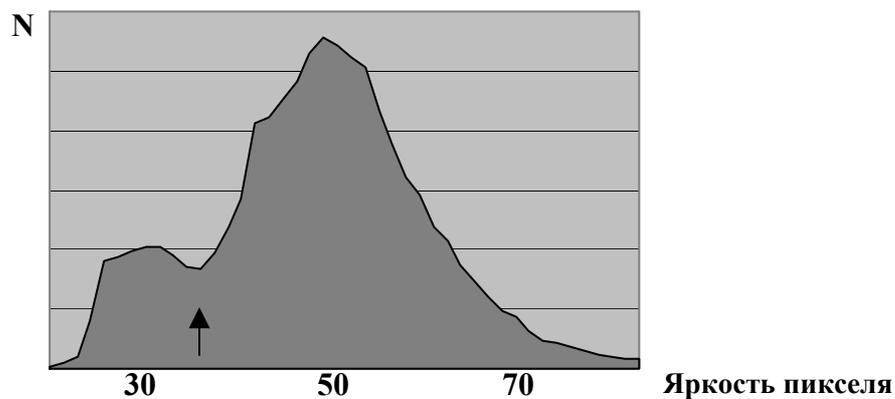


Рис.5. Гистограмма радарного изображения тестового района Костанайской области. Стрелкой показан порог разделения зерновых угодий от остальной территории

классификации подбирались таким образом, чтобы после экспертного огрубления до двух классов, получался результат наиболее близкий к результатам дешифрирования оптической спутниковой информации. Число заданных классов в алгоритме ISODATA определяет величину дискретного шага по яркости в конечном пороговом механизме.

Соответствие между результатами классификации данных RADARSAT-1 и [MODIS, IRS LISS] представлено в матрице ошибок, табл.2.

Таблица 2. Матрица несоответствий между результатами классификации (ISODATA) радарного снимка и экспертной классификацией спутниковых данных MODIS и IRS LISS в оптическом и ближнем инфракрасном диапазонах для тестового района Костанайской области.

<b>Экспертное дешифрирование автоматической классификации</b>					
<b>R</b>	Поля	Зерновые	Не зерновые	Сумма	<b>Точность, %</b>
<b>A</b>	Зерновые	1070	70	1140	<b>93,86</b>
<b>D</b>	Не зерновые	39	177	216	<b>81,94</b>
<b>A</b>	Сумма	1109	247	1356	
<b>R</b>	<b>Точность, %</b>	<b>96,48</b>	<b>71,66</b>		

### **Заключение**

Таким образом, при распознавании полей находящихся в зернопаровом севообороте с помощью радарной съемки, соответствие с результатами экспертного дешифрирования спутниковых оптических данных составляет около 94 %. Столь высокий уровень соответствия говорит о практической применимости радарной съемки в прикладных технологиях в области оперативного контроля над зерновым производством. Интересной особенностью данной области применения активного радарного зондирования является ее конкурентоспособность в сравнении с оптическими спутниковыми данными безоблачных сцен.

### **Литература**

1. *С.А.Комаров, В.Л.Миронов.* Микроволновое зондирование почв // Новосибирск, СП «Наука». 2000 г. 258 с.
2. *U. Sultangazin, N. Muratova, A. Terekhov.* Monitoring and assessment of spring crops in Kazakhstan // in book “Agro-meteorological Monitoring in Russia and Central Asian Countries”. Eds. Savin I., Negre T. EUR 22210. 2006. P. 85-104.
3. *Сулейменов М.К.* Агротехника яровой пшеницы // Алма-Ата, изд-во «Кайнар». 1981г. 104 с.