Оценка эффективности методов подавления спекла при дешифрировании свойств пахотных почв по радарным данным Radarsat-2 на примере тестовых полей в Саратовском Поволжье

Е.Ю. Прудникова¹, И.Ю. Савин^{1,2}

¹Почвенный институт имени В.В. Докучаева, Москва, 119017, Россия E-mail: prudnikova_eyu@esoil.ru ²Аграрно-технологический институт РУДН, Москва, 117198, Россия E-mail:savin iyu@esoil.ru

Радарные данные обладают значительным потенциалом для почвенных исследований. Однако интерпретацию радарной информации усложняет наличие спекл-шума. В статье на примере тестового участка, расположенного в Саратовском Поволжье, проводится анализ адаптивных (Gamma Map, Refined Lee, Frost) и неадаптивных фильтров (Median) с точки зрения их способности подавлять спекл-шум, сохранять исходную информацию и влиять на возможность картографирования почвенных характеристик по радарным данным Radarsat-2. Установлено, что фильтр Gamma Map наиболее эффективно подавляет шум в вертикально-горизонтальной и вертикальной поляризациях вне зависимости от состояния поверхности почвы во время съемки. Использование данного фильтра с окном фильтрации 5×5 обеспечивает возможность моделирования содержания органического вещества и частиц размером 0,05-0,01 мм с общей точностью для открытой поверхности почв выше 70%, точность моделей для закрытой поверхности почв выше 60%. Меньший размер окна фильтрации (3×3) больше подходит для картографирования содержания частиц размером 1-0,25 мм и уклона местности на открытой поверхности почв. В случае гранулометрического состава и почвообразующих пород в вертикальногоризонтальной поляризации на территории исследований наиболее эффективно работает фильтр Refined Lee: полученные модели для открытой поверхности почв характеризуются общей точностью 63-65%. Рассматриваемые результаты справедливы только для изучаемых в работе радарных данных, срока съемки и региона исследований. В то же время полученные данные могут послужить основой для организации дистанционного мониторинга свойств поверхностного горизонта почв изученных полей, что важно для конкретного землепользователя.

Ключевые слова: фильтрация спекла, пахотные почвы, Radarsat-2, вертикальная поляризация, вертикальногоризонтальная поляризация

> Одобрена к печати: 03.04.2017 DOI: 10.21046/2070-7401-2017-14-2-39-48

Введение

Радарная информация нашла широкое применение в сельском хозяйстве для выявления залежных земель (Дворкин, 2012), выделения полей, находящихся в зернопаровом севообороте (Терехов, 2007), мониторинга развития культур (Betbeder et al., 2016).

Кроме того, радарные данные обладают значительным потенциалом для почвенных исследований (Ouchi, 2013). Однако разработки в данном направлении очень ограничены.

Чаще всего радарные данные используются для определения таких почвенных параметров, как влажность поверхностного слоя и неоднородность поверхности (Kweon,Oh, 2014; He et al., 2016). Также есть работы по выявлению почв, затронутых процессами засоления и осолонцевания (Grissa et al., 2011; Barbouchi et al., 2015). В России радарные данные практически не используются для определения почвенных параметров.

Специфику изображения радарного снимка, усложняющую интерпретацию полученной информации, составляет его пятнистость (спекл-шум). Сравнение частотных и наиболее часто используемых адаптивных пространственных фильтров (Lee, Frost, Gamma) показало, что при низкой зашумленности данных они работают одинаково хорошо, а при высокой зашумленности частотные фильтры дают результаты немного лучше статистических (Gagnon, Jouan, 1997). При этом важно учитывать, насколько выбранный фильтр сохраняет исходную пространственную и радиометрическую информацию об объекте при максимальном подавлении спекла (Qui et al., 2004).

Целью нашего исследования была оценка эффективности использования статистических фильтров спекл-шума при дешифрировании отдельных свойств почв на примере тестового участка в Саратовском Поволжье.

Объект исследования

Объектом исследования выступает изображение поверхности пахотных почв на радарных данных Radarsat-2.

На величину коэффициента обратного рассеяния поверхности пахотных почв и характер его пространственного варьирования может оказывать влияние множество факторов помимо почвенных свойств. Для исключения такого влияния в работе рассматривается только внутриполевое варьирование радарного изображения (в пределах отдельного поля), обусловленное именно почвенными неоднородностями.

Выбранный для исследования тестовый участок общей площадью 635 га, который является репрезентативным для Саратовского Поволжья с точки зрения почвенного покрова, расположен на северо-востоке от поселка Татищево между поселками Идолга и Широкое (*puc. 1*).



Рис. 1. Географическое положение тестового участка

Поля расположены на водораздельной поверхности, но их окраинная часть лежит на склонах крутизной 3–5 градусов.

Из-за сложного геологического строения и маломощного чехла четвертичных отложений территория характеризуется достаточно контрастным почвенным покровом. Эрозионные процессы, интенсивность воздействия которых зависит от положения, занимаемого почвой в рельефе, усиливают контрастность почвенного покрова за счет перераспределения в пространстве частиц почвы и их отмывки от гумусовых пленок. Таким образом, создается пространственная неоднородность поверхности пахотных почв, которая влияет на величину коэффициента обратного рассеяния, регистрируемого аппаратурой радарных спутников.

В момент радарной съемки, которая проводилась одновременно с полевыми работами, на двух тестовых полях поверхность почвы была однородна (после боронования) и без растительности, на третьем поле в момент съемки находились посевы подсолнечника в фазе цветения.

Методы исследования

В исследовании использовались радарные данные Radarsat-2 от 14.09.2011, полученные в вертикальной (ВВ) и вертикально-горизонтальной (ВГ) поляризациях с разрешением 7 м.

Предварительная обработка радарных данных проводилась в открытом программном обеспечении SNAP 3.0 (http://step.esa.int/main/toolboxes/snap/) и включала в себя калибровку, фильтрацию спекл-шума и геометрическую коррекцию (Range Doppler terrain correction). В нашем исследовании мы использовали доступные в SNAP 3.0 адаптивные Gamma Map (с окном фильтрации 3×3 и 5×5), Frost (с окном фильтрации 3×3), Refined Lee фильтры и неадаптивный медианный фильтр.

В первую очередь был проведен анализ влияния выбора фильтра на изменения средних значений коэффициента обратного рассеяния, стандартного отклонения и размаха (разброс между минимальным и максимальным значениями) для пахотных почв в пределах тестового участка.

Способность выбранных фильтров подавлять спекл-шум оценивалась на основе таких индексов, как мера отношения «сигнал-шум» (ENL) и индекс подавления спекла (SSI), (Sheng, Xia, 1996; Gagnon, Jouan, 1997). Чем выше ENL и ниже SSI, тем выше эффективность фильтра в подавлении спекла. В случаях, когда фильтр переоценивает среднее значение, ENL и SSI могут быть ненадежны, поэтому дополнительно используется индекс подавления спекла и сохранения среднего SMPI (Shamsoddini, Trinder, 2010). Низкие значения данного индекса свидетельствуют о более эффективном подавлении шума при сохранении среднего.

Для оценки эффективности фильтров при почвенном дешифрировании карты классов отдельных почвенных свойств (содержания органического вещества, частиц размером 1–0,25 мм и 0,05–0,01 мм, гранулометрического состава и почвообразующих пород) (Прудникова, 2013) в ILWIS Academic 3.3 совмещались с радарными изображениями, на которых спекл был подавлен разными способами. Результат наложения далее анализировался в SPSS IBM Statistics 19.0.0.1.

В ходе дисперсионного анализа определялись свойства, классы которых статистически достоверно различаются между собой по величине коэффициента обратного рассеяния. Для выявления комбинаций достоверно различающихся классов использовались апостериорные сравнения.

Затем по каждому свойству определялись фильтры, при применении которых увеличивалась разделимость классов свойств почв, а именно число комбинаций достоверно различающихся классов и число непересекающихся по составу классов подмножеств при отсутствии пересекающихся. В дальнейшем для этих фильтров строились деревья классификации и определялась точность картографирования классов почвенных свойств.

При этом анализируемые данные делились на две выборки: обучающую и контрольную. В каждую выборку входило 50% от общего числа наблюдений: 1246 наблюдений для открытой поверхности и 811 наблюдений для поверхности под посевами. Контрольная выборка использовалась для сравнения полученных на основе радарной информации результатов пространственного моделирования классов почвенных свойств с полевыми данными.

В итоге эффективность работы фильтров при почвенном дешифрировании оценивалась с двух позиций: 1) способность подавлять спекл в пределах пахотных полей при сохранении исходной информации; 2) характер влияния на почвенную информацию, который выражается в разделимости классов свойств почв, однородности образуемых подмножеств, а также в точности моделирования классов почвенных свойств по сравнению с полевыми данными.

Результаты и обсуждение

Анализ фильтров подавления спекла для радарных данных Radarsat-2 в пределах тестового участка показал, что в целом для обеих поляризаций вне зависимости от состояния поверхности полей в момент съемки применение фильтра Gamma Map с окном фильтрации 5x5 приводит к наибольшему снижению размаха и среднего отклонения, в то время как наименьшее снижение для данных параметров наблюдается при использовании фильтра Frost (*maбл. 1*).

В то же время фильтр Gamma Map с окном фильтрации 5×5 наиболее эффективно по сравнению с другими подавляет спекл-шум, поскольку он характеризуется наибольшими значениями ENL и наименьшими значениями SSI и SMPI (*табл. 1*). Хуже всего сработал медианный фильтр, для которого отмечаются наименьший ENL и наибольшие SSI и SMPI, при этом он сильнее остальных фильтров снижает среднее значение коэффициента обратного рассеяния для пахотных почв тестовых полей для обеих рассматриваемых поляризаций (*табл. 1*).

			Отир	maano	oonvii	ocmi.		Поеепунасть под посееами					
Фильтр	КІ	открытая поверхность						поверхность поо посевами					
	Поляризаци	Размах	Среднее	Стандартное отклонение	ENL	ISS	IdWS	Размах	Среднее	Стандартное отклонение	ENL	SSI	IdWS
нет фильтра	ΒΓ	78,90	8,03	6,84	-	-	-	253,60	39,36	31,60	-	-	-
	BB	492,40	69,74	57,05	-	-	-	1415,10	207,09	170,89	-	-	-
Gamma 3×3	ΒΓ	62,52	8,01	4,62	3,01	0,68	0,69	116,65	38,99	17,73	4,30	0,57	0,88
	BB	289,05	70,23	33,88	4,84	0,59	0,77	769,27	202,94	100,98	4,04	0,60	3,04
Gamma 5×5	ΒΓ	47,87	8,07	3,56	5,13	0,52	0,54	84,26	39,12	12,62	8,29	0,40	0,95
	BB	181,26	70,95	24,64	9,60	0,42	0,50	528,32	200,08	73,77	7,36	0,45	3,46
Refined Lee Frost	ΒГ	64,17	7,87	5,04	2,44	0,75	0,86	172,01	38,44	20,92	3,07	0,68	1,27
	BB	373,59	68,90	39,31	3,38	0,70	1,27	961,05	201,33	116,54	2,98	0,70	4,61
	ΒΓ	45,85	7,62	3,63	4,41	0,56	0,75	117,78	37,14	14,50	5,83	0,49	1,56
	BB	260,07	67,57	27,99	6,56	0,51	1,48	757,32	194,09	84,73	5,25	0,53	6,94
Median	ΒΓ	65,26	6,24	3,87	2,59	0,73	1,58	126,97	30,88	16,66	3,07	0,67	9,36
	BB	248,00	53,12	30,30	3,44	0,70	5,00	690,90	161,80	94,44	2,94	0,71	15,58

Таблица 1. Описательная статистика и показатели оценки работы фильтров для необработанного изображения и изображений, обработанных различными фильтрами

Полученные результаты подтверждают аналогичные выводы, полученные ранее Lee et al. (1994) для участков в Сан-Франциско и Флориде на примере аэро- и космических радарных данных SEASAT, SIR-B, Sheng и Xia (1996) для участка в Флеволенд (Голландия) на примере системы SIR-C/X и Xiao et al. (2003) на примере радарных данных JERS-1 и SIR-C/X.

Дисперсионный анализ показал, что при использовании Gamma Map и медианного фильтра для открытой поверхности почв в обеих поляризациях все классы содержания органического вещества достоверно различаются между собой. На поле с подсолнечником достоверные отличия получены только для фильтра Refined Lee в ВГ-поляризации и в обеих поляризациях для фильтра Gamma Map с размером окна фильтрации 5×5 (*табл. 2*).

Для содержания в поверхностном горизонте почв частиц размером 0,05–0,01 мм лучший результат получен в ВГ-поляризации на поле с подсолнечником для фильтра Gamma Мар с размером окна фильтрации 5×5.

	Я	n	Фильтры								
Свойство	Поляризаци	Состояние поверхност	без фильтра	Gamma Map 3x3	Gamma Map 5x5	Frost	Refined Lee	Median			
	Г	1	2/3(2нп)	3/3	3/3	2/3 (2нп)	3/3	3/3			
содержание	В	2	нет д/р	нет д/р	2/2	нет д/р	2/2	нет д/р			
вещества	В	1	2/3 (2нп)	3/3	3/3	2/3 (2нп)	2/3 (2нп)	3/3			
	В	2	нет д/р	нет д/р	2/2	нет д/р	нет д/р	нет д/р			
содержание	r	1	1/3 (2п)	2/3 (2нп)	2/3 (2нп)	1/3 (2п)	2/3 (2нп)	2/3 (2нп)			
частиц разме- ром 0.05-0.01	BI	2	нет д/р	нет д/р	5/6 (Знп) нет д/р		4/6 (2нп, 2п)	нет д/р			
MM	BB	1	2/3 (2нп)	2/3 (2нп)	2/3 (2нп)	2/3 (2нп)	2/3 (2нп)	2/3 (2нп)			
содержание	ЗГ	1	4/10 (3п)	6/10 (2нп)	7/10 (2нп; 2п)	5/10 (3п)	5/10 (3п)	3/10 (2п)			
частиц разме-		2	нет д/р	нет д/р	6/10 (2нп)	нет д/р	нет д/р	нет д/р			
ром 1-0,25 мм	BB	2	нет д/р	5/10 (3п)	7/10 (1нп; 2п)	нет д/р	7/10 (1нп; 2п)	нет д/р			
VKЛOH	3Γ	1	2/6 (2п)	3/6 (2нп)	4/6 (2п; 1нп)	3/6 (2нп)	3/6 (2нп)	3/6 (2нп)			
5	I	2	нет д/р	нет д/р	3/6 (2нп)	нет д/р	нет д/р	нет д/р			
гранулометри-	I I		нет д/р	нет д/р	нет д/р	нет д/р	3/6 (2нп)	нет д/р			
ческий состав	BB	1	нет д/р	нет д/р	2/6 (2п)	нет д/р	нет д/р	нет д/р			
почвообразу-	BΓ	1	нет д/р	нет д/р	нет д/р	нет д/р	4/10 (2нп)	нет д/р			
ющие породы	BB	1	нет д/р	нет д/р	5/10 (1нп; 2п)	нет д/р	нет д/р	нет д/р			

Таблица 2. Результаты дисперсионного анализа и апостериорных сравнений (критерий Шеффе) по классам анализируемых почвенных свойств для исследуемых фильтров

Примечание. 2/3 – означает, что статистически достоверно различаются 2 из 3 возможных комбинаций классов для данного свойства. В скобках числом показано количество однородных подмножеств, буквы указывают характер подмножества: пересекающееся (п) или непересекающееся (нп) по составу классов. «Нет д/р» – для данного свойства не обнаружено статистически значимых различий между классами; в колон-ке «Состояние поверхности»: 1 – открытая поверхность, 2 – поверхность под посевами подсолнечника.

В случае содержания частиц размером 1–0,25 мм на открытой поверхности почв достоверные различия между классами наблюдаются только в ВГ-поляризации, при этом лучшее разделение показывает фильтр Gamma Map с размером окна фильтрации 3×3, при применении которого классы в однородных множествах не пересекаются. С этой же точки зрения для поля с подсолнечником лучший результат получен в ВГ-поляризации для фильтра Gamma Map с размером окна фильтрации 5×5.

Что касается расположения почвы в рельефе, на открытой поверхности почвы в ВГ-поляризации все фильтры показали одинаковые результаты, кроме Gamma Map с размером окна фильтрации 5×5, для которого число комбинаций статистически достоверно различающихся между собой классов оказалось выше, однако в однородных подмножествах присутствует пересечение классов. В то же время только данный фильтр работает на поле с подсолнечником.

В случае гранулометрического состава и почвообразующих пород достоверные отличия были получены только для открытой поверхности почв в ВГ-поляризации и только для фильтра Refined Lee, а в ВВ-поляризации – только для фильтра Gamma Map с размером окна фильтрации 5×5, при этом фильтр Refined Lee оказался лучше с точки зрения однородных подмножеств.

В целом наиболее высокое разделение классов почвенных свойств по средним значениям обратного рассеяния дает применение фильтра Gamma Map с размером окна фильтрации 5×5 пикселей. В то же время для дешифрирования содержания частиц размером 1–0,25 мм и положения в рельефе на открытой поверхности с точки зрения однородных множеств лучше работает фильтр Gamma Map с размером окна фильтрации 3×3 (вертикально-горизонтальная поляризация), а для гранулометрического состава и почвообразующих пород – фильтр Refined Lee (вертикально-горизонтальная поляризация).

При построении моделей по методу «Деревья классификации» лучшие результаты получены для содержания органического вещества (при объединении 2 и 3 классов) и частиц размером 0,05–0,01 мм (при объединении 2 и 3 классов), определяемых для открытой поверхности пахотных почв (*табл. 3*). Модели для данных свойств при точности выше 70% имеют достаточно сложную структуру с 5 уровнями и 21–23 узлами. Самой низкой точностью классификации характеризуется модель для положения почвы в рельефе. Общая точность моделей для остальных свойств составила 63–65%.

	пш	Структура модели		Оценка модели					
Свойство	онхдэвои э	80 Y31108	Количество уровней	Оценка риска	Стандартная ошибка оценки риска	% корректной класси- фикации по классам свойств (контрольная выборка)			
	Состояни	Количест				1	2	3	
	1	25	5	0,42	0,01	73,3	47,6	53,9	
содержание органического вешества	1	21	5	0,19	0,01	77	83,2		
beneerbu	2	7	5	0,31	0,01		70,4	67,1	
	1	19	5	0,34	0,01	48	84,7		
положение почвы в рельефе	2	5	2	0,43	0,01	31,3	82,8		
содержание частиц размером	1	23	5	0,21	0,02	76,2	81,4		
0,05-0,01 мм	2	19	5	0,35	0,01	66,2	66,9		
содержание частиц размером	1	9	3	0,34	0,02	57,7	73,9		
1-0,25 мм	2	17	5	0,32	0,01	74,3	57,9		
гранулометрический состав	1	7	2	0,35	0,02	52,7	74,4		
почвообразующие породы	1	5	2	0,36	0,03	60,1	67,2		

Таблица 3. Характеристики моделей для детектирования классов почвенных свойств на основе радарной информации, полученных по методу «Деревья классификации» (некоторые классы были объединены в виду отсутствия между ними статистически достоверных различий)

Примечание. Оценка риска показывает долю наблюдений, для которых при использовании данной модели класс будет предсказан неправильно. Структура модели характеризует сложность модели, ее многоуровневость и разветвленность.

Выводы

Проведенное исследование показало, что выбор фильтра подавления спекл-шума оказывает влияние на возможность дешифрирования почвенных свойств по радарным данным Radarsat-2 на территории исследований.

С точки зрения эффективности подавления спекла, сохранения исходной информации, по числу комбинаций статистически различающихся классов и характеру образуемых однородных подмножеств лучший результат показал фильтр Gamma Map. При размере окна фильтрации 5×5 пикселей обеспечивается возможность моделирования содержания органического вещества и частиц размером 0,05-0,01 мм с общей точностью для открытой поверхности почв выше 70%. Такой размер окна также позволяет получить модели для поля с посевами подсолнечника, общая точность которых выше 60%. Меньший размер окна фильтрации (3×3) больше подходит для картографирования содержания частиц размером 1-0,25 мм и уклона местности на открытой поверхности почв.

Для гранулометрического состава и почвообразующих пород применение фильтра Refined Lee на открытой поверхности почв дает модели общей точностью 63–65%.

Следует отметить, что полученные результаты справедливы только для рассматриваемых в работе радарных данных, срока съемки и региона исследований. Для других регионов, сроков съемки и радарных данных результаты могут быть другими. Тем нее менее полученные данные свидетельствуют о том, что на основе радарной съемки Radarsat-2 потенциально могут определяться пространственные неоднородности отдельных свойств почв на уровне отдельного поля, причем как по открытой поверхности почв, так и через состояние посевов.

Полученных данных недостаточно для того, чтобы утверждать, что выявленные закономерности будут справедливы для других территорий и для других условий съемки, но они уже могут послужить основой для организации дистанционного мониторинга свойств поверхностного горизонта почв изученных полей, что важно для конкретного землепользователя. Для установления подобных закономерностей для других полей необходимы дополнительные исследования, что будет являться предметом последующих работ.

Исследования выполнены при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда (проект № 15-16-30007).

Литература

^{1.} *Дворкин Б.А.* Международный конкурс на лучший тематический проект по обработке и использованию радарных данных для решения задач в различных областях народного хозяйства // Геоматика. 2012. № 1. С. 12–17.

Прудникова Е.Ю. Автоматизированное картографирование пахотных почв по спутниковым данным для проектирования АЛСЗ (на примере тестовых полей в Саратовской области): Дисс. канд. биол. наук. М.: РГАУ-МСХА, 2013. 237 с.

Терехов А.Г. Сравнительный анализ информативности спутниковых данных EOS MODIS и RADARSAT-1 в задаче анализа землепользования Северного Казахстана // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2007. Т. 2. № 4. С. 345–351.
 Barbouchi M., Abdelfattah R., Chokmani K., Aissa N.B., Lhissou R., El Harti A. Soil Salinity Characterization

Barbouchi M., Abdelfattah R., Chokmani K., Aissa N.B., Lhissou R., El Harti A. Soil Salinity Characterization Using Polarimetric InSAR Coherence: Case Studies in Tunisia and Morocco // Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, IEEE. 2015. Vol. 8. No. 8. P. 3823–3832.

- Betbeder J., Fieuzal R., Philippets Y., Ferro-Famil L., Baup F. Contribution of multitemporal polarimetric synthetic aperture radar data for monitoring winter wheat and rapeseed crops // J. Appl. Remote Sens. 2016. Vol. 10. No. 2. P. 1–19.
- Gagnon L., Jouan A. Speckle filtering of SAR images: a comparative study between complex-wavelet-based and standard filters // Optical Science, Engineering and Instrumentation, International Society for Optics and Photonics. 1997. P. 80–91.
- Grissa M., Abdelfattah R., Mercier G., Zribi M., Chahbi A., Lili-Chabaane Z. Empirical model for soil salinity mapping from SAR data // Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), IEEE International. 2011. P. 1099–1102.
- He L., Panciera R., Tanase M.A., Walker J.P., Qin Q. Soil Moisture Retrieval in Agricultural Fields Using Adaptive Model-Based Polarimetric Decomposition of SAR Data // Transactions on Geoscience and Remote Sensing, IEEE. 2016. Vol. 54. No. 8. P. 4445–4460.
- 9. *Kweon S.K., Oh Y.* Estimation of soil moisture and surface roughness from single-polarized radar data for bare soil surface and comparison with dual-and quad-polarization cases // Transactions on Geoscience and Remote Sensing, IEEE. 2014. Vol. 52. No. 7. P. 4056–4064.
- Lee J.S., Jurkevich L., Dewaele P., Wambacq P., Oosterlinck A. Speckle filtering of synthetic aperture radar images: A review // Remote Sensing Reviews. 1994. Vol.8. No. 4. P. 313–340.
- Ouchi K. Recent Trend and Advance of Synthetic Aperture Radar with Selected Topics // Remote Sensing. 2013. Vol. 5. No. 2. P. 716–807.
- 12. *Qiu F., Berglund J., Jensen J.R., Thakkar P., Ren D.* Speckle noise reduction in SAR imagery using a local adaptive median filter // GIScience and Remote Sensing. 2004. Vol. 41. No. 3. P. 244–266.
- 13. *Shamsoddini A., Trinder J.C.* Image texture preservation in speckle noise suppression // ISPRS TC VII Symposium. 2010. Vol. XXXVIII. Part 7A. P. 239–244.
- 14. *Sheng Y., Xia Z.G.* A comprehensive evaluation of filters for radar speckle suppression // Geoscience and Remote Sensing Symposium, IEEE. 1996. Vol. 3. P. 1559–1561.
- 15. Xiao J., Li J., Moody A. A detail-preserving and flexible adaptive filter for speckle suppression in SAR imagery // International Journal of Remote Sensing. 2003. Vol. 24. No. 12. P. 2451–2465.

Assessing the performance of speckle filtering techniques in interpreting soil properties of arable lands using Radarsat-2 data by the example of test fields in Saratov Povolzhye

E.Yu. Prudnikova¹, I.Yu. Savin^{1,2}

¹V.V. Dokuchaev Soil Science Institute, Moscow 119017, Russia E-mail: prudnikova_eyu@esoil.ru ²Agrarian Technological Institute Peoples' Friendship University of Russia Moscow 117198, Russia E-mail: savin_iyu@esoil.ru

Radar data have great potential for soil studies. However, their interpretation is complicated due to presence of speckle. Using Saratov Povolzhye as a test region we analyzed the performance of adaptive (Gamma Map, Refined Lee, Frost) and non-adaptive (Median) filtering techniques in speckle suppression, preservation of original information and assessed their influence on the possibility of soil features interpretation using Radarsart-2 data. Gamma Map filter was founded to be more effective in speckle suppression for vertical-horizontal and vertical polarizations regardless of the soil surface conditions at the time of image acquisition. Applying this filter with 5×5 window size allowed modelling of organic matter content and particles 0.05-0.01 mm in size with overall accuracy of over 70% for open soil surface and 60% for covered surface. Lower filtering window size (3×3) appeared to be more suitable for mapping 1–0.25 mm sized particles and slope when soil surface is open. In case of granulometric composition and parent material, the best results for the test region were obtained when applying Refined Lee filter for vertical-horizontal polarization and open surface with overall accuracy of the models of 63-65% of the models. The considered results are applicable only for the studied radar data, acquisition time and test region. At the same time, the findings can be used to organize remote monitoring of properties of soil surface layer of the test fields which is important for land use.

Keywords: speckle filtering, arable lands, Radarsat-2, vertical polarization, vertical-horizontal polarization

Accepted: 03.04.2017 DOI: 10.21046/2070-7401-2017-14-2-39-48

References

- 1. Dvorkin B.A., Mezhdunarodnyi konkurs na luchshii tematicheskii proekt po obrabotke i ispol'zovaniyu radarnykh dannykh dlya resheniya zadach v razlichnykh oblastyakh narodnogo khozyaistya (International contest for the best thematic project on the radar data processing and application for various areas of national economy), Geomatika, 2012, No. 1, pp. 12-17.
- Prudnikova E.Yu., Avtomatizirovannoe kartografirovanie pakhotnykh pochv po sputnikovym dannym dlya pro-2 *ektirovaniya ALSZ (na primere testovykh polei v Saratovskoi oblasti): Diss. kand. boil. nauk* (Automated soil mapping with satellite data for the designing of landscape-adjusted farming systems (by the example of test fields in Saratov region). Cand. bio. sci. thesis), Moscow: RSAU-MAA, 2013, 237 p.
- Terekhov A.G., Śravnitel'nyi analiz informativnosti sputnikovykh dannykh EOS MODIS i RADARSAT-1 v 3. zadache analiza zemlepol'zovaniya Severnogo Kazakhstana (Comparative study of EOS MODIS and Radarsat-1 satellite data for the land use analysis of Northern Kazakhstan), Sovremennye problemy distantsionnogo
- *zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2007, Vol. 2, No. 4, pp. 345–351. Barbouchi M., Abdelfattah R., Chokmani K., Aissa N.B., Lhissou R., El Harti A., Soil Salinity Characterization Using Polarimetric InSAR Coherence: Case Studies in Tunisia and Morocco, *Journal of Selected Topics in Ap-plied Earth Observations and Remote Sensing, IEEE*, 2015, Vol. 8, No. 8, pp. 3823–3832. 4
- Betbeder J., Fieuzal R., Philippets Y., Ferro-Famil L., Baup F., Contribution of multitemporal polarimetric syn-5. thetic aperture radar data for monitoring winter wheat and rapeseed crops, J. Appl. Remote Sens, 2016, Vol. 10, No. 2, pp. 1–19.
- Gagnon L., Jouan A., Speckle filtering of SAR images: a comparative study between complex-wavelet-based and standard filters, *Optical Science, Engineering and Instrumentation, International Society for Optics and Photon-ics*, 1997, pp. 80–91. 6.
- Grissa M., Abdelfattah R., Mercier G., Zribi M., Chahbi A., Lili-Chabaane Z., Empirical model for soil salinity mapping from SAR data, *Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), IEEE International*, 2011, 7. pp. 1099–1102.
- He L., Panciera R., Tanase M.A., Walker J.P., Qin Q., Soil Moisture Retrieval in Agricultural Fields Using Adap-tive Model-Based Polarimetric Decomposition of SAR Data, *Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 8. *IEEE*, 2016, Vol. 54, No. 8, pp. 4445–4460.
- Kweon S.K., Oh Y., Estimation of soil moisture and surface roughness from single-polarized radar data for bare 9 Reveal S.R., On F., Estimation of son monstate and surface roughness from single polarized radar data for our soil surface and comparison with dual-and quad-polarization cases, *Transactions on Geoscience and Remote Sensing, IEEE*, 2014, Vol. 52, No. 7, pp. 4056–4064.
 Lee J.S., Jurkevich L., Dewaele P., Wambacq P., Oosterlinck A., Speckle filtering of synthetic aperture radar images: A review, *Remote Sensing Reviews*, 1994, Vol. 8, No. 4, pp. 313–340.
- 11. Ouchi K., Recent Trend and Advance of Synthetic Aperture Radar with Selected Topics, *Remote Sensing*, 2013,
- Vol. 5, No. 2, pp. 716–807.
 Qiu F., Berglund J., Jensen J.R., Thakkar P., Ren D., Speckle noise reduction in SAR imagery using a local adaptive median filter, *GIScience and Remote Sensing*, 2004, Vol. 41, No. 3, pp. 244–266.
- Shamsoddini A., Trinder J.C., Image texture preservation in speckle noise suppression, *ISPRS TC VII Symposium*, 2010, Vol. XXXVIII, part 7A, pp. 239–244.
 Sheng Y., Xia Z.G., A comprehensive evaluation of filters for radar speckle suppression, *Geoscience and Remote* 1560-1560.
- Sensing Symposium, IEEE, 1996, Vol. 3, pp. 1559–1561.
- 15. Xiao J., Li J., Moody A., A detail-preserving and flexible adaptive filter for speckle suppression in SAR imagery, International Journal of Remote Sensing, 2003, Vol. 24, No. 12, pp. 2451–2465.