

Исследование возможности распознавания посевов подсолнечника по данным Sentinel-1A методом искусственных нейронных сетей

Самофал Е.В., Барталёв С.А

Введение

Подсолнечник - основная масличная культура, возделываемая в России на семена, из которых получают пищевое и техническое масло. Жмыхи используются в корм сельскохозяйственным животным; из золы стеблей получают поташ или применяют её, как удобрение. Высокорослые сорта (до 4м) имеют большую зеленую массу и возделываются как силосные культуры. Ввиду вышеперечисленного детектирование посевов *Helianthus annuus* на основе данных ДЗЗ является важным элементом системы сельскохозяйственного мониторинга.

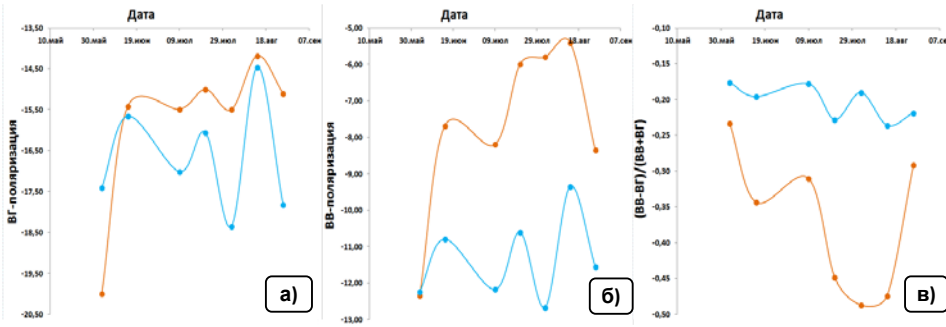
Цель данного исследования – исследование возможностей распознавания подсолнечника по данным КА Sentinel-1A, оснащённого радаром с синтезированной апертурой, при помощи искусственных нейронных сетей (ИНС), реализованных в виде алгоритма обратного распространения ошибки.

Исходные данные

Исходными данными являются временные серии изображений Sentinel-1A (период: май - август 2015-2016 гг.), полученных при согласованной вертикальной поляризации (ВВ) и кросс-поляризации (ВГ), на территорию Липецкой области. На их основе были рассчитаны отношения поляризации ВГ/ВВ и (ВВ-ВГ)/(ВВ+ВГ). Для обучения ИНС и верификации полученных результатов применялись следующие выборки сельскохозяйственных культур:

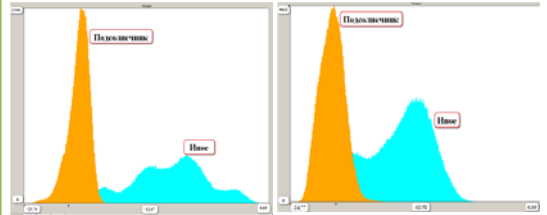
- подсолнечник: 132 поля;
- иное (озимая пшеница, озимый рапс, кукуруза, пар): 116 полей.

На графиках а, б, в изображены спектрально-временные зависимости для класса «Подсолнечник» и «Иное». Кривая ВГ-поляризации показывает наименьшие среди представленных различия между классами, ввиду чего не включена в процесс распознавания как самостоятельный источник спектральной информации. Это можно объяснить тем, что ВГ-поляризация хуже, чем ВВ, изображает вертикально протяженные объекты, к коим можно отнести подсолнечник, чья высота может достигать 5 метров.

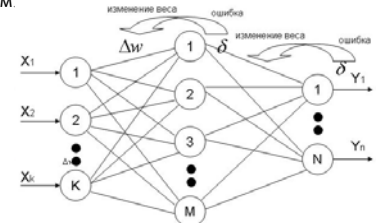


Алгоритм ИНС

Ввиду мультимодального характера гистограммы распределения значений удельной эффективной поверхности рассеяния (УЭПР) класса «иное» применение параметрических методов классификации не представляется верным, поэтому в исследовании участвует непараметрический метод ИНС.



В работе применялась нейронная сеть с одним скрытым слоем.



Алгоритм можно разделить на три этапа:

I этап: подача на входы сети (X_1, X_2, \dots, X_k) обучающих данных;
II этап: обратное распространение ошибки от выходов нейросети (Y_1, Y_2, \dots, Y_n) к скрытому слою нейронов ($1, 2, \dots, M$) и ко входу;

III этап: корректировка весов Δw .

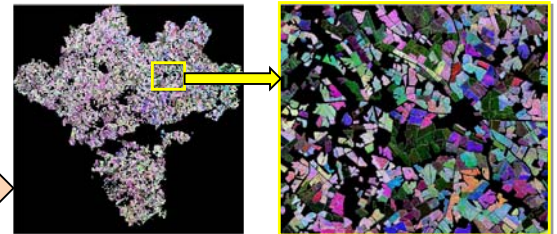
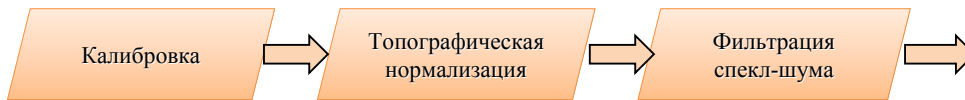
В качестве функции активации, цель которой - вычисление выходного сигнала искусственного нейрона, алгоритм использует логистическую функцию, область значений которой (0;1):

$$\sigma(x) = \frac{1}{1 + \exp(-tx)}$$

Где t - параметр, определяющий крутизну функции.

Предварительная обработка

Предварительная обработка радарных изображений схожа с таковой у оптических данных, однако ввиду наличия спекл-шума, который ухудшает визуальные характеристики сцены, необходимо применение специальных алгоритмов фильтрации. В работе использовался адаптивный фильтр Ли с размером скользящего окна 5*5 пикселей.



Результаты

Распознавание посевов подсолнечника проводилось как попиксельно, так и по сельскохозяйственным выделам. Для второго случая была создана маска полей на исследуемую территорию в размере 16633 полей, в пределах которых проводилось усреднение УЭПР - в этом случае отпадает необходимость фильтрации спекл-шума, что существенно снижает длительность предобработки.

В работе также применялись данные 6 и 7 каналов сенсора MSI KA Sentinel-2 с целью создать компактное пространство признаков за счёт включения туда 1-2 радарных изображений и такого же количества безоблачных оптических снимков, полученных в период максимального значения УЭПР и коэффициента спектральной яркости. Общие точности (ОТ) распознавания, полученные по матрице перепутывания, а также типы исходных изображений и результирующая маска подсолнечника представлены в таблице:

Тип изображения (количество)	ОТ классификации по пикселям, %	ОТ классификация по с/х выделам, %	Результат
ВВ + ВГ/ВВ (2)	83,80	86,05	
ВВ + ВГ/ВВ + b6 MSI + b7 MSI (4)	85,81	89,66	
ВВ (7)	87,00	96,64	
(ВВ-ВГ)/(ВВ+ВГ) (7)	84,68	93,58	
(ВВ-ВГ)/(ВВ+ВГ) + b6 MSI + b7 MSI	87,19	89,12	

На основании эксперимента можно сделать следующие выводы:

- ОТ классификации по с/х выделам выше ОТ попиксельной классификации в среднем на 5 %;
- наилучшая распознаваемость была достигнута при использовании летней временной серии изображений ВВ-поляризации;
- совместная классификация данных Sentinel-1A и Sentinel-2 существенно уменьшает время обучения ИНС, СКО обучения сети (с 0,67 до 0,31), однако существенного улучшения распознаваемости при этом не наблюдается;
- использование большего числа изображений увеличивает время обучения ИНС, однако СКО обучения независимо от типа данных не превышает 0,05;
- радарные данные демонстрируют устойчивый характер распознавания подсолнечника - разница между ОТ для 2015 и 2016 гг. не превышает 3 %.