

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЛУБОКИХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

Гафуров А.М.

Казанский (Приволжский) федеральный университет

Введение. Картографирование сельскохозяйственных культур Республики Татарстан является принципиально важной задачей при переходе республики к системе точного земледелия. Кроме того, карты сельскохозяйственного землепользования позволяют производить более точную оценку потенциального смыва почвенного материала с полей в результате водной эрозии. К сожалению, единого реестра с информацией о структуре посевов нет, что усложняет, а за частую и становится критичным при проведении работ по ландшафтному анализу территории, экономической оценке удельных показателей урожайности, прогнозирования. Для решения этой проблемы на территории Республики Татарстан, как одного из лидеров сельскохозяйственной отрасли России, необходима разработка методики дистанционного дешифрирования и картографирования типов культур.

Материалы и методы. В качестве данных дистанционного зондирования были использованы композиты снимков системы Landsat 8 за вегетационный период. Для унификации и учета ежегодных особенностей за вегетационный период нами принимался период с 1 июня по 30 сентября.

Для обеспечения точности распознавания типов культур нами были проведены работы по сбору эталонов на разные типы культур и землепользования. Всего в полевых условиях было получено более 3000 эталонов на территорию Республики Татарстан на такие культуры и типы землепользования, как, горох, кукуруза, овес, пар, подсолнечник, пшеница, рапс, рожь, сахарная свекла, разнотравье на корм и на пастбищах и лугах, ячмень, картофель, гречиха, а также на водные объекты, древесные сообщества и населенные пункты и прочие антропогенные объекты.

Первые работы по классификации типов культур проводились в начале 2019 года. В качестве метода автоматизированного де-

шифрования был использован алгоритм машинного обучения Random Forest с 250-ю деревьями решений. В целом, алгоритм показал себя не плохо, однако, точность распознавания культур составила около 62%.

Для увеличения точности распознавания нами был использован метод глубоких нейронных сетей (ГНН) библиотеки Tensorflow. Архитектура ГНН содержит 2 скрытых слоя по 150 параметров. Обучение проводилось на протяжении 600 эпох, а в качестве функции оптимизации использовался алгоритм Adam (ADaptive Moment estimation). По результатам обучения была получена модель дешифровочных признаков в количестве 26417 параметров. Одновременно с этим была рассчитана модель для определения точных границ полей. Полученные границы полей в дальнейшем векторизовались, а в каждое векторное поле прописывалась культура, принадлежащая конкретному полю. Данная процедура облегчает хранение полученной информации, а также решает проблему «красоты» отображения полученной информации.

Результаты. По результатам обучения модели в течении 600 эпох точность распознавания относительно тестовой выборки составила 74% (Рисунок 1), а функция ошибки снизилась до 0,8 (Рисунок 2). Точность распознавания объектов различного класса представлена в Таблице 1. Классификация культур с использованием обученной модели проводилась на каждый год, начиная с 2015 по 2018 год включительно.

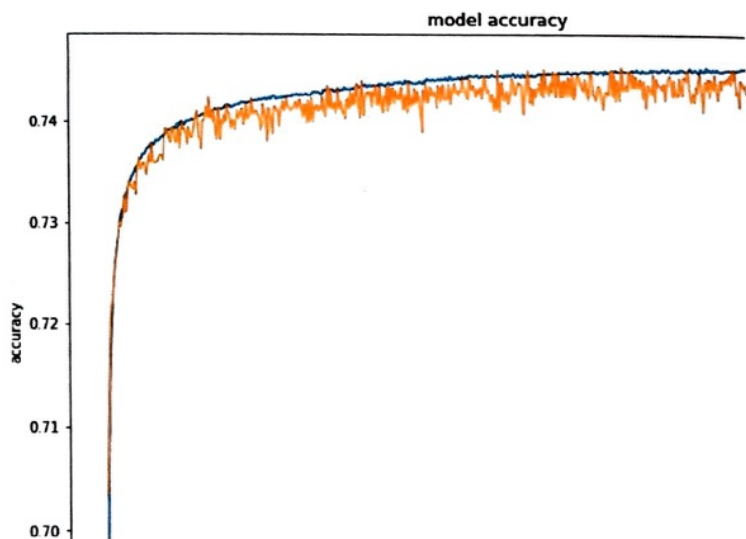


Рисунок 1. График изменения показателя точности модели в процессе обучения ГНН

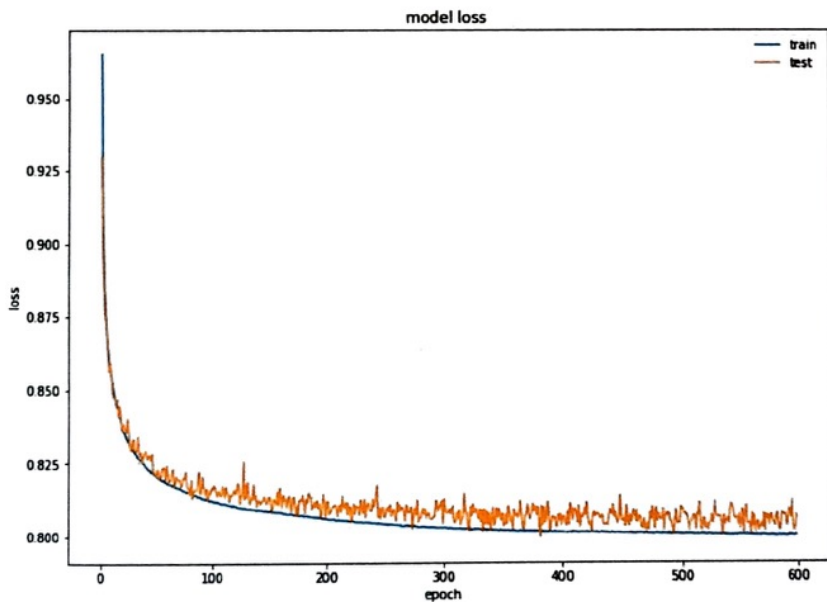


Рисунок 2. График изменения функции ошибки модели в процессе обучения ГНН

По результатам классификации была сформирована база данных типов культур на территорию республики с 2015 года, представленная в Таблице 2, а также рассчитана доля каждой культуры от общей суммарной площади, представленная в Таблице 3.

Таблица 1

Погрешности определения различных классов с/х культур и землепользования

	precision	recall	f1-score	support
Горох	0,57	0,41	0,48	32584
Кукуруза	0,60	0,61	0,61	78843
Овес	0,59	0,18	0,27	10924
Пар	0,70	0,56	0,62	89281
Подсолнечник	0,67	0,50	0,57	10544
Пшеница	0,62	0,78	0,69	302952
Рапс	0,78	0,67	0,73	11684
Рожь	0,57	0,39	0,46	41143
Сахарная свекла	0,84	0,72	0,77	43432
Разнотравье	0,69	0,70	0,69	263611
Ячмень	0,56	0,40	0,47	84007
Картофель	0,65	0,61	0,63	2069
Гречиха	0,76	0,27	0,40	1479
Водные объекты	1,00	1,00	1,00	150600
Лесные объекты	0,98	0,98	0,98	237382

Антропогенные объекты	0,91	0,74	0,82	1000
accuracy	0,74	0,74	0,74	0,74
macro avg	0,72	0,59	0,64	1361535
weighted avg	0,75	0,74	0,74	1361535

Таблица 2

Изменение площадей под посевами культур в Республике Татарстан

Тип культуры	Площадь (км ²)			
	2015	2016	2017	2018
Горох	666,50	642,38	683,15	671,53
Кукуруза	1636,94	1721,90	2352,01	1604,26
Овес	76,47	81,09	165,82	58,78
Пар	1813,18	1435,01	1630,80	1531,64
Подсолнечник	312,69	309,46	433,93	420,57
Пшеница	23002,02	20771,20	20983,12	21045,69
Рапс	715,01	784,51	1163,25	833,62
Рожь	5586,89	6248,91	4508,35	6367,05
Сахарная свекла	910,39	1274,10	1020,77	1000,12
Разнотравье	17772,41	18108,07	19396,87	18709,39
Ячмень	1717,64	2159,58	1439,01	1563,45
Картофель	3,84	3,94	8,96	4,70
Гречиха	36,15	18,12	40,24	21,63

Таблица 3

Изменение долей землепользования под посевами культур в Республике Татарстан

Тип культуры	Площадь (км ²)			
	2015	2016	2017	2018
Горох	0,98	0,95	1,01	0,99
Кукуруза	2,41	2,53	3,46	2,36
Овес	0,11	0,12	0,24	0,09
Пар	2,67	2,11	2,40	2,25
Подсолнечник	0,46	0,46	0,64	0,62
Пшеница	33,86	30,57	30,91	30,96
Рапс	1,05	1,15	1,71	1,23
Рожь	8,22	9,20	6,64	9,37
Сахарная свекла	1,34	1,88	1,50	1,47
Разнотравье	26,16	26,65	28,57	27,52
Ячмень	2,53	3,18	2,12	2,30
Картофель	0,01	0,01	0,01	0,01
Гречиха	0,05	0,03	0,06	0,03

Таким образом, преобладающей культурой в Республике Татарстан является пшеница, занимая около трети территории республики. Чуть меньше отдано под разнотравье, в которое включено и кормовая и луговая пастбищная растительность, и заброшенные и залежные поля.

Разработанная методика позволяет с высокой точностью определять типы культур, проводя картографирование (Рисунок 3). Полученная модель не занимает много физического места, легко применима и воспроизводима на другие территории со схожим набором

культур.

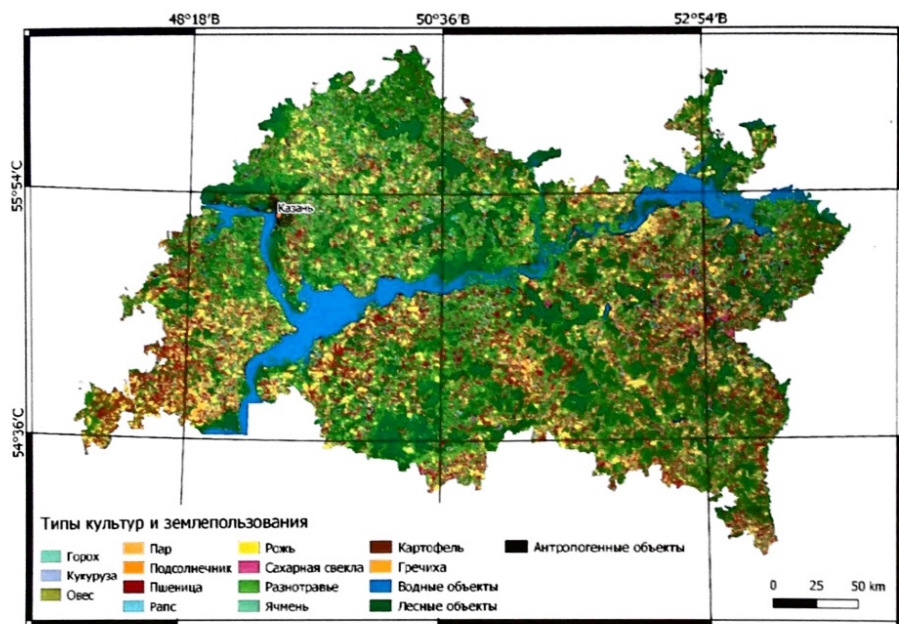


Рисунок 3. Карта типов с/х культур и землепользования Республики Татарстан в 2018 году

Благодарности. Работы по сбору эталонов типов культур проведены при поддержке гранта РФФИ (проект № 18-35-00326). Разработка методики картографирования типов культур с использованием глубоких нейронных сетей производилась при поддержке гранта РНФ (проект № 19-17-00064)