

2. Цифровые решения для сельского хозяйства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.xarvio.com/de/de.html>. – Дата доступа: 04.05.2022.

3. Naio Technologies [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.naio-technologies.com/>. – Дата доступа: 04.05.2022.

УДК 588.8:631.5/9

ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ АГРОЛАНДШАФТОВ С ЦЕЛЬЮ ПРЕЦИЗИОННОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

С.Е. Боровой – аспирант

Научный руководитель: д-р физ.-мат. наук Е.В. Мелихова
*ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный
университет», г. Волгоград, Российская Федерация*

Проблематика дистанционного зондирования ландшафтов в части мониторинга агрофитоценозов, является одним из ключевых факторов адаптации возможностей Индустрии 4.0. к задачам сельскохозяйственной отрасли. Квазиоднородность данных участков означает однородность их геометрических параметров при многообразии отслеживаемых фенологических признаков растений на участке, что обладает достаточно сильной для принятий агрономических решений корреляцией данных признаков со множеством факторов питания растений, а также различными фитопатологиями. Устранённая современным уровнем развития вычислительной техники недостаточность аппаратных мощностей для поддержки агрономических решений с помощью искусственного интеллекта создает возможности практической реализации интеллектуальных киберфизических систем, интегрирующих данные различной физической природы.

Одним из ключевых потоков данных для машинного обучения в киберфизических системах являются преобразованные данные (датасеты) в формате аэрофотосъемки агрофитоценозов с применением вегетационных индексов. С технической точки зрения последние представляют собой представленные в различных спектральных диапазонах показатели отражения света зеленой массой растений. В спектральной кривой, формируемой данной отражательной способностью, наибольшая стабильность присуща красному, зеленому и синему участкам спектра.

Особо эффективным для данной цели является исследование отражательной способности растений в видимом красном и ближнем инфракрасном диапазоне, на чём основан, например, наиболее распространенный в практике дистанционного зондирования ландшафтов индекс NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), разработанный еще в 1971 г. В красной зоне спектра формируется максимум поглощения растениями солнечной радиации, в ближней же инфракрасной зоне содержащаяся в клеточной структуре листа энергия формирует максимальные показатели отражения, что напрямую коррелирует с показателями развития зеленой массы, которые, в свою очередь, коррелируют с питанием растений, позволяя оценивать стрессовые факторы, действующие на тот или иной квазиоднородный участок и принимать оперативные решения по их коррекции.

Важно и то, что соотношения красного и инфракрасного спектра на мультиспектральном фотоснимке обработанном в разрезе NDVI (1) позволяют четко различать не только неоднородные участки развития возделываемой культуры, но и с достаточной четкостью выделять ее среди других культур, а также сорной растительности и других природных объектов, что формирует высокий потенциал выделения машиночитаемого вектора признаков для обучения искусственного интеллекта [9].

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED) \quad (1)$$

NIR – обозначает отражение в ближней инфракрасной области

RED – отражение в красной области спектра

Изначально наиболее распространенным вариантом получения мультиспектральных данных дистанционного зондирования для макроландшафтных задач являлась спутниковая фотосъемка, внедрение которой началось в конце 1980-х гг [3]. Наиболее широкое применение в научных исследованиях вегетации ландшафтов находят данные спутников Landsat-8 (NASA) и Sentinel-2 (ESA). Максимальное разрешение фотоснимков Landsat-8 составляет 30м, Sentinel-2 предоставляет более детализированные снимки разрешением до 10м, что в целом позволяет использовать их и на микроуровне с обобщенной репрезентацией данных по вегетации отдельных агрофитоценозов. Однако спутниковым технологиям присущ ряд лимитирующих факторов, связанных как с недостаточным разрешением снимков, так и с облачностью, а также со значительными интервалами между снимками, детерминируемыми временем между прохо-

дами спутника над данными координатами. Применение беспилотных летательных аппаратов позволяет преодолеть все данные недостатки в формированиях фотоснимков высокого разрешения для формирования датасетов, служащих для обучения интеллектуального компонента киберфизических систем [4]. Тем не менее, задействование БПЛА имеет лимитирующие факторы в виде неблагоприятных условий, а также ограниченной ёмкости аккумуляторов.

Интеграция данных аэрофотосъемки со спутниковыми снимками позволяет формировать взаимодополняющие потоки данных, полезные в развитии прецизионного орошения, формируя векторы признаков позволяющие выявить недостаточно увлажнённые квазигодородные участки агрофитоценоза, что в свою очередь формирует программно-аппаратный базис для программирования урожаев в условиях орошения.

Применение алгоритмов машинного обучения в сельском хозяйстве является элементом геоинформационных систем, реализующих мультикритериальный анализ агробиоценоза в разрезах климатических и почвенных параметров, выбора оптимальных режимов орошения и севооборотов. Таким образом, к мониторинговым функциям геоинформационных систем добавляются и управленческие, что позволяет говорить о них как о системах поддержки принятия решений [3].

Мониторинг агрофитоценозов с выявлением показателей водного стресса растений в условиях рискованного земледелия обладает особой актуальностью для оценки эффективности оросительных систем, что актуально и для условий Волго-Донского междуречья. В решении данной задачи имеет перспективу синтез в одной киберфизической системе нескольких вегетационных индексов, например NDVI в качестве основного и дополняющего его NDDI (Normalized Difference Drought Index).

Для создания ядра программного компонента интеллектуальной киберфизической системы необходима разработка искусственной нейросети (ИНС) с алгоритмом глубокого обучения на языке Python.

Архитектура разрабатываемой ИНС имеет следующие особенности. Система является многослойным перцептроном, обладающим сверточными, рекуррентными и dropout-слоями. Сверточные слои представляют собой алгоритм глубокого обучения, обрабатывающий подаваемые на входы системы изображения по заданному вектору признаков, присваивая признакам весовые коэффициенты, основываясь на которых происходит различение одного изображе-

ния от другого. Данный алгоритм избран в связи с относительной минимизацией трудозатрат на предобработку изображений. В гипотезе исследования применение данного алгоритма позволит автоматически выявлять по аэрофотоснимкам влажность почвенного покрова и степень его деградации. На рис. 1 представлена архитектура свёрточной нейронной сети: 1 – вход, 2,4,6 – свёрточные слои, 3,5 – подвыборочные слои, 7 – слой из обычных нейронов, 8 – выход.

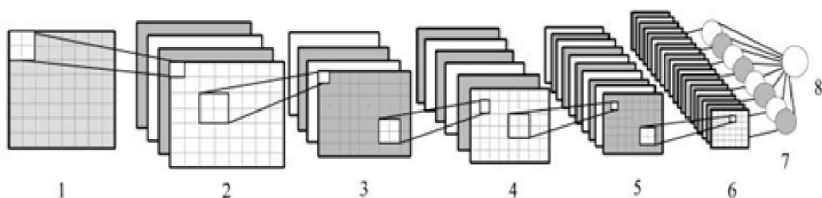


Рисунок 1 – Архитектура свёрточной нейронной сети

Рекуррентные слои нейросети обрабатывают последовательности входящих элементов во времени, формируя временные ряды, необходимые для обработки данных аэрофотосъемки, поступающих на входы ИНС в течение всего годового цикла вегетации агрофитоценоза. Структурно-функциональная схема рекуррентной ИНС отображена на рис. 2.

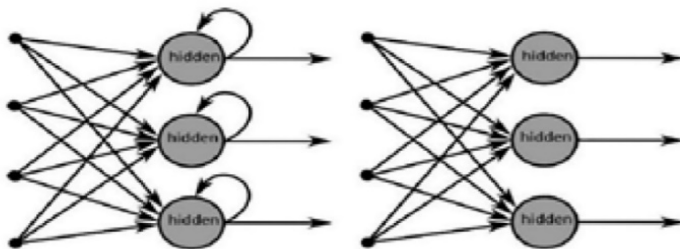


Рисунок 2 – Рекуррентные нейронные сети

Dropout-слой используется для решения проблемы переобучений ИНС, осуществляя случайные выборки долей единиц, при каждом обновлении назначая им значения 0 через аргумент: Dropout (rate, noise_shape=NULL, seed=NULL).

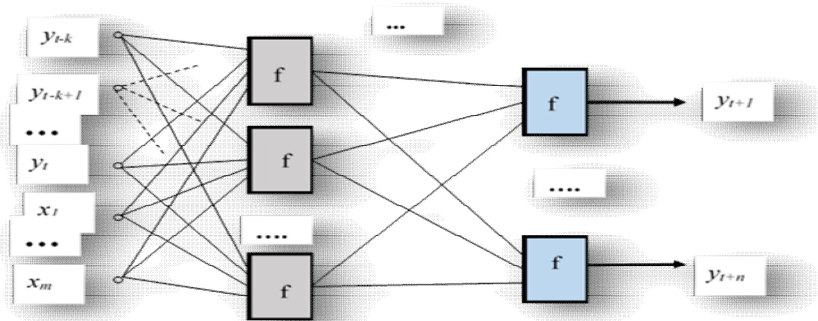


Рисунок 3 – Концептуальная модель разрабатываемой ИНС

Концептуальная модель такой системы представлена на рис. 3, где множества переменных X и Y отображают входные данные различной физической природы.

Возможным является и обучение нейросетевых алгоритмов распознаванию не только квазиоднородного участка, но и отдельного растения вплоть до его фенологических особенностей, имеющих устойчивые корреляции с теми или иными фитопатологиями. Для первой задачи осуществляется сегментирование фотоснимков достаточно высокого разрешения с заданной областью распознавания, включающей в себя содержащие отдельное растение пиксели [2]. Это, в свою очередь, создает базис для классификации растения по геометрическим и колористическим показателям в разрезе заданного вектора фитопатологических и стрессовых признаков.

Необходимо отметить, что прецизионное внесение удобрений, в настоящий момент является наиболее развитым и отработанным на уровне практических решений направлений прецизионного земледелия, оно же является и перспективной средой внедрения интеллектуальных систем поддержки принятия решений. Формирование геоинформационных систем на основе цифровой карты урожайности с репрезентацией квазиоднородных участков позволяет существенно оптимизировать расходы на удобрения, прежде всего азотные, внесение которых является одним из наиболее значимых факторов себестоимости сельскохозяйственной продукции.

Таким образом, прецизионное внесение удобрений среди других направлений точного земледелия обладает наиболее системным уровнем сквозных технологий и наибольшим развитием аппаратного базиса, в то время как решения в сфере интеграции точного

земледелия с орошением на данный момент представлены лишь отдельными разработками, что придает особую значимость разработке киберфизических систем, формирующим аппаратный базис прецизионного орошения.

В многообразии направлений дистанционного зондирования агроландшафтов наибольшее развитие в настоящий момент присуще именно прецизионному внесению удобрений, вышедшему на системный уровень сквозных технологий с крупносерийным производством соответствующего оборудования. При этом методы дистанционного мониторинга влажности почвы и анализа показателей водного стресса растений представлены лишь отдельными разработками, что придает особую актуальность дальнейшим исследованиям в данном направлении.

Список использованной литературы

1. Ахмедов А.Д., Шкода В.А. Космический мониторинг земель сельскохозяйственного назначения в условиях Волгоградской области // В сборнике: Строительство и природообустройство: проблемы и решения. Материалы всероссийской научно-практической конференции. Посвящается 40-летию факультета строительства и природообустройства. отв. ред. М.В. Маканникова. 2019. С. 227–230.

2. Мелихова Е.В. Подготовка ретроспективных данных для нейросетевой системы управления программируемым аграрным производством в засушливых условиях волгоградской области / Е.В. Мелихова, А.Ф. Рогачев // International Agricultural Journal. 2020. Т. 63. №2. С. 19.

3. Мелихова Е.В. Алгоритмические основы и математическое обеспечение цифровых информационных технологий для управления мелиоративной деятельностью: монография / Е.В. Мелихова. – Волгоград: ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, 2019. 164 с.

4. Мелихова Е.В. Алгоритмические основы и математическое обеспечение цифровых информационных технологий для управления мелиоративной деятельностью: монография / Е.В. Мелихова. – Волгоград: ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, 2019. 164.

5. Овчинников, А.С. Причины вторичного засоления орошаемых почв Нижнего Поволжья и его прогнозирование на основе математического моделирования влагопереноса / А.С. Овчинников, Н.А. Пронько, А.С. Фалькович, В.В. Бородычев [текст] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2018. №2(50). С. 9–17.

6. Снытко, В.А. Вторичное засоление почв как эколого-географическая проблема / В.А. Снытко, А.В. Собисевич, Т. Шёнфельдер // В сборнике: Эколого-географические проблемы регионов России. Материалы VIII всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 110-летию со дня рождения Т.А. Александровой. Самарский государственный социально-педагогический университет. 2017. С. 225–228.

7. Cammalleri, C. Mapping daily evapotranspiration at field scales over rainfed and irrigated agricultural areas using remote sensing data fusion / C. Cammalleri, M. Ander-

son. F. Gao, C. R. Hain, W.P. Kustas // Agricultural and forest meteorology. 2014. No 186. Pp. 1–11.

8. Jin, X. Estimates of plant density of wheat crops at emergence from very low altitude UAV imagery / X. Jin, S. Liu, F. Baret, M. Hemerle, A. Comar // Remote Sensing of Environment. 2017. No 198. Pp. 105–114.

9. Kang, J. Identifying tree crown areas in undulating eucalyptus plantations using JSEG multi-scale segmentation and UAV near-infrared imagery / J. Kang, L. Wang, F. Chen, Z. Niu // International journal of remote sensing. 2017. No 38 (8-10). Pp. 2296-2312

10. Mulla, D. J. Twenty-five years of remote sensing in precision agriculture: Key advances and remaining knowledge gaps // Biosystems engineering. 2013. No. 114 (4), pp. 358–371.

УДК 004:631.145

**ИНФОРМАЦИОННО-КОНСУЛЬТАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ –
ИНТЕРНЕТ ПОРТАЛ ИНФОРМАЦИОННО-
КОНСУЛЬТАЦИОННОЙ СЛУЖБЫ АПК**

Н.А. Кальчевский – 17пп, 2 курс, АМФ

Научный руководитель: ст. преподаватель А.В. Дубкова

БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Предприятия агропромышленного комплекса республики, работающие в условиях зоны рискованного земледелия и жесткой конкуренции с предприятиями ближнего и дальнего зарубежья, особенно остро нуждаются в широком внедрении инновационных подходов, обеспечении информационной и консультационной помощи. Во всём мире эту функцию выполняют информационно-консультационные службы (ИКС), которые являются важнейшими факторами устойчивого развития сельского хозяйства и сельских регионов.

Основная задача ИКС в сельскохозяйственном производстве состоит в оказании помощи производителям в принятии оптимальных решений, которые помогут им наилучшим способом достичь поставленных целей: помочь товаропроизводителям повысить уровень компетенции; дать доступ к различным областям знаний и информации; обеспечить оперативный доступ к получению консультаций по широкому спектру вопросов у экспертов соответствующей специализации.

Концепция системы должна опираться на несколько основополагающих принципов. *Применение Интернет-технологий*. Обеспечение оперативного удаленного доступа пользователей к услугам ИКС. Это требование неизбежно приводит к необходимости построения системы на основе Интернет-технологий. *Самостоятель-*