

ГЛАВА 4. НЕЙРОТЕХНОЛОГИИ И ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ

4.1. Понятие искусственного интеллекта.

Использование технологии искусственного интеллекта в сельском хозяйстве

В последние несколько лет нейротехнологии и искусственный интеллект очень активно начинают использоваться во всех областях экономики, в том числе и в сельском хозяйстве. Они являются основой технологий «умного» дома, «умной» техники, «умного» поля, «умной» фермы и т. д. и служат основой в системах поддержки принятия решений. Часто термины «Искусственный интеллект», «Машинное обучение» и «нейронные сети» употребляют как синонимы. Но различие между этими понятиями есть. Нейротехнологии являются одной из технологий машинного обучения, которое, в свою очередь, является одной из технологий искусственного интеллекта (рисунок 41).



**Рисунок 41 – Связь между машинным обучением
и искусственным интеллектом**

Нейротехнологии и искусственный интеллект служат для выявления взаимосвязей между явлениями, для прогнозирования, интеллектуального анализа данных.

Искусственный интеллект представляет собой технологию создания интеллектуальных компьютерных сетей, призванных заменить человеческий интеллект. Есть множество классификаций технологий искусственного интеллекта. Приведем наиболее распространенную, которая включает следующие методы:

- машинное обучение и искусственные нейронные сети;
- нечеткая логика (нечеткие множества и мягкие вычисления);
- системы, основанные на знаниях (экспертные системы);
- эволюционное моделирование (генетические алгоритмы, многоагентные системы).

Примеры использования технологий искусственного интеллекта в сельском хозяйстве

В настоящее время технологии искусственного интеллекта все более широко входят в работу сельскохозяйственных предприятий. Рассмотрим здесь несколько из них.

ПАО «Ростелеком» разработал методику автоматизированного дешифрирования и сравнения контуров пахотных земель на основе технологии машинного зрения, которая была апробирована в условиях Ростовской и Новгородской областей. Со спутников Сентинел-2 (Sentinel-2) были получены снимки пахотных земель с пиксельным разрешением 10 м. Пахотные области классифицировали по разнице значений индексов растительности и влажности. Полученные контуры пахотных земель сравнили с контурами отчетными (поданными в Минсельхоз) и выявили расхождения.

Аналогичная задача решалась Белгородской компанией ООО «Агродозор», которая в течение трех лет разработала нейросеть, позволяющую дистанционно, на основе информации с БПЛА определять наличие площадей под чистыми парами, а также посеvy таких культур, как пшеница, соя, подсолнечник, ячмень, кукуруза, рапс, сахарная свекла, многолетние и однолетние травы.

На основе использования этой нейросети были реализованы, например, такие кейсы: по заданию Департамента здравоохранения Белгородской области выполнялась работа по картированию размещения сельскохозяйственных культур по территории Белгородской

области. Эта работа была сделана к концу 2019 года на территории 1,5 млн га с точностью 92...96 %.

Еще один пример использования технологии искусственного интеллекта. На площади почти 100 тыс. га одного из крупных агрохолдингов Белгородской области было проанализировано содержание посевов 1317 полей и выяснилось, что вид культур, посеянных на полях, в реальности не совпал с отчетными данными по 37 полям. То есть применение нейросетевых алгоритмов помогло собственнику идентифицировать культуры, которые были в реальности высеяны на поля. До этого он мог судить об этом только по документам, которые не всегда отражали действительное положение дел.

Следует отметить, что сегодня умная техника, оснащенная датчиками и сенсорами собирает такой огромный объем информации, большие банные, который может быть загружен в нейросеть и проблемы адекватности нейросетевой модели могут быть легко решены.

В качестве примеров использования технологий искусственного интеллекта в сельском хозяйстве можно рассмотреть следующие. Россельхозбанк вместе с Центром интеллектуального цифрового сельского хозяйства разрабатывает сервис, определяющий по фотографии листа яблони наличие или отсутствие заболевания. В настоящее время технологии компьютерного зрения монтируются на различную сельскохозяйственную технику и БПЛА. Дрон, оснащенный компьютерным зрением, выявляет пораженные болезнями растения. Спутниковые или БПЛА снимки обрабатываются с помощью технологий ИИ, что служит основой для составления карт неоднородности полей (выявление разных по плодородию и влажности участков поля). Информация, собранная сенсорами температуры, влажности и других характеристик или дронами, анализируется с помощью технологий искусственного интеллекта, которые оперируют в том числе историческими данными об изменении климата, создаются карты полей, дифференцированные по предстоящей урожайности культур. Это позволяет сельхозпроизводителю рассчитать урожайность с каждого участка и даже изменение цены на свою продукцию, оптимизировать расход ресурсов.

Системы автономного вождения сельскохозяйственной техники, которые в скором времени выйдут на российские поля оснащаются системами искусственного интеллекта. Так, например, фирма «Когнитив-пилот» разработала автономную систему передвижения

комбайна, оснащенного системой искусственного интеллекта (здесь также использовалась нейросеть).

При автономном движении зернового комбайна по кромке система сообщает о готовности взять управление на себя. Также может быть выполнено автономное движение комбайна по валку, или же вдоль ряда растений (рисунок 42).



Рисунок 42 – Автономное движение комбайна по валку и вдоль ряда растений

AgroPilot «видит» необранные участки и выстроит траекторию работы и режим уборки. При возникновении препятствия на пути трактор останавливается, совершает объезд или просит помощи у человека, сохранив целыми агрегаты, здоровье людей, финансы и время.

Аналогичное оборудование сегодня монтируется на сельскохозяйственную технику компаниями Ростсельмаш, Джон Дир, Клаас, Тримбл и другими.

В цифровую комплектацию комбайна входит:

- блок управления с нейропроцессором и дисплеем управления;
- цифровой гидроблок для управления рулением;
- модуль связи и навигации;
- датчик угла поворота колес;
- цветная видеокамера в защищенном исполнении.

С помощью метода машинного обучения, а именно – сверточных нейронных сетей, в РГАУ–МСХА имени К. А. Тимирязева был разработан сервис для распознавания болезней пшеницы. Для разработки нейросетевой модели было собрано множество снимков пораженных растений, изображения были переведены в цифровой формат. Далее проводилось обучение сети, получение адекватной нейросетевой модели. Нейросетевая система может принимать изоб-

ражения – фотографии, сделанные с мобильных телефонов, планшетов, либо с камер, монтируемых на сельскохозяйственную технику.

Итак, применение систем искусственного интеллекта позволяет получить следующие выгоды в растениеводстве:

- снижение рисков недостижения планируемых показателей либо их своевременное обозначение и обоснование новых нормативных величин;

- оперативное реагирование на изменение природно-климатических условий, позволяющее своевременно принимать необходимые меры для защиты объектов сельского хозяйства и агропромышленного комплекса;

- рост урожайности сельскохозяйственных культур и увеличение объемов продуктивности животных, позволяющие обеспечить продуктами питания растущее население планеты;

- снижение производственных затрат на основе внедрения принципов точного производства и сбора оперативных данных для его эффективного и автоматизированного управления;

- решение логистических задач, которые позволят сократить количество посредников от производителя до конечного потребителя, что должно отразиться на снижении стоимости потребительского продукта;

- с течением времени сокращение нехватки квалифицированной рабочей силы и создание высокотехнологичных рабочих мест, необходимых для разработки компьютерных систем с поддержкой технологии искусственного интеллекта;

- оперативное оповещение необходимой информацией как самих товаропроизводителей сельскохозяйственной продукции, так и их клиентов.

4.2. Методы машинного обучения

Машинное обучение – это широкое понятие. К машинному обучению относятся методы: нейронные сети, индуктивное и дедуктивное обучение, а также ансамблевые методы (рисунок 43).

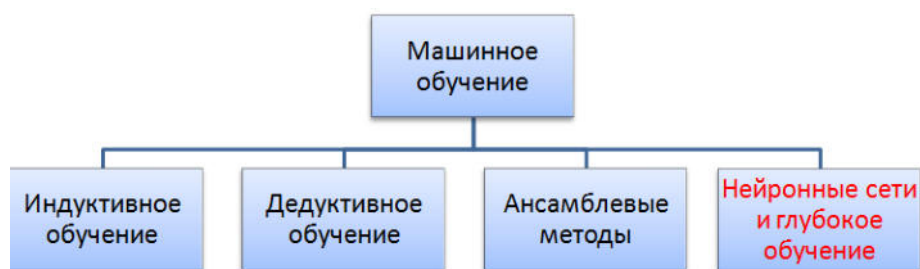


Рисунок 43 – Методы машинного обучения

Как технология, причисленная к сквозным цифровым, более подробно будет рассмотрена технология нейронная сеть. Наиболее популярные архитектуры нейронных сетей и глубокого обучения представлены на рисунке 44.

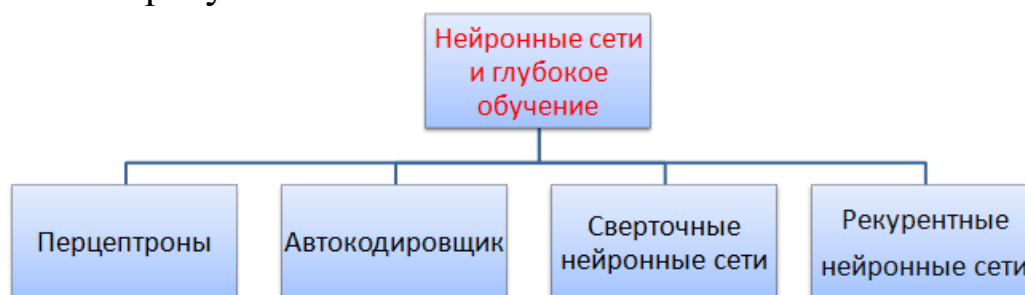


Рисунок 44 – Наиболее популярные архитектуры нейронных сетей и глубокого обучения

Нейроны с биологической точки зрения – это взаимосвязанные нервные клетки головного мозга, которые участвуют в обработке и передаче химических и электрических сигналов. Искусственные нейронные сети – это пример математической конструкции, похожей на структуру человеческого мозга. Они представляют собой систему нейронов, обменивающихся сигналами. Математически искусственный нейрон представляют как некоторую нелинейную функцию от единственного аргумента – линейной комбинации всех входных сигналов.

Нейронная сеть характеризуется определенной архитектурой. Наиболее популярными в агрономии архитектурами нейронных сетей являются такие, как перцептроны, автокодировщик, сверточные нейронные сети, рекуррентные нейронные сети.

Структура простой нейронной сети предполагает наличие входных нейронов, скрытых нейронов и выходного (рисунок 45).

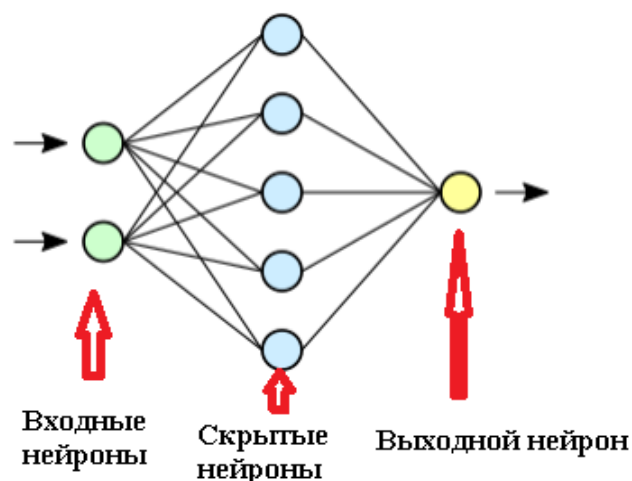


Рисунок 45 – Схема простой нейронной сети

Рассмотрим этапы работы нейросетевого алгоритма (рисунок 46). На начальном этапе нейронная сеть на вход получает обучающий набор (датасет), содержащий размеченные данные (также используются и неразмеченные наборы данных).

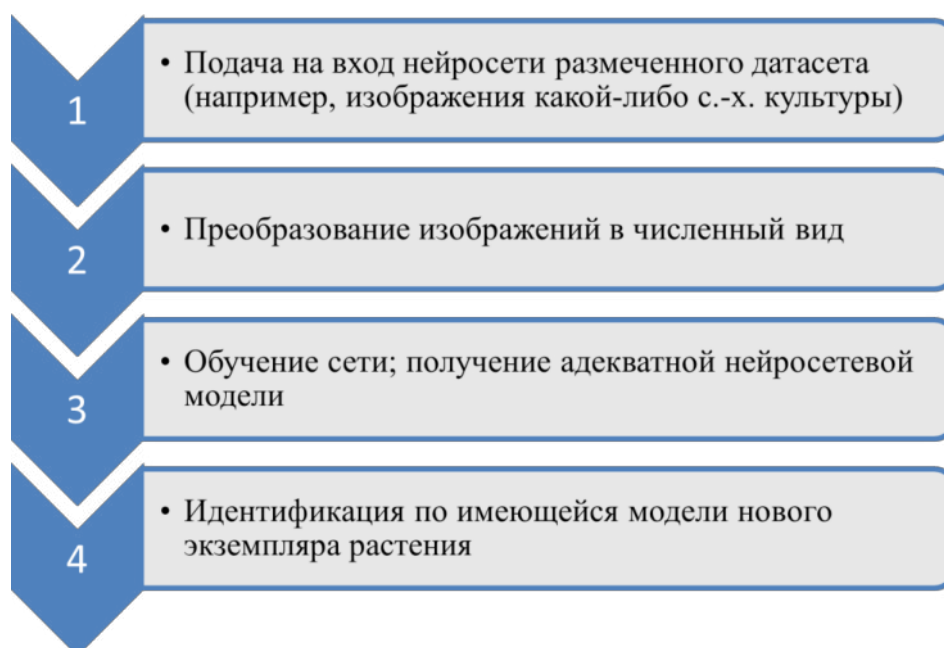


Рисунок 46 – Этапы работы нейросетевого алгоритма

Например, при распознавании изображения определенной сельскохозяйственной культуры на вход подаются тысячи разных снимков этого растения с указанием, что на данном снимке изображено именно это растение (размеченный датасет).

Изображения преобразуются в числа, прежде чем они станут доступны для статистического анализа. Далее происходит обучение

сети. Обучение проходит в два этапа: прямое распространение ошибки (предсказание ответа) и обратное распространение ошибки (минимизация ошибки между фактическим и предсказанным ответом). Датасет преобразуется в искусственные нейроны. При переходе от слоя к слою нейроны домножаются на случайные веса. Каждый последующий скрытый слой формируется при умножении входных данных на веса, получается взвешенная сумма, помещенная в функцию сигмоиды.

На каждой итерации алгоритма обратного распространения весовые коэффициенты нейронной сети модифицируются так, чтобы улучшить решение поставленной задачи.

На основе технологий искусственного интеллекта и нейросетевых алгоритмов может решаться и уже решается множество задач в сельском хозяйстве:

- классификация культур,
- оценка состояния посевов (мониторинг сельскохозяйственных культур, оценка ущерба),
- оценка урожайности,
- отображение характеристик и типов почвы, эрозия почвы,
- карты неоднородности полей.

4.3. Методы искусственного интеллекта: нечеткой логики, экспертных систем и генетических алгоритмов

Применение метода нечеткой логики в сельском хозяйстве

В сельском хозяйстве он может использоваться, например, для описания агроклиматических процессов, в которых присутствует неопределенность, затрудняющая применение традиционных, точных количественных методов и подходов. Рассмотрим пример, когда методы нечеткой логики используются для прогнозирования урожайности в зависимости от погодных условий и получения интегральной оценки риска. Мы имеем данные по конкретным годам с конкретными суммами температур и осадков в зимний, весенний, летний и осенний периоды (таблица 3).

Таблица 3 – Данные метеонаблюдений в регионе по временам года

Год	Урожай- ность, ц/га	Осадки, мм				Температура воздуха, °С			
2005	114,0	220	306	300	150	-1,2	12,0	24,0	13,2
2006	79,2	230	376	179	156	-3,6	10,8	25,2	15,4
2007	130,8	198	117	288	276	-3,6	9,6	24,0	7,2
2008	138,0	212	203	254	300	-2,4	10,8	24,0	13,2
2009	68,4	241	203	354	300	-2,4	10,8	24,0	13,2
2010	68,4	192	300	252	12	-1,2	12,0	25,2	13,2
2011	34,8	252	288	216	104	-1,2	12,0	24,0	8,4
2012	75,6	252	288	243	104	-1,2	12,0	24,0	8,4
2013	98,4	199	302	264	122	-4,8	18,0	24,0	12,0

По имеющимся данным необходимо спрогнозировать урожайность в зависимости от исхода года. Эта зависимость может быть выражена с помощью *адаптивной нечетко-логической модели*. В частности, нужно спрогнозировать – какая урожайность культуры ожидается – низкая, средняя или высокая. Такие понятия, как низкая, средняя или высокая урожайность сельскохозяйственной культуры не имеют четкой границы, их можно задать в виде интервальных значений для каждого случая. В природных процессах все метеопараметры зависят друг от друга. В связи с изменчивостью значений их можно причислить к нечеткому множеству.

В какое-либо программное средство, например Матлаб, подается динамический ряд, содержащий метеоданные и данные по урожайности. По алгоритму нечеткой логики строится компьютерная адаптивная нечетко-логическая модель связи природно-климатических условий и урожайности культуры. Это имеет следующее практическое применение – если установить значения метеопараметров по уровням: низкие, средние и высокие, то можно примерно предсказать значения урожайности по этим группам и спрогнозировать риски.

Экспертные системы в сельском хозяйстве

Экспертная система представляет собой автоматизированную систему, основанную на использовании методов искусственного интеллекта и базу знаний. Они заменяют собой интеллект и опыт отдельного человека и служат рекомендательной основой для принятия управленческих решений. Например, в растениеводстве, экспертные

системы применяются для:

- планирования севооборотов, исходя из плодородия почвы и ретроспективных показателей использования участка, рельефа местности и других показателей;
- проектирования технологии выращивания культуры, исходя из конкретных условий и учетом карт неоднородности полей,
- планирования сроков и параметров (сроки, режим полива, нормы внесения удобрений и др.) проведения агротехнических мероприятий применительно к отдельному полю и участку поля,
- планирования урожайности культуры и затрат на получение урожая и других целей.

Эволюционное моделирование (генетические алгоритмы, многоагентные системы)

Генетические алгоритмы представляют собой совокупность методов решения оптимизационных задач, когда система является сложной, многофакторной и ее невозможно описать с помощью математических формул. При этом алгоритм предполагает перебор всевозможных значений на пути к оптимальному (рисунок 47). Однако при этом перебираются не все подряд решения, а только лучшие из группы решений.

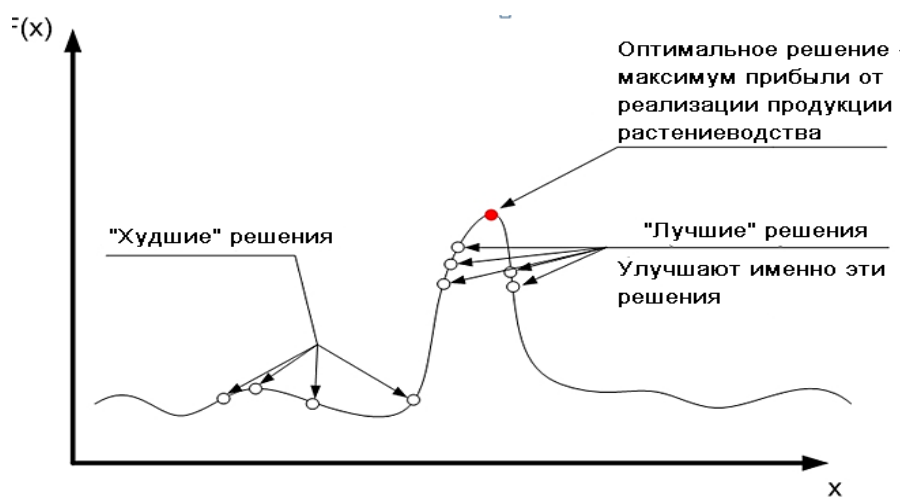


Рисунок 47 – Эволюционное моделирование: генетические алгоритмы в растениеводстве

Например, в растениеводстве нужно определить такую структуру посевных площадей сельскохозяйственных культур, которая обеспечила бы максимум прибыли предприятия при реализации этой продукции. На оптимальное решение влияет множество факторов.

Это – удельные материально-денежные затраты, трудовые затраты, цены на продукцию, структура поголовья животных, имеющих в хозяйстве, которое нужно обеспечить кормов в соответствии с научно-обоснованными рационами кормления. И еще в постановке этой задачи может быть множество других условий, которых может насчитываться несколько десятков.

Контрольные вопросы

1. Понятие искусственного интеллекта.
2. Связь между машинным обучением и искусственным интеллектом
3. Что такое искусственный интеллект?
4. Приведите примеры использования технологий искусственного интеллекта в сельском хозяйстве.
5. Методы машинного обучения.
6. Понятие и архитектура нейронной сети.
7. Этапы работы нейросетевого алгоритма.
8. Перечислите методы искусственного интеллекта.
9. Применение метода нечеткой логики в сельском хозяйстве. Приведите примеры.
10. Экспертные системы в сельском хозяйстве. Приведите примеры.
11. Эволюционное моделирование (генетические алгоритмы, многоагентные системы). Примеры применения в сельском хозяйстве.