

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В РЕГУЛИРОВАНИИ ПРОДУКТИВНОСТИ ОБЪЕКТОВ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Поленов Дмитрий Юрьевич

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет

Всё большее число задач в сельском хозяйстве делегируется «умным» системам. С помощью искусственного интеллекта агропроизводители могут повысить экономическую эффективность, снижая расходную часть производства и повышая урожайность. Известно большое количество факторов, влияющих на продуктивность объектов сельского хозяйства, которые по-разному влияют на урожайность сельскохозяйственных культур. С целью управления значениями основных факторов, влияющих на продуктивность растительных объектов, можно применять технологии искусственного интеллекта, которые позволяют повысить эффективность выращивания сельскохозяйственных культур в исследуемых зонах за счёт их адаптации к условиям возделывания растений и нивелирования отсутствия знаний зависимостей продуктивности от всех влияющих на неё факторов. Предложена система регулирования значений факторов, влияющих на продуктивность объектов сельского хозяйства, предназначенная для определения максимальных расчётных значений урожайности культур с помощью искусственного интеллекта, позволяющая повышать эффективность растениеводства в исследуемых зонах не только за счёт адаптации системы к условиям возделывания, но и нивелирования отсутствия знаний зависимостей продуктивности от всех влияющих на неё факторов. Описываемая в статье интеллектуальная система содержит нейросеть и знания экспертов, представлена её блок-схема с описанием основных составных частей. Разработана методика вычисления оптимального значения регулируемого фактора, влияющего на продуктивность растительных объектов. Научная новизна заключается в применении двух разновидностей искусственного интеллекта (нейросети и экспертной системы) для создания системы регулирования урожайности сельскохозяйственных объектов и методики вычисления оптимального значения регулируемого фактора с помощью метода двоичного поиска.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: сельскохозяйственные объекты, растениеводство, урожайность растений, максимальная расчётная продуктивность растений, регулирование продуктивности, искусственный интеллект, нейросеть.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN REGULATING THE PRODUCTIVITY OF AGRICULTURAL OBJECTS

Polenov Dmitry Yu.

Moscow State University of Civil Engineering (National Research University)

An increasing number of tasks in agriculture are delegated to 'smart' systems. With the help of artificial intelligence, agricultural producers can increase economic efficiency, reducing the expenditure part of production and increasing productivity. There are a large number of factors that influence the productivity of agricultural objects, which in different ways affect the yield of agricultural crops. In order to control the values of the main factors affecting the productivity of plant objects, it is possible to use artificial intelligence technologies that allow increasing the efficiency of growing crops in the studied zones by adapting them to the conditions of plant cultivation and leveling the lack of knowledge of productivity dependencies on all factors affecting it. A system of regulating the values of factors affecting the productivity of agricultural objects is proposed, as designed to determine the maximum calculated values of crop yields using artificial intelligence, which allows increasing the efficiency of crop production in the studied zones not only by adapting the system to the conditions of cultivation, but also leveling the lack of knowledge of productivity dependencies on all factors affecting it. The intelligent system described in the article contains a neural network and the knowledge of experts, its block diagram with a description of the main components is presented. A method for calculating the optimal value of a regulated factor affecting the productivity of plant objects has been developed. The scientific novelty of the study consists in the use of two types of artificial intelligence (neural networks and expert systems) to create a system for regulating the yield of agricultural objects and a method for calculating the optimal value of the regulated factor using binary search method.

KEYWORDS: agricultural objects, crop production, plant yield, maximum calculated plant productivity, productivity regulation, artificial intelligence, neural network.

В настоящее время при принятии решений агропроизводитель располагает недоступными ранее источниками информации: снимки спутников и БПЛА, показания датчиков влажности, наземных метеостанций и др. На региональном уровне предполагается применение инструментов умного отраслевого планирования и интеллектуальной системы мер государственной поддержки. Всё большее число задач в сельском хозяйстве делегируется «умным» системам. С помощью искусственного интеллекта агропроизводители могут повысить экономическую эффективность, снижая расходную часть производства и повышая урожайность [2, 3].

Целью исследований является повышение расчётной продуктивности растительных объектов сельского хозяйства с помощью применения технологий искусственного интеллекта.

Урожайность сельскохозяйственных культур – один из наиболее сложных показателей в системе АПК. В процессе всего периода выращивания на урожай воздействует огромное количество факторов, которые условно можно разделить на две большие группы:

- природные (почвенно-климатические);
- экономические.

По характеру воздействия факторы можно классифицировать на прямо действующие, или непосредственно влияющие на растительные объекты (главным образом на обмен веществ), и косвенно действующие, или влияющие опосредованно, через изменение прямо действующих факторов.

По происхождению факторы можно классифицировать на абиотические (факторы неживой природы), биотические (связанные с деятельностью живых организмов) и антропогенные.

Природные факторы объективны и не зависят от воли и деятельности людей. К ним относятся:

- естественное плодородие (качество) почв (влажность, кислотность, содержание гумуса, плотность и другие почвенные характеристики);
- рельеф территории;
- глубина залегания почвенных вод;
- продолжительность вегетационного периода;
- количество, ритмичность и интенсивность осадков;
- уровень и длительность солнечной радиации;
- температурный режим на протяжении периода вегетации и др.

Природные (почвенно-климатические) условия как объективные факторы формирования урожая сельскохозяйственных культур коренным образом невозможно изменить, но некоторые из них можно скорректировать при умелом применении экономических факторов, которые непосредственно проявляются через уровень агротехники.

Вышеперечисленные факторы по-разному влияют на итоговый урожай. Важнейшим условием получения высоких показателей урожайности является знание зависимостей между продуктивностью растений и влияющими на неё факторами, а также использование выявленных закономерностей в рассматриваемой экосистеме.

Известные зависимости не учитывают одновременное влияние всех факторов, поэтому сложно говорить о максимальной расчётной продуктивности той или иной культуры непосредственно в районе возделывания. Как известно, одна и та же культура в разных районах, областях, странах может давать разный урожай при одних и тех же значениях основных факторов. Это связано с тем, что среда произрастания объектов и значения комплекса факторов урожайности (свойства почвы, наличие микроэлементов, параметры водоснабжения и т. д.) отличаются. Получить такие знания можно только путём проведения экспериментальных исследований, по результатам которых можно установить лишь некоторые зависимости. Для вычисления максимальной расчётной продуктивности необходимо проводить эксперименты непосредственно в условиях возделывания сельскохозяйственных культур.

В качестве исходных данных необходимо:

- 1) использовать теоретические зависимости продуктивности от влияющих на неё факторов [1];
- 2) брать допустимые диапазоны отклонений значений факторов, которые можно регулировать в данной экосистеме;
- 3) моделировать влияние того или иного фактора на расчётную урожайность растений в пределах заданных диапазонов, искать компромиссы.

Таким образом, можно построить интеллектуальную систему регулирования [5, 6]. Как известно, интеллектуальные системы могут собирать данные (либо они заранее введены в базу), обрабатывать их и принимать решения на их основе [2, 3]. Известно, что системы искусственного интеллекта широко внедряются в различные отрасли народного хозяйства [7, 8, 10]. Стоит отметить, что в анализе и регулировании факторов продуктивности растений принимает участие и робототехника [9].

В свою очередь, организация искусственного интеллекта рассматриваемой системы основывается на:

- 1) записи в базу знаний зависимостей продуктивности растений от значений факторов, влияющих на нее;
- 2) обработке значений полученной расчётной продуктивности растений;
- 3) корректировке значений факторов с помощью исполнительных механизмов агрокомплекса.

Система должна быть универсальной – иметь возможность регулирования в зависимости от одного до нескольких факторов. В этом случае она будет пригодна для агрокомплексов с возможностями управления элементами орошения, освещения, микроклимата и т. д. Предлагается создать такую интеллектуальную систему, которая бы обладала свойствами:

- 1) нейросети, построенной на основе математических нейронов [11];
- 2) экспертной системы с использованием знаний экспертов и известных зависимостей.

Изображение построенной нейросети системы приведено на рисунке 1.

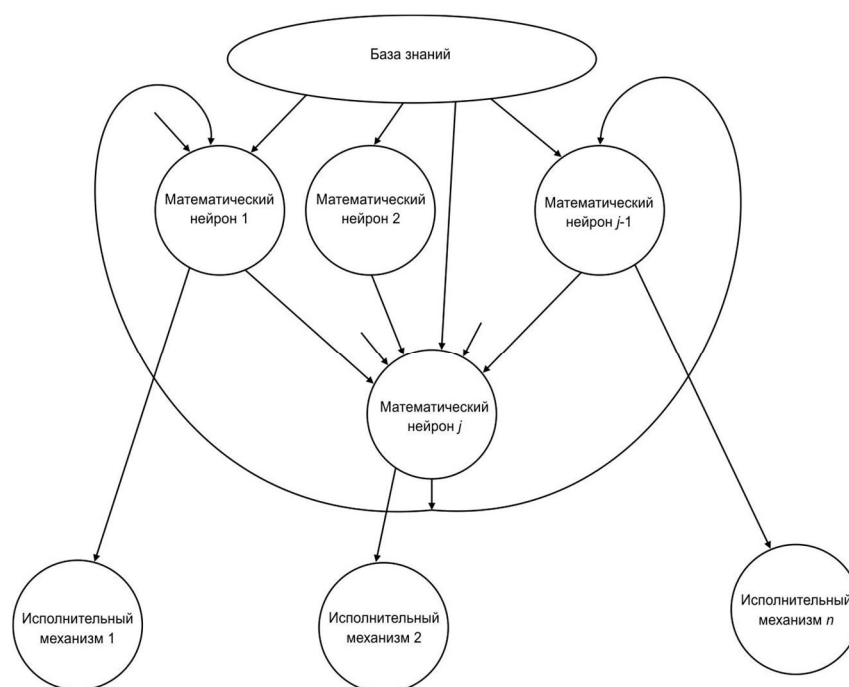


Рис. 1. Нейросеть интеллектуальной системы регулирования факторов, влияющих на продуктивность растений

В данном случае математический нейрон – объект, представляющий собой математическую модель нейрона человеческого мозга. Он обладает схожими свойствами: содержит входы i , куда поступают входные сигналы x_{ij} , и один выход y_j .

Входные сигналы x_{ij} представляют собой данные:

1) от источников информации о значениях факторов, влияющих на продуктивность растений – кислотность почвы, температура, влажность окружающей среды, уровень освещённости и др.;

2) занесённые в базу знаний существующие зависимости продуктивности от указанных факторов и мнения экспертов;

3) полученной расчётной продуктивности растений;

После анализа последнего пункта предлагается поступающие на j -нейрон сигналы x_{ij} умножать на некоторый корректирующий весовой коэффициент b_{ij} (1)

$$S_j = \sum_{i=1}^i b_{ij} x_{ij}. \quad (1)$$

В этом случае выходной сигнал y_j математического нейрона будет принимать одно из двух значений в соответствии с зависимостями (2) и (3):

$$y_j = 1, \text{ если } S_j \geq \theta_j; \quad (2)$$

$$y_j = 0, \text{ если } S_j < \theta_j, \quad (3)$$

где θ_j – порог чувствительности j -го математического нейрона.

Таким образом, если полученное суммарное значение S_j j -го математического нейрона системы управления факторами продуктивности не достигнет определённого значения порога чувствительности θ , то математический нейрон не будет возбуждён – его выход будет равен нулю, и наоборот [4].

В этом случае важно определить значения корректирующего весового коэффициента. Для этого необходимо воспользоваться базой знаний и проанализировать зависимости продуктивности от факторов, которые можно регулировать в рассматриваемой системе, ведь как отмечалось ранее, система может управлять как одним, так и несколькими факторами. Очень важен выбор их диапазона значений.

В качестве сигналов, поступающих на входы x_i j -го математического нейрона, в системе будут использоваться выходные значения датчиков, входящих в её состав, значения известных зависимостей продуктивности от факторов, база знаний экспертов, получаемая расчётная продуктивность и т. д. Кроме этого, на входы математических нейронов будет поступать информация от Гидрометцентра, содержащая данные о приближающихся осадках: ориентировочное время выпадения, длительность и объём воздействия.

В соответствии со схемой (рис. 1) указанный выходной сигнал предполагается использовать для управления исполнительными механизмами системы регулирования факторов. К таким механизмам могут относиться электромагнитные клапаны, регулирующие подачу воды для орошения растений, источники искусственного освещения растений, обогревательные/охлаждающие устройства и т. п.

При вычислении оптимального значения регулируемого фактора можно воспользоваться следующей методикой:

1) вычислить границы диапазона R возможного изменения значения регулируемого фактора;

2) найти m , при котором $R \leq 2^m$;

3) найти оптимальное значение регулируемого фактора, при котором продуктивность P растения будет максимальна: $P \rightarrow \max$.

При этом максимальное количество попыток поиска оптимального значения регулируемого фактора будет составлять:

$$\begin{cases} m+1, & \text{if } m \leq 3 \\ m, & \text{if } m \geq 4. \end{cases} \quad (4)$$

При этом поиск оптимального значения фактора следует производить с помощью метода двоичного поиска – неоднократного деления R на две части таким образом, что искомое оптимальное значение регулируемого фактора попадает в одну из этих частей. Поиск указанного значения заканчивается при совпадении искомого элемента с элементом-границей между частями сформированного диапазона или при отсутствии такового.

Результатом исследований является построенная блок-схема системы, содержащей искусственный интеллект для регулирования продуктивности объектов сельского хозяйства (рис. 2).

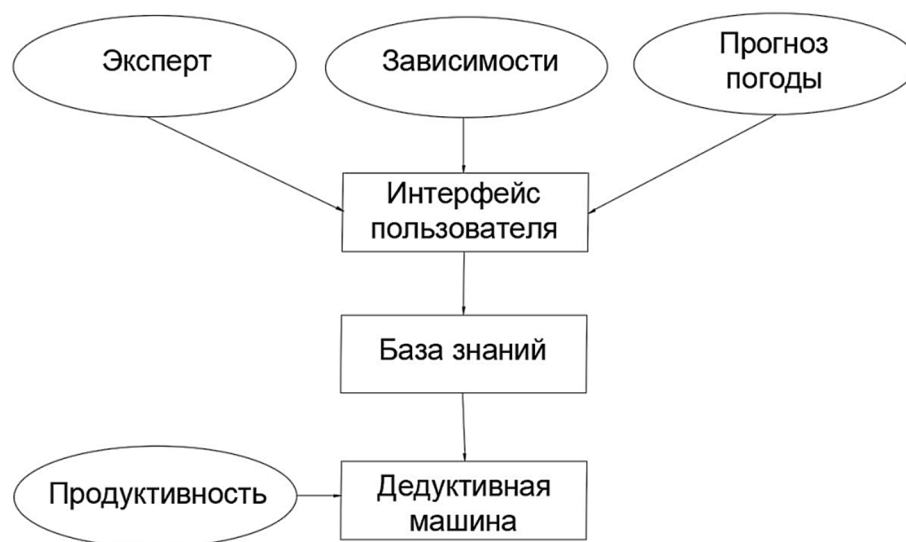


Рис. 2. Блок-схема системы

Блок «Интерфейс пользователя» – комплекс программ, реализующих диалог пользователя с экспертом, запись информации о продуктивности и воздействующих на нее факторах, прогнозе погоды и др.

Блок «База знаний» – ядро экспертной системы, хранящее исходные данные, необходимые для корректной работы.

Блок «Дедуктивная машина» – программа, моделирующая ход рассуждений эксперта, обрабатывающая данные о полученной расчётной продуктивности растений и принимающая решение о включении/выключении исполнительных механизмов системы.

Выводы

Предложена система регулирования значений факторов, влияющих на продуктивность объектов сельского хозяйства, предназначенная для определения максимальных расчётных значений урожайности культур с помощью искусственного интеллекта, позволяющая повышать эффективность отрасли растениеводства в исследуемых зонах возделывания за счёт адаптации системы к условиям произрастания растений и нивелирования отсутствия знаний зависимостей продуктивности от всех влияющих на неё факторов.

Представлена блок-схема интеллектуальной системы, содержащей нейросеть и базу знаний экспертов.

Разработана методика вычисления оптимального значения регулируемого фактора, влияющего на продуктивность растений.

Библиографический список

1. Баздырев Г.И. Земледелие : учебник / Г.И. Баздырев, В.Г. Лошаков, А.И. Пупонин. – Москва : Колос, 2000. – 549 с.
2. Бостром Н. Искусственный интеллект : этапы, угрозы, стратегии / Н. Бостром ; пер. с англ. С. Филина. – Москва : Манн, Иванов и Фербер, 2016. – 496 с.
3. Люгер Дж. Ф. Искусственный интеллект. Стратегии и методы решения сложных проблем / Дж. Ф. Люгер. – 4-е изд. – Москва : Вильямс, 2003. – 864 с.
4. Минский М.Л. Перцептроны: введение в вычислительную геометрию / М.Л. Минский, С. Пейперт ; пер. с англ. Г.Л. Гимельфарба и В.М. Шарыпанова ; под ред. В.А. Ковалевского. – Москва : Мир, 1971. – 271 с.
5. Поленов Д.Ю. Разработка системы интеллектуального управления водоснабжением объектов растениеводства / Д.Ю. Поленов // Сборник докладов Международной научно-технической конференции, посвященной 90-летию со дня образования факультета водоснабжения и водоотведения МИСИ – МГСУ (Россия, г. Москва, 24–25 октября 2019 г.). – Москва : Издательство МИСИ-МГСУ, 2019. – С. 99–103.
6. Поленов Д. Ю. Система интеллектуального управления водоснабжением объектов растениеводства / Д.Ю. Поленов // Информационно-технологический вестник. – 2019. – № 4 (22). – С. 91–97.
7. Росс А. Индустрии будущего / А. Росс ; пер. с англ. П. Миронова. – Москва : АСТ, 2017. – 286 с.
8. Сигель Э. Просчитать будущее: кто кликнет, купит, соврет или умрет / Э. Сигель ; пер. с англ. И. Евстигнеева. – Москва : Альпина паблишер, 2014. – 371 с.
9. Шаныгин С.В. Роботы, как средство механизации сельского хозяйства / С.В. Шаныгин // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 2013. – № 3. – С. 39–42.
10. Шваб К. Четвертая промышленная революция / К. Шваб ; пер. с англ. – Москва : Эксмо, 2016. – 207 с.
11. Ясницкий Л.Н. Введение в искусственный интеллект : учеб. пособие / Л.Н. Ясницкий. – 2-е изд., испр. – Москва : Академия, 2008. – 174 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

Принадлежность к организации

Поленов Дмитрий Юрьевич – кандидат технических наук, ст. преподаватель кафедры автоматизации и электроснабжения ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», Россия, г. Москва, e-mail: PolenovDYu@mgsu.ru.

Дата поступления в редакцию 25.03.2021

Дата принятия к печати 11.05.2021

AUTHOR CREDENTIALS

Affiliations

Dmitry Yu. Polenov, Candidate of Engineering Sciences, Senior Lecturer, Dept. of Automation and Electric Power Supply, Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Russia, Moscow, e-mail: PolenovDYu@mgsu.ru.

Received March 25, 2021

Accepted after revision May 11, 2021