МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА РАБОТЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ МАШИНЫ ИСКУССТВЕННЫМИ НЕЙРОННЫМИ СЕТЯМИ

Сибирёв Алексей Викторович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»,

г. Москва, ул. 1-ый Институтский проезд 5, Россия

Аннотация: Разработана методология моделирования рабочих процессов сельскохозяйственных машин применением искусственных нейронных сетей в виде объектов реальной действительности. Данная методология значительно расширяет возможности систематизации и повторного использования полученных результатов.

Abstract: A methodology for modeling the working processes of agricultural machines using artificial neural networks as objects of real reality is developed. This methodology significantly expands the possibilities of systematization and re-use of the results obtained.

Ключевые слова: методология, сельскохозяйственная машина, моделирование, искусственная нейронная сеть

Keywords: methodology, agricultural machine, modeling, artificial neural network

На качественные показатели работы сельскохозяйственных машин оказывают влияние значительное число факторов: почвенно-климатические условия, типы используемых рабочих органов, глубина хода и т.д. В машинах переходный процесс возникает при пуске и остановке, при переходе с одного режима на другой, а также при сбросе или увеличении полезной нагрузки [1, 2]. Во многих случаях при исследовании переходных процессов в динамических системах удобно пользоваться не классическим методом интегрирования дифференциальных уравнений движения, а операционным исчислением, в основе которого лежит перспективная область прикладной

математики – искусственные нейронные сети. Искусственная нейронная сеть – это математическая модель системы соединенных и взаимодействующих между собой простых элементов (искусственных нейронов) [3, 4, 5]. Искусственная нейронная сеть осуществляет преобразование вектора входных сигналов (воздействий X) в вектор выходных сигналов Y.

X(n) – многомерный случайный процесс; n– дискретный аргумент; Y(n) – многомерный выходной сигнал системы распознавания; E(n) – сигнал учителя о принадлежности текущего образа на входе нейронной сети к определенному классу; a(n) –вектор настраиваемых коэффициентов

Рисунок 1 – Структурная схема нейронной сети образов

Искусственный нейрон имитирует в первом приближении свойства природной нервной клетки мозга. Известно, что любая естественная или искусственная система, в которой есть начальное состояние (входное сообщение сигнал) *X(t)* и конечное (выходное сообщение) *Y(t)*, является классическим представлениям о процессах работы сельскохозяйственных машин, что и подтверждает обобщенная схема искусственного нейрона[3, 4, 5]. Многомерный выходной сигнал системы распознавания *y(n)* формируется в в виде данных нейронной сети о принадлежности текущего образа к той или иной области пространства решений [3, 4, 5]. Назначением и целью работы сельскохозяйственной машины является преобразование исходных свойства материала взаимодействующего с рабочими органами машины в требуемые, что по аналогии с искусственной нейронной сетью представляет трансформацию входного сигнала в точно определенный выходной [2, 6]. Технологический процесс работы сельскохозяйственной машины представляет собой технологическую цепочку, состоящую и выполняемых

функционирующими элементами параллельно и (или) последовательно отдельных операций, включающих комплекс технологических действий по трансформации механических, энергетических, физических, биологических и других показателей в определённом объекте. Начало процесса взаимодействия рабочего органа сельскохозяйственной машины с обрабатываемым материалом следует рассматривать как вход искусственного нейрона. В дальнейшем данный сигнал в зависимости от хода процесса подвергается преобразованию. Каждый сигнал умножается на соответствующий вес, что по аналогии с реальным технологическим процессом сельскохозяйственной машины соответствует воздействию технологических и режимных параметров рабочего органа на качество обработки взаимодействующего материала. Суммирующий блок складывает взвешенные входы алгебраически, идентичная тенденция прослеживается при воздействии рабочего органа сельскохозяйственной машины на обрабатываемый материал в зависимости от его конструктивных параметров (функция состояния рабочих органов). Рабочие органы сельскохозяйственной машины воздействуют на обрабатываемый материал с целью изменения его свойств, что соответствует значению функции активации, преобразующей взвешенную сумму входных сигналов в требуемый выход нейрона. Функции активации (передаточные функции) нейрона могут иметь самый различный вид [3, 4, 5]. Функция активации f, как правило, принадлежит к классу сигмоидальных функций, которые имеют две горизонтальные асимптоты и одну точку перегиба, с аргументом функции x (входом) и значением функции (выходом) y. Одной из наиболее распространенных является нелинейная функция с насыщением – логистическая функция [3, 4, 5]:

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-\alpha x}}. \quad (1)$$

Выбор логистической функции (1), в качестве функции f(x) активации искусственного нейрона имитирующего функционирующий элемент

сельскохозяйственной машины, прежде всего, обусловлен исследованиями в области теории явлений и процессов основоположником земледельческой механики – В.П. Горячкиным, согласно которому: «Все физические явления и процессы имеют три стадии развития: начальная с положительным ускорением (по вогнутой кривой), средняя по инерции (по прямой или близкой к ней) и конечная с отрицательным ускорением (по выпуклой кривой)» [6]. Исходя их принятых предпосылок следует, что при разработке сложной многофункциональной системы, к числу которой следует отнести сельскохозяйственную машину, представляющую собой технический объект, состоящий из взаимосвязанных функциональных частей (искусственных нейронов) можно рассмотреть как искусственную нейронную сеть – многослойный персептрон с прямым распространением сигнала (без обратных связей), имеющий идентичные с сельскохозяйственной машиной процессы и объекты.

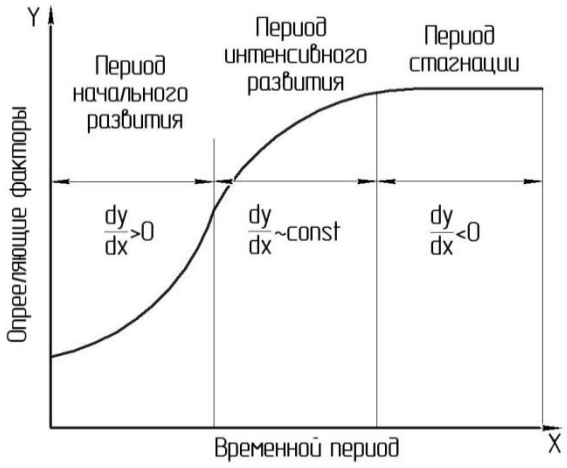

Рисунок 2 – Графическое изображение развития сельскохозяйственного процесса

Входными аргументами для подобной нейронной сети являются векторы, числовые параметры которых представляют собой физико-механические свойства корнеплодов и состояния внешней среды, следовательно, каждый отдельный вектор – это набор факторов возмущения внешней среды (X). Сельскохозяйственная машина предназначена в зависимости от вида применяемых функционирующих элементов (искусственных нейронов) для

выполнения основных технологических операции: посадки корнеплодов, подкапывания (выкапывания) корнеплодов, отделения их от почвы, удаление ботвы и растительных примесей, распределение по поверхности убранного поля или погрузки корнеплодов в транспортные средства [6]. Совокупность входных векторов, поступающих для преобразования на вход искусственной нейронной сети, в нашем случае – сельскохозяйственной машины представим в виде матрицы:

$$X^{(i)} = \begin{bmatrix} X_1 & X_2 & X_3 \\ X_4 & X_5 & X_6 \end{bmatrix}. \quad (2)$$

Топология одноименных функционирующих элементов сельскохозяйственной машины определяется различными вариантами исполнения рабочих органов в пределах одного слоя искусственной нейронной сети. Следовательно, весовые коэффициенты, определяющие эффективность работы функционирующих элементов скрытого слоя искусственной нейронной сети сельскохозяйственной машины (посевной и уборочной машин) определяются вектором-столбцом, элементами которого являются внутренние регулируемые параметры (U) функционирующих элементов (рабочих органов) сельскохозяйственных машин:

$$W^{(i)} = \begin{bmatrix} U_{(П_1, УП_1, УК_1, УВ_1)} \\ U_{(П_2, УП_2, УК_2, УВ_2)} \\ U_{(П_n, УП_n, УК_n, УВ_n)} \end{bmatrix}, \quad (3)$$

где $U_{(П_n, УП_n, УК_n, УВ_n)}$ −функции управляющего воздействия функционирующего элемента сельскохозяйственной машины (подкапывающего рабочего органа, рабочего органа первичной сепарации, рабочего первичной сепарации с интенсификатором сепарации и рабочего органа вторичной сепарации);
n − разновидность исполнения функционирующего элемента сельскохозяйственной машины.

В связи с тем, что порог искусственной нейронной сети является характеристикой, задающей начальный уровень активности нейрона, то в функционирующем элементе сельскохозяйственной машины для обеспечения

начального этапа выполнения сельскохозяйственной операции (заглубление лемеха, сошника, движение пруткового элеватора) необходимо, чтобы конструктивные параметры рабочего органа соответствовали выполняемой операции. Следовательно, внутренние нерегулируемые параметры (Z) функционирующего элемента сельскохозяйственной машины представляют собой порог, от количественных значений которых зависит качественное выполнение технологической операции. Внутренние нерегулируемые параметры скрытого слоя искусственной нейронной сети (Z) функционирующих элементов сельскохозяйственной машины представим в виде вектора-столбца $Q^{(i)}$:

$$Q^{(i)} = \begin{bmatrix} Z_{(П_1, УП_1, УК_1, УВ_1)} \\ Z_{(П_2, УП_2, УК_2, УВ_2)} \\ Z_{(П_n, УП_n, УК_n, УВ_n)} \end{bmatrix}, \quad (4)$$

де $Z_{(П_n, УП_n, УК_n, УВ_n)}$ – функции состояния рабочих органов сельскохозяйственной машины; n – разновидность исполнения функционирующего элемента сельскохозяйственной машины.

Аналитическое описание технологического процесса работы функционирующих элементов сельскохозяйственной машины на основании теории искусственных нейронных сетей для скрытого слоя запишется в виде [3, 4, 5]:

$$g_i = f\left(\sum_{i=1}^{n} w_{ij} x_i + Q_n\right) = f(x) = \frac{1}{1 + e^{-\alpha x}} \cdot \left(\sum_{i=1}^{n} W^{(i)} \times X^{(i)} + Q^{(i)}\right), \quad (5)$$

где w_{ij} –вес связи i– го нейрона к j – му; x_i – входной сигнал; Q_n – массив порога скрытого слоя (функционирующих элементов сельскохозяйственной машины).

Таким образом, методология моделирования рабочих процессов сельскохозяйственных машин применением искусственных нейронных сетей в виде объектов реальной действительности значительно расширяет

возможности систематизации и повторного использования полученных результатов для поиска и оптимизации конструктивно-технологических параметров сельскохозяйственных машин.

Литература

1. Кухарев, О.Н. Энергосберегающие технологии ориентированной посадки сельскохозяйственных культур: на примере лука и сахарной свеклы [Текст]: дисс. ... доктора технических наук: 05.20.01 / Кухарев Олег Николаевич – Пенза, 2006. - 417 с.

2. Горячкин, В.П. Собрание сочинений в 3-х т. / В.П. Горячкин. – М.: Колос, 1965. – Т. 1. – С. 720.

3. Галушкин, Н.И. Теория нейронных сетей / Н.И. Галушкин. – М.: ИПРЖР, 2000. – 416 с.

4. Комашинский, И.В. Нейронные сети их применение в системах управления и связи. – М.: Горячая линия – Телеком, 2003. – 94 с.

5. Цельсов, Н.Ю. Нейронные сети как метод оценки кредитоспособности заемщика // «Научно-технический вестник» МГТУ им. Баумана. – 2015 – №77 – С. 16-25.

6. Жалнин, Э.В. Постулаты В.П. Горячкина и их дальнейшее развитие / Э.В. Жалнин // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина. – 2008. – № 2. – С. 15 – 21.