

## УПРАВЛЕНИЕ УБОРОЧНЫМ ПРОЦЕССОМ КАК ОСНОВА ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПЛОДОВ

А.С. Гордеев, Д.В. Дроздов

*ФГОУ ВПО «Мичуринский государственный аграрный университет», г. Мичуринск*

*Рецензент С.И. Дворецкий*

**Ключевые слова и фразы:** длительность хранения; матрица качества; пригодность плодов; уборка плодов; энергозатраты.

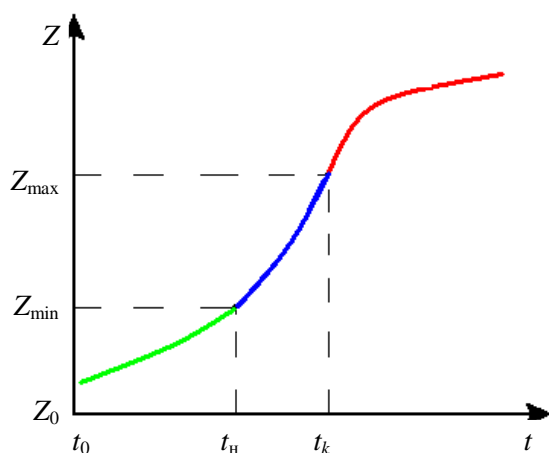
**Аннотация:** Разработана система управления уборочным процессом плодов, которая снижает энергозатраты на их хранение.

На сегодняшний день в большинстве сельскохозяйственных предприятий организация управления процессом уборки фруктов имеет хаотичное, неупорядоченное состояние, что, в конечном счете, приводит к значительным потерям плодоовощной продукции, закладываемой на хранение. В связи с этим потребляемая электроэнергия фруктоохранилищами расходуется не целесообразно, и процесс производства плодоовощной продукции удорожается. Для повышения энергосбережения производства плодов необходимо организацию уборки сделать наиболее продуктивной и эффективной. Это достигается за счет определения оптимального времени съема, реализации и закладки продукции на хранение по качественным характеристикам плодов (рис. 1).

Как видно из рис. 1 на участке  $t_0t_n$  яблоки еще не дозрели, поэтому снятые в этот период плоды в процессе хранения будут иметь повышенные потери. Участок  $t_n t_k$  (оптимальное время уборки) выглядит наиболее привлекательным для закладки плодов на хранение, так как продукция достигает высоких качественных характеристик и имеет минимум потерь при хранении. На оставшемся участке продукция – перезревшая, и при закладке на хранение в дальнейшем в процессе хранения даст значительные потери, поэтому ее благоразумнее отправлять на переработку. Составление графиков планирования уборки позволяет более эффективно организовывать уборочный процесс и тем самым снизить существовавшие ранее потери (30 %) до минимума (3 %). Но составление таких графиков – сложный и трудоемкий процесс, в связи с этим необходимо внедрять компьютерные технологии.

---

Гордеев А.С. – доктор технических наук, проректор МичГАУ, профессор кафедры «Электрификация и автоматизация сельского хозяйства» МичГАУ; Дроздов Д.В. – аспирант кафедры «Электрификация и автоматизация сельского хозяйства» МичГАУ, г. Мичуринск.



**Рис. 1. График зависимости  $Z = f(t)$ , показывающий изменение качественных характеристик плодов относительно времени созревания**

Исходя из вышеописанных проблем, нами было разработано программное обеспечение.

### **Описание программного обеспечения**

Программа `doom.m` предназначена для управления технологическим процессом уборки яблок на основе электрофизических показателей.

На первоначальном этапе создается матрица качества

$$Z = [S D_s D_i P_g S_z \text{Sig1 } K],$$

где  $Z$  – площадь поражения физиологическими заболеваниями (загар);  $\text{Sig1}(U_z(t), U_r(t))$  – величина сигнала прибора;  $S$  – помологический сорт плода;  $D_s$  – дата съема, дни;  $D_i$  – время хранения, дни;  $K$  – активность фермента каталазы, мг·О<sub>2</sub>;  $P_g$  – площадь повреждения (гниль), см<sup>2</sup>;  $S_z$  – степень зрелости, балл.

Далее создается вектор входных параметров

$$P = [S D_s D_i P_g S_z \text{Sig1}]$$

и вектор (целевой) выходных параметров

$$T = [K].$$

Исходя из этих данных, нами была получена математическая модель прогнозирования пригодности плодов к длительному хранению, которая имеет вид

$$T = w_0 + \sum_{i=1}^n w_i P_i, \quad (1)$$

где  $w_i$  – коэффициенты, характеризующие динамику изменения сигнала во времени, полученного с прибора.

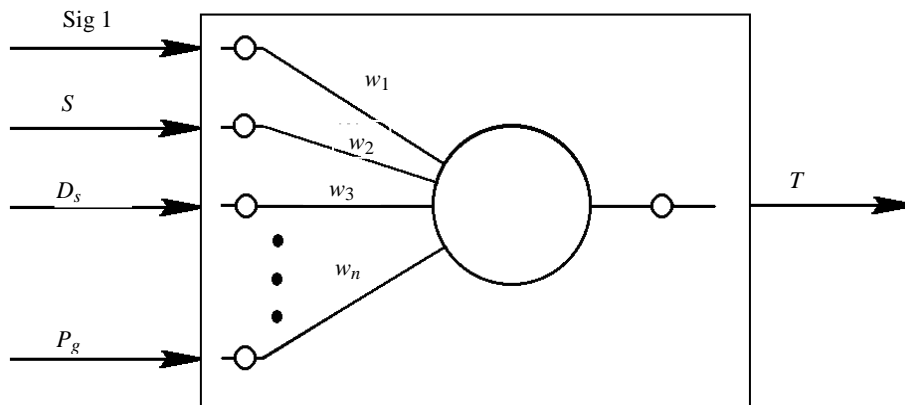


Рис. 2. Структурная схема нейросети

Мы используем нейросеть (рис. 2) с методом обучения обратного распространения ошибки. Алгоритм обратного распространения ошибки определяет стратегию подбора весов с применением градиентных методов оптимизации. В настоящее время он является одним из наиболее эффективных алгоритмов обучения многослойной сети. Его основу составляет целевая функция, формулируемая, в виде квадратичной суммы разностей между фактическими и ожидаемыми значениями выходных сигналов. В случае единичной обучающей выборки  $(P, T)$  целевую функцию можно представить в следующем виде

$$E(w) = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^M (P_k - T_k)^2. \quad (2)$$

При большем количестве обучающих выборок  $j$  ( $j = 1, 2, \dots, p$ ) целевая функция превращается в сумму по всем выборкам

$$E(w) = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^p \sum_{k=1}^M (P_k^j - T_k^j)^2. \quad (3)$$

Уточнение весов может проводится после предъявления каждой обучающей выборки либо однократно после предъявления всех выборок, составляющих цикл обучения.

На следующем этапе создается сеть с обратным распространением ошибки при помощи оператора newff:

```
net = newff(B2, [300 1], {'tansig' 'purelin'}, 'traincgf'),
```

где  $B2$  – вектор максимальных и минимальных значений вектора  $P$ ; 300 – количество нейронов во входном слое; 1 – количество нейронов в выходном слое; tansig – функция активации входного слоя; purelin – функция активации выходного слоя.

Определяются элементы вектора

$$B2 = [S_3; D_s3; D_i3; P_g3; S_23; R].$$

Прописываем параметры обучения нейросети и производим обучение при помощи оператора train.

Результаты обучения нейронной сети приведены на рис. 3, 4.

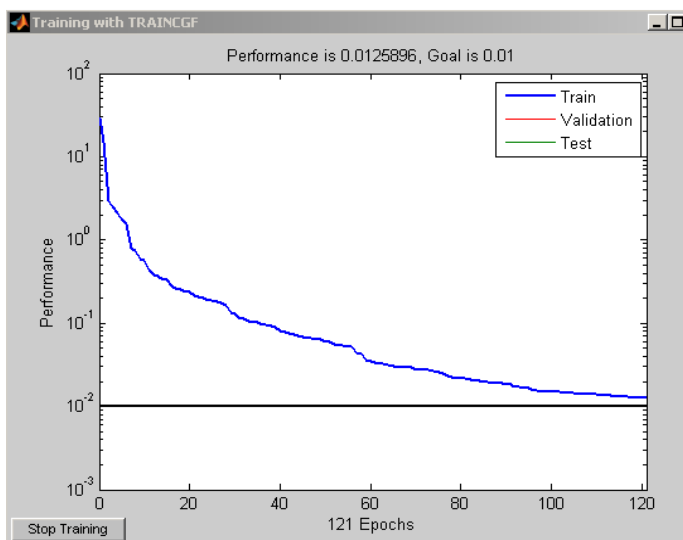


Рис. 3. Ошибка обучения нейронной сети

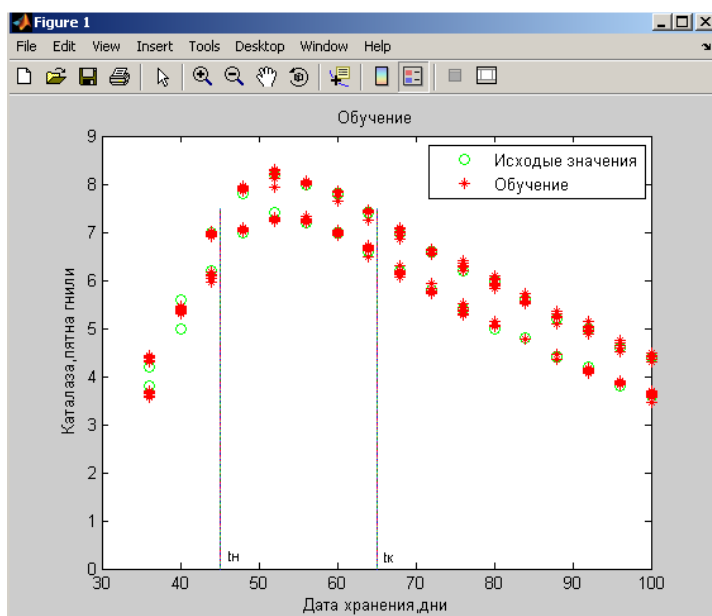


Рис. 4. Обучение:

o – исходные значения; \* – обучение;  $t_n$  – время начала съема,  $t_k$  – время окончания съема

K =

5.2442

\*\*\*\*\*  
 Неблагоприятное время для снятия урожая, сопровождающееся значительными потерями  
 \*\*\*\*\*

>>

Рис. 5. Результаты принятия решения о времени съема

На заключающем этапе осуществим прогноз при помощи оператора sim и зададим оптимальные значения  $K$ , необходимые для автоматического принятия решения о времени съема. Выведем результат на экран (рис. 5).

### **Вывод**

Данная система управления снижает энергозатраты на хранение плодов на 20 %.

---

#### **Control over Harvesting as the Basis of Energy Saving in Yield Production**

**A.S. Gordeev, D.V. Drozdov**

*Michurinsk State Agrarian University, Michurinsk*

**Key words and phrases:** shelf life; quality matrix; fruit suitability; harvesting; energy consumption.

**Abstract:** The system of control over harvesting of fruit is developed; it reduces the energy required for fruit storage.

---

© А.С. Гордеев, Д.В. Дроздов, 2008