6. Попко, В. И. Обоснование процесса работы и параметров шнеково-лопастного туковысевающего аппарата для локального внесения гранулированных минеральных удобрений: дисс. канд. техн. наук.: 05.20.01 / В. И. Попко. – Луцк, 1984. – 162 л.

УДК 519.6+681.3.012

ПОВЫШЕНИЕ ОДНОРОДНОСТИ И РЕГУЛЯРНОСТИ ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ СТРАТЕГИИ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

А.А. Тиунчик, к.ф.-м.н., доцент
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

Реализация стратегии точного земледелия основана на управлении продуктивностью растений на основе оперативного анализа изменений агротехнических показателей и состояния растений. Эффективность точного земледелия существенно зависит от скорости и точности получения пространственных и временных агротехнических параметров, что дает возможность эффективно воздействовать на них. В настоящее время наиболее перспективным направлением получения объективной информации, необходимой для решения задач точного земледелия, можно считать использование беспилотных летательных аппаратов совместно с космическим мониторингом [1]. Для создания беспилотных летательных аппаратов необходима разработка большого количества электронных средств автономной навигации, цифровой обработки сигналов, реализации алгоритмов распознавания образов и т.д. К электронным устройствам должны применяться требования надежности, долговечности, высокой скорости обработки данных, приемлемой стоимости. Всем этим требованиям отвечают устройства, проектируемые на базе программируемых логических матриц (ПЛМ).

Высокоэффективным инструментом при проектировании программируемых логических матриц являются дизъюнктивные нормальные формы (ДНФ) вида

$$F = \bigvee_{i=1}^{s} f_i = \bigvee_{i=1}^{s} (\mathop{\&}_{j=1}^{r_i} x_{i_j}^{\sigma_{i_j}}),$$

где $x_{i_j}^{\sigma_{i_j}}$ обозначает либо саму переменную x_{i_j} (при $\sigma_{i_j} = 1$), либо ее инверсию (при $\sigma_{i_j} = 0$). Однако эффективность реализации отдельных логических элементов стандартного базиса $\{\&, \vee, \neg\}$, задействованных в ДНФ, обычно уступает эффективности реализации функции $x \circ y = \bar{x} \,\&\, \bar{y}$. Более того, базис $\{\circ\}$ является одноэлементным, что существенно повышает однородность и надежность ПЛМ. Однако представление функции алгебры логики над базисом $\{\circ\}$ представляет большую сложность в силу неассоциативности этой функции: $x \circ (y \circ z) \neq (x \circ y) \circ z$ [2].

Теорема. *Любая функция алгебры логики от n переменных может быть представлена в виде*

$$F = \mathop{\circ}_{i=1}^{s} f_i = \mathop{\circ}_{i=1}^{s} (\mathop{\circ}_{j=1}^{r_i} x_{i_j}),$$

где $$F = \mathop{\circ}_{i=1}^{s} f_i = (\ldots((f_1 \circ f_2) \circ f_3) \circ \ldots \circ f_s), \quad 1 \le s \le 2^n,$$

$$f_i = \mathop{\circ}_{j=1}^{r_i} x_{i_j} = (\ldots((x_{i_1} \circ x_{i_2}) \circ x_{i_3}) \circ \ldots \circ x_{i_{r_i}}),$$

$$i_1 \le i_2 \le \cdots \le i_{r_i}, \quad 1 \le i_j \le n, \quad 1 \le r_i \le \max(3, 2n).$$

Доказательство теоремы носит конструктивный характер и состоит из нескольких этапов. Оно основано на использовании таблицы истинности функции F, зависящей от n переменных, и установлении соответствия между набором значений $[\sigma_1, \sigma_2, ..., \sigma_n]$, записанным в строке с номером $j = \sum_{i=1}^{n} \sigma_i \cdot 2^{n-i}$, и значением y_j, которое функция F принимает на этом наборе. В ходе доказательства осуществляется построение алгоритма получения произвольного столбца $y = [y_0, y_1, ..., y_{2^n - 1}]^T$, являющегося функцией от $x_1, x_2, ..., x_n$.

Рассматриваются две группы функций, которые могут быть реализованы в виде $f_i = \mathop{\circ}\limits_{j=1}^{r_i} x_{i_j} = (\ldots((x_{i_1} \circ x_{i_2}) \circ x_{i_3}) \circ \ldots \circ x_{i_{r_i}})$:

1) функция $(x_1 \circ x_1) \circ x_1 = 0$, которая задает в таблице истинности столбец $z = [0,0,0,...,0]^T$;

2) функция $(...(((x_{i_1} \circ x_{i_1}) \circ x_{i_2}) \circ x_{i_2}) \circ ... \circ x_{i_j}) \circ x_{i_j} = \bar{x}_{i_1} \bar{x}_{i_2} ... \bar{x}_{i_j}$, которая позволяет получать столбцы специального вида. Можно показать, что конъюнкция

$$\bar{x}_{i_1} \bar{x}_{i_2} \cdot ... \cdot \bar{x}_{i_{k-1}} \cdot \bar{x}_{i_{k+1}} \cdot ... \cdot \bar{x}_{n-m+1},\ 1 \le k \le n-m+1$$

истинна на тех же наборах, на которых истинны некоторые конъюнкции вида $\bar{x}_{i_1} \bar{x}_{i_2} \bar{x}_{i_3} \cdot ... \cdot \bar{x}_{i_{n-m+1}}$, и еще на одном наборе, записанном в строке с номером $\sum\limits_{i_j \in \{i_k, i_{n-m+2}, ..., i_n\}} 2^{n-i_j}$. Многократное оперирование этим фактом позволяет получить требуемый столбец в таблице истинности функции *F*. При этом сложность реализации произвольной функции алгебры логики над базисом $\{\circ\}$ не будет превышать по порядку $n \cdot 2^n$.

Таким образом, приведенная теорема обеспечивает получение специального представления произвольной функции алгебры логики над базисом функции $x \circ y = \bar{x} \,\&\, \bar{y}$ в виде, аналогичном ДНФ. Это дает возможность проектировать программируемые логические матрицы с более высокой степенью однородности и регулярности по сравнению с ПЛМ, проектируемыми над стандартным базисом $\{\&, \vee, \neg\}$.

Литература

1. Личман Г.И., Марченко Н.М. Использование космического мониторинга и дистанционного зондирования в системе точного земледелия // Геоматика. – 2011 − № 4. С. 89−93.

2. Epp S. Discrete Mathematics with Applications (4th edition). Cengage Learning, 2010. 984 p.