EESTI NSV TEADUSTE AKADEEMIA TOIMETISED. 20. KÖIDE
FÜÜSIKA * MATEMAATIKA. 1971, NR. 3

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК ЭСТОНСКОЙ ССР. ТОМ 20
ФИЗИКА * МАТЕМАТИКА. 1971, № 3

https://doi.org/10.3176/phys.math.1971.3.20

УДК 519.95:577.9

В. АЛАДЬЕВ

ДВЕ МОДЕЛИ, РЕШАЮЩИЕ ПРОБЛЕМУ «ФРАНЦУЗСКОГО ФЛАГА»

V. ALADJEV. KAKS MUDELIT, MIS VOIMALDAVAD LAHENDADA PROBLEEMI «PRANTSUSE LIPP»

V. ALADYEV. TWO MODELS SOLVING THE FRENCH FLAG PROBLEM

В настоящем сообщении даются две модели, решающие проблему французского флага (ПФФ) [1-3] и проводится краткое их обсуждение.

МОДЕЛЬ I. Предположим, что строка длиной p из одинаковых элементов E (каждый из которых, за исключением крайних, соединен только со своими непосредственными соседями) может проводить три типа импульсов L_1, L_2 и L_3. Импульсы L_1 и L_3 могут двигаться по строке со скоростью 1, а импульс L_2 со скоростью 2. Направление движения импульсов $L_i (i=\overline{1,3})$ в строке будем обозначать стрелкой. Взаимодействие же импульсов между собой и с элементом E зададим следующим образом:

$$(\vec{L}_1, C_i) \Rightarrow (\vec{L}_1, C_1), \qquad (\vec{L}_2, C_i) \Rightarrow (\vec{L}_2, C_i),$$
$$(\overleftarrow{L}_1, C_i) \Rightarrow (\overleftarrow{L}_1, C_3), \qquad (\vec{L}_1 \& \overleftarrow{L}_2, C_i) \Rightarrow (\overleftrightarrow{L}_3, C_2),$$
$$(\vec{L}_2 \& \overleftarrow{L}_1, C_i) \Rightarrow (\overleftarrow{L}_3, C_2), \qquad (\vec{L}_3, C_i) \Rightarrow (\vec{L}_3, C_2),$$
$$(\overleftarrow{L}_3, C_i) \Rightarrow (\overleftarrow{L}_3, C_2), \qquad (\overleftrightarrow{L}_3, C_i) \Rightarrow (\overleftrightarrow{L}_3, C_2),$$
$$(\vec{L}_2 \& \overleftarrow{L}_2, C_i) \Rightarrow (\overleftarrow{L}_2 \& \vec{L}_2, C_i),$$

где $C_i (i=\overline{1,3})$ есть состояния, в которых может находиться элемент E.

Предположим теперь, что на концах строки одновременно возникают соответственно одинаковые пакеты импульсов $\Delta\vec{L} = (\vec{L}_1, \vec{L}_2)$ и $\Delta\overleftarrow{L} = (\overleftarrow{L}_1, \overleftarrow{L}_2)$. В строке из элементов E импульсы с разными скоростями устремляются к середине строки. Причем, импульсы $\vec{L}_1$ и $\overleftarrow{L}_1$ переводят все встречающиеся элементы соответственно в состояния C_1 и C_3. А так как скорости, например $\vec{L}_1$ и $\overleftarrow{L}_2$, относятся как $1:2$, то длина строки, элементы которой импульс $\vec{L}_1$ переведет в состояние C_1, равна, очевидно, $p/3$. То же можно сказать и о последней трети строки, которая будет содержать элементы только в состоянии C_3. Встреча импульсов $\vec{L}_1, \overleftarrow{L}_2$ и $\vec{L}_2, \overleftarrow{L}_1$ происходит в один и тот же момент $t_1 = p/3$, а элементы E в местах встречи этих импульсов переводятся в состояние

C_2; импульсы в местах своих встреч образуют соответственно импульсы $\vec{L}_3$ и $\overleftarrow{L}_3$. Импульсы $\vec{L}_3, \overleftarrow{L}_3$ или $\vec{L}_3$ и $\overleftarrow{L}_3$ переводят все встречающиеся элементы в состояние C_2. Встречаясь в момент $t_2 = p/6$, импульсы $\vec{L}_3$ и $\overleftarrow{L}_3$ переводят элемент в месте встречи в состояние C_2, а сами взаимно аннулируются. Время установления в строке конфигурации французского флага (КФФ) есть $t = t_1 + t_2 = p/2$.

Модель способна к весьма совершенной регуляции. Она несколько напоминает модель М. Арбиба [2], но намного проще и избавлена от некоторых недостатков, присущих его модели. Модель I допускает ряд интересных модификаций.

Основные свойства модели I: *отсутствие градиента и порогов* [4], *наличие полярности и спонтанной самоограничивающейся реакции* (ССР) [3], *а также двустороннего потока информации* [4].

МОДЕЛЬ II. Предположим теперь, что строка состоит из M P-автоматов, соединенных подобно элементам E модели I. P-автомат есть конечный автомат (КА) с памятью P. Каждый КА может находиться в одном из состояний множества $C = (C_1, C_2, C_3)$ и иметь один и тот же входной-выходной алфавит X. Память P-автомата может оперировать одним из символов алфавита A. Работа КА определяется следующими уравнениями:

$$C_{\text{КА}}(t+1) = f[X_t^{\text{вх}}, C_{\text{КА}}(t), A_t],$$

$$A_{t+1} = \varphi[X_t^{\text{вх}}, C_{\text{КА}}(t), A_t],$$

$$X_{t+1}^{\text{вых}} = \psi[X_t^{\text{вх}}, C_{\text{КА}}(t), A_t];$$

$$C_{\text{КА}}(t) \in C; \quad A_t \in A; \quad X_t^{\text{вх}}, X_{t+1}^{\text{вых}} \in X;$$

где $C_{\text{КА}}(t)$, A_t, $X_t^{\text{вх}}$ и $X_{t+1}^{\text{вых}}$ есть соответственно состояние КА, состояние памяти и вход-выход КА в моменты t и $t+1$. Пусть исходная конфигурация (КФ) состояний всех КА в строке произвольна, а КФ их памяти такова, что крайние КА имеют память соответственно 1^l и 1^r, а остальные имеют память из алфавита $A^* = (0, 1, 1^0)$. Только у КА с памятью 1^l самопроизвольно с периодом $t = \pi > 0$ появляется выход $\vec{x}_1$.

Тогда можно доказать, что существует локальный алгоритм поведения P-автомата (сложность которого не зависит от числа M) такой, что в строке из M P-автоматов за время не более $[M^3/40 + (M + 1/2)^2 - 10]$ устанавливается и поддерживается КФФ, причем $C = (C_1, C_2, C_3)$, $A = (0, 1, 1^0, 1^l, 1^r)$ и $X = (\vec{X}_i, \overleftarrow{X}_j)$ $(i = \overline{1,7};\ j = \overline{8,12})$.

Модель II способна к весьма совершенной регуляции. На наш взгляд, интересным в этой модели является отсутствие двустороннего потока информации. Этот результат интересно сравнить с [4].

Для ЭЦВМ GE-400 на алгоритмическом языке FORTRAN-ASA была составлена программа, моделирующая работу строки из n P-автоматов ($n \leqslant 1000$), которая позволяет наглядно проследить весь процесс переработки слов длиной n из алфавита C в слово, являющееся КФФ размером n. Более того, программа позволяет проследить влияние повреждений строки из P-автоматов на образование КФФ.

Основные свойства модели II: *наличие у Р-автоматов полярности, памяти и спонтанной самоограничивающейся реакции.*

Определим сложность алгоритма поведения P-автомата в строке как произведение $S = \# A \# X$, где $\#$ обозначает мощность произвольного множества.

Возникает вопрос: существует ли алгоритм поведения отдельного P-автомата в строке, решающий ПФФ, для которого $C = (C_1, C_2, C_3)$ и $S < 95$?

ЛИТЕРАТУРА

1. Аладьев В., Полуэктов Р., Изв. АН ЭССР, Биол., 20 (в печати).
2. Arbib M., In: Towards a Theoretical Biology, 2, Sketches, Edinburgh Univ. Press, 1969.
3. Wolpert L., In: Towards a Theoretical Biology, 1, Prolegomena, Edinburgh Univ. Press, 1968.
4. Аптер М., Кибернетика и развитие, М., 1970.

Институт экспериментальной биологии
Академии наук Эстонской ССР

Поступила в редакцию
17/II 1971

EESTI NSV TEADUSTE AKADEEMIA TOIMETISED. 20. KÖIDE
FÜÜSIKA * MATEMAATIKA. 1971, NR. 3

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК ЭСТОНСКОЙ ССР. ТОМ 20
ФИЗИКА * МАТЕМАТИКА. 1971, № 3

УДК 538.69.083.2:539.107.8

A. SÜGIS, M. ALLA

NMDR SPECTROMETER WITH TWO *rf* FIELD SOURCES AND WITHOUT *rf* COMPENSATION

A. SÜGIS, M. ALLA. KAHE KS-ALLIKAGA TMTR-SPEKTROMEETER ILMA KS-KOMPENSATSIOONITA

А. СЮГИС, М. АЛЛА. СПЕКТРОМЕТР ЯМДР С ДВУМЯ ИСТОЧНИКАМИ ВЧ-ПОЛЯ И БЕЗ ВЧ-КОМПЕНСАЦИИ

Nuclear magnetic resonance (NMR) spectrometers can be divided into four groups according to the principle used for detecting NMR signals:

1) spectrometers with balanced *rf* bridge or crossed-coils probe;
2) time-sharing spectrometers;
3) spectrometers with slightly unbalanced *rf* bridge or crossed-coils probe;
4) spectrometers without *rf* compensation.

Spectrometers of Groups 1 and 2 operate necessarily with *rf* phase detection and have a separate *rf* reference channel branching off from the transmitter. Spectrometers of Groups 3 and 4 operate with *rf* amplitude detection and have no *rf* reference channel. It is the carrier voltage that plays the role of reference in this case, and it is applied to the amplitude detector together with NMR signal since there is only partial *rf* compensation (Group 3) or there is no *rf* compensation at all (Group 4).

A nuclear magnetic double resonance (NMDR) spectrometer with a separate source for the perturbing *rf* field has a number of advantages even in the homonuclear case, and commercially produced most up-to-date spectrometers — the XL-100 [1], HFX and