

УДК 681.51;519.713.2

И.Г. Филиппенко, О.И. Филиппенко

Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков

## САМООРГАНИЗУЮЩИЕСЯ НЕЙРОАВТОМАТНО-СЕТЕВЫЕ КОММУТАЦИОННЫЕ СТРУКТУРЫ ВЕТВЛЕНИЯ

В работе изложен принцип самоорганизации в нейроавтоматно-сетевых коммутационных структурах "Ветвление", описана разработанная модель процесса самоорганизации, приведены результаты моделирования процесса самоорганизации в нейроавтоматно-сетевой коммутационной структуре, подтверждающие правильность математической модели процесса самоорганизации в нейроавтоматно-сетевой коммутационной структуре "Ветвление".

**Ключевые слова:** нейроавтомат, нейроавтоматно-сетевая структура, самоорганизация, коммутационная структура, модель, динамика средних, моделирование.

### Введение

Нейроавтоматные сети (НАС) [1] представляют собой совокупность нейроавтоматно-сетевых структур (НАСС), соединенных так, что между НАСС с номером  $n-1$  и НАСС с номером  $n$  осуществляется передача данных, полученных в результате выполнения НАСС текущей операции. НАС содержит узлы ветвления, которые осуществляют передачу данных двум соседним НАСС. Такой узел представлен нейроавтоматно-сетевой коммутационной структурой (НАСКС) "Ветвление", которая осуществляет коммутацию данных в нейроавтоматных сетях.

НАСКС представляет собой трехслойную структуру. Первый слой содержит бинарный кортеж нейроавтоматов ( $S_1$ ). Под бинарным кортежем понимается кортеж, содержащий два гомогенных кортежа. Компоненты кортежей представлены нейроавтоматами. Третий слой содержит два бинарных кортежа ( $S_2, S_3$ ). Во втором слое НАСКС указаны механизмы, осуществляющие *предопределенно-случайное* взаимодействие компонент (МПСВК) соответствующих кортежей, расположенных в первом и третьем слоях.

*Предопределенность* заключается в том, что известен кортеж, компонента которого осуществляет поиск, и кортеж, в котором осуществляется поиск компоненты, готовой к взаимодействию с компонентой, осуществляющей поиск.

*Случайность* заключается в том, что неизвестно, какая из компонент кортежа, готовых к взаимодействию, будет выбрана.

Данные в НАСКС содержатся в кортежах и представлены количеством компонент кортежа, находящихся в состоянии  $q_8$ . С целью идентификации знака один кортеж бинарного кортежа принимается как "положительный" кортеж, предназначенный для хранения положительных чисел, другой – как "отрицательный" для хранения отрицательных чисел.

Нейроавтомат (НА) представлен автоматнo-логико-предикативной моделью [2, 3]:

$$НА = \langle Q, P, X, Y, f, h \rangle, \quad (1)$$

где  $Q$  – множество состояний,  $P$  – множество параметров,  $X, Y$  – множества входных и выходных сигналов,  $f: Q \times P \times X \times \rightarrow Q$  и  $h: Q \times X \rightarrow Y$  – функции переходов и выходов, соответственно.

Здесь  $Q = \{q_1, q_8, q_9\}$ , где  $q_1$  – состояние приема сигналов возбуждения ( $x_0$ );  $q_8$  – состояние генерирования сигнала возбуждения ( $x_0$ );  $q_9$  – состояние генерирования сигнала возбуждения ( $x_1$ ).  $X = Y = \{x_0, x_1\}$ , где  $x_0, x_1$  – сигналы возбуждения.

В данной работе приведены математическая модель процесса самоорганизации и описание предложенного принципа самоорганизации в нейроавтоматно-сетевых коммутационных структурах "Ветвление", результаты и анализ результатов моделирования самоорганизации в НАСКС.

### Описание модели процесса самоорганизации в базовых нейроавтоматно-сетевых коммутационных структурах "Ветвление"

НАСКС "Ветвление" состоит из двух автономных структур. Одна из них содержит "положительные" кортежи, принадлежащие первому и третьему слоям НАСКС, и соответствующие МПСВК второго слоя. Другая структура содержит "отрицательные" кортежи, принадлежащие также первому и третьему слоям НАСКС, и соответствующие МПСВК второго слоя. Процессы самоорганизации в обеих структурах идентичны. Рассмотрим процесс самоорганизации в одной из перечисленных выше структур НАСКС. В процессе самоорганизации принимают участие три группы компонент, принадлежащих кортежам  $S_1, S_2$  и  $S_3$ , где  $S_1$  – "положительный" кортеж, принадлежащий первому слою.  $S_2, S_3$  – "положительные" кортежи, принадлежащие третьему слою НАСКС.

Для осуществления операции ветвления предложена следующая организация взаимодействия между компонентами кортежей  $S_1$ ,  $S_2$  и  $S_3$ :

1. Каждая компонента кортежа  $S_1$ , находящаяся в состоянии  $q_8$ , может взаимодействовать с одной случайно выбранной компонентой кортежа  $S_2$ , находящейся в состоянии  $q_1$ .

2. Компонента кортежа  $S_2$ , с которой осуществлено взаимодействие, переходит в состояние возбуждения ( $q_8$ ). Компонента кортежа  $S_1$ , осуществившая взаимодействие, переходит в состояние  $q_9$ .

3. Компонента кортежа  $S_1$ , перешедшая в состояние  $q_9$  взаимодействует со случайно выбранной компонентой кортежа  $S_3$ , находящейся в состоянии  $q_1$ , и после осуществления взаимодействия переходит в состояние  $q_1$ .

4. В процессе дальнейшего взаимодействия компоненты кортежа  $S_1$ , находящиеся в состоянии  $q_8$ , продолжают осуществлять взаимодействие с другими, находящимися в состоянии  $q_1$ , компонентами кортежа  $S_2$ . Одновременно компоненты кортежа  $S_1$ , находящиеся в состоянии  $q_9$ , осуществляют взаимодействие с компонентами кортежа  $S_3$ , находящиеся в состоянии  $q_1$ .

5. Процесс взаимодействия компонент кортежей происходит до тех пор, пока в кортеже  $S_1$  имеются компоненты, находящиеся в состояниях  $q_8$  и  $q_9$ , а в кортежах  $S_2$  и  $S_3$  имеются компоненты, находящиеся в состоянии  $q_1$ .

6. Если в кортеже  $S_1$  остаются компоненты, находящиеся в состояниях  $q_8$  и  $q_9$ , а в кортежах  $S_2$  и  $S_3$  нет компонент, находящихся в состоянии  $q_1$ . В данной ситуации вступает в действие механизм принудительного перевода компонент кортежа  $S_1$  из состояний  $q_8$  и  $q_9$  в состояния  $q_9$  и  $q_1$  соответственно.

Такая организация взаимодействия компонент кортежей  $S_1$ ,  $S_2$  и  $S_3$  между собой обеспечивает самоорганизацию НАСКК "Ветвление". В процессе взаимодействия компонент кортежей  $S_1$ ,  $S_2$  и  $S_3$  между собой происходит переход НАСКК "Ветвление" от структуры с "разделенными частями" ( $S_1$ ,  $S_2$  и  $S_3$ ) к структуре со "связанными частями". Структура со связанными частями образуется в результате образования случайных, реконфигурируемых во времени, связей между компонентами кортежей  $S_1$ ,  $S_2$  и  $S_3$  без какого-либо внешнего вмешательства [4, 5].

Графы состояний компонент кортежей  $S_1$ ,  $S_2$  и  $S_3$  приведены на рис. 1.

**Уравнения динамики средних численностей состояний компонент кортежей  $S_1$ ,  $S_2$  и  $S_3$**

Пусть  $X_{q_1}(t)$ ,  $X_{q_8}(t)$ ,  $X_{q_9}(t)$  – количество компонент кортежей, находящихся в момент времени  $t$  в состояниях  $q_1$ ,  $q_8$  и  $q_9$ , соответственно.

Для кортежа  $S_1$ :

$$X_{q_1}^1(t), X_{q_8}^1(t), X_{q_9}^1(t). \tag{2}$$

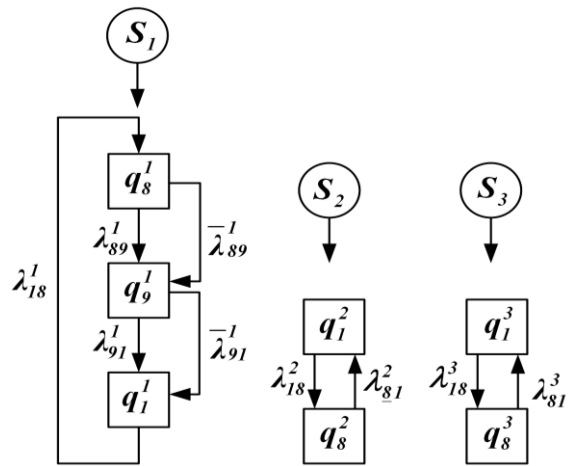


Рис. 1. Графы состояний компонент кортежей  $S_1$ ,  $S_2$  и  $S_3$

Для кортежа  $S_2$ :

$$X_{q_1}^2(t), X_{q_8}^2(t). \tag{3}$$

Для кортежа  $S_3$ :

$$X_{q_1}^3(t), X_{q_8}^3(t). \tag{4}$$

Определим мощности кортежей  $S_2$  и  $S_3$ .

Для кортежа  $S_2$ :

$$N_{S_2} = X_{q_1}^2(0) + X_{q_8}^2(0). \tag{5}$$

Для кортежа  $S_3$ :

$$N_{S_3} = X_{q_1}^3(0) + X_{q_8}^3(0). \tag{6}$$

Мощность кортежа  $N_{S_1}$  определяется величиной  $2 \times X_{q_8}^1$ .

Цель НАСКК "Ветвление" – осуществить следующую операцию:

$$\left. \begin{aligned} X_{q_8}^2(t_k) &= X_{q_8}^1(t_0) \\ X_{q_8}^3(t_k) &= X_{q_8}^1(t_0) \end{aligned} \right\} X_{q_8}^1(t_k) = 0, \tag{7}$$

где  $X_{q_8}^2(t_k)$  – количество компонент кортежа  $S_2$  в состоянии  $q_8$  после завершения операции ветвления (при  $t = t_k$ );  $X_{q_8}^3(t_k)$  – количество компонент кортежа  $S_3$  в состоянии  $q_8$  после завершения операции ветвления (при  $t = t_k$ );  $X_{q_8}^1(t_0)$  – количество компонент кортежа  $S_1$ , находящихся в состоянии  $q_8$  перед началом активизации НАСКК "Ветвление" (при  $t = 0$ );  $X_{q_8}^1(t_k) = 0$  – количество компонент кортежа  $S_1$  в состоянии  $q_8$  после завершения операции ветвления (при  $t = t_k$ ).

Граф состояний компонент кортежей  $S_1$ ,  $S_2$  и  $S_3$  показан на рис. 1, где  $\lambda_{89}^1$ ,  $\lambda_{91}^1$ ,  $\lambda_{18}^2$ ,  $\lambda_{18}^3$  – интенсивности потоков событий, переводящие компоненты кортежей из состояния в состояние. В рассматриваемом случае интенсивности  $\lambda_{89}^1$ ,  $\lambda_{91}^1$ ,  $\lambda_{18}^2$ ,

$\lambda_{18}^3$  изменяются во времени в зависимости от численностей состояний (количества компонент кортежей, находящихся в состоянии  $q_8$ ). Потому необходимо определить эти интенсивности, учитывая при этом, что:

$$\lambda_{89}^1 = \lambda_{18}^2, \lambda_{91}^1 = \lambda_{18}^3. \quad (8)$$

В данном случае рассматривается автономная НАСКС "Ветвление". Компоненты кортежей  $S_1, S_2, S_3$ , находящиеся (соответственно) в состояниях  $q_1, q_8$  и  $q_9$ , не взаимодействуют ни с какими компонентами. Следовательно,

$$\lambda_{18}^1 = \lambda_{81}^2 = \lambda_{81}^3 = 0. \quad (9)$$

Поскольку интенсивности  $\lambda_{89}^{-1}, \lambda_{91}^{-1}$  (см. рис. 1) потоков событий, переводящие компоненты кортежа  $S_1$  из состояний  $q_8$  и  $q_9$  в состояния  $q_9$  и  $q_1$  соответственно, не зависят от времени и численностей состояний компонент кортежей, то они заданы целыми положительными константами. Эти константы определяют скорость принудительных переходов компонент кортежей из состояния в состояние.

Определим интенсивность  $\lambda_{18}^2$ .

Каждая компонента кортежа  $S_1$ , находящаяся в состоянии  $q_8^1$ , производит в единицу времени  $\lambda_1$  взаимодействий с компонентами кортежа  $S_2$ , находящимися в состоянии  $q_1^2$ .

В момент времени  $t$  производят взаимодействие  $X_{q_8^1}(t)$  компонент кортежа  $S_1$  с компонентами кортежа  $S_2$ . Суммарно в единицу времени они в среднем осуществляют

$$\lambda_1 X_{q_8^1}(t) \quad (10)$$

взаимодействий. Эти взаимодействия равномерно распределяются между всеми компонентами кортежа  $S_2$ , находящимися в состоянии  $q_1^2$ , так что на каждую из них приходится в среднем

$$-\lambda_1 X_{q_8^1}(t) / \left( X_{q_1^2}(t) \right) \quad (11)$$

взаимодействий. Величина интенсивности (11) умножается согласно [6] на значение функции  $R(X_{q_1^2}(t))$  (12), которая обращается в нуль при  $X_{q_1^2}(t) = 0$ , поскольку, если в кортеже  $S_2$  к моменту времени  $t$  не осталось ни одной компоненты, находящейся в состоянии  $q_1^2$ , компонентам кортежа  $S_1$ , находящимся в состоянии  $q_8^1$ , не с кем осуществлять взаимодействие

$$R(X_{q_1^2}(t)) = \begin{cases} X_{q_1^2}(t) & \text{при } X_{q_1^2}(t) > 0, \\ 0 & \text{при } X_{q_1^2}(t) = 0. \end{cases} \quad (12)$$

Учитывая, что

$$\frac{R(X_{q_1^2}(t))}{X_{q_1^2}(t)} = \rho \left( X_{q_1^2}(t) \right) \quad [9],$$

получим

$$\begin{aligned} \lambda_{18}^2 &= \frac{\lambda_1 X_{q_8^1}(t) \cdot X_{q_1^2}(t) \rho \left( X_{q_1^2}(t) \right)}{X_{q_1^2}(t)} = \\ &= \lambda_1 X_{q_8^1}(t) \rho \left( X_{q_1^2}(t) \right), \quad (13) \\ \rho \left( X_{q_1^2}(t) \right) &= \begin{cases} 1 & \text{при } X_{q_1^2}(t) > 0; \\ 0 & \text{при } X_{q_1^2}(t) = 0. \end{cases} \end{aligned}$$

Так как по определению  $\lambda_{89}^1 = \lambda_{18}^2$ , то

$$\lambda_{89}^1 = \lambda_1 X_{q_8^1}(t) \rho \left( X_{q_1^2}(t) \right). \quad (14)$$

Определим интенсивность  $\lambda_{18}^3$ .

Каждая компонента кортежа  $S_1$ , находящаяся в состоянии  $q_9^1$ , производит в единицу времени  $\lambda_1$  взаимодействий с компонентами кортежа  $S_3$ , находящимися в состоянии  $q_1^3$ .

В момент времени  $t$   $X_{q_9^1}(t)$  компонент кортежа  $S_1$  производят взаимодействие с компонентами кортежа  $S_3$ . Все вместе в единицу времени они производят в среднем

$$\lambda_1 X_{q_9^1}(t) \quad (15)$$

взаимодействий. Эти взаимодействия равномерно распределяются между всеми компонентами кортежа  $S_3$ , находящимися в состоянии  $q_1^3$ , так что на каждый из них приходится в среднем

$$\frac{\lambda_1 X_{q_9^1}(t)}{X_{q_1^3}(t)} \quad (16)$$

взаимодействий.

Величина интенсивности (16) согласно [6] умножается на функцию  $R(X_{q_1^3}(t))$  (17), которая обращается в нуль при  $X_{q_1^3}(t) = 0$

$$R(X_{q_1^3}(t)) = \begin{cases} X_{q_1^3}(t) & \text{при } X_{q_1^3}(t) > 0, \\ 0 & \text{при } X_{q_1^3}(t) = 0. \end{cases} \quad (17)$$

Учитывая, что

$$\frac{R(X_{q_1^3}(t))}{X_{q_1^3}(t)} = \rho \left( X_{q_1^3}(t) \right),$$

получим

$$\lambda_{18}^3 = \frac{\lambda_1 X_{q9}^1(t) \cdot X_{q1}^2(t) \rho(X_{q1}^3(t))}{X_{q1}^2(t)} = \lambda_1 X_{q9}^1(t) \rho(X_{q1}^3(t)),$$

$$\rho(X_{q1}^3(t)) = \begin{cases} 1 & \text{при } X_{q1}^3(t) > 0; \\ 0 & \text{при } X_{q1}^3(t) = 0. \end{cases}$$

Так как  $\lambda_{91}^1 = \lambda_{18}^3$ , тогда

$$\lambda_{91}^1 = \lambda_1 X_{q9}^1(t) \rho(X_{q1}^3(t)).$$

Зная интенсивности  $\lambda_{89}^1, \lambda_{91}^1, \lambda_{18}^2, \lambda_{18}^3, \lambda_{89}^{-1}, \lambda_{91}^{-1}$ , на основании графов (рис. 1а,б,в) запишем уравнения динамики средних численностей состояний:

$$\left. \begin{aligned} \frac{d(m_{q8}^1(t))}{dt} &= -\lambda_1 m_{q8}^1(t) \rho(m_{q1}^2(t)) - \\ & - \lambda_{89}^{-1} \times m_{q8}^1(t) f(m_{q1}^2(t), m_{q8}^1(t)), \\ \frac{d(m_{q9}^1(t))}{dt} &= \lambda_1 m_{q8}^1(t) \rho(m_{q1}^2(t)) + \\ & + \lambda_{89}^{-1} \times m_{q8}^1(t) f(m_{q1}^2(t), m_{q8}^1(t)) - \\ & - \lambda_1 m_{q9}^1(t) \rho(m_{q1}^3(t)) - \\ & - \lambda_{91}^{-1} \times m_{q9}^1(t) f(m_{q1}^3(t), m_{q9}^1(t)), \\ \frac{d(m_{q1}^1(t))}{dt} &= \lambda_1 m_{q9}^1(t) \rho(m_{q1}^3(t)) + \\ & + \lambda_{91}^{-1} \times m_{q9}^1(t) f(m_{q1}^3(t), m_{q9}^1(t)), \\ \frac{d(m_{q1}^2(t))}{dt} &= -\lambda_1 m_{q8}^1(t) \rho(m_{q1}^2(t)), \\ \frac{d(m_{q8}^2(t))}{dt} &= \lambda_1 m_{q1}^1(t) \rho(m_{q1}^2(t)), \\ \frac{d(m_{q1}^3(t))}{dt} &= -\lambda_1 m_{q9}^1(t) \rho(m_{q1}^3(t)), \\ \frac{d(m_{q8}^3(t))}{dt} &= \lambda_1 m_{q9}^1(t) \rho(m_{q1}^3(t)). \end{aligned} \right\} (20)$$

$$\rho(m_{q1}^2(t)) = \begin{cases} 1 & \text{при } m_{q1}^2(t) > 0,5; \\ 0 & \text{при } m_{q1}^2(t) < 0,5. \end{cases} (21)$$

$$\rho(m_{q1}^3(t)) = \begin{cases} 1 & \text{при } m_{q1}^3(t) > 0,5; \\ 0 & \text{при } m_{q1}^3(t) < 0,5. \end{cases} (22)$$

Различие  $\rho(X_{q1}^2(t))$  (13) и  $\rho(m_{q1}^2(t))$  (21) заключается в том, что случайное целое число элементов  $X_{q1}^2(t)$  в состоянии  $q_2^1$  заменяется [6] его математическим ожиданием  $m_{q1}^2(t)$ , при этом оно может быть не целым числом. Поэтому необходимо принять следующие условия. Если  $m_{q1}^2(t) < 0.5$ , то (21) равно нулю. Если  $m_{q1}^2(t) > 0.5$ , то (21) равно единице. При моделировании этот факт необходимо учитывать, иначе условия (13) и (18) всегда будут равны 1, потому что при моделировании  $m_{q1}^2(t_k) = 0.3 \times 10^{-6} > 0$ .

Сказанное выше относится и к различию между  $\rho(X_{q1}^3(t))$  (18) и  $\rho(m_{q1}^3(t))$  (22).

$$f(m_{q1}^2(t), m_{q8}^1(t)) = \begin{cases} 0 & \text{при } \rho(m_{q1}^2(t)) = 1, \\ 1 & \text{при } (\rho(m_{q1}^2(t)) = 0) \wedge (m_{q8}^1(t) > 0). \end{cases} (23)$$

$$f(m_{q1}^3(t), m_{q9}^1(t)) = \begin{cases} 0 & \text{при } \rho(m_{q1}^3(t)) = 1, \\ 1 & \text{при } (\rho(m_{q1}^3(t)) = 0) \wedge (m_{q9}^1(t) > 0). \end{cases} (24)$$

### Моделирование процесса самоорганизации в НАСК "Ветвление"

На рис. 2 – 8 приведены изменения средних численностей состояний компонент кортежей  $S_1, S_2$  и  $S_3$  в процессе самоорганизации НАСК "Ветвление".

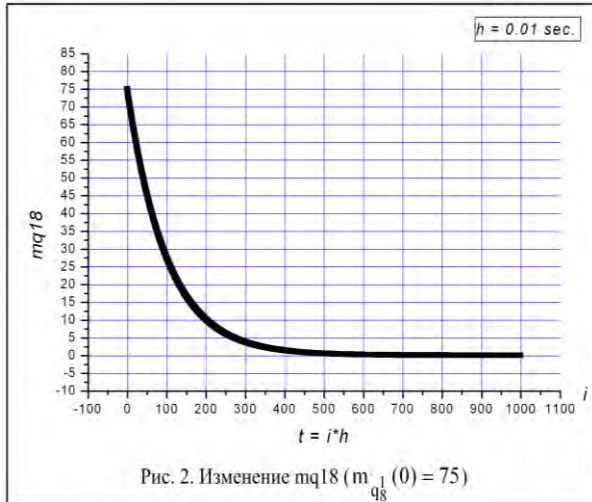
Таблица 1

Исходные данные моделирования

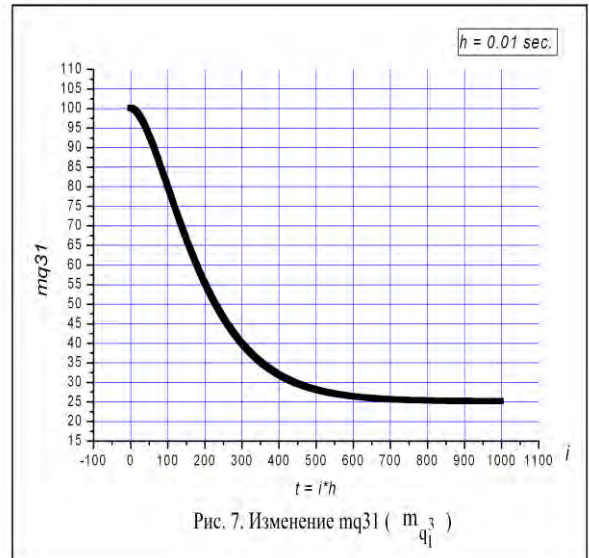
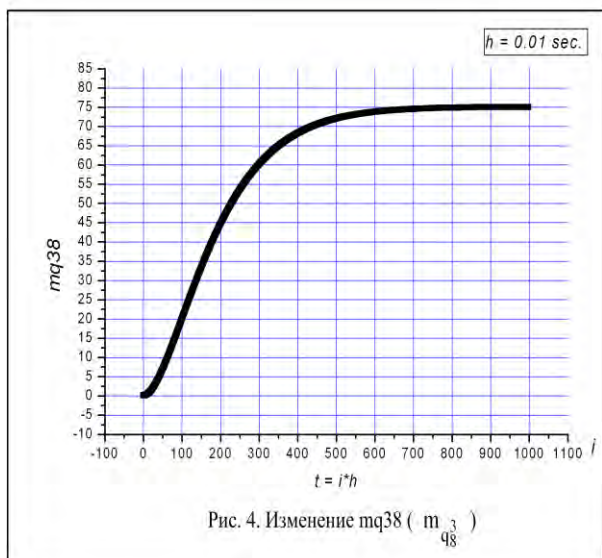
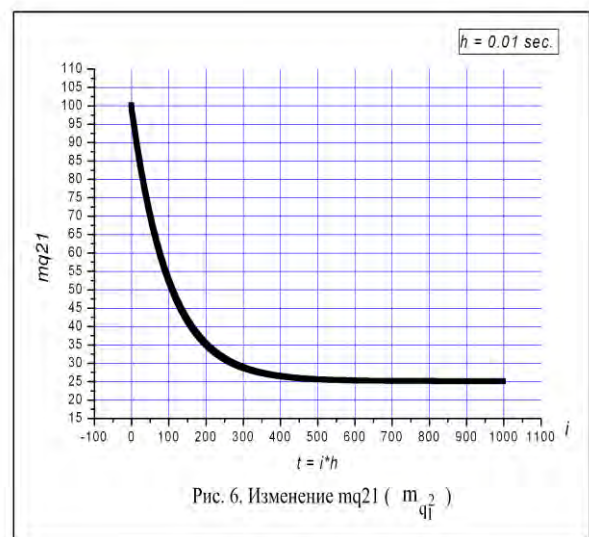
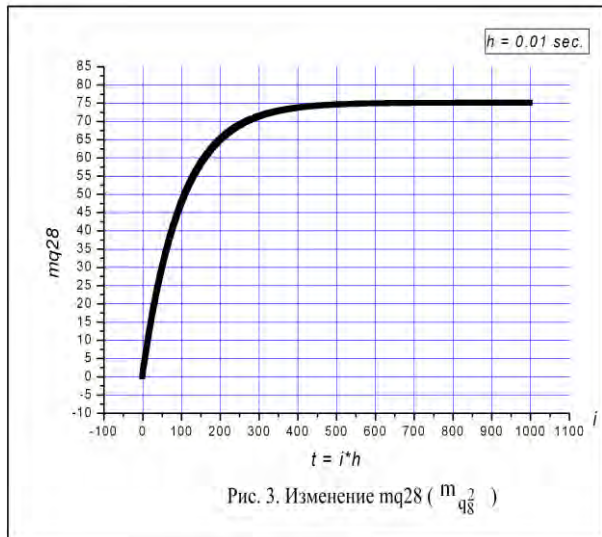
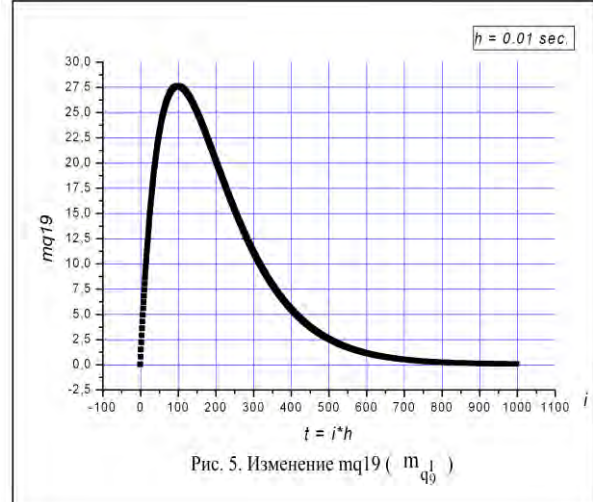
Параметр	Значение	Параметр	Значение
$\lambda$	1.0	$m_{q1}^2$	100
h	0.01	$m_{q1}^3$	100
$m_{q8}^1$	75	$m_{q8}^2$	0
$m_{q1}^1$	25	$m_{q8}^3$	0
$m_{q9}^1$	0	-	-

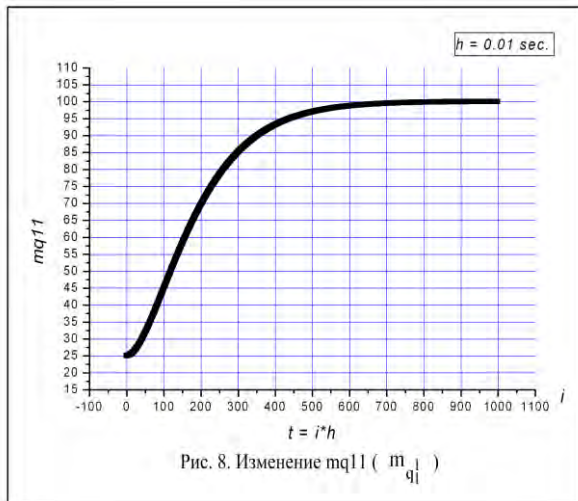
Из анализа рис. 2 – 8 видно, что заданное исходное значение  $m_{q8}^1(0) = 75$  (рис. 2) после завершения операции ветвления было присвоено значениям  $m_{q8}^2$  (рис. 3) и  $m_{q8}^3$  (рис. 4).

По мере того, как компоненты кортежа  $S_1$ , находящиеся в состоянии  $q_8$ , взаимодействуют с компонентами кортежа  $S_2$ , находящимися в состоянии  $q_1$ , последние переходят в состояние  $q_8$ , пополняя численность  $m_{q_8}^2$  (рис. 3).



Компоненты кортежа  $S_1$ , осуществившие взаимодействие, переходят в состояние  $q_9$ , (рис. 5), которые, в свою очередь, взаимодействуют с компонентами кортежа  $S_3$ , находящимися в состоянии  $q_1$ , и пополняют численность  $m_{q_8}^3$  (рис. 4), после чего переходят в состояние  $q_1$  (рис. 8).



Рис. 8. Изменение  $m_{q11}$  ( $m_{q1}$ )

В процессе самоорганизации в нейроавтоматно-сетевых коммутационных структурах "Ветвление" происходит уменьшение средних численностей  $m_{q2}$  (рис. 6) и  $m_{q3}$  (рис. 7).

Скорость процесса самоорганизации в НАСКС "Ветвление" определяется значением параметра  $\lambda_{\square}$ . Для большей графической наглядности динамики изменения средних численностей состояний компонент кортежей  $S_1$ ,  $S_2$  и  $S_3$  в процессе моделирования значение  $\lambda_{\square}$  выбрано малым, равным единице.

Подчеркнутые члены уравнения (20) предназначены для реализации механизма принудительного перехода компонент кортежа  $S_1$  из состояний  $q_8$ ,  $q_9$  в состояния  $q_9$ ,  $q_1$ , в процессе моделирования не обрабатывались, поскольку выполнено условие:  $m_{q18}(0) < 100$  и  $m_{q31}(0) = 100$ .

### Выводы

Результаты проведенных исследований подтверждают возможность использования самоорганизующихся НАСКС ветвления для решения проблемы коммутации в нейроавтоматно-сетевых структурах.

Результаты моделирования подтверждают адекватность предложенной математической модели процесса самоорганизации в НАСКС "Ветвление".

### Список литературы

1. Филиппенко О.И. Биологические, искусственные и нейроавтоматные сети – сравнительный анализ, Часть 3. Искусственные нейроавтоматные сети / О.И. Филиппенко, И.Г. Филиппенко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2005. - №4/2 (16). - С.29 – 41.
2. Филиппенко И. Г. Методика синтеза функции отображения  $f^{\rho}(\rho_{\rho}, E_{\rho}, q_{\rho})$  логико-предикатной модели F-нейрона / И. Г. Филиппенко, А. Ю. Глушакова // Информационно-керуючі системи на залізничному транспорті. - 1999. - № 4. – С. 114-115.
3. Филиппенко И. Г. Интеллектуальный нейрон как основа построения отказоустойчивых и живучих нейровычислительных сетей / И. Г. Филиппенко, А. Ю. Глушакова // Вестник ХГПУ.
4. Эшби У.Р. Принципы самоорганизации / У.Р. Эшби // Из книги Принципы самоорганизации : пер. с англ. – М.: Мир, 1966. 621 с.
5. Самсонкин В.Н. Моделирование в самоорганизующихся системах / В.Н. Самсонкин, В.А. Друзь, Е.С. Федорович. – Донецк: Издатель Заславский А.Ю., 2010. – 104 с.
6. Венцель Е.С. Исследование операций / Е.С. Венцель. – М.: Советское радио, 1972. – 552 с.

Поступила в редколлегию 27.06.2012

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.Г. Удовенко, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков.

### САМООРГАНІЗУЮЧІ НЕЙРОАВТОМАТНО-МЕРЕЖНІ КОМУТАЦІЙНІ СТРУКТУРИ РОЗГАЛУЖЕННЯ

І.Г. Філіппенко, О.І. Філіппенко

У роботі викладено принцип самоорганізації в нейроавтоматно-мережєвих комутаційних структурах "Галуження", описана розроблена модель процесу самоорганізації, наведені результати моделювання процесу самоорганізації в нейроавтоматно-мережєвій комутаційній структурі, що підтверджують правильність математичної моделі процесу самоорганізації в нейроавтоматно-мережєвій комутаційній структурі "Галуження".

**Ключові слова:** нейроавтомат, нейроавтоматно-мережєва структура, самоорганізація, комутаційна структура, модель, динаміка середніх, моделювання

### SELF-ORGANIZING NEUROAUTOMATON-NETWORK SWITCHING STRUCTURES OF BRANCHING

I.G. Filippenko, O.I. Filippenko

The paper sets out the principle of self-organization in neuroautomated switching network structures "Branching". The developed model of the process of self-organization, the results of modeling the process of self-organization in neuroautomated switching network structure – confirm the correctness of the mathematical model of the process of self-organization in neuroautomated-switching network structure "branching".

**Keywords:** neuro automate, neuroautomated switching network structure, self-organization, switching structure, model, dynamic medium, simulation,