

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕГО РЕАЛИЗАЦИИ НА В-КОМПЬЮТЕРАХ

Г. Е. Деев^а, С. В. Ермаков^б

Обнинский институт атомной энергетики, Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Обнинск, Российская Федерация

^а  georgdeo@mail.ru, ^б ermakov@iate.obninsk.ru

Аннотация: в статье рассматривается перспектива развития вычислительной техники и искусственного интеллекта (ИИ), связанных с В-технологией, которая использует иной принцип работы, чем А-технология, применяемая в современной компьютерной технике. В-технология позволяет создавать вычислительные устройства для любой системы счисления, обеспечивает максимальную надежность и скорость вычислений, а также имеет упрощенную элементную базу. В-компьютеры обладают замечательными свойствами, такими как насыщенность устройствами для вычисления большого набора функций и наличие устройства с варьируемой структурой (ВВС) для создания новых вычислительных устройств внутри компьютера.

В-компьютеры, как и нейронные сети, способны синтезировать вычислительные устройства по фрагментам отображений, причем, в отличие от нейронных сетей, синтезированное устройство оказывается полностью известным, а, значит, известным является и отображение, связанное с ним.

В-компьютеры способны к саморазвитию, к неограниченному увеличению своей вычислительной мощности, причем, не только за счет улучшения технических параметров, но и за счет способности внутри себя создавать вычислительные устройства.

Ключевые слова: искусственный интеллект, устройства с варьируемой структурой, В-компьютеры, В-схемы.

Для цитирования: Деев Г. Е., Ермаков С. В. Искусственный интеллект и перспективы его реализации на В-компьютерах. *Успехи кибернетики*. 2025;6(1):47–54.

Поступила в редакцию: 25.02.2025.

В окончательном варианте: 09.03.2025.

POSSIBLE B-COMPUTER IMPLEMENTATIONS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE

G. E. Deev^a, S. V. Ermakov^b

Obninsk Institute for Nuclear Power Engineering, National Research Nuclear University MEPhI, Obninsk, Russian Federation

^a  georgdeo@mail.ru, ^b ermakov@iate.obninsk.ru

Abstract: we explore the prospects for computing and artificial intelligence (AI) development based on B-technology, which operates on a different principle than the A-technology used in modern computing. B-technology enables us to create computing devices for any number system, ensuring maximum reliability and speed while using a simplified element base. B-computers offer remarkable capabilities, including a high density of function-computing devices and a variable structure device (VSD) that allows us to generate new computing devices within the computer.

Like neural networks, B-computers synthesize computational devices from fragments of mappings. However, unlike neural networks, the synthesized device is fully known, making its associated mapping completely transparent. B-computers self-develop and infinitely expand their computing power not only by improving technical parameters but also by generating new computing devices within themselves.

Keywords: artificial intelligence, variable structure devices, B-computers, B-circuits.

Cite this article: Deev G. E., Ermakov S. V. Possible B-Computer Implementations of Artificial Intelligence. *Russian Journal of Cybernetics*. 2025;6(1):47–54.

Original article submitted: 25.02.2025.

Revision submitted: 09.03.2025.

Общие положения

Скажем несколько слов об искусственном интеллекте (ИИ). Это одно из тех понятий, в названии которого достаточно хорошо отражена его суть. Это, во-первых, искусственно созданный объект и, во-вторых, обладающий интеллектом.

Огромное число объектов окружающего мира созданы искусственно. Но все они интеллектом не обладают. Таким образом, к настоящему времени таких объектов, как ИИ в полном смысле этого слова не существует. Объекты, которым приписывается название ИИ, являются, по существу, запрограммированными роботами, моделирующими разумное поведение. Сюда относятся роботы, функционирующие на производствах, нейронные сети и GPT [1–7].

Устройства с варьируемой структурой

Рассмотрим перспективы развития вычислительной техники и перспективы развития ИИ, связанного с этой техникой. Отметим, что речь идет о весьма отдаленной перспективе. Та технология, о которой мы будем сейчас говорить, будет проникать в жизнь постепенно, ей предстоит пройти путь, который прошла современная компьютерная техника. Но, поскольку мы уже имеем опыт развития, связанный с современной вычислительной техникой, можно надеяться, что путь этот будет значительно короче.

Речь идет о так называемой В-технологии (В — латинское) [8, 9]. Современную компьютерную технологию мы называем А-технологией, поскольку ей принадлежит очевидный исторический приоритет. Главный принцип А-технологии состоит в том, что по информационным линиям могут передаваться несколько информационных сигналов. На заре развития вычислительной техники, когда по линиям пытались передавать несколько информационных сигналов, возникали трудности, связанные с надежностью вычислений. Этому делу положил конец Дж. фон Нейман, когда он сформулировал тезис о том, что для создания вычислительной техники наилучшей является двоичная система счисления. В этом случае по линиям передается не более двух сигналов и вычисление становится максимально надежным. С тех пор все компьютеры двоичные.

В В-технологии используется другой принцип: по каждой информационной линии может проходить только один информационный сигнал. Таким образом, между линией и сигналом устанавливается взаимно однозначное соответствие. Казалось бы, обеднение, но в действительности использование этого принципа приводит к массе полезных вещей. Этот принцип мы называем В-принципом. Как уже было сказано, В-принцип в настоящее время в вычислительной технике не используется. Он используется физиками в лабораторных работах, когда они по линии передают только один сигнал. Но им нет необходимости придавать этому принципиальное значение, и они на этом не акцентируют своего внимания.

Нами разработано большое количество вычислительных устройств на базе В-принципа. Оказалось, что можно создавать вычислительные устройства для любой системы счисления (а не только для двоичной). Это важно, так как скорость вычислений растет с ростом основания системы счисления. Кроме того, надежность вычислений становится максимальной, скорость вычислений максимальна и много других параметров, причем, всегда на уровне экстремальных значений. В-компьютеры обладают минимальной элементной базой: она состоит только из элемента &. Для сравнения, элементная база А-компьютеров весьма разнообразна: это элементы «И», «ИЛИ», «ИНЕ» и пр. Из сравнения элементных баз можно сделать вывод, что схемы В-устройств должны быть значительно проще аналогичных А-схем тех же устройств.

Компьютеры на В-схемах обладают массой замечательных свойств, одним из которых является насыщенность компьютера устройствами для вычислений большого набора функций. Это своеобразная библиотека функций компьютера, вычисляемых аппаратно. Наличие такой библиотеки приводит к ускорению вычислений, так как хорошо известно, что вычисление функции устройством происходит быстрее, чем при вычислении ее программой. Заметим, что в А-компьютерах аналогичная функция вычислялась бы программно.

Еще одним замечательным свойством В-компьютера является наличие в нем устройства с варьируемой структурой (УВС), являющегося, по существу, создателем внутри компьютера новых устройств, встраиваемых в архитектуру компьютера. Эти вновь созданные устройства усиливают вычислительную мощь компьютера.

Таким образом, В-компьютеры допускают внутри себя нечто наподобие производства по созданию вычислительных устройств — вещь, совершенно немыслимую в А-компьютерах. Процесс создания нового вычислительного устройства внутри компьютера напоминает процесс настройки нейронной сети, но обладает некоторыми отличительными особенностями, причем, эти особенности в пользу В-компьютера. Опишем далее работу УВС.

Пример синтеза а.в.у. по фрагменту отображения

Всякое отображение f есть набор соответствий вида $f : X \ni \bar{x} \rightarrow \bar{y} \in Y$, где X — область определения отображения, $\bar{x}$ — элемент из области определения отображения, Y — область значений отображения, $\bar{y}$ — элемент из области значений отображения. Заметим, что символами с чертой, наподобие, $\bar{x}$ обозначаются числа и числоподобные объекты: $\bar{x} = \dots x_n \dots x_2 x_1 x_0$, в то время как без черты, x — цифры, иногда с индексами.

Устройство с варьируемой структурой (УВС) схематически представлено на рис. 1.

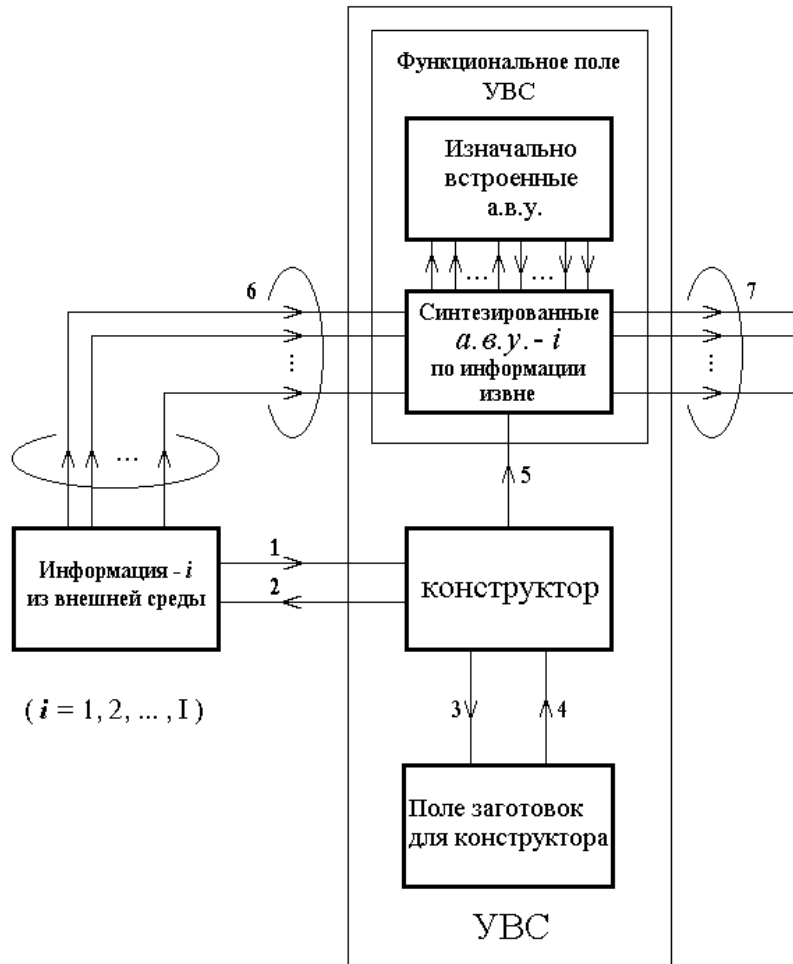


Рис. 1. Схема УВС

Конструктор на этой схеме — это и есть упомянутый выше создатель устройств. Обращает на себя внимание поле заготовок конструктора. Оно состоит из «сырых» В-схем устройств, т.е. еще не готовых устройств. После простановки на них соединений они становятся полноценными устройствами и интегрируются в компьютер. Поле заготовок потенциально может состоять из любого количества заготовок. С развитием миниатюризации компьютерной технологии количество их может исчисляться миллионами и когда количество таких структур в компьютере начинает исчисляться миллионами, вот тогда можно говорить, что мы приближаемся к ИИ.

На рис. 2 слева, приведен пример пустой заготовки, и справа, она же, но с уже выбранным вариантом связей. Как видим, превращение пустой заготовки в реально действующий прибор сводится в В-схемах к простому физическому действию — простановке точки на перекрестиях линии. Такая команда исходит от конструктора из УВС. Количество вариантов таких простановок для данной заготовки огромно и равно 7^{84} . Столько вычислительных устройств можно создать на такой заготовке. Если учесть, что заготовки могут быть разными, более простыми и более сложными, а также, что количество их может быть чрезвычайно велико, то легко себе представить, какой огромный вычислительный потенциал скрывается за В-компьютерами.

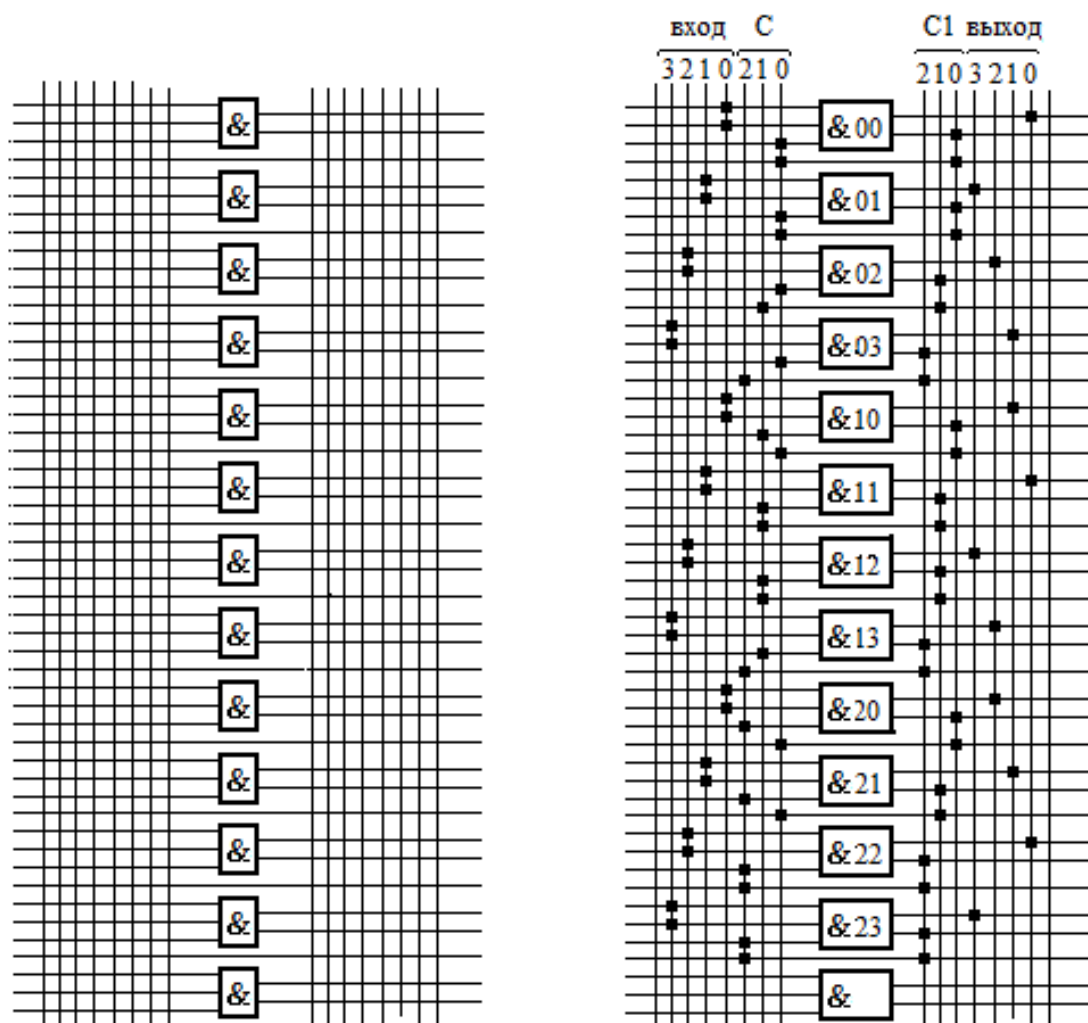


Рис. 2. Заготовка без соединений (слева) и заготовка с соединениями (справа)

Способность В-компьютеров к созданию внутри себя других вычислительных устройств и тем самым к самостоятельному увеличению своего вычислительного интеллектуала можно назвать способностью к саморазвитию. Итак, В-компьютеры способны к саморазвитию.

Понятно, что на вход компьютера поступает ограниченная информация из окружающего мира. В частности, ограниченная информация поступает о том отображении, для которого мы хотим построить устройство, вычисляющее любое конкретное соответствие этого отображения. И это принципиально в нашем реальном мире. Поэтому в некоторых случаях нельзя быть уверенным в том, что синтезированное устройство реализует изучаемое отображение в полном объеме.

Перейдем к примеру. Как уже было сказано, любое отображение есть множество соответствий типа $f : X \ni \bar{x} \rightarrow \bar{y} \in Y$, причем, в полном объеме это множество обычно не бывает известным. По этой причине мы вынуждены говорить, что то или иное высказывание имеет место «в предположении». Так это или на самом деле нет, выясняется в процессе использования синтезированных устройств. «Практика — критерий истины». Конечный набор соответствий $M = \{\bar{x}_i \rightarrow \bar{y}_i\}_{i=1}^{i=m}$ мы называем репрезентативным для отображения f , если синтезированное на его основе вычислительное устройство позволяет вычислить любое соответствие $f : X \ni \bar{x} \rightarrow \bar{y} \in Y$. Но в репрезентативности любого конкретного набора соответствий $M = \{\bar{x}_i \rightarrow \bar{y}_i\}_{i=1}^{i=m}$ мы уверены быть не можем. Но зато мы можем по результатам синтеза сразу определить, что оно не репрезентативно. Это мы можем сделать в том случае, если в результате синтеза получилось два или более устройств.

В самом деле, каждое устройство реализует свое «родное» отображение, и если у нас получилось несколько устройств, то это означает, что набор соответствий M является общим для этих нескольких отображений. Для дальнейшего решения задачи о нахождении устройства именно для нашего отображения надо дополнить набор M несколькими соответствиями, и так поступать до тех пор,

пока не останется только одного синтезированного устройства. Вот оно-то и будет главным претендентом на роль устройства, представляющего отображение f .

Мы не будем описывать алгоритм синтеза, а лишь приведем на примере результат его работы.

Пусть числовой объект $\overleftarrow{x} = 1300122203 \underset{0}{1}$ записан в четверичной системе счисления. Это значит, что все его цифры принадлежат множеству цифр $Z_{(4)} = \{0,1,2,3\}$. Стрелка $\leftarrow$ над объектом x указывает на направление роста разрядов, место нулевого разряда отмечено нулем снизу. Пусть, аналогично, объект $\overleftarrow{y} = 4403212103 \underset{0}{4}$ записан в пятеричной системе счисления, $Z_{(5)} = \{0,1,2,3,4\}$, и пусть в некотором отображении между объектами $\overleftarrow{x}$ и $\overleftarrow{y}$ есть соответствие, которое мы запишем в разрядной сетке:

$$\begin{array}{c|cccccccccccc}
 & t & 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 & 10 \\
 \hline
 \overleftarrow{x} & x_t & 1 & 3 & 0 & 2 & 2 & 2 & 1 & 0 & 0 & 3 & 1 \\
 \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow \\
 \overleftarrow{y} & y_t & 4 & 3 & 0 & 1 & 2 & 1 & 2 & 3 & 0 & 4 & 4
 \end{array} \quad (1)$$

$$\forall_{t=0}^{t=10} [x_t \in Z_{(4)}], \quad \forall_{t=0}^{t=10} [y_t \in Z_{(5)}].$$

Спрашивается, существует ли а.в.у., реализующее соответствие числовых объектов $\overleftarrow{x} \rightarrow \overleftarrow{y}$?

Алгоритм начинает поиск, т.е. вначале ставится вопрос, существует ли абстрактный автомат, реализующий указанное соответствие (отметим, что класс А-0 заполняют абстрактные автоматы).

В результате применения алгоритма синтеза а.в.у. по фрагментам отображения (в дальнейшем будем говорить просто — алгоритма) выясняется, что существуют два минимальных автомата A_1 и A_2 с двумя состояниями, для которых соответствие (1) имеет место. Эти автоматы задаются таблицами:

$$\begin{array}{c}
 A_1 : \quad \begin{array}{c|cc}
 & q & \\
 \hline
 x & 0 & 1 \\
 \hline
 0 & 0, 0 & 0, 3 \\
 1 & 1, 4 & 1, 2 \\
 2 & 1, 1 & 0, 2 \\
 3 & 0, 4 & 0, 3
 \end{array}
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{c}
 A_2 : \quad \begin{array}{c|cc}
 & q & \\
 \hline
 x & 0 & 1 \\
 \hline
 0 & 1, 3 & 0, 0 \\
 1 & 1, 4 & 0, 2 \\
 2 & 1, 1 & 0, 2 \\
 3 & 0, 4 & 1, 3
 \end{array}
 \end{array} \quad (2)$$

В таблицах $x \in Z_{(4)}$, q — состояние автомата, $q \in Q = \{0,1\}$, Q — множество состояний автомата. На пересечении строки- x и столбца- q стоит пара (θ, σ) , где $\theta = \theta(q, x)$ — значение функции переходов на паре (q, x) , а $\sigma = \sigma(q, x)$ — значение функции выходов на той же паре.

Таким образом, согласно алгоритму существует два автоматных отображения f_1 и f_2 , реализуемых соответственно, автоматами A_1 и A_2 , для каждого из которых имеет место, в частности, данное соответствие $\overleftarrow{x} \rightarrow \overleftarrow{y}$.

Проверим, что это действительно так. Для этого пропустим объект $\overleftarrow{x}$ через автоматы A_1 и A_2 и убедимся, что в обоих случаях на выходе будет $\overleftarrow{y}$. Изобразим развертки во времени работы автоматов при прохождении через них объекта $\overleftarrow{x}$.

Через A_1 :

$$\begin{array}{c|cccccccccccc}
 t & 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 & 10 & 11 \\
 \hline
 x_t & 1 & 3 & 0 & 2 & 2 & 2 & 1 & 0 & 0 & 3 & 1 & \\
 \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \\
 q_t & 0 \rightarrow & 1 \rightarrow & 0 \rightarrow & 0 \rightarrow & 1 \rightarrow & 0 \rightarrow & 1 \rightarrow & 1 \rightarrow & 0 \rightarrow & 0 \rightarrow & 0 \rightarrow & 1 \\
 \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \\
 y_{t-1} & 4 & 3 & 0 & 1 & 2 & 1 & 2 & 3 & 0 & 4 & 4 &
 \end{array} \quad (3)$$

Через A_2 :

t	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
x_t	1	3	0	2	2	2	1	0	0	3	1	
	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
q_t	0→	1→	1→	0→	1→	0→	1→	0→	1→	0→	0→	1
	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
y_{t-1}	4	3	0	1	2	1	2	3	0	4	4	

(4)

Символ t обозначает автоматное время и одновременно, для строки x_t , — номер разряда; начальное состояние автоматов в обоих случаях $q = 0$. Результаты работы автоматов прочитываются в нижних строках разверток, в обоих случаях совпадают и оказываются равными объекту $\overleftarrow{y}$, как и должно быть. Тот факт, что алгоритм выделил в классе А-0 два автомата A_1 и A_2 , означает, что информации, заложенной во фрагменте соответствия $\overleftarrow{x} \rightarrow \overleftarrow{y}$, недостаточно для однозначного выделения автомата. Чтобы однозначно найти автомат в классе А-0, дополним соответствие $\overleftarrow{x} \rightarrow \overleftarrow{y}$ в 11-ом разряде и перейдем к новому соответствию $\overleftarrow{x}_1 \rightarrow \overleftarrow{y}_1$:

	t	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$\overleftarrow{x}_1$	x_t	1	3	0	2	2	2	1	0	0	3	1	0
$\downarrow$:	$\downarrow$	$\downarrow$	$\downarrow$	$\downarrow$	$\downarrow$	$\downarrow$	$\downarrow$	$\downarrow$	$\downarrow$	$\downarrow$	$\downarrow$	$\downarrow$	$\downarrow$
$\overleftarrow{y}_1$	x_t	4	3	0	1	2	1	2	3	0	4	4	3

(5)

Пропустим объект $\overleftarrow{x}_1$ через автоматы A_1 и A_2 и посмотрим, получится ли на выходе объект $\overleftarrow{y}_1$. При прохождении $\overleftarrow{x}_1$ через A_1 развертка (3) пополнится лишь 12-м тактом:

t	0	1	...	10	11	12
x_t	1	3	...	1	0	
	↓	↓		↓	↓	
q_t	0→	1→	...	0→	1→	0
	↓	↓		↓	↓	
y_{t-1}	4	4	...	4	3	

(6)

Как видно, в 12-ом такте, в полном соответствии с (5), получился результат $y_{11} = 3$, т.е. автомат A_1 реализует соответствие $\overleftarrow{x}_1 \rightarrow \overleftarrow{y}_1$. При прохождении $\overleftarrow{x}_1$ через A_2 будем иметь:

t	0	1	...	10	11	12
x_t	1	3	...	1	0	
	↓	↓		↓	↓	
q_t	0 →	1 →	...	0 →	1 →	0
	↓	↓		↓	↓	
y_{t-1}	4	4	...	4	0	

(7)

Но на этот раз при $t = 12$ автомат A_2 вырабатывает сигнал $y'_{11} = 0$, отличный от требуемой цифры 3:

$$\overleftarrow{x}_1 \xrightarrow{A_2} \overleftarrow{y}'_{11} \neq \overleftarrow{y}_1. \quad (8)$$

Следовательно, автомат A_2 не реализует соответствие $\overleftarrow{x}_1 \rightarrow \overleftarrow{y}_1$ и, таким образом, существует лишь один автомат, A_1 (рис. 3), реализующий соответствие $\overleftarrow{x}_1 \rightarrow \overleftarrow{y}_1$, а, значит, в предположении, что соответствие $\overleftarrow{x}_1 \rightarrow \overleftarrow{y}_1$ — репрезентативное, существует лишь одно автоматное отображение f_1 , для которого $\overleftarrow{x}_1 \rightarrow \overleftarrow{y}_1$. Так по одному соответствию можно найти все автоматное отображение.

Факт построения автомата A_1 по соответствию $\overleftarrow{x}_1 \rightarrow \overleftarrow{y}_1$ можно интерпретировать как процесс обучения, с которым описанный синтез имеет большое сходство. Действительно, в мозгу школьника при обучении его, скажем, операции сложения после выполнения им конечного числа примеров формируется нечто, позволяющее ему в дальнейшем решить любой пример на выполнение операции

сложения. Здесь мы имеем аналогию. Через УВС, в котором содержится алгоритм синтеза, пропускается конечное число соответствий (в рассмотренном примере одно: $\overleftarrow{x}_1 \rightarrow \overleftarrow{y}_1$) и в результате в УВС формируется структура (автомат A_1), позволяющая найти любое другое соответствие автоматного отображения f_1 . Конечно, мы не утверждаем, что в мозгу происходит буквально то же самое, мы лишь подчеркиваем аналогию. Более того, мы уже ранее говорили, что не будем стремиться моделировать природу, не только по незнанию того, как она что-то делает, но и потому, что количественного эффекта при достижении одной и той же цели мы чаще всего добиваемся на путях, отличных от тех, которым следует природа.

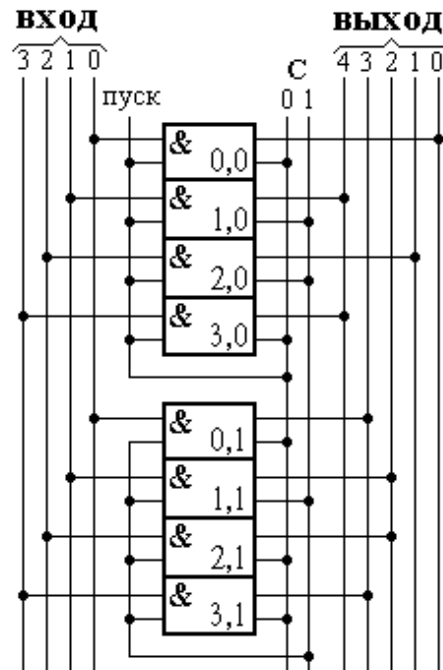


Рис. 3. В-схема автомата A_1 , синтезированного с помощью алгоритма синтеза а.в.у. по фрагментам отображения

Между данным процессом синтеза и синтезом нейронных сетей наблюдается сходство, состоящее в том, что и там, и там синтез происходит на парах «вход-выход» типа $f : X \ni \bar{x} \rightarrow \bar{y} \in Y$. И это единственное сходство. В описанном методе, в отличие от нейронных сетей, нам известно синтезированное отображение, ибо известно табличное задание устройства, реализующего отображение, а, следовательно, и В-схема этого устройства. А все свойства любого отображения извлекаются из его табличного задания и В-схемы. Таким образом, результат описанного синтеза — не черный ящик, как жалуются «нейронщики». Нейронную сеть невозможно интегрировать в компьютер в виде устройства, а В-схемы — можно.

Выводы

В-компьютеры, как и нейронные сети, способны синтезировать вычислительные устройства по фрагментам отображений, причем, в отличие от нейронных сетей, синтезированное устройство оказывается полностью известным, а, значит, известным отображение, связанное с ним.

В-компьютеры способны к саморазвитию, к неограниченному увеличению своей вычислительной мощности, причем, не только за счет улучшения технических параметров, но и за счет способности внутри себя создавать вычислительные устройства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Спиноза Б. *Избранные произведения*. Ростов-на-Дону: Феникс; 1998. 604 с.
2. Лейбниц Г. В. *Сочинения*. В 4 томах. Т. 2. М.: Мысль; 1983. 686 с.
3. Russell B. *The Analysis of Mind*. Routledge; 2022. 268 с.

4. Рассел Б. *Введение в математическую философию. Избранные работы* / пер. с англ. В. В. Целищева, В. А. Суровцева. Новосибирск: Сиб. унив. изд-во; 2007. 264 с.
5. Локк Дж. *Опыт о человеческом разумении. Сочинения*: В 3 т. Т. 1 / под ред. И. С. Нарского. М.: Мысль; 1985. 623 с.
6. Локк Дж. *Опыт о человеческом разумении. Сочинения*: В 3 т. Т. 2 / под ред. И. С. Нарского. М.: Мысль; 1985. 560 с.
7. Локк Дж. *Избранные философские произведения*. М.: Государственное социально-экономическое издательство; 1960. 1268 с.
8. Деев Г. Е., Ермаков С. В. *В-компьютеры: генезис, развитие, приложения*. Успехи кибернетики. 2022;3(2):74–85. DOI: 10.51790/2712-9942-2022-3-2-9.
9. Деев Г. Е., Ермаков С. В. *В-компьютеры: саморазвитие*. Успехи кибернетики. 2020;1(2):51–60. DOI: 10.51790/2712-9942-2020-1-2-6.