РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР
СООБЩЕНИЯ ПО ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКЕ

В.В. ШЕВЧЕНКО

КОНСТРУКТИВНЫЕ ЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

И ИХ ПРИЛОЖЕНИЯ

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР РАН
МОСКВА 2002

УДК 519.7

Ответственный редактор
доктор физ.-матем. наук А.Ф. Кононенко

В работе рассматривается математический аппарат конструктивных логических систем (КЛС), появившийся в результате нетривиальной логической интерпретации понятия недетерминированного конечного автомата. Рассмотрены основные задачи теории КЛС и базовые подходы к их решению, взаимосвязи КЛС с традиционными математическими конструкциями. Сформулирована концепция проведения прикладных исследований с использованием аппарата КЛС, представлены результаты таких исследований, проведенных к настоящему моменту.

Ключи: автомат конечный, логика математическая, алгоритмы, экономика, производство, история, психофизиология

Рецензенты: Б.В. Архипов
В.С. Алиев

Научное издание

Введение

Понятие конструктивной логической системы (КЛС) введено в рассмотрение в работе [1] с целью построения математического аппарата, целостно и адекватно описывающего живые, трансформирующиеся системы (организм, популяция, общество и т. п.). Проведенные к настоящему моменту в связи с КЛС фундаментальные и прикладные исследования позволяют существенно развить, углубить и дополнить приведенные в [1] представления. В отличие от работы [1] в настоящей работе обобщено понятие логического ограничения (ЛО), единообразно описаны процесс разрушения ЛО и процесс "зарастания" возникших разрушений. Существенно развиты возможности оперирования с КЛС. Выявлена более полная картина взаимосвязи КЛС с традиционными математическими конструкциями (дифференциальными динамическими системами, конечными автоматами, сетями Петри, случайными процессами и др.). Осуществлена попытка развития тезиса А. Пуанкаре о "рекурренции" как универсальной основе математического умозаключения. Подведены итоги прикладных исследований, проведенных с прямым или косвенным использованием представлений теории КЛС.

Список литературы представлен в порядке, соответствующем ссылкам по тексту работы.

Глава 1. Теория КЛС

1.1 Конструируемые множества, алгоритмы, функции, операторы

Пусть заданы конечные множества $A = a_1, ..., a_n$ и $B = b_1, ..., b_m$. Под отображением A в B $O(A, B)$ будем понимать правило, ставящее в соответствие любому $a_i \in A$ некоторое подмножество $o(a_i) \subseteq B$. Множеством отображений из A в B будем называть все множество таких отображений.

Под простым конструктивным условием или просто простым условием **scond** будем понимать любое конечное предложение, выделяющее из конечного или счетного множества A конечное подмножество $A_1 \subseteq A$, в котором используются:

- конечное число заданных на множестве A, в общем случае частичных порядков;

- символы $>$, $\geq$, $<$, $\leq$, указываемые в каждом случае в силу одного из заданных на A порядков;

- некоторая алгебра заданных на A унарных, бинарных и т. д. операций и символы этих операций;

- некоторые ссылочные операции, ставящие в соответствие элементам, парам, тройкам и т.д. элементов A некоторые элементы ссылочных конечных или счетных множеств (со своими порядками и операциями) и символы этих операций, рекурсивные ссылочные операции и их символы;

- символы промежуточных множеств и символ : (такие, что), символы $=$,$\neq$, $\subset$, $\subseteq$, $\bigcap$, $\bigcup$, $\forall$.

Под конструктивным условием или просто условием будем понимать любое конечное предложение, состоящее из простых условий и логических символов $\bigwedge$ (и), $\bigvee$ (или), $\rceil$ (не) и также как и простое условие выделяющее из конечного или счетного множества A некоторое конечное подмножество $A_1 \subseteq A$.

Условия могут, в частности, выделять конечные подмножества счетного множества рациональных чисел R.

Конструируемым множеством назовем конечное подмножество R или любое подмножество (выделенное тем или иным условием) конструируемого множества или множество всех подмножеств конструируемого множества или множество отображений из конструируемого множества в конструируемое множество или декартово произведение двух конструируемых множеств.

В силу того, что все перечисленные в приведенном выше рекурсивном определении конструируемого множества способы конструирования множеств (выделение подмножества, построение множества всех подмножеств, построение декартова произведения, построение множества всех отображений из A в B) создают из конечных конечные же множества, - все конструируемые множества конечны.

С любым конструируемым множеством, по определению, неразрывна связана последовательность конструирующих действий, совершаемых при построении данного конструируемого множества. Действий четырех типов:

1) Построение в соответствии с тем или иным условием подмножества множества R или одного из возникших в процессе построения итогового конструируемого множества конструируемых множеств.

2) Построение множества всех подмножеств некоторого конструируемого множества.

3) Построение декартова произведения двух конструируемых множеств.

4) Построение множества всех отображений из одного

конструируемого множества в другое.

Указанную последовательность действий будем называть алгоритмом построения конструируемого множества A и обозначать Alg(A).

Алгоритмы построения конструируемых множеств будем называть множественными алгоритмами.

Процесс построения конструируемых множеств может зависеть от значений одного или нескольких натуральнозначных или рациональнозначных параметров $\alpha_1, ..., \alpha_k$. Эти параметры могут фигурировать в предложениях условий, выделяющих подмножества R или промежуточных конструируемых множеств.

Такие зависящие от параметров $\alpha_1, ..., \alpha_k$ процессы построения конструируемых множеств порождают параметрические семейства конструируемых множеств $A(\alpha_1, ..., \alpha_k)$ и соответствующие параметрические семейства алгоритмов

$Alg_A(\alpha_1, ..., \alpha_k)$. При этом для каждого конкретного набора параметров $\alpha_1^0, ..., \alpha_k^0$ алгоритм $Alg_A(\alpha_1, ..., \alpha_k)$ порождает конструируемое множество $A(\alpha_1^0, ..., \alpha_k^0)$.

Пусть имеются семейства конструируемых множеств

$A(\alpha_1, ..., \alpha_k)$ и $B(\beta_1, ..., \beta_l)$ и соответствующие им семейства алгоритмов $Alg_A(\alpha_1, ..., \alpha_k)$ и $Alg_B(\beta_1, ..., \beta_l)$. И пусть имеется семейство алгоритмов (конечных последовательностей действий указанных выше 4-х типов) $Alg_F(\alpha_1, ..., \alpha_k)$, позволяющих для любого набора параметров $\alpha_1^0, ..., \alpha_k^0$ и для любого $a \in A(\alpha_1^0, ..., \alpha_k^0)$ определить набор параметров $\beta_1^0, ..., \beta_l^0$ и подмножество $b(a, \alpha_1^0, ..., \alpha_k^0) \subseteq B(\beta_1^0, ..., \beta_l^0)$. В этом случае будем говорить, что на семействе $A(\alpha_1, ..., \alpha_k)$ задана конструируемая функция (или просто функция) $F(a \in A(\alpha_1, ..., \alpha_k))$.

Семейство конструируемых множеств $A(\alpha_1, ..., \alpha_k)$ будем при этом называть областью определения функции F, семейство $B(\beta_1, ..., \beta_l)$ - областью значений этой функции.

Семейство алгоритмов $Alg_F(\alpha_1, ..., \alpha_k)$ будем называть порождающим функцию F семейством функциональных алгоритмов.

Функции (и порождающие их семейства алгоритмов) в свою очередь могут составлять тем или иным образом классы функций (и соответствующие этим классам классы порождающих их функциональных алгоритмов). на классах функций могут задаваться семейства алгоритмов, позволяющие построить для каждой функции данного класса другую функцию того же или иного заданного класса. Такие семейства алгоритмов будем называть семействами операторных алгоритмов 1-го уровня. Порождаемые такими семействами процедуры построения функций по функциям - операторами 1-го уровня. Операторы 2-го уровня строят операторы 1-го уровня по заданным операторам 1-го уровня. И т.д.

В рамках рассматриваемой концепции основные аналитические функции (многочлены, показательные, логарифмические, тригонометрические ...) являются конструируемыми функциями. Оператор дифференцирования - конструируемым оператором 1-го уровня. И т. д.

Для представления в виде конструируемых функций основных аналитических функций рассмотрим счетные семейства конструируемых множеств, являющихся конечными подмножествами R:

$$A(\alpha_1, \alpha_2) =$$

$$= \{-\alpha_2, -\alpha_2 + \frac{1}{\alpha_1}, ..., -\alpha_2 + 1, ..., 0, ..., \alpha_2 - 1, \alpha_2 - 1 + \frac{1}{\alpha_1}, ..., \alpha_2\}$$

$$\alpha_1, \alpha_2 \in 1, 2, ...$$

- область определения рассматриваемой функции;

$$B(\beta_1, \beta_2) =$$
$$= -\beta_2, -\beta_2 + \frac{1}{\beta_1}, ..., -\beta_2 + 1, ..., 0, ..., \beta_2 - 1, \beta_2 - 1 + \frac{1}{\beta_1}, ..., \beta_2$$
$$\beta_1, \beta_2 \in 1, 2, ...$$

- область значений рассматриваемой функции;

Каждая аналитическая функция определится своим конкретным конструирующим ее рекуррентным принципом. Например, экспонента определится принципом

$$f(0) = 1,\ f(x_{n+1}) = f(x_n) + f(x_n) * (x_{n+1} - x_n).$$

При $\alpha_1 = 1, \alpha_2 = N$ этот принцип породит целочисленную функцию 2^x на области определения $\{-N, -N+1, ..., 0, ..., N-1, N\}$. При $\alpha_1 = 2, \alpha_2 = N$ - функцию $2,25^x$ на области определения $\{-N, -N + \frac{1}{2}, ..., 0, ..., N - \frac{1}{2}, N\}$ и т. д. Увеличивая α_1 и α_2 порождаемую данным принципом функцию можно сколь угодно близко приблизить к e^x.

Функции $f(x) = const$ конструируются принципом $f(0) = const,\ f(x_{n+1}) = f(x_n)$. Линейные функции $f(x) = a * x + b$ -принципом $f(0) = b,\ f(x_{n+1}) = f(x_n) + a * (x_{n+1} - x_n)$. И т. д.

Оператор дифференцирования сопоставляет конструируемой функции f, заданной тем или иным рекуррентным принципом $f(x_{n+1}) = F(f(x_n), x_{n+1}, x_n)$ конструируемую функцию $\dot{f}$, задаваемую рекуррентным принципом $\dot{f}(x_{n+1}) = \dot{f}(x_n) + \frac{f(x_{n+1}) - f(x_n)}{x_{n+1} - x_n}$.. Оператор взятия первообразной как и в классическом определении является оператором, обратным к оператору дифференцирования.

1.2 Понятия КЛС и счетного семейства КЛС

Пусть имеется некоторое конструируемое множество

$P = \{p_1, ..., p_N\}$ и дискретное время с некоторым положительным рациональным тактом Δ между последовательными моментами этого времени:

$T = \{..., t_{-1}, t_0, t_1, ...\},\ t_i = t_{i-1} + \Delta$ для $\forall$ целого $i,\ t_0 = 0$. Единица измерения времени при этом может быть любой: секунда, день, год, век, тысячелетие и т. п. Пусть при этом множество P взаимно однозначно соответствует пространству состояний, в котором может наблюдаться некоторый объект S или некоторое представление об этом объекте. Причем в каждый момент времени T объект S (или представление о нем) может и должен находиться в одном и только одном из состояний пространства P.

Будем исходить из того, что двигаясь по пространству P во времени T объект S в каждый конкретный момент времени T подчиняется вполне определенному множеству (в общем случае зависящему от этого момента) ограничений движения вида:

$$\bigwedge_{k=1}^{\lambda} s(t_{i-l_k}) \in P_k \Rightarrow s(t_i) \bar{\in} P_0 \tag{1}$$

λ и $l_k,\ k = 1, ..., \lambda$ - натуральные числа; $s(t_j)$ - состояние объекта S в момент t_j времени T; $P_k \subseteq P$ для $k = 0, 1, ..., \lambda$.

При $\lambda = 0$ ограничение вида (1) превращается в ограничение вида:

$$S(t_i) \overline{\in} P_0. \tag{2}$$

Такие объекты S будем называть далее конструктивными логическими системами (КЛС) или просто системами или сущностями (формальное определение КЛС будет представлено ниже, после описания ряда дополнительных, уточняющих аттрибутов этого математического объекта).

Ограничения вида (2.1) будем называть логическими ограничениями (ЛО) КЛС S. Величину λ - порядком ЛО. Величину $\max\limits_{k \in 1,\ldots,\lambda} l_k$ - глубиной ЛО l_{max} .

КЛС можно рассматривать как нетривиальную логическую интерпретацию понятия недетерминированного конечного автомата, позволяющую выявить целый ряд свойств и описательных возможностей, скрытых при использовании традиционного определения недетерминированного конечного автомата. Это определение звучит так (см. [2], [3] и др.):

Автомат конечный (а.к.) недетерминированный - это система (A, S, B, φ, ψ), где A, S, B - конечные, как правило непустые алфавиты, называемые соответственно входным алфавитом, множеством состояний и выходным алфавитом; φ - функция переходов, отображающая множество S x A в множество подмножеств S, ψ - функция выходов, отображающая S x A в множество подмножеств B. Такие а.к. называются автоматами Миля. В случае, когда функция выходов ψ отображает S в множество подмножеств B (т.е. не зависит от букв входного алфавита) а.к. называют автоматом Мура. В случае, если функции φ и ψ однозначны - а.к. называется детерминированным. А.к., у которых подмножества S и B, в которые отображают некоторые элементы множества S x A функции φ и ψ соответственно, могут быть пустыми, - не рассматриваются.

Нетрудно заметить, что при рассмотрении а.к. как динамической системы в дискретном времени любому а.к. можно сопоставить КЛС, определив пространство состояний этой КЛС как S x A x B и задав множество ЛО в соответствии с функциями φ и ψ. И наоборот, любой КЛС можно поставить в соответствие а.к. (в общем случае недетерминированный) в котором, однако, подмножества S и B, в которые отображают некоторые элементы множества S x A функции φ и ψ соответственно, могут быть и пустыми.

Нетрудно заметить также, что любое ЛО порядка λ может быть представлено, и не одним способом, в виде логически эквивалентной (л.э.) совокупности из нескольких ЛО порядка $\lambda + 1$ или $\lambda + 2$ и т. д. Действительно, ЛО вида (1) накладывает на движение КЛС то же ограничение, что и ЛО вида:

$$(\bigwedge_{k=1}^{\lambda} s(t_{i-l_k}) \in P_k) \bigwedge s(t_{i-l_{\lambda+1}}) \in P \Rightarrow s(t_i) \bar{\in} P_0 \qquad (3)$$

$l_{\lambda+1} \neq l_k$ при $\forall\ k = 1, ..., \lambda$.

ЛО же вида (3) можно разбить многими способами на несколько ЛО того же вида, в которых вместо P стоят непересекающиеся подмножества P - $\overline{P_1}, ..., \overline{P_\alpha}$ такие, что $\bigcup\limits_{j=1}^{\alpha} \overline{P_j} = P$.

Логическая эквивалентность здесь понимается как наложение строго эквивалентных (запрещающих то же самое) ограничений на движение КЛС.

Важным частным случаем ограничений вида (1) являются ограничения вида:

$$\bigwedge_{k=1}^{\lambda} s(t_{i-l_k}) = p_{j_k} \Rightarrow s(t_i) \neq p_{j_0} p_{j_0}, p_{j_1}, ..., p_{j_k} \in P. \qquad (4)$$

$p_{j_0}, p_{j_1}, ..., p_{j_k} \in P$.

Каждое из ЛО вида (4) порядка λ может быть представлено многими способами в виде ровно N ЛО того же вида порядка $\lambda + 1$. Или в виде N^2 ЛО порядка $\lambda + 2$. И т. д.

Любое ЛО вида (1) порядка λ может быть представлено в виде вполне определенного числа ЛО того же порядка λ вида (4). Если $\alpha_0, \alpha_1, ..., \alpha_\lambda$ - числа состояний в фигурирующих в (1) подпространствах $P_0, P_1, ..., P_\lambda$ пространства Р соответственно, то число ЛО вида (4) порядка λ, на которое может быть разложено ЛО вида (1), очевидно, равно $\alpha_0 * \alpha_1 * ... * \alpha_\lambda$. То же ЛО вида (1) может быть представлено в виде $N * \alpha_0 * \alpha_1 * ... * \alpha_\lambda$ ЛО вида (4) порядка $\lambda + 1$. И т. д.

ЛО lr_1 и lr_2 (заданные в одних и тех же пространстве Р и времени Т) будем называть пересекающимися, если существуют разложения lr_1 и lr_2 на ЛО, имеющие хотя бы одно совпадающее ЛО (ЛО, присутствующее в обоих разложениях).

Являются ли ЛО lr_1 и lr_2 вида (4) пересекающимися всегда можно проверить следующим образом:

- определим глубины l^1_{max} и l^2_{max} ЛО lr_1 и lr_2 соответственно;

- построим разложения ЛО lr_1 и lr_2 на ЛО вида (4) глубины $l_{max} = max(l^1_{max}, l^2_{max})$ и того же порядка ($\lambda = l_{max}$)

- сопоставим построенные разложения lr_1 и lr_2.

В случае, если в сопоставляемых разложениях присутствуют совпадающие ЛО - ЛО lr_1 и lr_2 пересекаются. В противном случае - не пересекаются.

Действительно, допустим, что lr_1 и lr_2 пересекаются. Тогда существует ЛО lr_3 вида (4), входящее как в lr_1, так и в lr_2 (т.е. и lr_1 и lr_2 могут быть представлены в виде совокупности lr_3 и еще некоторых ЛО). Если lr_3 имеет глубину, большую l_{max} - оно входит в какое-то ЛО lr_4 глубины

l_{max} построенного выше разложения lr_1 и в какое-то ЛО lr_5 построенного разложения lr_2. И совпадает с ними до глубины l_{max}. Из чего следует, что lr_4 и lr_5, входя в построенные выше разложения lr_1 и lr_2, совпадают. Если же lr_3 имеет глубину, меньшую или равную l_{max} - оно обязательно состоит из одного или нескольких ЛО глубины l_{max}, входящих как в построенное выше разложение lr_1, так и в построенное выше разложение lr_2. И в этих построенных разложениях опять-таки найдутся совпадающие ЛО. Т. е. при пересечении lr_1 и lr_2 предложенный критерий определения пересекаемости ЛО гарантированно выявит наличие пересечения. Если же в построенных разложениях lr_1 и lr_2 нет совпадающих ЛО, то их не может быть и ни в каких других разложениях lr_1 и lr_2 в силу того, что l_{max} больше как глубины lr_1, так и глубины lr_2 и в силу самой логики разложения ЛО.

Из рассмотренного критерия пересекаемости ЛО вида (4) непосредственно следует и критерий пересекаемости ЛО общего вида (1):

$$\bigwedge_{k=1}^{\lambda_1} s(t_{i-l_k}) \in P_k \Rightarrow s(t_i)\bar{\in}P_0 \text{ и } \bigwedge_{k=1}^{\lambda_2} S(t_{i-r_k}) \in Q_k \Rightarrow s(t_i)\bar{\in}Q_0 \tag{5}$$

пересекаются тогда и только тогда, когда для всех равных между собой l_{k_1} и r_{k_2} в записи (5) $P_{k_1} \bigcap Q_{k_2} \neq \emptyset$ и $P_0 \bigcap Q_0 \neq \emptyset$.

Возможность представлять одни ЛО в виде логически эквивалентных (л.э.) множеств других ЛО дает основания для введения понятия меры (силы) ЛО, позволяющего соразмерять ЛО друг с другом и показывающей, насколько ограничивает данное ЛО свободу перемещения КЛС по своему пространству состояний. Очевидно, что множество ЛО вида $p_i \not\Rightarrow^{\delta} p_j \quad i,j = 1,2,...,N$ (обозначение $p_i \not\Rightarrow^{\delta} p_j$ соответствует ЛО, запрещающему КЛС находиться в момент t в состоянии p_j в случае, если δ тактов времени назад в момент $t - \delta * \Delta$ КЛС находилась в состоянии p_i) КЛС с пространством $\{p_1,...,p_N\}$ запрещает все возможные перемещения КЛС в своем пространстве. Также как и множество ЛО вида $\overline{p_i}$ $i = 1,2,...,N$ или множество ЛО вида $p_i - p_j \not\Rightarrow p_k$ $i,j,k = 1,2,...,N$ (обозначение $\overline{p_i}$ соответствует запрету перемещения КЛС в состояние p_i из любых других состояний, обозначение $p_i - p_j \not\Rightarrow p_k$ - запрету перемещения КЛС в момент t в состояние p_k в случае, если в предыдущий момент КЛС находилась в состоянии p_j, а в момент $t - 2 * \Delta$ в состоянии p_i).

Для определения понятия меры ЛО необходимо определить имеющими некоторую положительную рациональную меру сами состояния КЛС и рассматривать вместе с пространством КЛС $\{p_1,...,p_N\}$ меру состояний этого пространства $\mu_1,...,\mu_N,\ \mu_i > 0$. Если $\mu_i = const$ $i = 1,...,N$, то естественно считать, что ЛО вида $p_i \not\Rightarrow^{\delta} p_j$ имеет меру (силу) в N раз большую, чем ЛО вида $p_i \multimap^{\delta_1} p_j \not\Rightarrow^{\delta_2} p_k$ при любых $\delta,\ \delta_1,\ \delta_2$. В общем случае произвольной меры состояний меру ЛО вида (4) естественно определить в виде

$$\prod_{k=0}^{\lambda} \mu_{j_k} * \frac{f(N)}{(\sum_{i=1}^{N} \mu_i)^{\lambda+1}} \tag{6}$$

(f(N) - некоторая подлежащая определению нормирующая положительная функция).

Меру ЛО общего вида (1) естественно определить в виде:

$$\prod_{k=0}^{\lambda} M_{P_k} * \frac{f(N)}{(\sum_{i=1}^{N} \mu_i)^{\lambda+1}} \quad \text{где} \quad M_{P_k} = \sum_{p_i \in P_k} \mu(p_i), \tag{7}$$

(f(N) - та же нормирующая функция, что и в (6)).

Далее, в п. 1.3 вводится понятие объединения КЛС. Там же будет показано, что естественное треблвание сохранения силы ЛО при объединении КЛС выполняется при $f(N) \equiv 1$. С учетом этого определим меру (силу) ЛО общего вида (1) равной

$$\prod_{k=0}^{\lambda} M_{P_k} * \frac{1}{(\sum_{i=1}^{N} \mu_i)^{\lambda+1}} \quad \text{где} \quad M_{P_k} = \sum_{p_i \in P_k} \mu(p_i) \tag{8}$$

.

При движении КЛС в своем пространстве $p_1, ..., p_N$ в своем дискретном времени T в заданный момент t возможны три ситуации:

1) существует одно и только одно состояние, в которое КЛС может переместиться, не нарушая присущих ей в данный момент ЛО;

2) существует несколько состояний, в которые КЛС может переместиться, не нарушая присущих ей в данный момент ЛО;

3) не существует ни одного состояния, в которое КЛС может переместиться, не нарушая присущих ей в данный момент ЛО.

Для построения теории КЛС, как целостного и работоспособного инструмента исследования реальных явлений необходимо определить правила, регламентирующие поведение

КЛС в каждой из перечисленных ситуаций. Определить, опираясь на опыт реальных наблюдений широкого круга природных явлений. Оставив вне рассмотрения неформальные по сушеству вопросы о том, почему берутся за основу такие, а не иные регламентирующие правила, определим данные правила следующим образом:

В первой ситуации КЛС переходит в момент t в единственное разрешенное состояние и не меняет своего множества ЛО и пространства состояний.

Во второй ситуации КЛС переходит в момент t в одно из разрешенных состояний, проявляя в выборе этого состояния принципиальную не предсказуемость, связанную с наличием у любой природной сущности возможности волеизъявления. При этом все ЛО, присущие КЛС в момент $t-\Delta$ сохраняются в момент t и к множеству этих имевшихся ЛО добавляются (при их наличии) дополнительные ЛО, появление которых не противоречит следующему "правилу зарастания":

Если в некоторый момент t в множестве принципиально возможных в текущем пространстве и времени КЛС ЛО существует ЛО, не пересекающееся ни с одним из ЛО, присущих данной КЛС в момент $t-\Delta$ и не противоречащее последовательности переходов КЛС в ее пространстве на отрезке времени $[t-l_{max}*\Delta, t]$, где l_{max} - глубина данного ЛО, - то это ЛО появляется в момент t в множестве ЛО КЛС, дополняя множество ЛО, присущих рассматриваемой КЛС в момент $t-\Delta$.

В третьей (конфликтной) ситуации поведение КЛС регламентируется следующим "принципом минимальных разрушений":

Из всех возможных разрешений конфликтной ситуации в КЛС в момент t реализуется одно из тех разрешений, при которых разрушения минимальны.

При этом под разрешением конфликтной ситуации понимается либо исчезновение одного из ЛО из множества ЛО КЛС, при котором хотя бы одно какое-либо состояние пространства КЛС становится разрешенным в рассматриваемый момент, либо появление дополнительного состояния в пространстве КЛС.

Под разрушениями же того или иного разрешения конфликтной ситуации в КЛС понимается величина, равная силе (см. (8)) исчезнувшего ЛО или сумме уменьшений сил всех ЛО КЛС в результате появления в пространстве КЛС нового состояния (из (8) нетрудно заметить, что при увеличении N сила ЛО уменьшается). Из (1) видно также, что разрушения при появлении нового состояния зависят от меры этого нового состояния и стремятся к нулю при стремлении к нулю этой меры. В отсутствие ограничения снизу на меру возникающих состояний это означало бы, что любой конфликт в КЛС разрешался бы появлением нового состояния достаточно малой меры (т.е. ЛО ни в одном конфликте не исчезали бы). С позиций кибернетического атомизма естественно исходить из того, что реальные природные сущности в конкретный момент времени имеют конкретные конечные числа принципиально неделимых состояний. И что различные меры состояний пространства КЛС соответствуют тому, что разным состояниям пространства КЛС соответствует разное число этих реальных неделимых состояний той природной сущности, которую данная КЛС описывает. Тогда реальному состоянию описываемой сущности должна соответствовать некоторая мера μ_{min}, которой всегда должны быть кратны меры состояний пространства КЛС. В этом случае новое состояние, появившееся в результате конфликта в КЛС, не может иметь меру, меньшую μ_{min}. И не всякий конфликт будет разрешаться появлением нового состояния. Такое представление и примем за основу, дополнив определение КЛС величиной μ_{min}.

Величину разрушений, которыми разрешается конфликт в КЛС будем называть силой данного конфликта (конфликтной ситуации).

Допуская возможность появления новых состояний в пространстве КЛС естественно допустить и возможность их исчезновения. Постулировав, что состояние p_i в пространстве КЛС может исчезнуть в момент t, если в реальной сущности, описываемой данной КЛС, в этот момент нет ЛО, в которых присутствуют истинные состояния реальной сущности, соответствующие состоянию p_i. При этом, как нетрудно заметить, неявно вводится постулат о том, что реальные природные сущности являются КЛС, имеющими в каждый момент определенное конечное число истинных равноценных неделимых природных состояний (постулат кибернетического атомизма, о котором говорилось выше). И что используемые для описания природных сущностей КЛС моделируют поведение последних, агрегируя пространства последних (со своими числами неделимых состояний) в пространства с меньшим числом состояний и заданными на этих состояниях мерами (по существу равными числам реальных неделимых состояний, соответствующих рассматриваемому состоянию пространства моделирующей КЛС, с возможным масштабирующим коэффициентом). К примеру, пространство реальной сущности имеет 100 неделимых природных состояний. Пространство моделирующей ее КЛС может иметь 5 состояний с мерами 15, 25, 30, 12, 18 (масштабирования нет) или 7.5, 12.5, 15, 6, 9 (масштабирующий коэффициент 0.5).

Число неделимых состояний природной сущности при этом можно рассматривать как количественную меру материи (в физике массы) из которой состоит эта сущность.

Как уже отмечалось выше, всякое ЛО может быть многими способами представлено в виде разложения на л.э. множество других ЛО большего порядка. При анализе бесконфликтных траекторий КЛС не имеет значения, в виде какого л.э. множества ЛО записано множество ЛО КЛС. При анализе же конфликтов это весьма существенно для определения исчезающих ЛО. В связи с чем необходимо регламентировать порядок записи множеств ЛО КЛС следующим достаточно естественным "правилом консолидации ЛО КЛС":

Если некоторое подмножество множества ЛО КЛС может быть записано в виде ЛО с порядком, меньшим порядка любого ЛО данного подмножества, то оно записывается (консолидируется) в виде этого ЛО (при этом, естественно, запрет того или иного состояния $\overline{p_i}$ также рассматривается как ЛО нулевого порядка).

Совокупность установленных выше правил: правило консолидации ЛО, правило зарастания и принцип минимальных разрушений полностью определяют в общем случае недетерминированный алгоритм поведения КЛС в любых ситуациях. С точки зрения описания процессов развития тех или иных природных объектов эти правила являются математически точным аналогом известных законов диалектики Гегеля (закон перехода количественных изменений в качественные, закон единства и борьбы противоположностей, закон отрицания отрицания). Аналогом, не сводящим многообразие природных конфликтов и катастроф к черно-белой "борьбе противоположностей".

Представленное выше рассмотрение особенностей КЛС позволяет сформулировать окончательное определение КЛС как математического объекта:

КЛС S назовем бесконечное дискретное время T^S с заданным тактом $\Delta\, T^S = \{..., t_{-1}, t_0, t_1, ...\}$ $t_{i+1} = t_i + \Delta$ и заданную в некоторый момент t_r этого времени совокупность:

конструируемого множества $P^S = \{p_1, ..., p_N\}$, называемого пространством S; рациональной меры состояний пространства S $M^S = \{\mu_1, ..., \mu_N\}$ $\mu_i > 0$ и кратны μ_{min} (μ_{min} - заданная минимальная мера состояний пространства данной КЛС);

множества непересекающихся ЛО вида (1), построенного в соответствии с правилом консолидации ЛО КЛС: $LR^S = \{lr_1, ..., lr_M\}$;

заданных значений реализовавшихся состояний P^S на отрезке времени $[t_r - l^S_{max} * \Delta, t_r - \Delta]$ (l^S_{max} - максимальная по $lr_1, ..., lr_M$ глубина ЛО) - предыстории $Tr^S(t_r)$ движения КЛС в момент t_r.

Совокупность, изменяющуюся от момента к моменту дискретного времени T в соответствии с принципом минимальных разрушений и правилом зарастания.

Коротко будем записывать КЛС S в момент t_r в виде $S(t_r) = (T^S, \Delta^S, P^S(t_r), M^S(t_r), LR^S(t_r), Tr^S(t_r))$ ($s(t_r)$ - состояние КЛС в пространстве в момент t_r; $S(t_r)$ - совокупность аттрибутов КЛС S в момент t_r). Для описания поведения КЛС на том или ином отрезке времени будем рассматривать изменяющиеся во времени T^S пространство, меры состояний, множество ЛО и предысторию КЛС и записывать такую динамическую КЛС в виде

$$S = (T^S, \Delta^S, P^S(t), M^S(t), LR^S(t), Tr^S(t)).$$

Вместо конструируемых множеств P^S при описании КЛС можно рассматривать и счетные семейства конструируемых множеств $P^S(\alpha)$. И задавать все другие аттрибуты, описывающие КЛС в фиксированный момент или в ее динамике также в виде счетных семейств того же параметра

$$T^S(\alpha),\ \Delta^S(\alpha),\ P^S(t_r,\alpha),\ M^S(t_r,\alpha), LR^S(t_r,\alpha), Tr^S(t_r,\alpha),$$

$$P^S(t,\alpha), M^S(t,\alpha), LR^S(t,\alpha), Tr^S(t,\alpha).$$

И ,таким образом, ввести в рассмотрение понятие счетного семейства КЛС $S(\alpha)$.

Счетные семейства КЛС могут сопоставляться системам дифференциальных уравнений в обыкновенных и частных производных, случайным процессам и т.д.

1.3 Операции над КЛС и их свойства

Специфика КЛС как математического объекта позволяет определить операции объединения, разложения, укрупнения (построения образа), детализации, обобщения, конкретизации КЛС, понятие аналогии (сходства) между КЛС.

Для определения этих операций необходимо определить понятия свертки и развертки пространства и времени КЛС.

Под разверткой пространства $P = \{p_1, ..., p_N\}$ будем понимать пространство

$P_1 = \{p_{11}, ..., p_{1\alpha_1}, p_{21}, ..., p_{2\alpha_2}, ..., p_{N1}, ..., p_{N\alpha_N}\}$, в котором каждому состоянию p_i пространства P соответствует α_i состояний $p_{i1}, ..., p_{i\alpha_i}$. При этом пространство P будет являться сверткой пространства P_1.

Под k-кратной разверткой дискретного времени T с тактом Δ будем понимать дискретное время T_1 с тактом $\Delta_1 = \frac{\Delta}{k}$ (k - натуральное), в котором каждому моменту t_i времени T соответствует k моментов $t_{i1}, ..., t_{ik}$. При этом время T будет являться k-кратной сверткой времени T_1.

При развертке пространства P в P_1 ЛО вида (1) перепишется в виде л.э. ЛО в развернутом пространстве, вид которого легко получается из (1) путем замены множеств $P_k,\ k = 0, 1, ..., \lambda$ на соответствущие этим множествам множества развернутого пространства P_1.

При свертке пространства P_1 в P не всякое ЛО вида (1) можно переписать в виде некоторого л.э. ЛО в пространстве P. Действительно, при переписывании ЛО вида (1), записанного в пространстве P_1, в л.э. условие в пространстве P необходимо вместо каждого множества $P_k,\ k = 0, 1, ..., \lambda$ (являющегося подмножеством P_1) записать соответствующее ему подмножество P - P_k^1. При этом некоторое состояние $p_i \in P$ включается в P_k^1 в том и только том случае, если в P_k включены все соответствующие p_i состояния P_1 : $p_{i1}, ..., p_{i\alpha_i}$. В связи с чем ЛО вида (1) в пространстве P_1 будет соответствовать некоторое л.э. ЛО в пространстве P в том и только том случае, если для каждого $P_k,\ k = 0, 1, ..., \lambda$ найдется хотя бы одно $p_i \in P$ такое, что $\{p_{i1}, ..., p_{i\alpha_i}\} \subseteq P_k$.

Вопрос о переписывании ЛО в виде л.э. ЛО при чистых свертках и развертках времени без одновременной развертки (при свертке времени) и свертки (при развертке времени) пространства КЛС не имеет смысла. Поскольку при τ - кратной свертке времени T с тактом Δ во время T_1 с тактом $\tau * \Delta$ пространство $P = \{p_1, ..., p_N\}$ следует заменить пространством

$P_1 = \{p_{\underbrace{11...1}_{\tau}}, p_{\underbrace{11...2}_{\tau}}, ..., p_{\underbrace{NN...N}_{\tau}}\}$ с числом состояний N^τ

(если мы измеряем некоторый параметр ежеминутно, а затем хотим записать его динамику во времени с тактом 1 час

- мы будем вынуждены различать все последовательности измерений во времени с тактом 1 минута в течение часа). И затем, возможно, свернуть это пространство тем или иным образом. В обратной ситуации, при развертке времени T_1 с тактом $\tau * \Delta$ при пространстве КЛС $Q = \{q_1, ..., q_M\}$ во время Т с тактом Δ необходимо определить, в каком пространстве $P = \{p_1, ..., p_N\}$ мы будем записывать ЛО во времени Т и как будет сворачиваться пространство

$P_1 = \{p_{\underbrace{11...1}_{\tau}}, p_{\underbrace{11...2}_{\tau}}, ..., p_{\underbrace{NN...N}_{\tau}}\}$, возникающее из Р при переходе от такта Δ к такту $\tau * \Delta$ в исходное пространство $Q = \{q_1, ..., q_M\}$ исходной КЛС S, рассматриваемой во времени T_1 с тактом $\tau * \Delta$. При этом каждому $q_i \in Q$ и каждому $Q_k, \ k = 0, 1, ..., \lambda$ любого записанного в пространстве Q и времени T_1 с тактом $\tau * \Delta$ ЛО вида (1)

$$\bigwedge_{k=1}^{\lambda} s(t^1_{i-l_k}) \in Q_k \Rightarrow s(t^1_i) \bar{\in} Q_0 \tag{9}$$

будет соответствовать некоторое подмножество $P_1^k \subseteq P_1$, каждое состояние которого $p_{i_1 i_2 ... i_\tau}$ соответствует последовательности $p_{i_1}, p_{i_2}, ..., p_{i_\tau}$ состояний пространства $P = p_1, ..., p_N$ (движение в котором происходит во времени Т с тактом Δ).

Следовательно, ЛО (9) можно переписать в виде л.э. условия вида:

$$\bigwedge_{k=1}^{\lambda} [\bigwedge_{r=1}^{\tau} s_1(t_{\tau * i - \tau * l_k + r}) \in \ P_{kr}] \Rightarrow \bigwedge_{r=1}^{\tau} s_1(t_{\tau * i + r}) \bar{\in} P_{0r} \tag{10}$$

где S_1 - КЛС, возникающая из S при переходе от времени T_1 с тактом $\tau * \Delta$ ко времени Т с тактом Δ;

$p_{kr},\ k=0,1,...,\lambda;\ r=0,1,...,\tau$ - подмножество состояний пространства $P=p_1,...,p_N\ S_1$, получаемое путем объединения состояний $p_{i_r},\ r=1,...,\tau$ по всем $p_{i_1 i_2 ... i_\tau}\in\ P_1^k$.

Условие (10) является совокупностью τ ЛО в пространстве P вида:

$$\bigwedge_{k=1}^{\lambda}\ [\bigwedge_{r=1}^{\tau} s_1(t_{\tau*i-\tau*l_k+r-r_1})\in\ P_{kr}]\Rightarrow\ s_1(t_{\tau*i})\bar{\in}P_{0r}\ r_1=1,...,\tau\ . \tag{11}$$

Иными словами, если для КЛС S с временем T с тактом $\tau*\Delta$ и пространством $Q=\{q_1,...,q_M\}$, задать некоторое иное пространство $P=\{p_1,...,p_N\}$ и некоторую свертку пространства $P_1=\{p_{\underbrace{11...1}_{\tau}},p_{\underbrace{11...2}_{\tau}},...,p_{\underbrace{NN...N}_{\tau}}\}$ в пространство Q, то любое ЛО КЛС S можно переписать в виде л.э. в силу заданной свертки ЛО КЛС S_1 с временем T_1 с тактом Δ и пространством P.

В обратной ситуации, при τ - кратной свертке времени T_1 с тактом Δ во время T с тактом $\tau*\Delta$ ЛО вида (1) в пространстве $P=\{p_1,...,p_N\}$:

$$\bigwedge_{k=1}^{\lambda} s_1(t_{i-l_k})\in P_k\Rightarrow s_1(t_i)\bar{\in}P_0\quad P_k\subseteq\ P\quad k=0,1,...,\lambda \tag{12}$$

перепишется в виде определенного, л.э. (12) множества ЛО в пространстве $P_1=\{p_{\underbrace{11...1}_{\tau}},p_{\underbrace{11...2}_{\tau}},...,p_{\underbrace{NN...N}_{\tau}}\}$ и времени T с тактом $\tau*\Delta$. Следующим шагом после такого переписывания пространство P_1 при необходимости может быть свернуто тем или иным образом. При этом переписывании должны быть запрещены все состояния $p_{i_1 i_2 \ldots i_\tau}$ пространства P_1 и все переходы между этими состояниями, которым соответствуют последовательности состояний пространства $P:\ p_{i_1}, p_{i_2}, ..., p_{i_\tau}$, несовместимые с условием (12).

Например, при свертке времени T_1 с тактом $\Delta = 1$сек во время T_2 с тактом $\Delta_1 = 2$сек ЛО $p_1 \not\Rightarrow\ p_2$ в пространстве $P = \{p_1, p_2\}$ перепишется в пространстве $P_1 = \{p_{11}, p_{12}, p_{21}, p_{22}\}$ и времени T в виде ЛО :

$$\overline{p_{12}};\ p_{11} \not\Rightarrow\ p_{21};\ p_{11} \not\Rightarrow\ p_{22};\ p_{21} \not\Rightarrow\ p_{21};\ p_{21} \not\Rightarrow\ p_{22}.$$

Определив понятия свертки и развертки пространства и времени КЛС и процедуры переписывания ЛО в множества л.э. им ЛО при свертках и развертках пространства и времени КЛС перейдем к рассмотрению основных операций над КЛС.

Пусть имеются КЛС

$S_1 = (T, \Delta, P^1(t), M^1(t), LR^1(t), Tr^1(t))$ и

$S_2 = (T, \Delta, P^2(t), M^2(t), LR^2(t), Tr^2(t))$

с одинаковым временем и известны их состояния в момент t_r:

$S_1(t_r) = (T, \Delta, P^1(t_r), M^1(t_r), LR^1(t_r), Tr^1(t_r))$ и

$S_2(t_r) = (T, \Delta, P^2(t_r), M^2(t_r), LR^2(t_r), Tr^2(t_r))$.

Объединением КЛС S_1 и S_2 $S_3 = S_1 \bigoplus S_2$ назовем КЛС S_3 с тем же временем $T,\ \Delta$;

пространством $P_3(t) = P_1(t)$x$P_2(t)$ в любой момент t и, соответственно, пространством в момент t_r

$P_3(t_r) = P_1(t_r)$x$P_2(t_r)$;

мерой

$$M_3(t) : \mu^3_{ij}(t) = M_3(t, p^1_i \in P_1(t), p^2_j \in P_2(t)) =$$

$$= \mu^1_i(t) * \mu^2_j(t) = M_1(t, p^1_i) * M_2(t, p^2_j)$$

для любого $t_i \in T$ включая t_r;

множеством $LR_3(t) = LR_1^{P_3}(t) \bigcup LR_2^{P_3}(t)$, являющимся (в любой момент, включая t_r) объединением ЛО множеств $LR_1(t)$ и $LR_2(t)$, каждое из которых переписано в пространстве $P_3(t)$ путем замены каждого $P_k^1,\ k = 0, 1, ..., \lambda$ в записи вида (1) этого ЛО на декартово произведение $P_k^1 \mathrm{x} P_2(t)$ (если ЛО из $LR_1(t)$) или $P_k^2 \mathrm{x} P_1(t)$ (если ЛО из $LR_2(t)$);

$Tr_3(t) = Tr_1(t) * Tr_2(t)$ для любого t включая t_r (под декартовым произведением траекторий понимается поточечное декартово произведение каждого из состояний S_1 и S_2 в моменты, предшествующие t).

Для объединения КЛС S_1 и S_2 с разными временами T_1 и T_2 с тактами Δ_1 и Δ_2 соответственно их необходимо преобразовать в S_1^1 и S_2^1 во времени T_3 с тактом Δ_3, которому кратны Δ_1 и Δ_2, путем развертки времен T_1 и T_2 в T_3 и построить объединение $S_1^1 \bigoplus S_2^1$ во времени T_3. При этом, очевидно, начала некоторых моментов T_1 и T_2 должны быть определены как одновременные.

Из определения объединения КЛС нетрудно установить, что мера любого ЛО не изменяется в процессе его переписывания при объединении КЛС. И что это не имело бы место при любом виде рассмотренной в п. 1.2 нормирующей функции f(N), отличном от $f(N) \equiv\ 1$.

При объединении КЛС S_1 и S_2 к ЛО S_1 и S_2 в пространстве P_3 объединения $S_3 = S_1 \bigoplus S_2$ могут добавляться те или иные дополнительные ЛО. КЛС, полученную таким образом, будем называть объединением $S_1 \bigoplus S_2$ с взаимосвязями и обозначать $S_3 = S_1 \widehat{\bigoplus} S_2$.

Из определения объединения КЛС следует, что не всякая КЛС может быть представлена в виде объединения других КЛС. В частности, неразложимой (непредставимой в виде объединения) является любая КЛС с простым числом состояний пространства (хотя бы в один из моментов времени).

Наряду с объединением двух КЛС будем рассматривать объединения многих КЛС и обозначать их $S = S_1 \bigoplus ... \bigoplus S_n$ или $S = S_1 \widehat{\bigoplus} ... S_n \widehat{\bigoplus}$ (простое объединение и объединение с взаимосвязями соответственно).

Разложение КЛС на подсистемы, если оно существует, в общем случае не единственно.

Укрупнением или образом КЛС S_1 будем называть КЛС S_2, полученную из S_1 путем той или иной последовательности сверток пространства и времени S_1 с преобразованием ЛО и мер состояний S_1 в соответствии с этими свертками для любого t. S_1 будем при этом называть детализацией S_2. При этом будут использоваться обозначения $S_2 = \triangleleft S_1$, $S_1 = \triangleright S_2$.

Если $S = \triangleleft S_1,\ S = \triangleleft S_2, ..., S = \triangleleft S_n$, то будем называть S обобщением КЛС $S_1, S_2, ..., S_n$ и обозначать это как $S = \preccurlyeq (S_1, S_2, ..., S_n)$. $S_i\ i = 1, ..., n$ при этом будем называть не только детализациями, но и конкретизациями S и обозначать это как $S_i = \succcurlyeq S,\ i = 1, ..., n$.

Если существует хотя бы одно обобщение КЛС

$S_1, S_2, ..., S_n$, то будем называть $S_1, S_2, ..., S_n$ аналогичными или подобными и обозначать это $S_1 \triangleq S_2 \triangleq ... \triangleq S_n$.

Операции объединения и разложения, укрупнения (образа) и детализации, обобщения и конкретизации КЛС обладают рядом достаточно очевидных свойств:

Объединение КЛС с одинаковым временем, как простое, так и с взаимосвязями, коммутативно и ассоциативно. При фиксированном задании пространств P_i в общем времени (такту которого Δ кратны такты всех времен объединяемых КЛС), в которое развертываются времена всех объединяемых КЛС (в случае не совпадения их времен), и при фиксированных свертках пространств P_i^1, состояния которых соответствуют последовательностям состояний P_i (длины, равной кратности развертки соответствующего времени), в исходные пространства объединяемых КЛС объединение КЛС с разными временами также коммутативно и ассоциативно.

Операции укрупнения и детализации транзитивны:

$$(S_1 = \triangleleft\, S_2) \bigwedge (S_2 = \triangleleft\, S_3) \implies (S_1 = \triangleleft\, S_3);$$

$$(S_1 = \triangleright\, S_2) \bigwedge (S_2 = \triangleright\, S_3) \implies (S_1 = \triangleright\, S_3)$$

Транзитивна и множественная операция обобщения:

$$(S = \preccurlyeq\ (S_1, ..., S_n)) \bigwedge (S_i = \preccurlyeq (S_{i1}, S_{i2}, ..., S_{i\alpha_i}),\ i = 1, ..., n)$$

$$\Longrightarrow (S = \preccurlyeq (S_{11}, ..., S_{1\alpha_1}, ..., S_{n1}, ..., S_{n\alpha_n})).$$

Свойством транзитивности, очевидно, обладает и подобие КЛС:

$$(S_1\ \triangleq\ S_2) \bigwedge (S_2\ \triangleq\ S_3) \Longrightarrow (S_1\ \triangleq\ S_3).$$

В прикладном плане весьма важны следующие свойства КЛС, которые будем далее называть теоремами об образах:

Теорема 1 *Пусть $S_1 = \triangleleft S_2$. И пусть известно, что в момент времени $t^1_{i_0}$ времени T_1 КЛС S_1 с тактом $\tau * \Delta$, начало которого соответствует началу момента $t^2_{j_0}$ времени T_2 КЛС S_2 с тактом Δ, находилась в одном из состояний подпространства P^1_0 пространства состояний S_1 в момент $t^1_{i_0}$: ($P^1_0 \subseteq P^1(t^1_{i_0})$). Пусть известно также, что на отрезке времени T_1 $[t^1_{i_0}, t^1_{i_1}]$, которому соответствует отрезок T_2 $[t^2_{j_0}, t^2_{j_1}]$, в КЛС S_1 не может возникнуть конфликтных ситуаций и в момент $t^1_{i_1}$ при условии $S_1(t^1_{i_0}) \in P^1_0$*

$$S_1(t^1_{i_1}) \in P^1_1 \subseteq P^1(t^1_{i_1}) \equiv P^1(t^1_{i_0})$$

(в силу отсутствия конфликтов на рассматриваемом отрезке пространство S_1 не может измениться на этом отрезке). Тогда заведомо

$$S_2(t^2_{j_1}) \in P^2_1 \subseteq P^2(t^2_{j_1}),$$

где $P^2(t^2_{j_1})$ - пространство S_2 в момент $t^2_{j_2}$, а P^2_1 - подпространство пространства S_2 в момент $t^2_{j_1}$, соответствующее P^1_1 в силу процедуры построения образа $S_2 \;-\; S_1$.

Доказательство. Действительно, в силу процедуры построения образа, каждому ЛО образа соответствует л.э. множество ЛО прообраза. Т.е. все запреты, действующие в S_1, действуют в силу соответствий между состояниями пространств и моментами времени и в S_2. В связи с чем, если некоторая траектория движения S_1 на отрезке $[t^1_{i_0}, t^1_{i_1}]$, начинающаяся с состояния $p^1_k \in P^1_0$, запрещена множеством ЛО S_1, то все соответствующие ей траектории движения S_2 на отрезке $[t^2_{j_0}, t^2_{j_1}]$ будут запрещены множеством ЛО S_2. Т.е. все траектории S_2, начинающиеся в момент $t^2_{j_0}$ с одного из состояний множества P^2_0, соответствующего в силу процедуры построения образа множеству P^1_0, соответствующие запрещенным траекториям S_1 являются запрещенными траекториями S_2. Т.е. все состояния $P^2(t^2_{j_1})$, соответствующие $P^1(t^1_{i_1}) \setminus P^1_1$ запрещены ЛО S_2 в момент $t^2_{j_1}$. Значит разрешены только состояния, соответствующие P^1_1. Что и доказывает теорему. $\square$

Теорема 2 *Пусть $S_1 = \lhd S_2$ и в момент $t^1_{i_0}$ времени T_1 с тактом $\tau * \Delta$ в КЛС S_1 имеет место конфликтная ситуация. Тогда на отрезке времени $[t^2_{j_0}, t^2_{j_0+\tau}]$ времени T_2 с* *тактом* Δ *КЛС* S_2, *соответствующем моменту* $t^1_{j_0}$ *времени* S_1, *в КЛС* S_2 *также заведомо будет иметь место конфликтная ситуация.*

Доказательство. Действительно, в силу самого определения образа, в любой момент времени S_1 множество состояний S_1 соответствует множеству состояний S_2 и каждому ЛО S_1 соответствует л.э. множество ЛО S_2. В связи с чем неразрешимость множества ЛО S_1 в тот или иной момент его времени T_1 неизбежно приведет к неразрешимости множества ЛО S_2 в один из моментов T_2, соответствующих моменту конфликта в S_1 $t^1_{i_0}$. $\square$

Теоремы 1 и 2 позволяют определять множества допустимых состояний КЛС и выявлять конфликты в ней, ожидаемые в те или иные моменты времени, решая эти задачи для того или иного образа КЛС. При этом в каждом конкретном случае искусством является само построение образа.

Весьма важным для приложений является также понятие управления, определяемое для КЛС следующим образом:

Пусть $S_3 = S_1 \widehat{\bigoplus} S_2$ и взаимосвязи между S_1 и S_2 таковы, что они накладывают ограничения только на движение S_2. Тогда будем говорить, что КЛС S_1 управляет КЛС S_2.

Например, если пространство S_1 - $\{p_1, p_2\}$, а пространство S_2 - $\{q_1, q_2\}$, то взаимосвязь в пространстве S_3 -

$P_3 = \{(p_1, q_1), (p_1, q_2), (p_2, q_1), (p_2, q_2)\}$ вида

$((p_1, q_1) \bigvee (p_1, q_2)) \not\Rightarrow ((p_1, q_1) \bigvee (p_2, q_1))$

ограничивает только S_2, запрещая реализовываться состоянию q_1, если в предыдущий момент S_1 находилась в состоянии p_1. При наличии в S_3 только этой взаимосвязи между S_1 и S_2 - S_1 управляет S_2.

1.4 Основные задачи теории КЛС и принципы их решения

Типы задач, возникающих при работе с КЛС, вполне соответствуют типам задач, возникающих в других математических теориях.

1) Траекторные задачи являются в теории КЛС задачами поиска возможных траекторий движения КЛС на заданном отрезке времени $[t_{i_1}, t_{i_2}]$ и области достижимости в момент t_{i_2} (подпространства пространства КЛС, в котором она может оказаться в момент t_{i_2} при существующих ЛО) при заданном множестве возможных состояний в момент t_{i_1} в отсутствие конфликтов в КЛС на протяжении $[t_{i_1}, t_{i_2}]$. Баэовым инструментом решения задач такого рода является теорема 1.

2) Обратные задачи идентификации ЛО КЛС при заданных пространстве и времени по имеющемуся множеству траекторий, реализовавшихся на заданном отрезке времени могут решаться путем выявления ЛО, не противоречащих заданному множеству траекторий. При этом могут и должны использоваться все известные методы, позволяющие избежать полного перебора при проверке непротиворечия ЛО имеющемуся множеству траекторий. Степень достоверности выявленных ЛО при этом, конечно, зависит от числа имеющихся траекторий и их длин.

3) Задачи выявления конфликтов в КЛС. Базовым инструментом решения этих задач является теорема 2.

4) Качественные задачи логического анализа возникают при наличии ограниченной информации о ЛО, присущих рассматриваемому множеству КЛС $S_1, ..., S_n$ и взаимосвязях между этими КЛС в их объединении $S_1 \widehat{\bigoplus} ... \widehat{\bigoplus} S_n$. В этом случае известные ЛО и взаимосвязи не позволя-

ют определить единственные допустимые траектории КЛС или узкие пучки таких допустимых траекторий, составляющие малую часть принципиально возможных траекторий в пространствах КЛС. Однако имеющиеся знания о ЛО рассматриваемых КЛС и взаимосвязях между ними позволяют выстраивать содержательные и практически интересные логические цепочки. Например, пусть S_1 имеет пространство $\{p_1, ..., p_{100}\}$, а S_2 пространство $\{q_1, ..., q_{1000}\}$ и то же время, что и S_1. И известны ЛО $p_3 \Rightarrow \overline{p_4}$ и взаимосвязь $\overline{p_4} \Rightarrow_2 q_{121}$. Из чего следует, что в случае попадания S_1 в момент t_0 в состояние p_3 S_2 не окажется в момент t_3 в состоянии q_{121}, которое может означать для кого-либо смертельный исход. Такого рода логический анализ является основным инструментом качественных наук (биология, история, лингвистика и т.д.).

Задачи оптимального управления на языке теории КЛС ставятся следующим образом:

Пусть имеется объединение КЛС $S_3 = S_1 \widehat{\bigoplus} S_2$, S_1 управляет S_2 и перемещение S_1 по пространству своих состояний $\{p_1, ..., p_N\}$ не ограничено внутренними ЛО. Пусть также заданы значения выигрышей, возможно зависящих от момента времени, получаемых при реализации в тот или иной момент времени S_2 каждого из состояний пространства S_2 $\{q_1, ..., q_M\}$. Необходимо найти подмножество множества возможных траекторий S_1 на заданном отрезке времени S_1 $[t_{i_1}, t_{i_2}]$, на котором ожидаемый выигрыш (оцениваемый при недетерминированности движения S_2 при заданном движении S_1 тем или иным заданным образом) максимален. Такие задачи могут рассматриваться как для отдельных КЛС, так и для счетных семейств КЛС. Для их решения может использоваться как теорема 1, так и все известные методы оптимизации.

1.5 Взаимосвязь КЛС с традиционными математическими конструкциями

Вопрос о взаимосвязи КЛС с недетерминированными конечными автоматами затрагивался выше, в п. 2. КЛС можно назвать "ломающимся" недетерминированным конечным автоматом. Все практические задачи, формализуемые с использованием теории конечных автоматов, могут формализоваться и с использованием теории КЛС. Особое место среди конечных математических конструкций занимают сети Петри (см. [3] и др.), определяемые как

$$NP = (T, P, F, M_0)$$

где T и P конечные множества переходов и мест соответственно, M_0 - начальная разметка мест определенным числом фишек от 0 до MAX, - $M : P \longrightarrow \{0, 1, ..., MAX\}$. $F : TxP \cup PxT \longrightarrow \{0, 1\}$ показывает наличие или отсутствие направленной стрелки от перехода к месту или от места к переходу на графе сети Петри с множеством вершин $P \cup T$. Функционирование сети Петри происходит в дискретном времени и начинается с начальной разметки. В каждый момент обязан сработать один переход (если может сработать несколько переходов, то срабатывает один из них, выбираемый случайным образом. При срабатывании перехода забирается по 1 фишке с каждого места, с которого на графе сети Петри идет стрелка на сработавший переход, и добавляется по 1 фишке на каждое место, на которое идет стрелка со сработавшего перехода. Если ни один из переходов не может сработать, - возникает тупиковая ситуация. Сеть Петри может быть представлена в виде КЛС с пространством $Q^S = T\text{x}Q_1\text{x}...\text{x}Q_N$ (N - число мест сети) $Q_i = q_0^i,\ q_1^i, ..., q_{\max}^i\ i = 1, ..., N$ (состояние в подпространстве T пространства Q^S в момент t_j показывает номер сработавшего в момент t_j перехода, состояние в подпространстве $Q_i, i = 1, ..., N$ в момент t_j показывает число фишек в i -м месте в этот момент). ЛО этой КЛС определяются видом F. Тупиковые ситуации в сети Петри при этом соответствуют конфликтам в данной КЛС - запретам всех возможных состояний в подпространстве T пространства КЛС. То есть тупиковые ситуации в сетях Петри соответствуют конфликтам в КЛС частного вида.

Системам дифференциальных уравнений, как отмечалось выше, могут сопоставляться счетные семейства КЛС. Катастрофам (в смысле теории катастроф) в таких системах будут соответствовать при этом конфликты во всех КЛС соответствующего системе дифференциальных уравнений счетного семейства КЛС.

При вероятностной интерпретации мер состояний КЛС вероятностным конечным автоматам и случайным процессам также могут сопоставляться счетные семейства КЛС.

В целом представленное выше понимание базовых математических конструкций как счетных семейств конечных математических объектов вполне соответствует известным качественным теориям А. Пуанкаре (качественная теория дифференциальных уравнений и качественная геометрия - топология или analysis situs) и его тезису о том, что в основе любого математического умозаключения лежит рекурренция (см. [4] стр. 11-24).

1.6 Концепция проведения прикладных исследований с использованием теории КЛС

В рамках парадигмы, возникающей в связи с представлениями теории КЛС, первым шагом при исследовании тех или иных реальных явлений должно быть определение дискретного времени и пространства состояний (заданного в виде конструируемого множества или счетного семейства таких множеств), в которых будет описываться рассматриваемое явление.

Вторым шагом является определение конечного множества сущностей (КЛС), или счетных семейств сущностей, в виде объединения которых с взаимосвязями будет представлено описываемое явление:

$$S_1\widehat{\bigoplus}...\widehat{\bigoplus}S_n \quad \text{или} \quad S_1(\alpha)\widehat{\bigoplus}...\widehat{\bigoplus}S_n(\alpha)$$

При этом пространство данного объединения (в общем случае семейство конструируемых множеств) должно совпасть с пространством, определенном на первом шаге исследования. На этом шаге определяются пространства, меры состояний, времена КЛС $S_1, ..., S_n$. Однако в некоторых случаях определять меры состояний нет необходимости (при проведении логического анализа "на пальцах").

Третьим шагом исследования является систематизация имеющихся наблюдений об описываемом явлении и выявление выверенных этими наблюдениями ЛО КЛС $S_1, ..., S_n$ и взаимосвязей между ними. При этом выявленные ограничения могут как полностью детерминировать поведение рассматриваемых КЛС (небесная механика; макроописание газов, жидкостей и твердых тел; теория машин и механизмов и др.), так и отмечать лишь некоторые закономерности в их поведении (народные приметы, медицина, психология и др.). Этот шаг соответствует решению обратных задач.

После выявления выверенных свойств наблюдаемого явления, можно определить круг задач, которые могут решаться при имеющемся множестве выверенных свойств. При наличии выверенных закономерностей, полностью или почти полностью детерминирующих поведение рассматриваемых сущностей, могут ставиться и решаться задачи прогнозирования узких пучков или единственных траекторий движения КЛС, задачи оптимизации. В противном случае можно говорить лишь о предсказании определенных конфликтных ситуаций и выявлении возможностей перехода тех или иных сущностей рассматриваемого явления в те или иные желательные или не желательные состояния (путем логического анализа имеющихся закономерностей). При этом неопределенность может описываться как с использованием понятия вероятности (путем вероятностной интерпретации понятия меры состояний пространств КЛС), так и без его использования.

При решении поставленных задач могут использоваться теоремы об образах и все конструктивные методы современной математики. ЛО семейств КЛС и взаимосвязи между счетными семействами КЛС могут описываться как те или иные функциональные зависимости с использованием классических аналитических или кусочно-аналитических функций. Семейство конструируемых множеств, рассматриваемое как пространство состояний семейства КЛС, может являться конечномерным, функциональным, метрическим, топологическим пространством. В каждом конкретном случае решения рассматриваемых задач неформализуемым является поиск образов рассматриваемых КЛС или их семейств для получения возможности использования теорем об образах. Ярким примером в этом смысле является использование лапласовых и фурье образов при решении систем дифференциальных уравнений.

Глава 2. Прикладные аспекты теории КЛС

2.1 Разработка вычислительных машин и программных средств для них

Активное использование в теории КЛС математической логики приводит к естественному желанию применения этой теории к разработке вычислителей и программных средств для них. Результаты исследований, проведенных в этом направлении к настоящему моменту, представлены в работах [5], [6].

В работе [5] определены понятия статического и динамического КЛС-образа, обобщающие понятие "фрейма" и являющиеся компьютерными представлениями статических и динамических КЛС. Разработан подход к построению баз знаний на основе КЛС-образов. Представлен проект оболочки экспертных систем, формирующей такие базы знаний, разработаны внутренний и внешний языки для этой оболочки.

В работе [6] сформулирована концепция создания беспроцессорных вычислителей с активной функцией памяти, основанная на идее программирования алгоритмов путем наложения на и снятия с бит активной памяти логических ограничений, увязывающих состояния этих бит в различные моменты времени. Поставлена задача физической реализации активной памяти такого рода. В случае реализации активной памяти и беспроцессорных вычислителей описанная в [5] оболочка экспертных систем явилась бы естественной операционной системой для таких вычислителей.

Развитие аппаратных и программных средств ЭВМ в последние годы во многом подтверждает целесообразность развития представлений, изложенных в [5] и [6]. Идеология объектно-ориентированных языков программирования вполне соответствует идеологии построения баз знаний на основе КЛС-образов. Развитие же идеологии управления потоками данных и многопроцессорных систем не может не привести к идее прикрепления процессора к каждому биту памяти, т.е. к идее создания активной памяти. Следует также отметить, что некогда высказанная Дж. фон Нейманом концепция построения первых ЭВМ: "конвейер команд и пассивная функция памяти" в самой своей формулировке допускала и принципиальную возможность построения активной памяти.

2.2 Решение задач производственного и экономического характера

Результаты, полученные с прямым или косвенным использованием представлений теории КЛС в области решения задач производственного и экономического характера представлены в работах [7]-[10] и [12].

В работах [7], [8] исследуется класс задач оценки производственных возможностей комплексов производителей, каждый из которых может исполнять определенные операции по преобразованию целочисленных векторов объектов за заданные время и плату. Ставятся и решаются задачи выяснения способности выполнения заданным комплексом производителей тех или иных производственных программ, задачи построения программ, обеспечивающих определенную прибыльность (при эаданных ценах покупки и продажи объектов каждого типа). При этом в числе других рассматриваются и операции сборки, сворачивающие вектора объектов в единичные объекты. Комплекс производителей рассматривается как управляемое объединение КЛС с взаимосвязями. Для решения задач рассматриваемого класса по-существу строятся образы этого объединения КЛС. При этом с целью обеспечения доступности изложения используется традиционная терминология, без привлечения терминов теории КЛС.

В работах [9], [10] представлена модель производственно-экономического взаимодействия конечного числа экономических субъектов (игроков), имеющих в собственности определенные объекты; способных совершать определенные производственные (производящие и потребляющие), экономические, транспортные и обучающие операции, операции-услуги; связанных договорными отношениями; имеющих в каждый момент текущую котировку, учитывающую их ценность самих по себе, имеющуюся у них собственность, их способности по исполнению операций (квалификационный потенциал), баланс договорных обязательств кредиторского и дебиторского характера. Ставятся и решаются задачи оценки производственных возможностей, исполнимости и целесообразности (в смысле повышения текущих котировок, по-существу выражающих чистые активы игроков) исполнения тех или иных систем договорных обязательств. Понятие обязательства формализовано как логическое предложение из связанных операциями "и", "или", "не" простейших обязательств и простейших условий. Предложена архитектура компьютерной системы поддержки принятия решений производственного и экономического характера, основанная на рассмотренных моделях и алгоритмах.

В работе [12], написанной совместно с Кононенко А.Ф., на базе игровых подходов к решению задач экономического и производственного характера (представленных в [11] и др.) и рассмотренных выше представлений предложен нетривиальный класс игровых моделей, основанных на обобщенном аналитическом бухгалтерском учете. В настоящее время этот класс моделей используется при решении конкретных задач управления производственными корпорациями.

2.3 Исследование физических явлений

Парадигма конструктивного кибернетического атомизма, лежащая в основе теории КЛС, приводит к концепции представления конкретных физических явлений (физические процессы в газах, жидкостях, твердых телах, плазме, смешанных средах, цепные реакции, возникновение когерентных структур в физических средах, космические процессы и т.д.) и технических системах в виде объединений счетных семейств КЛС с взаимосвязями $S_1(\alpha)\widehat{\bigoplus}...\widehat{\bigoplus}S_n(\alpha)$, распадающихся на семейства неделимых КЛС с простыми числами состояний. Что приводит к задаче выявления множества простейших неразложимых сущностей (КЛС) с простым числом состояний (кибернетических кварков), из которых строятся макро и микро сущности нашего физического мира (метагалактики). Физическую массу при этом естественно рассматривать как некоторую монотонно возрастающую (скорее всего логарифмически) функцию числа состояний физической сущности, энергию физических связей - как силу соответствующих этим связям множеств ЛО КЛС. Критерием адекватности разрабатываемых конструктивных моделей реалиям физического мира при этом может служить выводимость из рассматриваемой модели базовых физических констант (массы протона, нейтрона и электрона, постоянных Больцмана и Планка и др.). Что вполне соответствует направленности известных работ Понтекорво Б.М.

2.4 Исследования в области психофизиологии человека

Для полноценного конструктивного описания жизнедеятельности человеческого организма во взаимосвязи с процессами психологического характера необходимо построить адекватные конструктивные модели (в рамках рассматриваемой парадигмы адекватные представления в виде КЛС) клетки, органа, ткани, систем организма (костно-мышечной, эпителиальной, сердечно-сосудистой, нервной, эндокринной (внутренней секреции), выделительной, половой, пищеварительной, дыхательной), организма в целом, ауры, души. Что само по себе требует длительных, напряженных исследований. Но можно идти и по пути адекватного моделирования отдельных аспектов жизнедеятельности человека. На этом пути к настоящему моменту удалось достигнуть определенных результатов.

Была предпринята попытка конструктивного исследования эмоциональной жизнедеятельности человека, результаты которого представлены в работе [13]. Центральная нервная система (ЦНС), эндокринная система (ЭС), совокупность остальных (соматических) подсистем организма (СОМА), аура (А)и гипотетическая нетрехмерная составляющая сущности "человек" (душа - Д) были представлены в виде пяти сущностей, объединенных с взаимосвязями в единую сущность "человек" (ЧЕЛ), моделирующую динамику эмоционального состояния человека:

$$\text{ЧЕЛ} = \text{ЦНС}\widehat{\bigoplus}\text{ЭС}\widehat{\bigoplus}\text{СОМА}\widehat{\bigoplus}\text{А}\widehat{\bigoplus}\text{Д}$$

В ЦНС были выделены и рассмотрены особо локализованные в гипоталамусе лимбические эмоциональные центры голода, жажды, боли, сна, полового влечения, спинальные и корковые центры эррекции и эякуляции. В ЭС был выделен гипофиз и его ядра, секретирующие лютеинизирующий (ЛГ) и фолликулостимулирующий (ФСГ) гормоны, железы, секретирующие мужские или женские (андрогены или эстрогены) половые гормоны. Душа рассматривалась в разрезе вызываемых ею сознательных эмоциональных реакций. Конкретное эмоциональное состояние человека в моменит t рассматривалось состоящим из 5 основных компонент (сознательной, болевой, голодной (включая жажду), усталостной (сон), половой и безусловнорефлекторной (спинальной) составляющих). При этом всякая эмоция связывалась с конфликтной ситуацией в рассматриваемой сущности "человек", сила же эмоции измерялась напряженностью (силой) этой конфликтной ситуации. Исследования данной модели проводились на уровне логического анализа известных закономерностей. Были введены понятия мотивационного соотношения в момент t (МС) и мотивационного соотношения поведения на заданном отрезке времени (МСП на данном отрезке), измеряющих соотношение сознательного и суммарного эмоциональных потенциалов человека в рассматриваемый момент (МС) и соотношение этих же проявленных на заданном отрезке времени потенциалов (МСП) (МСП есть отношение интеграла на данном отрезке времени сознательной составляющей эмоционального состояния к интегралу полной напряженности эмоций на том же отрезке).

Разработаны нетривиальная классификация психологических типов, психологическая концепция старения, непротиворечивые гипотезы этиологии шизофрении, эпилепсии, ряда других психичиских заболеваний невыясненного происхождения.

2.5 Изучение общественных процессов

Результаты использующих представления теории КЛС исследований в истории и обществоведении, полученные к настоящему моменту, представлены в работах [15],[16]. При этом концепция проведения данных исследований в значительной мере опиралась на представления, изложенные в работах [4], [14], [17].

С целью агрегированного описания истории индоевропейских народов на протяжении исторически обозримого отрезка времени (около 10 тыс. лет) (работа [16]) совокупность народов Земли была представлена в виде макроорганизма "Ч", распадающегося на европеидную (ЕВ), монголоидную (М), негроидную (Н), индейскую (И) и австралийскую (А) расы.

$$\text{Ч} = \text{ЕВ}\widehat{\bigoplus}\text{М}\widehat{\bigoplus}\text{Н}\widehat{\bigoplus}\text{И}\widehat{\bigoplus}\text{А}$$

Европеидная раса "ЕВ" была разделена на индоевропейскую (ИЕ), семитскую (С), алтайскую (АЛ), уральскую (У) и кавказскую (КВ) семьи народов. Индоевропейская семья "ИЕ" была разделена на славянскую (СЛ), скифскую (СК), германскую (Г) и кельтскую (КЛ) группы народов. Изучение истории проводилось в дискретном времени с тактом около 20 лет.

В результате была построена непротиворечивая версия исторического развития на протяжении последних 10 тыс. лет, соответствующая имеющемуся выверенному фактическому материалу и предоставляющая конкретные объяснения по поводу "белых пятен" происхождения целого ряда культур, государств, племен и народов.

При исследовании общественных процессов (работа [15]) общество или социально-экономическая система (СЭС) представлялась в виде объединения с взаимосвязями описаний природных ресурсов (ПР), людских ресурсов (ЛР), информационных ресурсов (ИР)(книги, архивы, аудио и видео записи, произведения искусства и пр.), искусственных материальных ценностей производственно-экономического характера (МР) (жилые и производственные помещения, оборудование, предметы потребления, продовольственные запасы), обязательств перед иными СЭС (КЗ), обязательств иных СЭС (ДЗ):

$$\text{СЭС} = \text{ПР}\widehat{\bigoplus}\text{ЛР}\widehat{\bigoplus}\text{ИР}\widehat{\bigoplus}\text{МР}\widehat{\bigoplus}\text{КЗ}\widehat{\bigoplus}\text{ДЗ}$$

Подсущности ПР, МР, КЗ и ДЗ СЭС рассматривались имеющими в каждый момент времени определенную ценность, выражаемую в эталонных единицах некоторого имеющего устойчивый спрос материального ресурса (например в тоннах золота заданной пробы). Людские ресурсы (ЛР) в каждый момент времени описывались мотивационным распределением (распределением граждан по разным значениям мотивационного соотношения МС) и квалификационным распределением (распределением граждан по уровням профессиональной квалификации (мастерства)). Под взаимосвязями между составляющими СЭС понимались иерархические взаимосвязи (распределение между гражданами властных полномочий); распределение прав собственности на материальные ценности; родственные, семейные, производственные, дружеские, общинные, клановые отношения; традиции и обычаи; национальные отношения. Предполагалось существование некоторого монотонно возрастающего при росте всех оценочных параметров составляющих СЭС кроме

КЗ (и убывающего по оценке КЗ) и позитивных оценок взаимосвязей между этими составляющими функционала общественных интересов:

$$F(\text{ПР}\widehat{\bigoplus}\text{ЛР}\widehat{\bigoplus}\text{ИР}\widehat{\bigoplus}\text{МР}\widehat{\bigoplus}\text{КЗ}\widehat{\bigoplus}\text{ДЗ})$$

Рассматривались позитивные (увеличивающие данный функционал) и негативные (уменьшающие функционал общественных интересов) общественные процессы локального, общественнозначимого и геополитического характера. Были получены конкретные оценки текущего состояния некоторых современных СЭС и происходящих в них общественных процессов, выработаны конкретные рекомендации по демпфированию негативных и активизации позитивных общественных процессов.

При проведении анализа геополитических процессов Земля в целом рассматривалась как объединение с взаимосвязями геосферы (земной тверди), гидросферы (совокупности всех вод Земли), атмосферы, биосферы и ноосферы (мира душ живых и умерших и взаимосвязей между ними) планеты.

2.6 Философские аспекты теории КЛС

"Последние мысли" А.Пуанкаре (см. [4] стр. 525-672), весьма общие точные теоретико-игровые представления Дж. фон Неймана и О. Моргенштерна и их последователей, "Кибернетику" Н. Винера, последовавшие за указанными работами исследования по сложным развивающимся системам и "теории катастроф", и, наконец, представления, развитые Н.Н. Моисеевым и представителями его школы, можно рассматривать как весьма серьезные основания для снятия "табу" с попыток точного математического исследования вопросов, традиционно относимых к предмету философии, этики, эстетики и богословия.

Как уже отмечалось выше, понятие КЛС можно рассматривать как некоторую формализацию философского понятия "сущность" и понятий "объекта", "субъекта" и "образа" живого языка. А совокупность положений: "правило консолидации ЛО", "правило зарастания", "принцип минимальных разрушений", - как математически точный аналог законов диалектики Гегеля (законы "перехода количественных изменений в качественные", "единства и борьбы противоположностей", "отрицания отрицания"). "Оживление" конечных автоматов путем логической записи их функций переходов и выходов и развитие тезиса А. Пуанкаре о "рекурренции" как универсальной основе математического умозаключения позволяют значительно расширить границы возможностей математического метода исследования и математики как языка описания реальных явлений.

Язык КЛС позволяет развивать один из возможных подходов к началу точных исследований в направлении поиска точных ответов на "вечные" вопросы о том, что есть "пространство", "время", "материя", "сущность", "гармония", "добро", "зло", "воля", "разум", "рождение", "смерть". В нулевом приближении ответы на эти вопросы могут звучать так:

Пространство есть необходимый аттрибут существования любого "нечто", определяющий множество принципиально различимых состояний данного "нечто".

Время есть необходимый аттрибут существования любого "нечто", представляющий линейно упорядоченную последовательность моментов, каждому из которых соответствует нахождение данного "нечто" в одном из состояний своего пространства в этот момент времени. Множественное объединение любой конечной совокупности времен некоторых "нечто" имеет линейный порядок, не нарушающий линейных порядков каждого из этих времен (постулат существования единого времени).

Материальные (массовые) оценки любых "нечто" являются теми или иными монотонно возрастающими функциями числа состояний пространства оцениваемого "нечто".

Сущность есть универсальное "нечто", живущее в некотором связанном с ним времени; обладающее в каждый момент этого времени определенным присущим ему пространством состояний; находящееся в каждый момент своего времени в определенном состоянии присущего ему в этот момент пространства; подчиняющееся в каждый момент своего времени определенному множеству присущих ему в этот момент свойств, которые могут быть записаны в виде ЛО; способное иметь взаимосвязи с другими сущностями, которые могут быть записаны в виде ЛО в пространстве, являющемся декартовым произведением пространств связанных данной взаимосвязью сущностей во времени, являющемся линейно упорядоченным объединением их времен (см. постулат существования единого времени).

"Гармоничностью" (или объективной ценностью) любой сущности в некоторый момент t является значение в этот момент функционала, равного сумме сил максимальных по силе ЛО неразложимых сущностей, на которые разлагается рассматриваемая сущность, плюс сила максимальной по силе взаимосвязи между этими неразложимыми сущностями в пространстве рассматриваемой исходной сущности.

Добро есть процесс в некотором замкнутом мире (являющемся некоторой макросущностью), увеличивающий гармоничность этого мира. Зло - процесс, уменьшающий гармоничность этого мира.

Воля сущности есть принципиальная неопределенность ее поведения при наличии нескольких разрешенных ЛО и взаимосвязями состояний ее пространства в некоторый момент t и в конфликтных ситуациях, допускающих несколько разрешений.

Разумной является сущность, ЛО которой таковы, что волеизъявления этой сущности направлены на добро (на увеличение гармоничности доступной ее восприятию и оценке части мира). Направленность на добро действий (волеизъявлений) разумной сущности реализуется путем образного моделирования окружающего мира, прогнозирования результатов предполагаемых волеизъявлений (действий) и отбраковки волеизъявлений, при которых прогнозируется уменьшение гармоничности доступной части мира. Необходимыми составляющими любой разумной сущности являются: афферентная (чувствующая) составляющая, память, внутренний мир взаимосвязанных образов сущностей внешнего мира и себя самого, составляющая прогнозирования результатов волеизъявления и эмоциональной оценки происходящего, эфферентная (действующая) составляющая. Перечисленные составляющие присутствуют и в составе сущностей, становящихся разумными в процессе развития (каковыми, в частности, являются и современные люди). Однако отсутствие точных представлений о гармонии, добре и зле у таких сущностей приводит к совершению ими злодеяний (согласно известному тезису Сократа зло является прямым следствием невежества, той же точки зрения придерживались и придерживаются большинство духовных лидеров всех времен и народов).

Рождением является превращение неразумной сущности в разумную (данное определение не вполне соответствует общепринятому, согласно которому рождение есть появление живой сущности, имеющей шанс стать разумной самой или обрести разумных потомков).

Смертью является превращение разумной сущности в неразумную.

Смыслом жизни разумной сущности является созидание гармонии. Разумные сущности не являются в силу своей особой природы обреченными на смерть. Каждая из них имеет ненулевые шансы прожить сколь угодно долго.

Литература

1. Шевченко В.В. Об одном подходе к исследованию дискретных динамических систем с меняющейся структурой. -М.: Изд-во ВЦ АН СССР, 1988. / / / 28 с.

2. Кобринский Н.Е., Трахтенброт Б.А. Введение в теорию конечных автоматов. М., 1962.

3. Математическая энциклопедия. Под ред. И.М. Виноградова. М.: советская энциклопедия, 1977.

4. Пуанкаре Анри. О науке. М.: Наука, 1990.

5. Шевченко В.В. Об одном подходе к разработке экспертных систем. В сб. "Новые результаты в теории исследования операций" стр. 103-125. М.: ВЦ АН СССР, 1989.

6. Шевченко В.В. О математических основаниях разработки вычислителей с активной функцией памяти. М.: ВЦ АН СССР, 1991. - 10 с.

7. Шевченко В.В. Об оценке производственных возможностей экономических подсистем. М.: ВЦ АН СССР, 1990. - 35 с.

8. Горелов М.А., Промахина И.М., Шевченко В.В. Задача оценки производственных возможностей экономических подсистем. М.: ВЦ РАН, 1995. - 35 с.

9. Отенко С.А., Шевченко В.В. Об информационно - логическом моделировании договорных взаимодействий. М.: ВЦ РАН, 1991. - 20 с.

10. Шевченко В.В. Комбинаторно-логический подход к решению задач экономического и производственного характера. М.: ВЦ РАН, 1999. - 28 с.

11. Горелик В.А., Горелов М.А., Кононенко А.Ф. Анализ конфликтных ситуаций в системах управления. М.: Радио и связь, 1991. - 288 с.

12. Кононенко А.Ф., Шевченко В.В. Игровые модели,

основанные на аналитическом бухгалтерском учете, и их применение в задачах организации и управления корпорациями./Тезисы конф. "Современные сложные системы управления" 12-14 марта 2002 г. ЛГТУ - Липецк, 2002. стр. 76-77.

13. Шевченко В.В. Эмоции, мотивации, старение, гармонизация личности. Не опубликовано.

14. Моисеев Н.Н. Быть или не быть ... человечеству? -М., 1999. 288 с.

15. Шевченко В.В. Общество и общественные процессы: концепция, текущее состояние, перспективы. Не опубликовано.

16. Шевченко В.В. Очерки истории индоевропейцев. Не опубликовано.

17. Гурин Л.Г. Об одной модели управления государством. М.: ВЦ РАН, 1999. - 30 с.

18. Моисеев Н.Н. Как далеко до завтрашнего дня... Свободные размышления 1917-1993. Воспоминания о Н.Н. Моисееве. М.: Библиотека журнала "Экология и жизнь", 2002.