ТЕТРАЛОГИКА И ТЕТРАКОДЫ

Аноприенко А. Я., к.т.н. (каф. ЭВМ)

*“В своей бинарной арифметике Лейбниц видел прообраз творения.
Ему представлялось, что единица представляет божественное начало,
а нуль — небытие, и что Высшее Существо создает все сущее из небытия
точно таким же образом, как единица и нуль в его системе выражают все числа”*

Лаплас

На современном этапе развития вычислительной техники появилась необходимость и возможность существенного расширения её информационно-логического базиса. Это обусловлено как настоятельной потребностью в новых плодотворных концепциях, позволяющих максимально реализовать технический потенциал современных компьютерных технологий, так и стремительным расширением и усложнением круга задач, решаемых современной информатикой. В данной статье предлагается вариант расширения классической бинарной логики и двоичной системы счисления, позволяющий существенно увеличить их информационную ёмкость и эффективность для представления знаний и описания динамических процессов и структур.

1. Эволюция идей классической одномерной логики

Научному сообществу великий немецкий математик Готфрид Лейбниц известен, прежде всего, как основоположник математического анализа, но при этом далеко не все знают, что Лейбниц является также изобретателем первой счётной машины, на которой можно было не только складывать и вычитать, но умножать и делить [1]. Одну из своих машин он даже намеревался подарить Петру I, для которого разрабатывал проект организации образования в России. Только случайность помешала осуществить это намерение, и можно лишь гадать, как это могло бы повлиять на русскую историю вообще и развитие вычислительной техники в частности. Существенно другое: развивая свои идеи в области совершенствования вычислительных процессов, Лейбниц в 1703 году впервые описал арифметические действия в двоичной системе и показал полезность её применения в некоторых теоретических исследованиях. Более того, пытаясь примирить религию и естествознание, веру и разум, откровение и философию, он попытался на этой основе создать некий всемирный язык. Это весьма утопичное намерение также осталось неосуществлённым, но именно отсюда можно вести отсчёт истории современной бинарной логики и двоичной системы, на которых основано функционирование практически всей современной вычислительной техники.

Обосновывая необходимость применения именно двоичной системы, автор классической концепции современного компьютера Дж. Нейман писал в 1946 году: “Основное преимущество двоичной системы по сравнению с десятичной состоит в большей простоте и быстродействии, с которыми могут выполняться элементарные операции... Дополнительное замечание, которое заслуживает упоминания, состоит в том, что основная часть машины по своему характеру является не арифметической, а логической. Новая логика, будучи системой типа “да-нет”, в основном двоична. Поэтому двоичное построение арифметических устройств существенно содействует построению более однородной машины, которая может быть лучше скомпонована и более эффективна” [1, с.180].

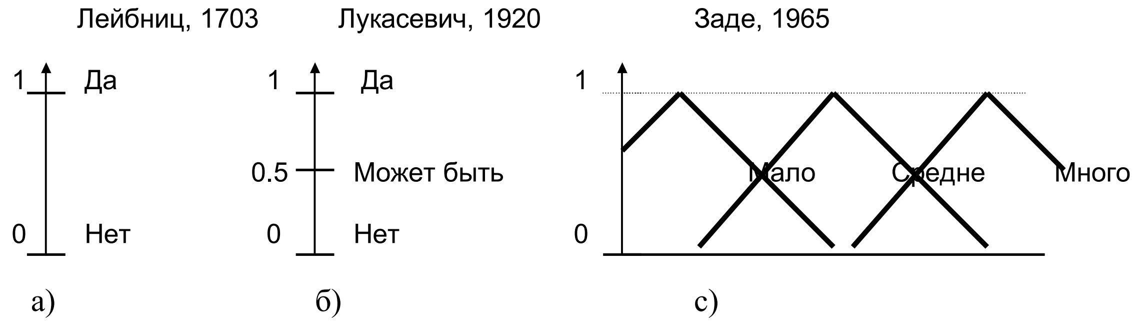

Рис. 1. Эволюция идей классической логики:
а) базовая бинарная логика двоичной системы;
б) трёхзначная логика как простейший вариант многозначной;
в) нечёткая логика, оперирующая функциями принадлежности.

К этому времени двухзначная логика уже не являлась единственно возможной. Так, в частности, польский математик Ян Лукасевич, родившийся во Львове и окончивший в 1902 году Львовский университет, известный в основном как автор польской бесскобочной инверсной записи арифметических выражений [3, с. 195], в 1920 году предложил идею трёхзначной логики, что стимулировало в последующем целый ряд исследований в области многозначной логики. Полученные, однако, в этой области интересные результаты до настоящего времени не нашли достаточно широкого применения, чтобы их можно было считать сколь-нибудь значимой альтернативой традиционной бинарной логике.

Более удачно сложились обстоятельства для так называемой нечёткой логики, предложенной профессором университета Беркли в Калифорнии Лотфи Заде (родившегося и проведшего первые десять лет своей жизни, с 1921 по 1931 г., в советском Баку). Будучи впервые предложенной в 1965 году как средство более адекватного описания реальной неопределённости окружающего мира [4], идея нечёткой логики была встречена довольно скептично, если не считать непродолжительного периода начальной эйфории. Однако к началу 90-х годов, в условиях, по-видимому, недостатка новых идей, количество и качество которых стало заметно отставать от темпов технического развития вычислительной техники, наступил ренессанс нечёткой логики. Более того, в настоящее время имеет место типичный внедренческий бум [4], когда методы нечёткой логики стали применяться не только там, где это технически оправдано, но и там, где это диктуется лишь соображениями своего рода научной моды. Бесспорно, тем не менее, что новый подход во многих случаях позволил существенно упростить описание и решение сложных технических задач. Это, в частности, нашло своё отражение в появлении целого нового научного направления, название которого в оригинальном английском варианте звучит как “Soft Computing”, что приблизительно можно перевести как “мягкие вычисления”. По мнению основоположника нечёткой логики Л. Заде методология нового направления существенно более соответствует принципам функционирования человеческого мозга, чем традиционные подходы и методы информатики [5].

2. Предпосылки развития кодо-логического базиса информатики

Пример нечёткой логики показывает, что в современной информатике наступает период интенсификации поиска новых концепций, позволяющих эффективно преодолевать нарастающую сложность информационных систем и компьютерных технологий. Основными целями при этом является максимальное использование резко возросшего за последнее десятилетие технического уровня вычислительной техники и стимулирование дальнейшего роста её технических показателей, а также масштабов и эффективности её применения. Учитывая, что проработка новых идей ведётся не только на уровне алгоритмических реализаций, но постоянно рассматриваются также и возможности самых фундаментальных изменений, вплоть до соответствующей замены используемой элементной базы [6], целесообразно ввести понятие **кодо-логического базиса, под которым будем понимать совокупность используемых логических основ и способов кодирования информации**, существенно влияющих как на построение алгоритмов и организацию программных систем, так (в предельном случае) и на элементную базу. При этом предполагается, что в идеальном случае новый кодо-логический базис позволяет не только существенно положительно влиять на характеристики компьютерных систем в случае эмуляции его на базе традиционных вычислительных средств, но и кардинально улучшить эти характеристики при реализации его уже на уровне элементной базы.

В качестве основных предпосылок и стимулов дальнейшего развития кодо-логического базиса информатики в настоящее время можно выделить следующие:

• **Стремительный технологический рост** в области вычислительной техники требует интенсивной подпитки новыми идеями. В качестве примера может быть рассмотрена эволюция микропроцессоров фирмы “Интел”, являющихся на протяжении последних двадцати лет фактически основой массовой компьютеризации.

Эволюция основных типов микропроцессоров Таблица 1

Год	Степень интеграции (вентилей / кристалл)	Разрядность	Типичный микропроцессор (Intel)
1974	3 000	8	8080
1977	10 000	8	8048
1980	30 000	16	8086
1983	100 000	16	80286
1986	300 000	32	80386
1989	1 000 000	32	80486
1992	3 000 000	64	Pentium
1995	10 000 000	64	Pentium Pro
1998	30 000 000	??	
2001	100 000 000	??	

Как видно из таблицы 1, начиная с 1974 года каждые три года степень интеграции микропроцессоров увеличивается примерно в 3.3 раза, что позволяет существенно расширять их функциональные характеристики, повышать производительность и разрядность. Однако, стабильный рост разрядности, похоже, в настоящее время достиг своего предела: 64 разряда, соответствующих стандарту двойной (т. е. максимальной) точности представления чисел, являются достаточными практически для всех видов вычислений. Увеличение разрядности до 128-ми представляется нецелесообразным. Оправдано оно может быть не увеличением точности вычислений, а только лишь расширением функциональных возможностей представления чисел и усложнением их структурной организации (естественно, при соответствующем росте производительности).

Подобная попытка уже предпринималась фирмой “Интел” в 1981 году, когда после шумной рекламы начался выпуск микропроцессора iAPX432 с усложнёнными структурами данных, который, однако, не имел успеха на рынке из-за низкой производительности. Но спустя 20 лет ситуация будет выглядеть совершенно иначе: наряду с широкомасштабным внутрикристалльным распараллеливанием вычислительных процессов, усложнение информационных кодов и структур может стать одним из основных направлений развития микропроцессоров.

• **Вызов природы** в виде универсального генетического кода: все организмы, от самой простой бактерии до человека, содержит один и тот же набор кодонов, кодирующих на базе четырёх нуклеотидов одни и те же 20 аминокислот (табл. 2 и 3).

Таблица 2

Словарь генетического кода

Первое основание кодона	Второе основание кодона				Третье основание кодона
	U	**C**	**A**	**G**	
	phe	ser	tyr	cys	**U**
U	phe	ser	tyr	cys	**C**
(Урацил)	leu	ser	stop	stop	**A**
	leu	ser	stop	trp	**G**
	leu	pro	his	arg	**U**
C	leu	pro	his	arg	**C**
(Цитозин)	leu	pro	gln	arg	**A**
	leu	pro	gln	arg	**G**
	ile	thr	asn	ser	**U**
A	ile	thr	asn	ser	**C**
(Аденин)	ile	thr	lys	arg	**A**
	met	thr	lys	arg	**G**
	val	ala	asp	gly	**U**
G	val	ala	asp	gly	**C**
(Гуанин)	val	ala	glu	gly	**A**
	val	ala	glu	gly	**G**

Таблица 3

Аминокислоты

Номер	Обозначение	Наименование
1	ala	Аланин
2	arg	Аргинин
3	asn	Аспарагин
4	asp	Аспарагиновая кислота
5	cys	Цистеин
6	gln	Глутамин
7	glu	Глутаминовая кислота
8	gly	Глицин
9	his	Гистидин
10	ile	Изолейцин
11	leu	Лейцин
12	lys	Лизин
13	met	Метионин/”Старт”
14	phe	Фенилаланин
15	pro	Пролин
16	ser	Серин
17	thr	Треонин
18	trp	Триптофан
19	tyr	Тирозин
20	val	Валин
21	stop	“Стоп”

Эффективность кодирования при этом настолько высока, что таким образом определено до мельчайших деталей не только всё ошеломляющее многообразие жизни, но и её динамика, как для отдельных особей, так и для популяций в целом. Многое здесь ещё остаётся неясным, но совершенно очевидно одно: современная информатика не имеет пока в своём распоряжении ничего, что хотя бы приближалось по своей эффективности к генетическому коду.

• **Прокрустово ложе бинарной логики** уже не раз выступало в качестве ограничивающего фактора в попытках имитации человеческого интеллекта. “Чёрно-белый”, “монохромный” мир бинарной логики не в состоянии передать весь спектр человеческих оценок, мнений и суждений, отражающих в свою очередь всю диалектическую сложность и многообразие окружающей Вселенной.

• **Концепция точечного числа всё более отстаёт** от идей массового параллелелизма. Понятию числа в современной вычислительной технике соответствует код, определяющий положение точки на числовой оси. Такое понимание числа гармонично соответствует как последовательной природе абстрактного аналитического мышления человека, так и последовательному характеру выполнения операций в ЭВМ с классической неймановской архитектурой. Однако, будучи изначально не соответствующим интуитивно-образному мышлению человека, такое ограниченное понимание числа начинает также дисгармонировать с новыми подходами в области нетрадиционных (не неймановских) архитектур, ориентированных на широкомасштабное (массовое) распараллеливание вычислительных процессов.

3. Двумерное логическое пространство

Наиболее радикальным вариантом расширения бинарной логики может быть переход к двумерному пространству в ортогональных осях “Да” и “Нет” (рис.2) [7].

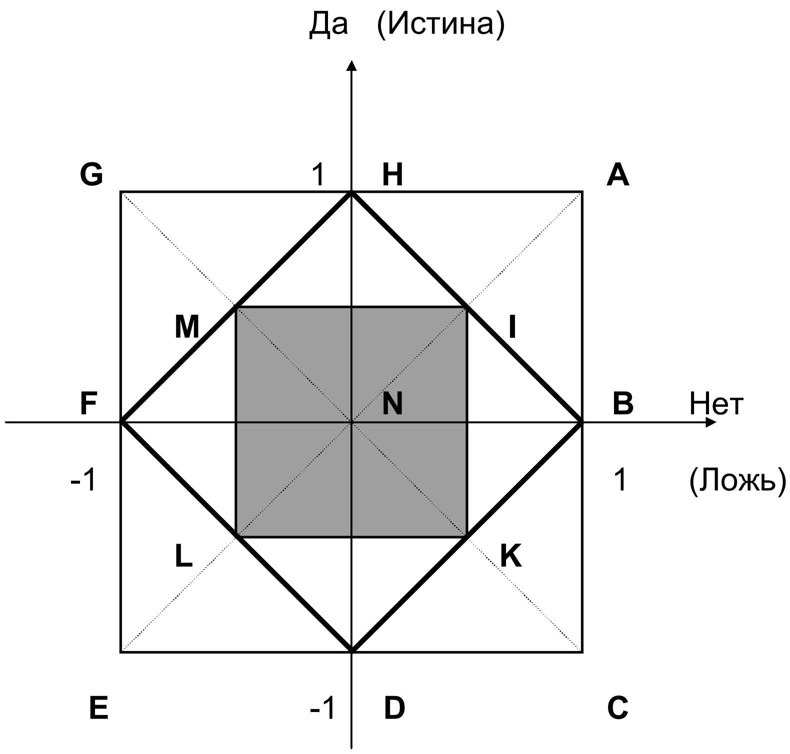

Рис. 2. Двумерное логическое пространство с ортогональными осями “Да” и “Нет”.

Все ранее известные вариации бинарной и многозначных логик являлись по существу одномерными и во всех случаях, в том числе и в нечёткой логике, предполагалось, что полярно противоположные точки (логические 0 -”Ложь” и 1 -”Истина”) лежат на одной оси, в пределах которой и осуществляются все логические операции. Но специфика человеческого знания такова, что окружающий мир не может быть однозначно описан такой упрощенной схемой. Главным образом потому, что в системе знаний важную роль играют ещё минимум две ситуации: “не знаю” и “знаю настолько хорошо, что однозначно ответить не могу”. Только ортогональное расположение осей “Да” и “Нет” позволяет органически включить указанные ситуации в формальную логическую систему.

Представленное на рис. 2 двумерное логическое пространство является чрезвычайно интересным объектом для философского анализа и различных семантических интерпретаций. Ограниченный объём статьи не позволяет достаточно детально рассмотреть этот вопрос. Укажем лишь на наиболее характерные точки, линии и области представленного пространства.

Точки H и B соответствуют логическим значениям 1 и 0 бинарной логики, и, соответственно, линия HB является **пространством классической одномерной логики**.

Точка N соответствует полному отсутствию информации, т.е. **абсолютному незнанию**. Закрашенный квадрат IKLM покрывает область **недостаточной информации**, т.е. такого уровня знания, который не позволяет отдать уверенное предпочтение одной из традиционных альтернатив: “да” или “нет”. Заметим при этом, что процесс познания в рассматриваемом логическом пространстве может быть представлен в виде некоторой траектории, начинающейся в точке N и имеющей вид, как правило, более нетривиальный, чем просто прямая.

Квадрат BDFH ограничивает область **неполной информации**, которая хотя и позволяет в ряде случаев (вне пределов квадрата IKLM) уверенно предпочесть одну из альтернатив, тем не менее однозначно и полностью не определяет соотношение между ними. Если использовать вероятностную терминологию, то можно утверждать, что неполноту информации мы можем констатировать в случае, когда суммарная вероятность альтернатив “да” и “нет” меньше единицы. Границы квадрата BDFH соответствуют минимально необходимому уровню полной информации, когда суммарная вероятность альтернатив точно равна единичному значению. За пределами квадрата BDFH располагается область избыточной информации (относительно некоторого конкретного вопроса) или **сверхзнания**, когда наблюдается сосуществование и, в определенном смысле, единство альтернатив. Линия AE при этом соответствует сбалансированному (уравновешенному) единству противоположностей.

Смысл отрицательных полуосей ND и NF может быть проиллюстрирован ситуацией выбора одной из ряда возможных альтернатив в некотором списке. Например, если требуется выбрать одну и только одну из предложенных кандидатур, то “да” для одной из персон в списке отнюдь не обязательно означает именно “нет” для всех остальных, а только лишь “не да”, и в случае снятия количественных ограничений может перейти в “да”. Аналогичная ситуация может наблюдаться и в случае, когда из предложенного списка требуется вычеркнуть одну и только одну кандидатуру — для всех остальных это означает только лишь “не нет” и ничего более. Вполне возможно, что вычёркивающий одну альтернативу с не меньшим удовольствием проделал бы это и для всех остальных.

В заключение приведём возможную смысловую интерпретацию основных четырёх областей (квадрантов) двумерного логического пространства:

Квадрант ABNH соответствует **диалектическому** единству противоположностей, которые существуют и развиваются во взаимодействии. Траектория познания в данном квадранте определяется практическим (экспериментальным) подтверждением и опровержением приобретаемых знаний. Высшей точкой познания в данном случае является точка A, определяющая гармоническое единство и взаимодействие противоположностей. В физическом смысле речь может идти о всей совокупности динамических процессов цикличного и ритмического характера, являющихся без преувеличения основой динамики мироздания.

Квадрант NDEF, являющийся своего рода зеркальным отражением предыдущего квадранта, но, в отличие от него, основанный на неявном (гипотетическом) получении знаний, может быть определен как область **схоластики,** исходящей из тезиса первенства и главенства веры (т. е. умозрительной гипотезы) над разумом (т. е. проверенным экспериментально осмыслением реальных фактов).

Квадрант BCDN соответствует позиции **негативизма**, в концентрированном виде сформулированной Ницше, заявившим, что мир представляет собой “постоянно изменяющуюся ложь, которая никогда не приближается к истине...” [8, с. 654].

Квадрант HNFG может быть поставлен в соответствие философии **позитивизма**, полагающей (в махистском истолковании) основным принципом научного познания “экономию мышления”, т.е. признание совершенно равноправными даже противоположных научных теорий, если они достаточно удобны, просты и подтверждаются экспериментально. За рамками рассмотрения при этом, как правило, остаётся объективный анализ имеющих место противоречий и взаимное согласование различных подходов.

4. Тетралогика

Рассмотренное в предыдущем разделе двумерное логическое пространство может служить основой для построения самых разнообразных формальных логических систем, существенно расширяющих возможности классической бинарной логики и адаптирующих её к особенностям человеческого мышления.

В практическом плане наибольший интерес представляют различные построения в рамках "диалектического" квадранта ABNH, т.е. "в ближайших окрестностях" линии HB классической логики. При этом наиболее простым и продуктивным является дополнение двух основных логических состояний "Да" (логическая 1 -- "Yes"), и "Нет" (логический 0 — "No") дополнительными состояниями неопределённости ("Ничего", N — "Nothing") и сверхопределённости ("Всё", A — "All"). В совокупности перечисленные четыре состояния могут стать основой для построения так называемой тетралогики (рис. 3), включающей классическую бинарную логику как частный случай. При этом состояние неопределённости может интерпретироваться как равновероятность любой из альтернатив (т.е., фактически может рассматриваться не точка полной неопределённости N, а центральная точка квадранта P) и описываться словосочетанием "или да, или нет", а состояние сверхопределённости A, соответственно, — словосочетанием "и да, и нет".

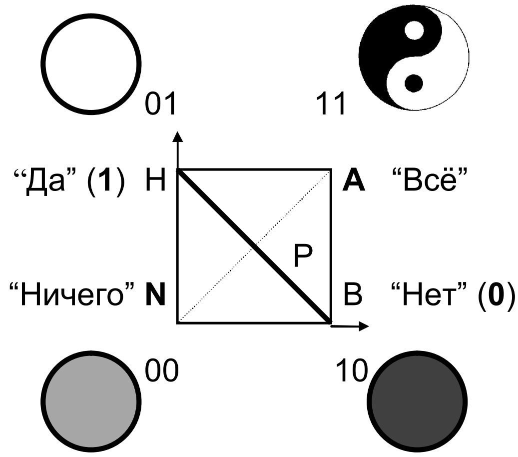

Рис. 3. Основные логические состояния "диалектического квадранта"

Важно при этом отметить, что двухбитное кодирование логических состояний (как показано на рис.3) позволяет распространить основные положения булевой алгебры и на случай тетралогики, а также эффективно использовать существующий элементный базис вычислительной техники для расширения логических возможностей компьютерной информатики.

5. Основной тетракод

Аналогично тому, как бинарная логика явилась основой двоичной системы, тетралогика может рассматриваться как базис для построения тетракода, являющегося расширением обычного двоичного кода. Каждый разряд тетракода представляет собой двухбитную комбинацию, соответствующую одному из четырёх состояний тетралогики. Таким образом, суммарное количество бит для представления чисел увеличивается в 2 раза, но при этом происходит важное качественное изменение кода: из точечного (т.е. нульмерного) числа он превращается в одномерное, эффективно использующее всё пространство числовой оси.

При этом появление хотя бы в одном из разрядов комбинации типа A приводит к тому, что число представляет уже не единичное значение, а некоторое множество значений, ритмично расположенных на числовой оси (рис.4). Наличие хотя бы в одном из разрядов комбинации типа N приводит к соответствующей неопределённости числа. В примере, представленном на рис. 5, тетракод одновременно двум значениям, первое из которых может быть 2 или 3, а второе — 6 или 7.

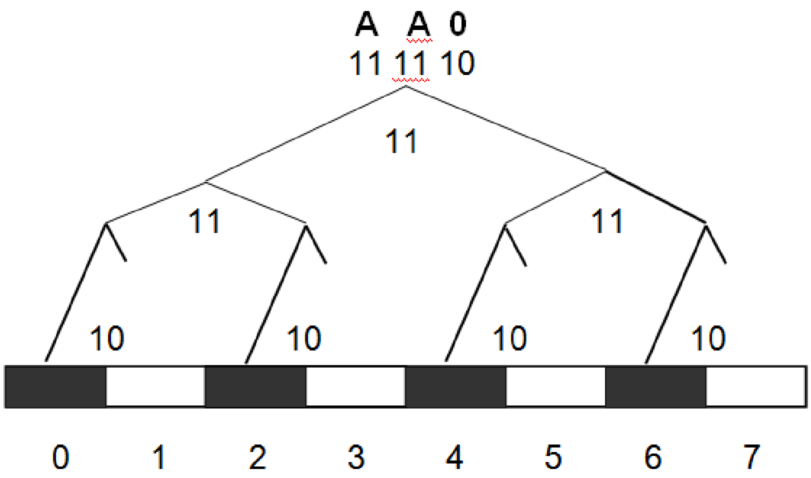

Рис. 4. Пример трёхразрядного тетракода, представляющего четырёхэлементное ритмичное множество

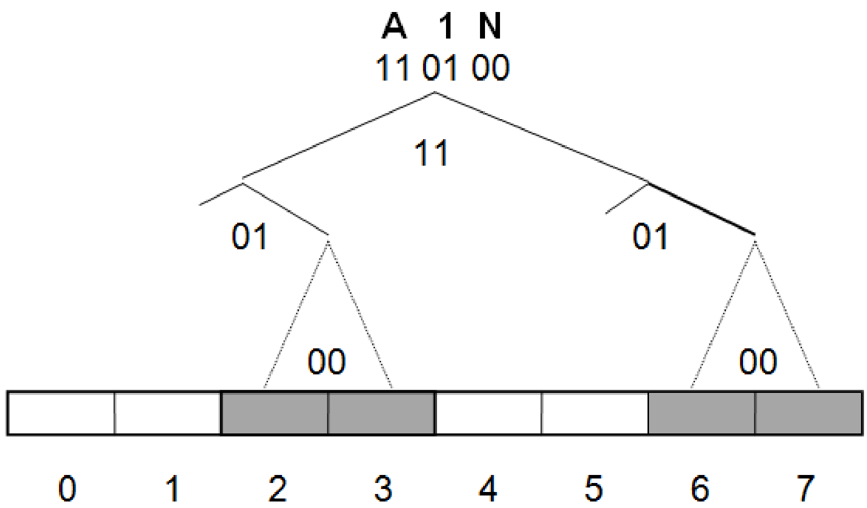

Рис. 5. Пример трёхразрядного тетракода, представляющего двухэлементное множество с неопределённостью в младшем разряде.

Так как далее будут рассмотрены и другие интерпретации тетракода, описанный здесь вариант кодирования, непосредственно вытекающий из особенностей тетралогики, назовём **основным тетракодом**. В таблицах 4 и 5 представлен полный словарь трёхразрядного основного тетракода, достаточно полно иллюстрирующий все особенности предлагаемого метода кодирования.

В таблице 6 приведена классификация наиболее характерных триплетов тетракода. При этом нельзя не отметить очевидную аналогию с генетическим кодом, в связи с чем альтернативным для основного тетракода может быть название “квазигенетический код”. Сходство, однако, является во многом чисто внешним, но нельзя не признать, что тетракод по своей информационной ёмкости находится существенно ближе к генетическому кодированию, чем обычный двоичный код.

В заключение необходимо отметить, что принципиально новыми особенностями тетракода, значительно повышающими его информативность, являются следующие:

Во-первых, число может представлять не только единичные (точечные) значения, но и различные ритмично упорядоченные множества значений;

Во-вторых, значения, представляемые числами, могут носить характер детерминированных неопределённостей, что позволяет говорить о вариативности конкретных реализаций таких чисел.

Таблица 4

Словарь трёхразрядного тетракода
(значения представлены на числовой оси от 0 до 7)

Старший разряд	Средний разряд				Младший разряд
	I	**O**	**A**	**N**	
	01234567	**01234567**	**01234567**	**01234567**	
	=======+	=====+==	=====+=+	=====?=?	**I**
I	======+=	====+===	====+=+=	====?=?=	**O**
	======++	====++==	====++++	====????	**A**
	======??	====??==	==== ????	====????	**N**
	===+====	=+======	=+=+====	=?=?====	**I**
O	==+=====	+=======	+=+=====	?=?=====	**O**
	==++====	++======	++++====	????====	**A**
	==??====	??======	???? ====	????====	**N**
	===+===+	=+===+==	=+=+=+=+	=?=?=?=?	**I**
A	==+===+=	+===+===	+=+=+=+=	?=?=?=?=	**O**
	==++==++	++==++==	++++++++	???? ????	**A**
	==??==??	??==??==	???? ????	???? ????	**N**
	===?===?	=?===?==	=?=?=?=?	=?=?=?=?	**I**
N	=?===?==	?===?===	?=?=?=?=	?=?=?=?=	**O**
	==??==??	??==??==	???? ????	???? ????	**A**
	====????	????====	???? ????	???? ????	**N**

Примечание: “+” - фиксированные значения, “?” - вероятные значения

6. Многомерные тетракоды

Степень информативной насыщенности тетракодов может возрастать при переходе к пространствам большей размерности.

Так, например, двумерный тетракод с суммарным количеством бит, достаточным в случае обычного двоичного кодирования для задания на плоскости фиксированного положения лишь двух точек, может описывать существенно более сложные семейства объектов на плоскости (рис. 6).

В случае четырёхмерного тетракода речь может идти об описании ритмичной эволюции во времени некоторого довольно сложного трёхмерного объекта, например, сеточной области или некоторой упорядоченной системы объёмов. Естественно, что традиционное кодирование и в этом случае при использовании аналогичного количества бит позволяет задать в четырёхмерном пространстве положение не более двух точек.

Словарь трёхразрядного тетракода Таблица 5

(представлены наборы численных значений, соответствующих каждой комбинации)

	I	O	A	N	
	7	5	57	5,7	**I**
I	6	4	46	4,6	**O**
	67	45	4567	45,67	**A**
	6,7	4,5	46,57	4,5,6,7	**N**
	3	1	13	1,3	**I**
O	2	0	02	0,2	**O**
	23	01	0123	01,23	**A**
	2,3	0,1	02,13	0,1,2,3	**N**
	37	15	1357	15,37	**I**
A	26	04	2468	02,46	**O**
	2367	0145	01234567	0145,2367	**A**
	26,37	04,15	0246,1357	04,15,26,37	**N**
	3,7	1,5	13,57	1,3,5,7	**I**
N	2,6	0,4	02,46	2,4,6,8	**O**
	23,67	01,45	0123,4567	01,34,56,78	**A**
	2,3,6,7	0,1,4,5	02,13,46,57	0,1,2,3,4,5,6,7	**N**

Примечание: множество значений от 0 до 7 в каждом наборе перечислено без разделителей, запятыми отделены альтернативные (вероятные) наборы значений.

Основные типы триплетов трёхразрядного тетракода Таблица 6

Номер	Обозначение типа	Перечень триплетов	Наименование типа
1	B	000,001,010,011,100,101,110,111	Фиксированная точка
2	A	AAA	Полное множество
3	N	NNN	Пустое множество
4	BA	00A,01A,10A,11A,0AA,1AA	Компактное множество
5	AB	A00,A01,A10,A11,AA0,AA1	Ритмичное множество 1
6	BN	00N,01N,10N,11N,0NN,1NN	Вероятностная точка 1
7	NB	N00,N01,N10,N11,NN0,NN1	Вероятностная точка 2
8	AN	ANN,AAN	Вероятностное множество 1
9	NA	NAA,NNA	Вероятностное компактное множество 1
10	ABN	A0N,A1N	Вероятностное множество 2
11	ANB	AN0,AN1	Вероятностное множество 3
12	NAB	NA0,NA1	Вероятностное множество 4
13	NBA	N0A,N1A	Вероятностное компактное множество 2
14	BAN	0AN,1AN	Вероятностное множество 5
15	BNA	0NA,1NA	Вероятностное компактное множество 3
16	BAB	0A0,0A1,1A0,1A1	Ритмичное множество 2
17	ABA	A0A,A1A	Ритмичное множество 3
18	BNB	0N0,0N1,1N0,1N1	Вероятностная точка 3
19	NBN	N0N,N1N	Вероятностная точка 4
20	NAN	NAN	Вероятностное множество 6
21	ANA	ANA	Вероятностное множество 7

AA 01 NN (X = A0N, Y = A1N)

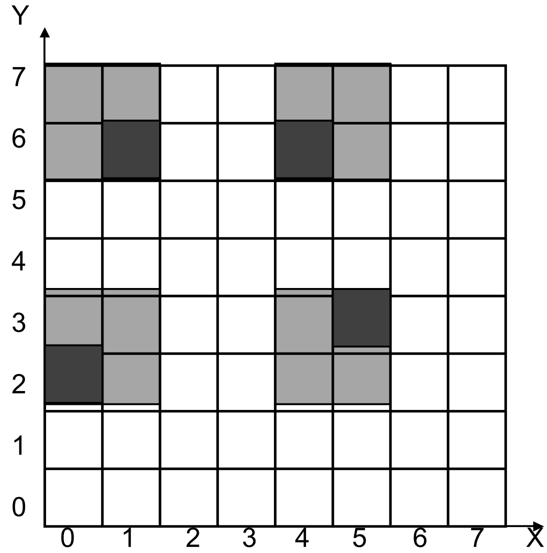

Рис. 6. Пример трёхразрядного двумерного тетракода с неопределённостью в младшем разряде (серым представлены области вероятных значений, чёрным - один из возможных вариантов конкретной реализации кода).

7. Альтернативные интепретации тетракодов

Повышению информативной насыщенности тетракодов может способствовать также и возможность их альтернативных интерпретаций.

Особенно наглядно это видно для двумерного случая, учитывая что одним из наиболее эффективных областей приложения тетракодов может быть кодирование изображений.

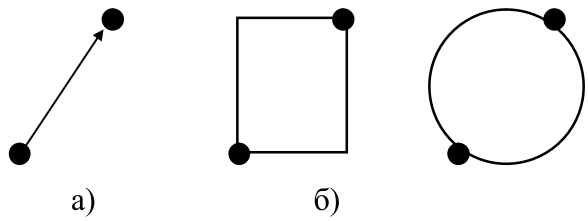

Рис. 8. Векторная (а) и варианты граничных (б) интерпретаций двумерного тетракода.

Как уже отмечалось выше, количество бит основного тетракода достаточно для задания положения двух точек, и, следовательно, возможны следующие три дополнительные интерпретации тетракода:

векторная, при которой тетракод задаёт совокупность значений, получаемых интерполяцией в заданном направлении между двумя точечными значениями (рис. 8а);

граничная, при которой точки определяют некоторую область заключённых между ними значений (рис. 8б);

центрированная, представленная в виде различных вариантов привязки некоторой совокупности значений к определённой точке, координаты которой являются первой половиной тетракода.

Перечисленные варианты интерпретаций традиционно известны в информатике как примитивы машинной графики. Но в данном случае они рассматриваются как варианты интерпретации тетракода, т.е. являются возможными значениями одного элементарного числа! Возможно, именно таким способом могут быть сделаны первые шаги в компьютерной реализации принципов образного мышления.

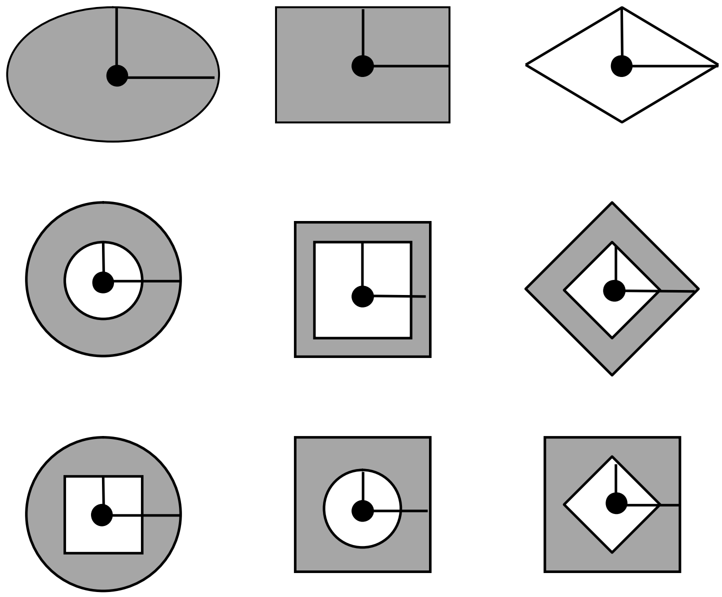

Рис. 7. Варианты центрированных интерпретаций двумерного тетракода.

Особый интерес представляет реализация тетракодов в случае представления чисел с плавающей запятой: каждое число при этом может представлять целое семейство разномасштабных изоморфных структур.

В заключение данной статьи, имеющей в основном вводный, ознакомительный характер, необходимо отметить, что изложенная в ней концепция тетралогики и тетракодов представляется весьма плодотворной как с теоретической точки зрения, так и с точки зрения будущих практических приложений. В первую очередь имеются ввиду системы моделирования и машинной графики, наиболее тесно соприкасающиеся с проблемами чрезвычайной информационной сложности окружающего нас мира.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Апокин И.А., Майстров Е.М. Развитие вычислительных машин. — М.: Наука, 1974, 399 с.
2. Словарь по кибернетике / Под ред. В.С.Михалевича. — К.: Гл. ред. УСЭ им. М.П.Бажана, 1989, 751 с.
3. Zadeh L.A., Fuzzy Sets. Information and Control, June 1965, pp. 338-353.
4. Bezdek. Editional Fuzzy models - what are they and why ? IEEE Trans. on Fuzzy systems. Vol. 1. No. 1, February, 1993.
5. Zadeh L. A. Soft computing and Fuzzy Logic. Software Engineering Journal, November, 1994.
6. Bothe. Fuzzy Logic. Einfuhrung in Theorie und Anwendungen. Springer-Verlag, 1993, 225 z.
7. Аноприенко А.Я., Кухтин А.А.О некоторых возможностях расширения логического базиса информатики. Тези доповідей міжнародноі науково-практичноі конференціі "Інформатизація в умовах переходу до ринку", Киів, 5-6 листопада 1992 р., с. 30-32.
8. Краткий очерк истории философии. — М.: Мысль, 1981, 927 с.

Как правильно ссылаться на эту статью:

Аноприенко А.Я. Тетралогика и тетракоды. // Сборник трудов факультета вычислительной техники и информатики. Вып.1. – Донецк: ДонГТУ. – 1996. С. 32-43.