

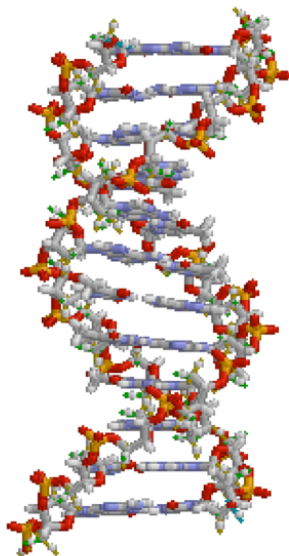
Алгебраическая биология в университетском курсе искусственного интеллекта в МИРЭА. Принципы голографии в генетике.

С.В. Петухов, д.ф.-м.н.

Зав. лабораторией биомеханических систем

Института машиноведения РАН

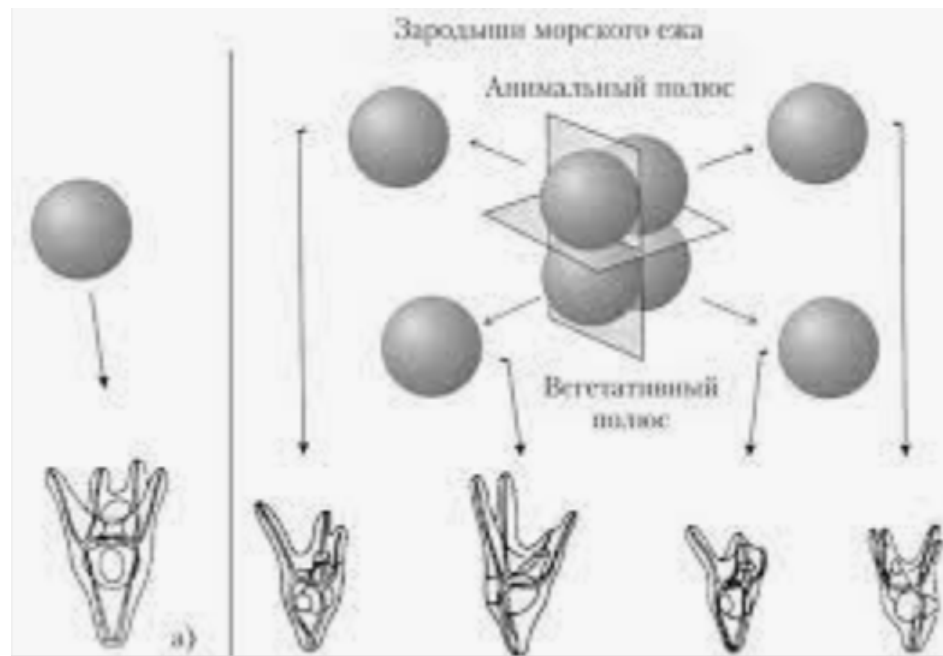
<http://petoukhov.com/>

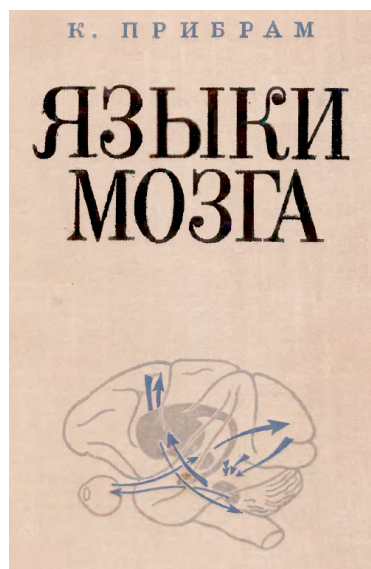


При чтении курса искусственного интеллекта желательно помнить слова Плутарха: «ученик – это не не сосуд, который нужно наполнить, а факел, который нужно зажечь».

Существует множество путей для попыток создания искусственного интеллекта, который должен воспроизводить свойства естественного интеллекта, физиологические основы которого генетически передаются из поколения в поколение. Желательно, чтобы любознательный студент зажегся интересом к этой животрепещущей проблематике, не упуская из вида генетические корни способностей к интеллектуальной деятельности. В этом ему помогут главы из алгебраической биологии, которая строится на раскрытии богатых алгебраических структур генетической ДНК информатики. Эти **генетические структуры, как оказывается, связаны с голографическими принципами**, особо популярными в биологии и когнитивных исследованиях, а также в современной физике с ее концепциями голографической Вселенной.

Давно известно, что живые организмы обладают свойствами, напоминающими свойства голографии с ее нелокальной информатикой. Например, в эмбриологии еще Г.Дриш (1921 г.) показал, что, отделяя друг от друга бластомеры яиц морского ежа, можно вырастить из одной эмбриональной клетки (бластомера) нормальные (хотя и уменьшенные) личинки со всеми их органами. Подобные "голографические" феномены распределенной информации многократно подтверждены на множестве таксономических групп многоклеточных - от губок до млекопитающих.





Книга К.Прибрама «Языки мозга» о голографических принципах работы мозга подчеркивает, что голографическое описание не имеет себе равных для объяснения проблем восприятия, особенно проблем формирования изображения и фантастической способности распознавания. В предисловии к книге А.Р.Лурия пишет, что концепции Прибрама близки к учению о саморегулирующихся функциональных системах П.К.Анохина.

Существует масса физиологических данных в поддержку голографической концепции. Например, Лэшли [1929] показал, что независимо от того, какую часть мозга крысы мы удалим, мы не можем разрушить воспоминания о том, как выполнять сложные действия, которым крыса научилась перед операцией. Многие подобные физиологические явления описаны, например, в книге «Голографическая Вселенная» [Талбот, 1996].



Но все морфогенетические, мозговые и прочие физиологические структуры генетически наследуются, а потому естественно искать исходные голографические свойства в богато структурированной системе генетического кодирования.

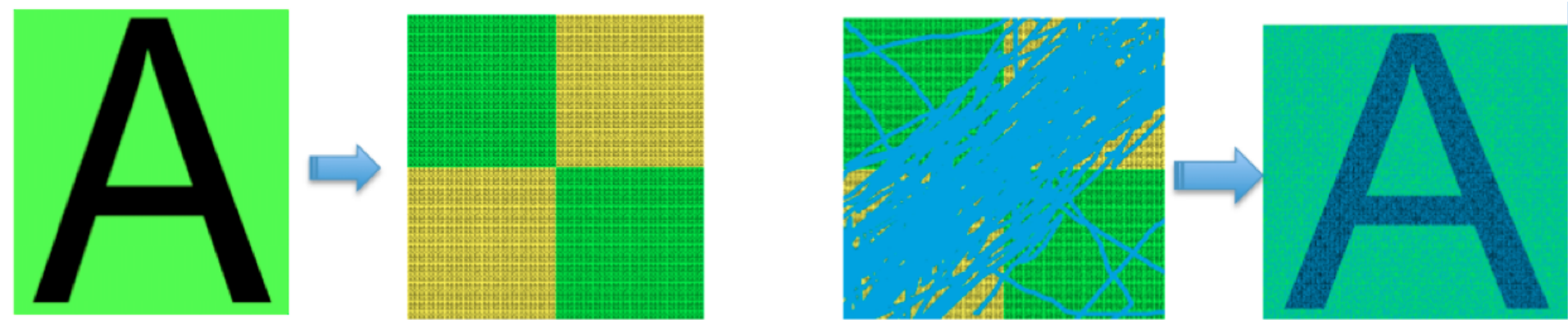
Напомним, что в физической голографии используются лазеры и фоточувствительные пластинки. Алгебраическая голография не нуждается в этих приспособлениях. Именно методы алгебраической голографии развиваются в теоретической физике и цифровой информатике.

К числу методов алгебраической голографии, применяемых в цифровой информатике, относятся:

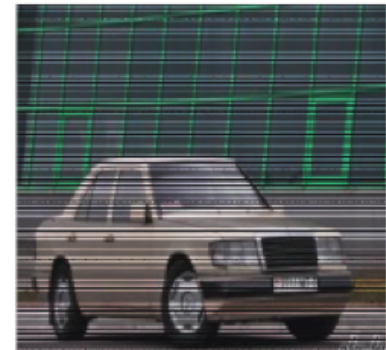
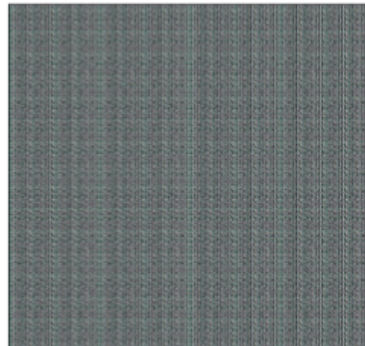
- 1) Бит-реверсивная голография (или бит-реверсивные перестановки);
- 2) Голографическое кодирование преобразованиями Уолша-Адамара с рандомизацией и перестановкой данных;
- 3) Логическая голография на функциях Уолша.

В Российской Академии Наук нами обнаружено, что все эти три метода согласуются со структурами ДНК информатики. В этом кратком докладе охарактеризую только согласованность с бит-реверсивной голографией. Под бит-реверсией понимается прочтение бинарных номеров в обратном направлении: например, 001 становится 100 (что соответствует десятичным числам 1 и 5).

На рисунке показана матрица размером 512×512 пикселей, в которой все столбцы и строки последовательно пронумерованы бинарными числами и в которой нарисована буква А. Чтение каждого из этих бинарных номеров в обратном порядке ведет к перенумерации столбцов и строк и их новому размещению с соответствующей трансформацией всего изображения (на втором кадре). Если теперь часть этого кадра будет закрашена или удалена, то повторное применение обратного прочтения бинарных номеров с перестановкой восстановит исходное изображение до опознаваемого (этот пример бит-реверсивной голографии взят из <https://habrahabr.ru/post/155471/>).



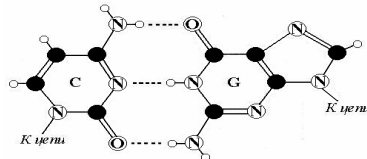
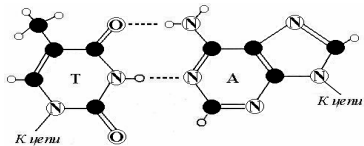
Другой пример бит-реверсивной голографии показан на рисунке из работы [Шиман, Пацей, 2013]: удаление половины информации из бит-реверсированной матрицы не мешает восстановлению опознаваемого исходного образа автомобиля повторным бит-реверсированием бинарной нумерации столбцов и строк с их соответствующей перестановкой.



Покажем тесное соответствие метода бит-реверсивной голографии генетической информатике. Генетическая информация на молекулах ДНК записывается последовательностью четырех нуклеотидов (молекулярных букв): аденина А, гуанина G, цитозина С и тимина Т. Эта четверка нуклеотидов наделена бинарно-оппозиционными молекулярными признаками:

1) два из этих нуклеотидов являются пуринами (А и G), а два другие (С и Т) – пиримидинами. С позиций этих оппозиционных индикаторов **C = T = 1, A = G = 0**;

2) два из этих нуклеотидов являются кето-молекулами (Т и G), а два другие (С и А) – амино-молекулами, что дает представление **C = A = 1, T = G = 0**.



Учитывая это, удобно представить ДНК-алфавиты 4 букв, 16 дублетов, 64 триплетов, 256 тетраплетов и пр. в форме квадратных таблиц, столбцы которых нумеруются бинарными индикаторами «пиримидин или пурин» ($C=T=1, A=G=0$), а строки – бинарными индикаторами «амино или кето» ($C=A=1, T=G=0$). В таких таблицах все буквы, дуплеты и триплеты автоматически занимают свое строго индивидуальное место. Эти таблицы алфавитов ДНК оказываются членами тензорного семейства алфавитных матриц $[C, A; T, G]^{(n)}$.

	1	0
1	C	A
0	T	G

	11	10	01	00
11	CC	CA	AC	AA
10	CT	CG	AT	AG
01	TC	TA	GC	GA
00	TT	TG	GT	GG

	111	110	101	100	011	010	001	000
111	CCC	CCA	CAC	CAA	ACC	ACA	AAC	AAA
110	CCT	CCG	CAT	CAG	ACT	ACG	AAT	AAG
101	CTC	CTA	CGC	CGA	ATC	ATA	AGC	AGA
100	CTT	CTG	CGT	CGG	ATT	ATG	AGT	AGG
011	TCC	TCA	TAC	TAA	GCC	GCA	GAC	GAA
010	TCT	TCG	TAT	TAG	GCT	GCG	GAT	GAG
001	TTC	TTA	TGC	TGA	GTC	GTA	GGC	GGA
000	TTT	TTG	TGT	TGG	GTT	GTG	GGT	GGG

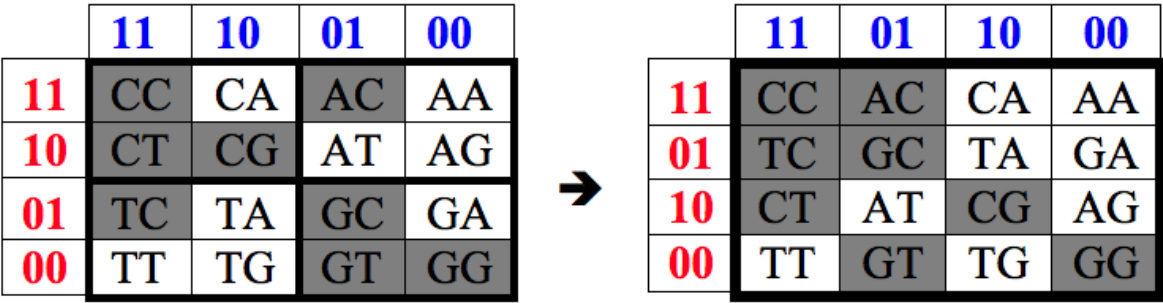
Известен феноменологический факт бинарно-опозиционного разделения ДНК-алфавита 64 триплетов по их кодовым свойствам на два равных суб-алфавита: 32 триплетов с сильными корнями (т.е. триплетов, начинающихся с 8 дуплетов СС, СТ, СG, АС, ТС, GС, GT, GG) и 32 триплетов со слабыми корнями (начинаются с остальных 8 дуплетов) [Румер, «ДАН СССР», 1975]. В построенных матрицах ДНК-алфавитов 16 дуплетов, 64 триплетов и 256 тетраплетов отметим *n*-плеты с сильными корнями черным цветом:

	11	10	01	00
11	СС	СА	АС	АА
10	СТ	CG	АТ	AG
01	ТС	ТА	GC	GA
00	ТТ	TG	GT	GG

1111	1110	1101	1100	1011	1010	1001	1000	0111	0110	0101	0100	0011	0010	0001	0000
CCCC	CCCA	CCAC	CCAA	CACC	CACA	CAAC	CAAA	ACCC	ACCA	ACAC	ACAA	AACC	AACA	AAAC	AAAA
CCCT	CCCG	CCAT	CCAG	CACT	CACG	CAAT	CAAG	ACCT	ACCG	ACAT	ACAG	AACT	AACG	AAAT	AAAG
CCTC	CCTA	CCGC	CCGA	CATC	CATA	CAGC	CAGA	ACTC	ACTA	ACGC	ACGA	AATC	AATA	AAGC	AAGA
CCTT	CCTG	CCGT	CCGG	CATT	CATG	CAGT	CAGG	ACTT	ACTG	ACGT	ACGG	AATT	AATG	AAGT	AAGG
CTCC	CTCA	CTAC	CTAA	CGCC	CGCA	CGAC	CGAA	ATCC	ATCA	ATAC	ATAA	AGCC	AGCA	AGAC	AGAA
CTCT	CTCG	CTAT	CTAG	CGCT	CGCG	CGAT	CGAG	ATCT	ATCG	ATAT	ATAG	AGCT	AGCG	AGAT	AGAG
CTTC	CTTA	CTGC	CTGA	CGTC	CGTA	CGGC	CGGA	ATTC	ATTA	ATGC	ATGA	AGTC	AGTA	AGGC	AGGA
CTTT	CTTG	CTGT	CTGG	CGTT	CGTG	CGGT	CGGG	ATTT	ATTG	ATGT	ATGG	AGTT	AGTG	AGGT	AGGG
TCCC	TCCA	TCAC	TCAA	TACC	TACA	TAAC	TAAA	GCCC	GCCA	GCAC	GCAA	GACC	GACA	GAAC	GAAA
TCCT	TCCG	TCAT	TCAG	TACT	TACG	TAAT	TAAG	GCCT	GCCG	GCAT	GCAG	GACT	GACG	GAAT	GAAG
TCTC	TCTA	TCCG	TCCA	TATC	TATA	TAGC	TAGA	GCTC	GCTA	GCCG	GCCA	GATC	GATA	GAGC	GAGA
TCTT	TCTG	TCGT	TCCG	TATT	TATG	TAGT	TAGG	GCTT	GCTG	GCGT	GCCG	GATT	GATG	GAGT	GAGG
TTCC	TTCA	TTAC	TTAA	TGCC	TGCA	TGAC	TGAA	GTCC	GTCA	GTAC	GTAA	GGCC	GGCA	GGAC	GGAA
TTCT	TTCG	TTAT	TTAG	TGCT	TGCG	TGAT	TGAG	GTCT	GTCC	GTAT	GTAG	GGCT	GGCG	GGAT	GGAG
TTTC	TTTA	TTGC	TTGA	TGTC	TGTA	TGGC	TGGA	GTTC	GTTA	GTCC	GTGA	GGTC	GGTA	GGGC	GGGA
TTTT	TTTG	TTGT	TTGG	TGTT	TGTG	TGTT	TGGG	GTTT	GTTG	GTGT	GTGG	GGTT	GGTG	GGGT	GGGG

	111	110	101	100	011	010	001	000
111	CCC	CCA	CAC	CAA	ACC	ACA	AAC	AAA
110	CCT	CCG	CAT	CAG	ACT	ACG	AAT	AAG
101	CTC	CTA	CGC	CGA	ATC	ATA	AGC	AGA
100	CTT	CTG	CGT	CGG	ATT	ATG	AGT	AGG
011	TCC	TCA	TAC	TAA	GCC	GCA	GAC	GAA
010	TCT	TCG	TAT	TAG	GCT	GCG	GAT	GAG
001	TTC	TTA	TGC	TGA	GTC	GTA	GGC	GGA
000	TTT	TTG	TGT	TGG	GTT	GTG	GGT	GGG

Бит-реверсивная перестройка этих мозаичных матриц порождает семейство матриц, мозаика которых состоит из повторения мозаики (4*4)-матрицы 16 дуплетов:



	111	110	101	100	011	010	001	000
111	CCC	CCA	CAC	CAA	ACC	ACA	AAC	AAA
110	CCT	CCG	CAT	CAG	ACT	ACG	AAT	AAG
101	CTC	CTA	CGC	CGA	ATC	ATA	AGC	AGA
100	CTT	CTG	CGT	CGG	ATT	ATG	AGT	AGG
011	TCC	TCA	TAC	TAA	GCC	GCA	GAC	GAA
010	TCT	TCG	TAT	TAG	GCT	GCG	GAT	GAG
001	TTC	TTA	TGC	TGA	GTC	GTA	GGC	GGA
000	TTT	TTG	TGT	TGG	GTT	GTG	GGT	GGG

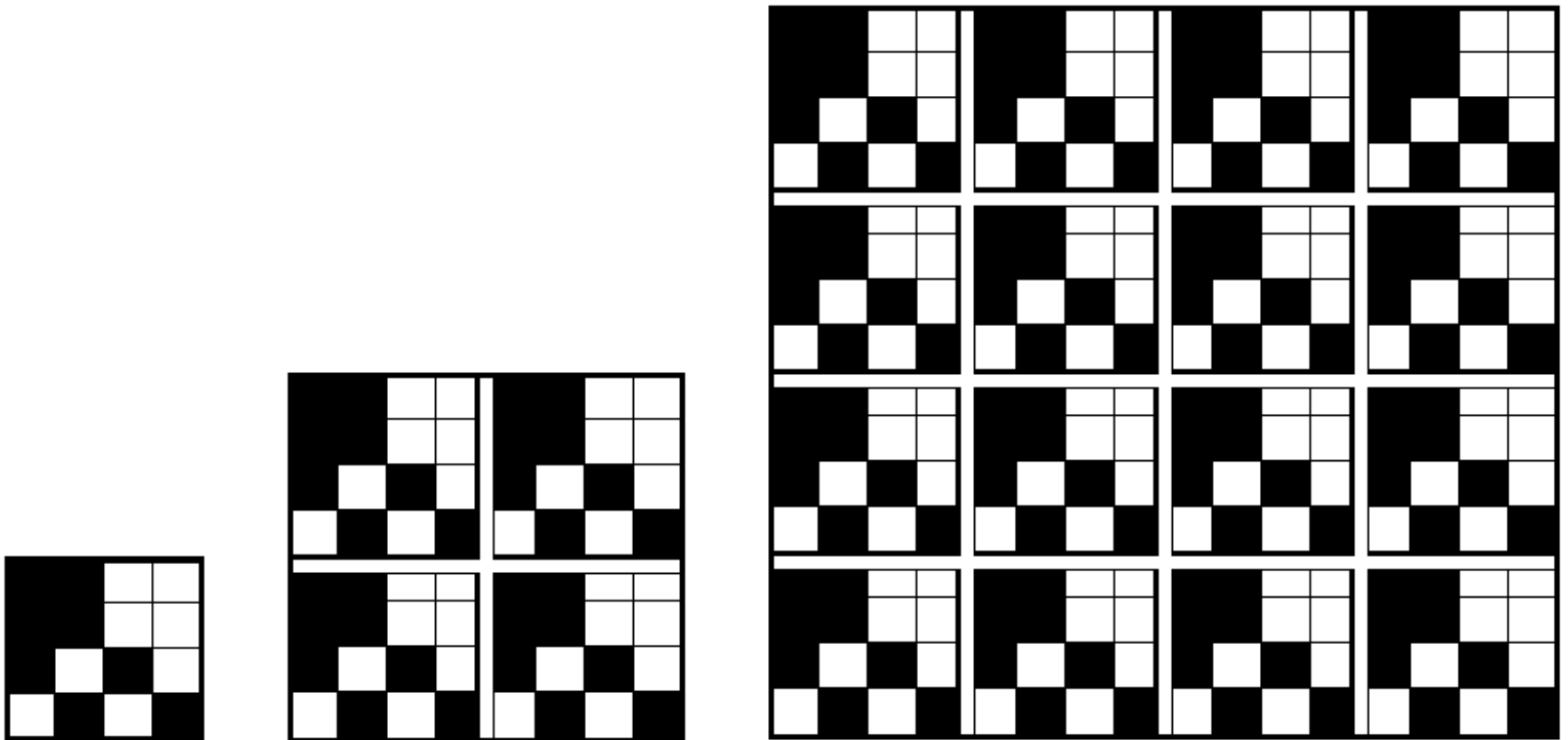


	111	011	101	001	110	010	100	000
111	CCC	ACC	CAC	AAC	CCA	ACA	CAA	AAA
011	TCC	GCC	TAC	GAC	TCA	GCA	TAA	GAA
101	CTC	ATC	CGC	AGC	CTA	ATA	CGA	AGA
001	TTC	GTC	TGC	GGC	TTA	GTA	TGA	GGA
110	CCT	ACT	CAT	AAT	CCG	ACG	CAG	AAG
010	TCT	GCT	TAT	GAT	TCG	GCG	TAG	GAG
100	CTT	ATT	CGT	AGT	CTG	ATG	CGG	AGG
000	TTT	GTT	TGT	GGT	TTG	GTG	TGG	GGG

	1111	0111	1011	0011	1101	0101	1001	0001	1110	0110	1010	0010	1100	0100	1000	0000
1111	CCCC	ACCC	CACC	AACC	CCAC	ACAC	CAAC	AAAC	CCCA	ACCA	CACA	AACA	CCAA	ACAA	CAAA	AAAA
0111	TCCC	GCCC	TACC	GACC	TCAC	GCAC	TAAC	GAAC	TCCA	GCCA	TACA	GACA	TCAA	GCAA	TAAA	GAAA
1011	CTCC	ATCC	CGCC	AGCC	CTAC	ATAC	CGAC	AGAC	CTCA	ATCA	CGCA	AGCA	CTAA	ATAA	CGAA	AGAA
0011	TTCC	GTCC	TGCC	GGCC	TTAC	GTAC	TGAC	GGAC	TTCA	GTCA	TGCA	GGCA	TTAA	GTAA	TGAA	GGAA
1101	CCTC	ACTC	CATC	AATC	CCGC	ACGC	CAGC	AAGC	CCTA	ACTA	CATA	AATA	CCGA	ACGA	CAGA	AAGA
0101	TCTC	GCTC	TATC	GATC	TCGC	GCGC	TAGC	GAGC	TCTA	GCTA	TATA	GATA	TCGA	GCGA	TAGA	GAGA
1001	CTTC	ATTC	CGTC	AGTC	CTGC	ATGC	CGGC	AGGC	CTTA	ATTA	CGTA	AGTA	CTGA	ATGA	CGGA	AGGA
0001	TTTC	GTTC	TGTC	GGTC	TTGC	GTGC	TGGC	GGGC	TTTA	GTTA	TGTA	GGTA	TTGA	GTGA	TGGA	GGGA
1110	CCCT	ACCT	CACT	AACT	CCAT	ACAT	CAAT	AAAT	CCCG	ACCG	CACG	AACG	CCAG	ACAG	CAAG	AAAG
0110	TCCT	GCCT	TACT	GACT	TCAT	GCAT	TAAT	GAAT	TCCG	GCCG	TACG	GACG	TCAG	GCAG	TAAG	GAAG
1010	CTCT	ATCT	CGCT	AGCT	CTAT	ATAT	CGAT	AGAT	CTCG	ATCG	CGCG	AGCG	CTAG	ATAG	CGAG	AGAG
0010	TTCT	GTCT	TGCT	GGCT	TTAT	GTAT	TGAT	GGAT	TTCG	GTCT	TGCG	GGCG	TTAG	GTAG	TGAG	GGAG
1100	CCTT	ACTT	CATT	AATT	CCGT	ACGT	CAGT	AAGT	CCTG	ACTG	CATG	AATG	CCGG	ACGG	CAGG	AAGG
0100	TCTT	GCTT	TATT	GATT	TCGT	GCGT	TAGT	GAGT	TCTG	GCTG	TATG	GATG	TCGG	GCGG	TAGG	GAGG
1000	CTTT	ATTT	CGTT	AGTT	CTGT	ATGT	CGGT	AGGT	CTTG	ATTG	CGTG	AGTG	CTGG	ATGG	CGGG	AGGG
0000	TTTT	GTTT	TGTT	GGTT	TTGT	GTGT	TGGT	GGGT	TTTG	GTTG	TGTG	GGTG	TTGG	GTGG	TGGG	GGGG

Черные и белые ячейки матриц отражают феномен оппозиции n -плетов с сильными и слабыми корнями, а потому могут представляться элементами $+1$ и -1 в них. Мозаики всех возникающих матриц ДНК-алфавитов являются повторением мозаики (4×4) -матрицы алфавита 16 дуплетов, образуя «матричные кристаллы».

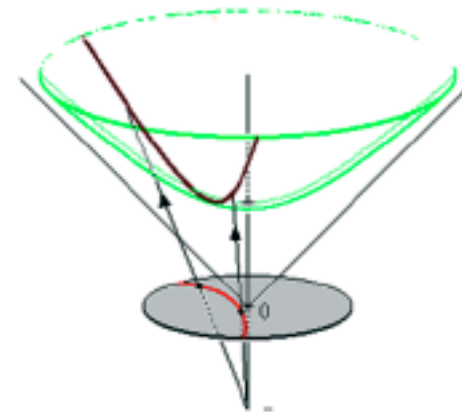
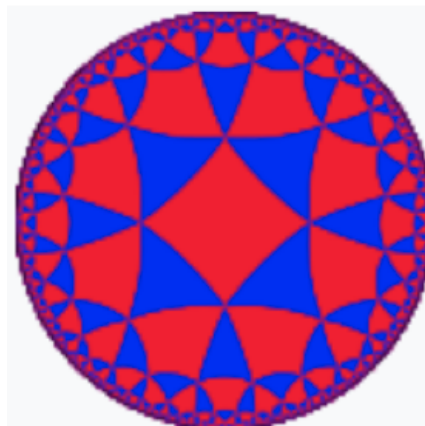
Имеет ли этот «универсальный» повторяющийся блок содержательный алгебраический смысл? Да, имеет.



1	1	-1	-1
1	1	-1	-1
1	-1	1	-1
-1	1	-1	1

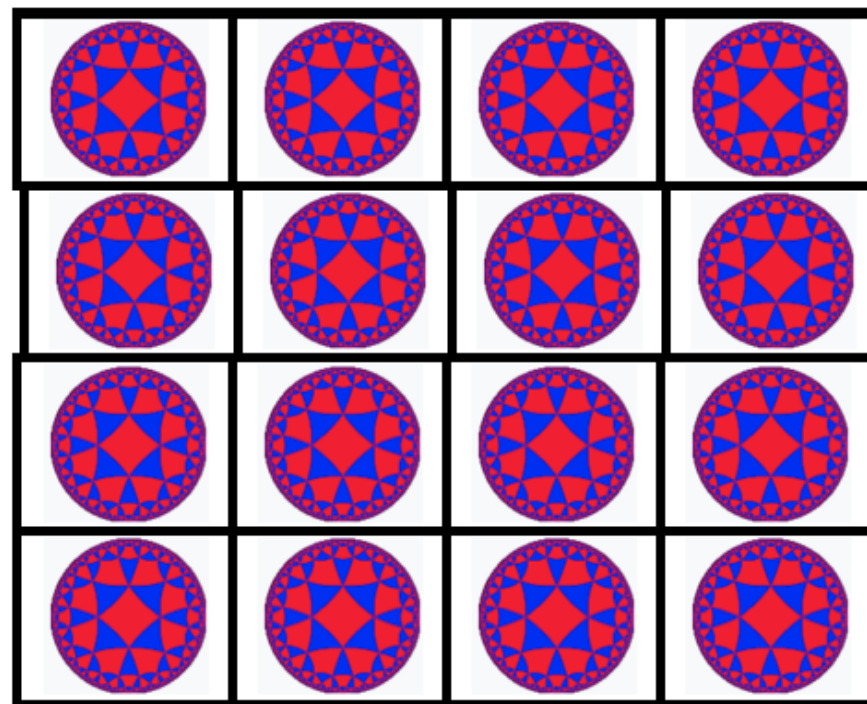
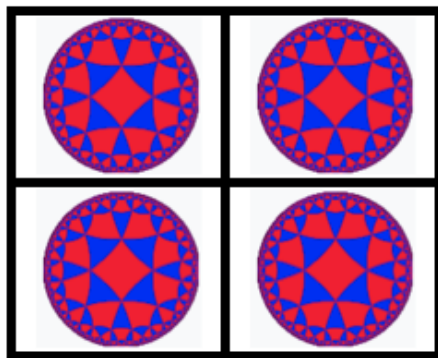
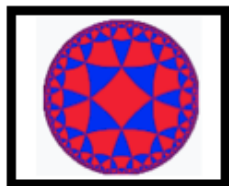
$$= \begin{vmatrix} 1,0,0,0 \\ 0,1,0,0 \\ 0,0,1,0 \\ 0,0,0,1 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 0,0,-1,0 \\ 0,0,0,-1 \\ 1,0,0,0 \\ 0,1,0,0 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 0,0,0,-1 \\ 0,0,-1,0 \\ 0,-1,0,0 \\ -1,0,0,0 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 0,1,0,0 \\ 1,0,0,0 \\ 0,0,0,-1 \\ 0,0,-1,0 \end{vmatrix} = \mathbf{j_0 + j_1 + j_2 + j_3}$$

*	$\mathbf{j_0}$	$\mathbf{j_1}$	$\mathbf{j_2}$	$\mathbf{j_3}$
$\mathbf{j_0}$	$\mathbf{j_0}$	$\mathbf{j_1}$	$\mathbf{j_2}$	$\mathbf{j_3}$
$\mathbf{j_1}$	$\mathbf{j_1}$	$-\mathbf{j_0}$	$\mathbf{j_3}$	$-\mathbf{j_2}$
$\mathbf{j_2}$	$\mathbf{j_2}$	$-\mathbf{j_3}$	$\mathbf{j_0}$	$-\mathbf{j_1}$
$\mathbf{j_3}$	$\mathbf{j_3}$	$\mathbf{j_2}$	$\mathbf{j_1}$	$\mathbf{j_0}$

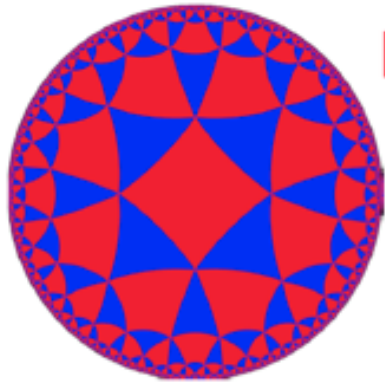


Оказывается, этот блок является суммой 4 разреженных матриц, набор которых замкнут относительно умножения и определяет соответствующую таблицу умножения, известную как таблица умножения алгебры 4-мерных сплит-кватернионов Кокла (1849г). Сплит-кватернионы используются в дисковой модели Пуанкаре для описания гиперболических движений в гиперболической геометрии Лобачевского (показан символ модели Пуанкаре).

Используя этот символ дисковой модели Пуанкаре гиперболической геометрии, можно представить полученные блочные мозаичные матрицы структурированных ДНК-алфавитов в художественном виде для облегчения эвристических ассоциаций:



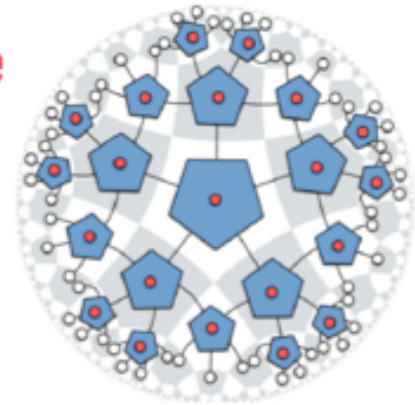
Семейство блочно-унифицированных матриц ДНК-алфавитов, блоки которых сопряжены с дисковой моделью гиперболической геометрии, обнаруженное методом бит-реверсной голографии, неожиданно перекликается с темой «**голографических квантовых кодов, корректирующих ошибки**». Эта тема развивается в Калифорнийском технологическом ин-те США в связи с той же дисковой моделью Пуанкаре и ее замощениями:



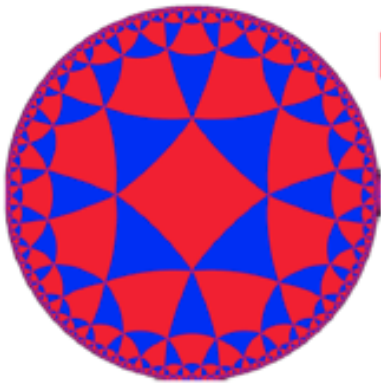
Holographic correspondence

Quantum error correction

Are they closely related?



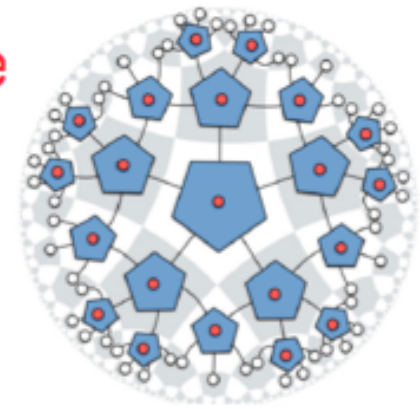
(Из презентации на American Physical Society 16.03.2016 <http://theory.caltech.edu/~preskill/talks/APS-March-2016-preskill.pdf>). Напрашивается совмещение этих направлений.



Holographic correspondence

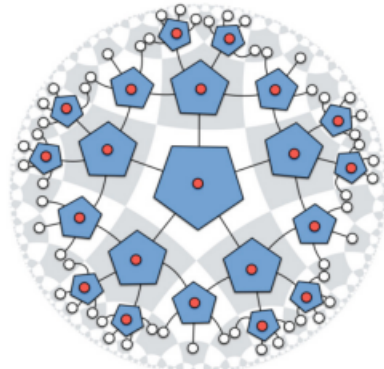
Quantum error correction

Are they closely related?

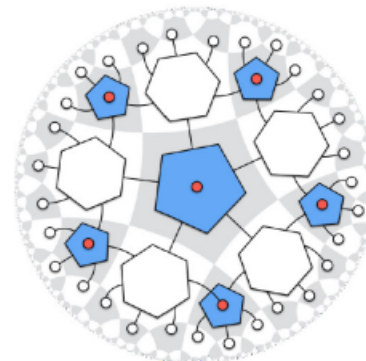


Эту тему возглавляет директор «Института квантовой информации и материи» Калтеха J.Preskill. Она включает в себя также рассмотрение пространства-времени как квантового помехоустойчивого кода: «Is spacetime a quantum error-correcting code?» (arXiv: 1503.06237).

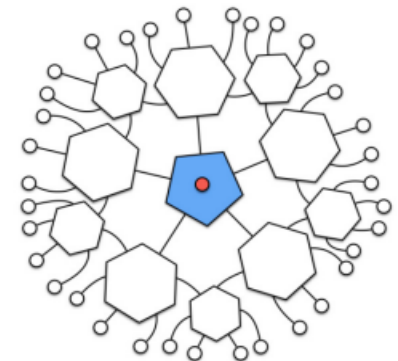
Holographic quantum codes



pentagon code

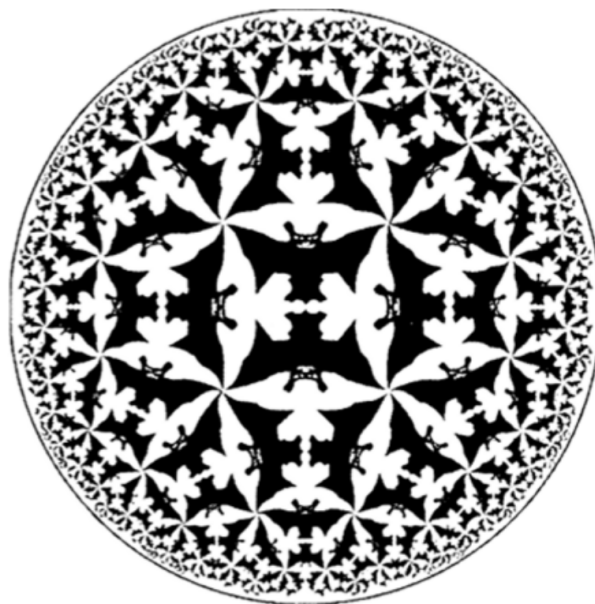
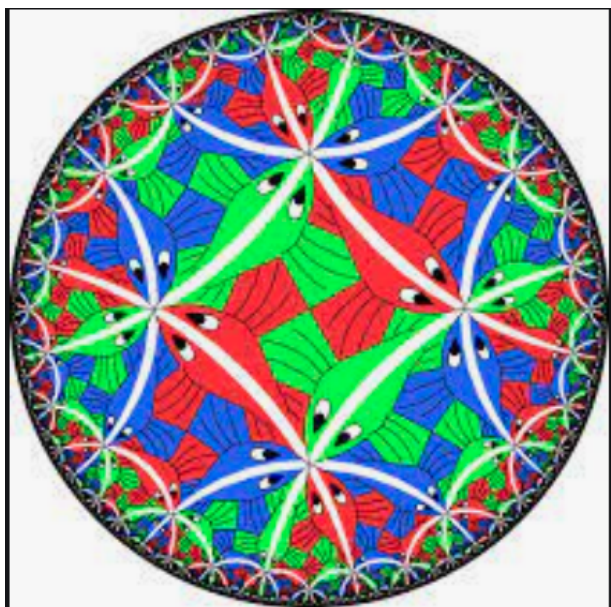


pentagon/hexagon code



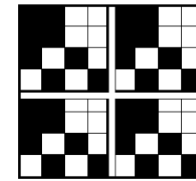
one encoded qubit

С образами дисковой модели Пуанкаре гиперболической геометрии Лобачевского многие знакомы по гравюрам Эшера:



Действие полученных «голографических» $(2^n * 2^n)$ -операторов на 2^n -мерные вектора с несвязанными координатами генерирует вектора с бинарной организацией взаимно связанных координат.

Например, возьмем произвольный 8-мерный вектор с несвязанными координатами в виде циклических функций времени: $\bar{u} = [a_0(t), a_1(t), a_2(t), \dots, a_7(t)]$ и подействуем на него полученным $(8 * 8)$ -матричным оператором M_8 , состоящим из элементов +1 и -1:



$$\bar{u} * M_8 = [\mathbf{v(t)}, \mathbf{w(t)}, -\mathbf{w(t)}, -\mathbf{v(t)}, \mathbf{v(t)}, \mathbf{w(t)}, -\mathbf{w(t)}, -\mathbf{v(t)}],$$

где $v(t) = a_0 + a_1 + a_2 - a_3 + a_4 + a_5 + a_6 - a_7$, $w(t) = a_0 + a_1 - a_2 + a_3 + a_4 + a_5 - a_6 + a_7$.

Получаем вектор состояния системы во времени с блочной организацией координат, блоки которых одинаковы по величине и синхронно изменяются во времени. Образно говоря, происходит **порождение порядка из хаоса**, причем, зная один блок из пары соседних координат $\mathbf{v(t)}$ и $\mathbf{w(t)}$, можно восстановить весь полученный 2^n -мерный вектор.

Этот алгебро-голографический результат моделирует характерное свойство всякого живого организма быть огромным хором скоординированных циклических процессов. Согласно положениям хрономедицины, все наши болезни являются следствием нарушения этой скоординированности.

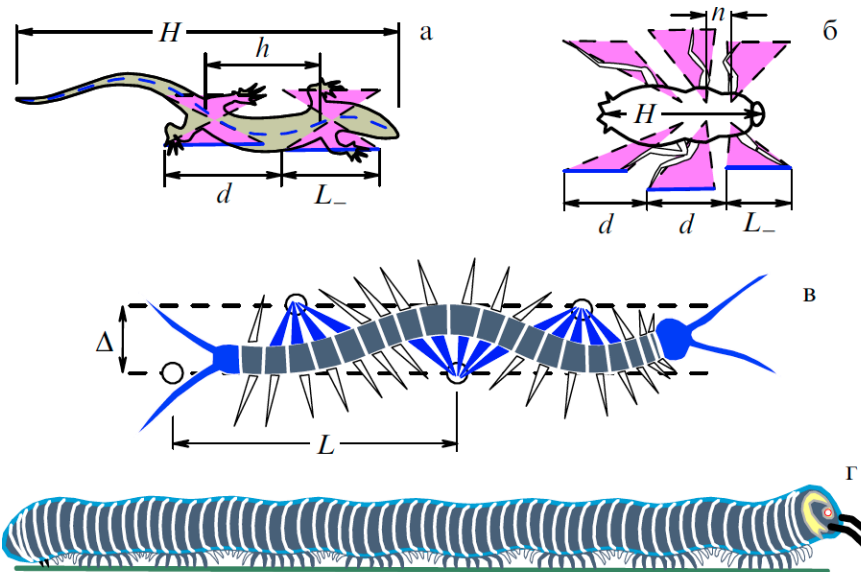
Например, нарушение скоординированной циклической работы частей сердечной системы ведет к аритмии сердца.



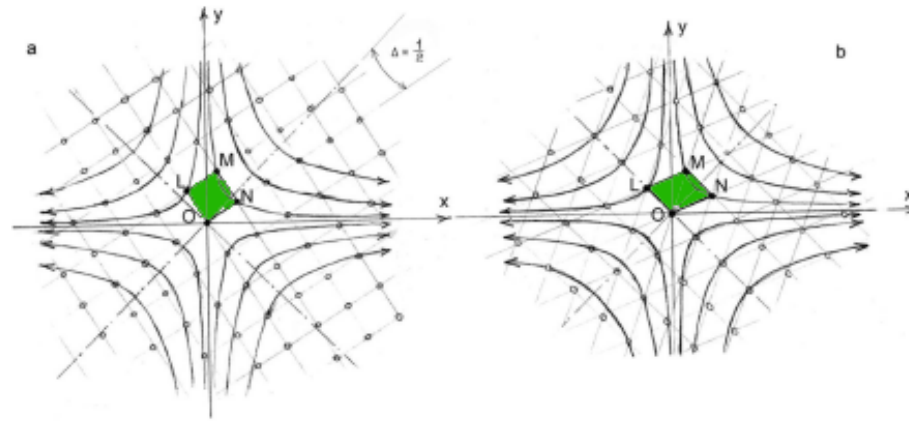
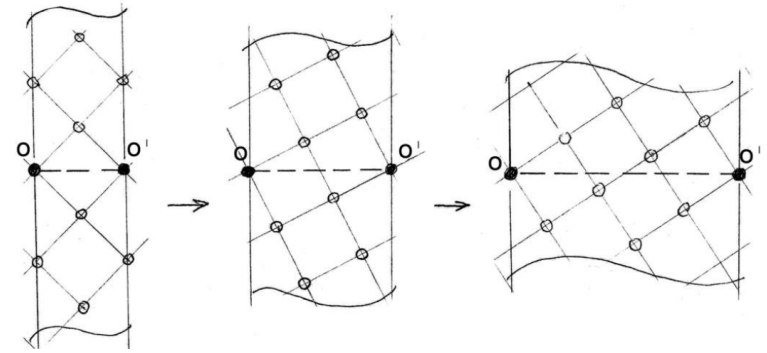
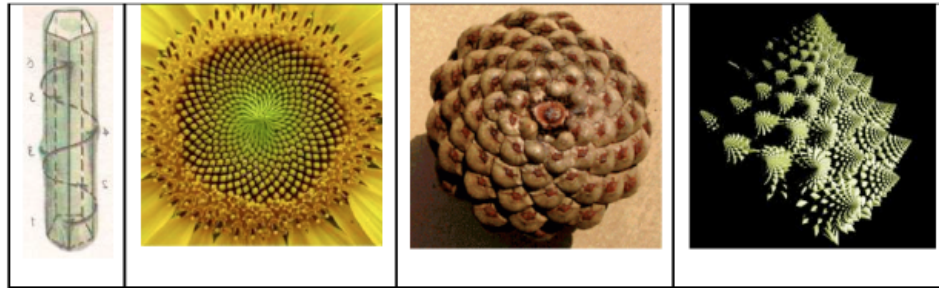
Выявление связей системы генетического кодирования с дисковой моделью Пуанкаре гиперболической геометрии Лобачевского свидетельствует о генетической основе известных фактов связи физиологических феноменов с гиперболической геометрией. Напомним некоторые.

Начиная с пионерских работ Luneburg (1950г) в разных странах публиковались статьи о неевклидовой геометрии пространства зрительного восприятия. Особо тщательные эксперименты с участием 200 испытуемых и использованием 1300 визуальных паттернов провел Kienle (1964г), который резюмировал: *«Модель Пуанкаре гиперболического пространства ... показывает достаточно хорошее согласие с экспериментальными результатами».*

“Успехи физических наук” (№10, с.1063-1128, 2000) опубликовал 65-страничную статью В.Смолянинова о результатах его 20-летних исследований локомоций множества животных и человека. Согласно этим результатам, пространственно-временная организация локомоций сопряжена с гиперболическими поворотами и геометрией Минковского. В этой связи Смолянинов выдвинул “локомоторную теорию относительности” и писал о релятивистском мозге и релятивистской биомеханике.



О.Боднар изучал закономерные перестройки решеток филлотаксиса в ходе роста организмов и на основании полученных результатов заявил, что живое вещество структурно сопряжено с геометрией Минковского (опубликовано в «Докладах Украинской Академии Наук», 1992, №9 и в его книге 1994г.)



	111	110	101	100	011	010	001	000
111	CCC	CCA	CAC	CAA	ACC	ACA	AAC	AAA
110	CCT	CCG	CAT	CAG	ACT	ACG	AAT	AAG
101	CTC	CTA	CGC	CGA	ATC	ATA	AGC	AGA
100	CTT	CTG	CGT	CGG	ATT	ATG	AGT	AGG
011	TCC	TCA	TAC	TAA	GCC	GCA	GAC	GAA
010	TCT	TCG	TAT	TAG	GCT	GCG	GAT	GAG
001	TTC	TTA	TGC	TGA	GTC	GTA	GGC	GGA
000	TTT	TTG	TGT	TGG	GTT	GTG	GGT	GGG

Вернемся к выше возникшему тензорному семейству матриц $[C, A; T, G]^{(n)}$ и посмотрим как в матрице 64 триплетов располагаются кодируемые ими 20 аминокислот и стоп-кодоны белкового синтеза.

Это расположение нельзя предсказать, поскольку аминокислоты и нуклеотиды А, С, G, Т совершенно различны по строению. Число вариантов расположения аминокислот с их какими-то повторениями для заполнения всей $(8*8)$ -матрицы необозримо: **>>10¹⁰⁰** (для сравнения все время существования Вселенной оценивается в 10¹⁷ секунд).

Будет ли это расположение аминокислот хаотичным или вдруг окажется алгебраически закономерным?

Оказывается, что из океана возможностей **Природа** **выбрала симметричный вариант** повторения и расположения аминокислот и стоп-сигналов в этой матрице триплетов (показан случай генетического кода митохондрий позвоночных):

CCC	CCA	CAC	CAA	ACC	ACA	AAC	AAA
Pro	Pro	His	Gln	Thr	Thr	Asn	Lys
CCT	CCG	CAT	CAG	ACT	ACG	AAT	AAG
Pro	Pro	His	Gln	Thr	Thr	Asn	Lys
CTC	CTA	CGC	CGA	ATC	ATA	AGC	AGA
Leu	Leu	Arg	Arg	Ile	Met	Ser	Stop
CTT	CTG	CGT	CGG	ATT	ATG	AGT	AGG
Leu	Leu	Arg	Arg	Ile	Met	Ser	Stop
TCC	TCA	TAC	TAA	GCC	GCA	GAC	GAA
Ser	Ser	Tyr	Stop	Ala	Ala	Asp	Glu
TCT	TCG	TAT	TAG	GCT	GCG	GAT	GAG
Ser	Ser	Tyr	Stop	Ala	Ala	Asp	Glu
TTC	TTA	TGC	TGA	GTC	GTA	GGC	GGA
Phe	Leu	Cys	Trp	Val	Val	Gly	Gly
TTT	TTG	TGT	TGG	GTT	GTG	GGT	GGG
Phe	Leu	Cys	Trp	Val	Val	Gly	Gly

Генетическая матрица кодируемых аминокислот и стоп-сигналов состоит из **пар соседних строк, идентичных по составу аминокислот и стоп-кодонам** (обозначены цветом). Эта **тензорно-матричная закономерность** является одним из свидетельств связи генетического кодирования с формализмами квантовой информатики.

Бит-реверсивная перестройка этой матрицы ведет к новой симметрии в расположении аминокислот и стоп-кодонов:

	111	011	101	001	110	010	100	000
111	CCC <u>Pro</u>	ACC <u>Thr</u>	CAC <u>His</u>	AAC <u>Asn</u>	CCA <u>Pro</u>	ACA <u>Thr</u>	CAA <u>Gln</u>	AAA <u>Lys</u>
011	UCC <u>Ser</u>	GCC <u>Ala</u>	UAC <u>Tyr</u>	GAC <u>Asp</u>	UCA <u>Ser</u>	GCA <u>Ala</u>	UAA <u>Stop</u>	GAA <u>Glu</u>
101	CUC <u>Leu</u>	AUC <u>Ile</u>	CGC <u>Arg</u>	AGC <u>Ser</u>	CUA <u>Leu</u>	AUA <u>Met</u>	CGA <u>Arg</u>	AGA <u>Stop</u>
001	UUC <u>Phe</u>	GUC <u>Val</u>	UGC <u>Cys</u>	GGC <u>Gly</u>	UUA <u>Leu</u>	GUA <u>Val</u>	UGA <u>Trp</u>	GGA <u>Gly</u>
110	CCU <u>Pro</u>	ACU <u>Thr</u>	CAU <u>His</u>	AAU <u>Asn</u>	CCG <u>Pro</u>	ACG <u>Thr</u>	CAG <u>Gln</u>	AAG <u>Lys</u>
010	UCU <u>Ser</u>	GCU <u>Ala</u>	UAU <u>Tyr</u>	GAU <u>Asp</u>	UCG <u>Ser</u>	GCG <u>Ala</u>	UAG <u>Stop</u>	GAG <u>Glu</u>
100	CUU <u>Leu</u>	AUU <u>Ile</u>	CGU <u>Arg</u>	AGU <u>Ser</u>	CUG <u>Leu</u>	AUG <u>Met</u>	CGG <u>Arg</u>	AGG <u>Stop</u>
000	UUU <u>Phe</u>	GUU <u>Val</u>	UGU <u>Cys</u>	GGU <u>Gly</u>	UUG <u>Leu</u>	GUG <u>Val</u>	UGG <u>Trp</u>	GGG <u>Gly</u>

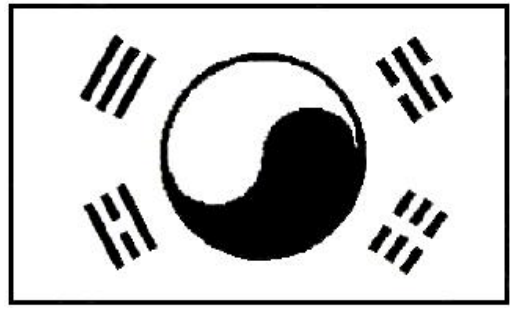
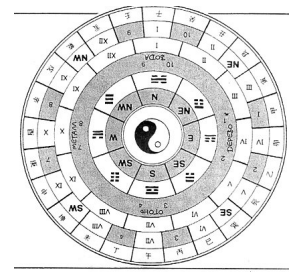
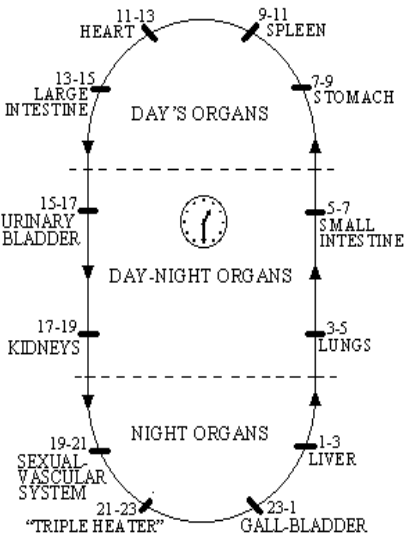
Верхняя и нижняя половины матрицы идентичны друг другу по составу и расположению аминокислот и стоп-кодонов. Все сильно вырожденные аминокислоты (Pro, Thr, Ser, Ala, Leu, Arg, Val, Gly в черных клетках) расположены в 4 квадрантах одинаково. Эти строгие закономерности дают дополнительные свидетельства того, что генетическая информатика тесно связана с принципами алгебраической голографии.

Интересно, что матрица 64 триплетов по своему бинарно-оппозиционному построению аналогична знаменитой таблице 64 гексаграмм инь-ян типа древнекитайской «Книги перемен» (И-цзин):

	111	110	101	100	011	010	001	000
111	CCC	CCA	CAC	CAA	ACC	ACA	AAC	AAA
110	CCT	CCG	CAT	CAG	ACT	ACG	AAT	AAG
101	CTC	CTA	CGC	CGA	ATC	ATA	AGC	AGA
100	CTT	CTG	CGT	CGG	ATT	ATG	AGT	AGG
011	TCC	TCA	TAC	TAA	GCC	GCA	GAC	GAA
010	TCT	TCG	TAT	TAG	GCT	GCG	GAT	GAG
001	TTC	TTA	TGC	TGA	GTC	GTA	GGC	GGA
000	TTT	TTG	TGT	TGG	GTT	GTG	GGT	GGG

	111 ☰ CH'YAN	110 ☱ TUI	101 ☲ LI	100 ☵ CHEN	011 ☳ HSUN	010 ☴ KAN	001 ☶ KEN	000 ☷ KUN
111 ☰ CH'YAN	☰☰☰	☰☰☱	☰☰☲	☰☰☵	☰☰☳	☰☰☴	☰☰☶	☰☰☷
110 ☱ TUI	☱☱☱	☱☱☱	☱☱☱	☱☱☱	☱☱☱	☱☱☱	☱☱☱	☱☱☱
101 ☲ LI	☱☱☱	☱☱☱	☱☱☱	☱☱☱	☱☱☱	☱☱☱	☱☱☱	☱☱☱
100 ☵ CHEN	☱☱☱	☱☱☱	☱☱☱	☱☱☱	☱☱☱	☱☱☱	☱☱☱	☱☱☱
011 ☳ HSUN	☱☱☱	☱☱☱	☱☱☱	☱☱☱	☱☱☱	☱☱☱	☱☱☱	☱☱☱
010 ☴ KAN	☱☱☱	☱☱☱	☱☱☱	☱☱☱	☱☱☱	☱☱☱	☱☱☱	☱☱☱
001 ☶ KEN	☱☱☱	☱☱☱	☱☱☱	☱☱☱	☱☱☱	☱☱☱	☱☱☱	☱☱☱
000 ☷ KUN	☱☱☱	☱☱☱	☱☱☱	☱☱☱	☱☱☱	☱☱☱	☱☱☱	☱☱☱

«Книга перемен» была написана несколько тысяч лет назад и оказала мощное влияние на восточную медицину и культуру. В связи с ней развивались акупунктура и тибетская диагностика по пульсу, свидетельствующие о голографических принципах организма. К.Юнг считал, что ее триграммы и гексаграммы фиксируют универсальный набор архетипов (врожденных психических структур).



	111 ☰ CHYAN	110 ☱ TUI	101 ☲ LI	100 ☵ CHEN	011 ☴ HSUN	010 ☶ KAN	001 ☱ KEN	000 ☷ KUN
111 ☰ CHYAN	111111 ☰	111110 ☱	111101 ☲	111100 ☵	111011 ☴	111010 ☶	111001 ☱	111000 ☷
110 ☱ TUI	110111 ☱	110110 ☱	110101 ☲	110100 ☵	110011 ☴	110010 ☶	110001 ☱	110000 ☷
101 ☲ LI	101111 ☲	101110 ☱	101101 ☲	101100 ☵	101011 ☴	101010 ☶	101001 ☱	101000 ☷
100 ☵ CHEN	100111 ☲	100110 ☱	100101 ☲	100100 ☵	100011 ☴	100010 ☶	100001 ☱	100000 ☷
011 ☴ HSUN	011111 ☲	011110 ☱	011101 ☲	011100 ☵	011011 ☴	011010 ☶	011001 ☱	011000 ☷
010 ☶ KAN	010111 ☲	010110 ☱	010101 ☲	010100 ☵	010011 ☴	010010 ☶	010001 ☱	010000 ☷
001 ☱ KEN	001111 ☲	001110 ☱	001101 ☲	001100 ☵	001011 ☴	001010 ☶	001001 ☱	001000 ☷
000 ☷ KUN	000111 ☲	000110 ☱	000101 ☲	000100 ☵	000011 ☴	000010 ☶	000001 ☱	000000 ☷

Древние китайцы утверждали, что эта таблица 64 инь-ян гексаграмм является всеобщим природным архетипом. Они ничего не знали о генетическом коде, но он с его 64 триплетами и бинарными особенностями оказался удивительно подобен этой таблице и схемам «Книги перемен».

В докладе кратко представлен лишь один из фрагментов наших наработок по голографической генетике и алгебраической биологии. Множество других материалов имеется в открытом доступе на сайте докладчика: <http://petoukhov.com/>. Детали сегодняшнего доклада – в препринте <https://www.preprints.org/manuscript/202101.0360/v3>.

Вопросы по докладу можно присылать на почту spetoukhov@gmail.com.

С. В. Петухов
 БИПЕРИОДИЧЕСКАЯ ТАБЛИЦА
 ГЕНЕТИЧЕСКОГО КОДА
 И ЧИСЛО ПРОТОНОВ

☯	☰	☱	☲	☳	☴	☵	☶	☷
☰	☱	☲	☳	☴	☵	☶	☷	☰
☱	☲	☳	☴	☵	☶	☷	☰	☱
☲	☳	☴	☵	☶	☷	☰	☱	☲
☳	☴	☵	☶	☷	☰	☱	☲	☳
☴	☵	☶	☷	☰	☱	☲	☳	☴
☵	☶	☷	☰	☱	☲	☳	☴	☵
☶	☷	☰	☱	☲	☳	☴	☵	☶
☷	☰	☱	☲	☳	☴	☵	☶	☷
☰	☱	☲	☳	☴	☵	☶	☷	☰
☱	☲	☳	☴	☵	☶	☷	☰	☱
☲	☳	☴	☵	☶	☷	☰	☱	☲
☳	☴	☵	☶	☷	☰	☱	☲	☳
☴	☵	☶	☷	☰	☱	☲	☳	☴
☵	☶	☷	☰	☱	☲	☳	☴	☵
☶	☷	☰	☱	☲	☳	☴	☵	☶
☷	☰	☱	☲	☳	☴	☵	☶	☷

Москва 2001

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

С.В. Петухов

МАТРИЧНАЯ ГЕНЕТИКА,
 АЛГЕБРЫ
 ГЕНЕТИЧЕСКОГО КОДА,
 ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТЬ

Москва 2008

PREMIER REFERENCE SOURCE

Symmetrical Analysis
 Techniques for
 Genetic Systems and
 Bioinformatics

Advanced Patterns and Applications

Sergey Petoukhov & Matthew He

Wiley Series on Bioinformatics • Yi Fan, Albert Y. Zomorzy Series Editors

Mathematics of
 Bioinformatics

THEORY, PRACTICE, AND APPLICATIONS

MATTHEW HE
 SERGEY PETOUKHOV

WILEY

Наши исследования в Российской Академии Наук открыли, что базовые структуры молекулярно-генетической информатики, единые для всех видов организмов, соответствуют принципам алгебраической голографии. Соответственно выявляется генетическая основа голографических свойств в наследуемых физиологических системах. Одновременно возникают новые подходы к развитию искусственного интеллекта на основе генетических алгебро-голографических формализмов. Эти материалы предполагается использовать в курсе искусственного интеллекта МИРЭА.

Алгебраическая биология в университетском курсе искусственного интеллекта в МИРЭА. Принципы голографии в генетике.

С.В. Петухов, д.ф.-м.н.

Зав. лабораторией биомеханических систем

Института машиноведения РАН

<http://petoukhov.com/>

