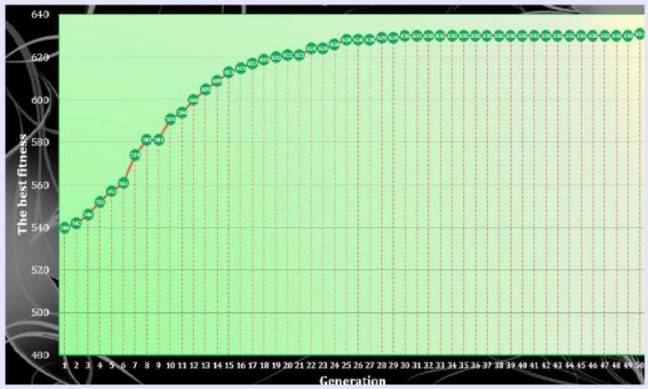
Брестский Государственный технический университет. Курс «Современные интеллектуальные информационные технологии (СИИТ)»

Из студенческих работ (2016)

All One Problem

Создали 50 случайных хромосом, каждая состоит из 1000 генов. Пример результата… Vechorko Anna (2015)



1000 генов слишком много, чтобы сойтись к одной хромосоме

"../flg.png" width="25" > Затем применим мутации… Пример Aliaksandra Kivachuk (2015)

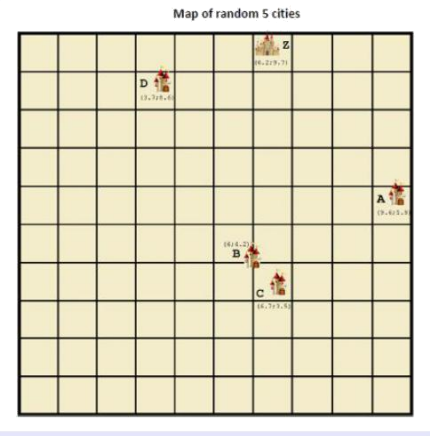
С помощью мутаций, мы получили вполне хорошую хромосому даже при наличии 1000 генов в популяции из 50 хромосом. (Коллекция: x-ось не "generate", а "generation")

Проблема странствующего торговца (Traveling Salesperson Problem (TSP))

Предположим, что торговец должен посетить N городов один и только один раз. Торговец начинает из своего города и после посещения всех городов, он должен вернуться в его первоначальный город. TSP является проблемой поиска наикратчайшего маршрута из всех (n-1)!/2 возможных маршрутов.

- 5 городов расположены в случайных местах

Пример результата… Muzyka Alexandr (2016)



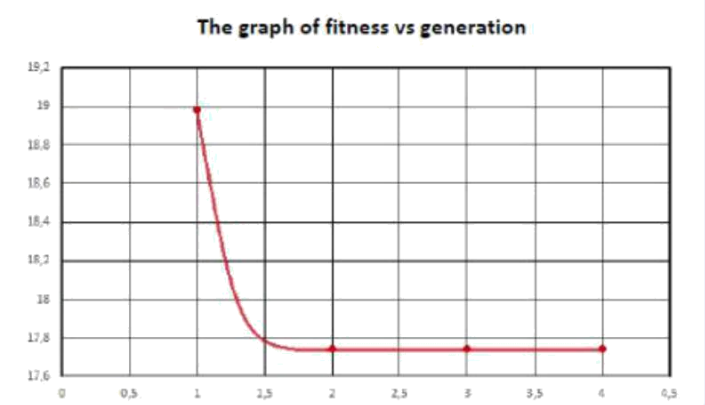
Distance matrix

	Z	A	B	C	D
Z	0				
A	5.12344	0			
B	5.56077	3.98999	0		
C	6.30815	3.7568	1.04502	0	
D	2.81844	6.54319	5.00014	6.00446	0

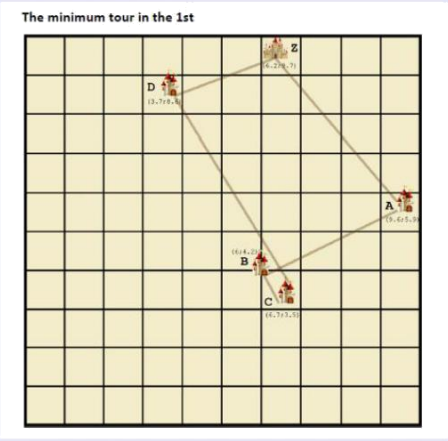
All possible tours

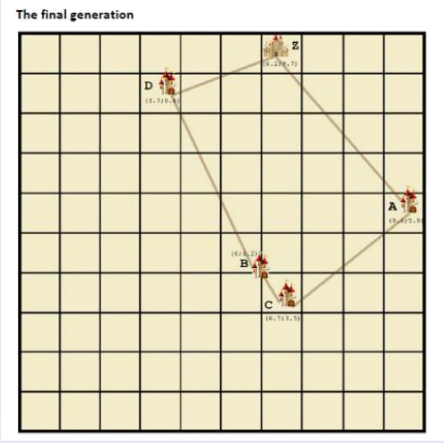
Way	Distance	Result
Z-A-B-C-D-Z	5.12344+3.98999+1.04502+5.00014+2.81844	18.98135
Z-B-A-C-D-Z	5.56077+3.98999+3.7568+6.00446+2.81844	22.13046
Z-C-B-A-D-Z	6.30815+1.04502+3.98999+6.54319+2.81844	20.70478
Z-D-B-A-C-Z	2.81844+5.00014+3.98999+3.7568+6.30815	21.87351
Z-A-C-B-D-Z	5.12344+3.7568+1.04502+5.00014+2.81844	17.74384
Z-A-D-C-B-Z	5.12344+6.54319+6.00446+1.04502+5.56077	24.27688
Z-B-A-D-C-Z	5.56077+3.98999+6.54319+6.00446+6.30815	28.40655
Z-A-B-D-C-Z	5.12344+3.98999+5.00014+6.00446+6.30815	26.42618
Z-B-C-A-D-Z	5.56077+3.98999+3.7568+6.54319+2.81844	19.72425
Z-C-A-D-B-Z	6.30815+3.7568+6.54319+5.00014+5.56077	21.87351
Z-A-D-B-C-Z	5.12344+6.54319+5.00014+1.04502+6.30815	24.01994
Z-A-C-D-B-Z	5.12344+3.7568+6.00446+5.00014+5.56077	25.44561

Давайте эволюционировать!



Наикратчайший маршрут в популяции – от начала до конца.





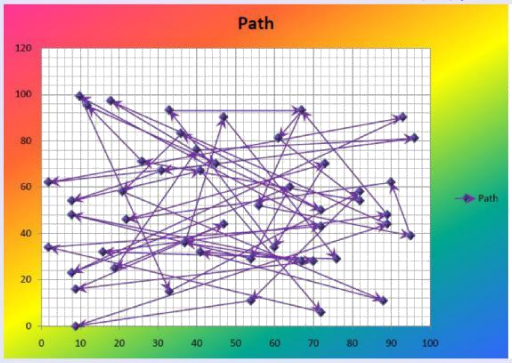
Города расположены в случайных местах

Пример 30 городов, расположенных в 2D пространстве от (0,0) до (100,100) ... Пример Lishko Yuliai (2014)

Её карта

Матрица расстояний

Эволюция маршрутов начиная с первого поколения и заканчивая последним



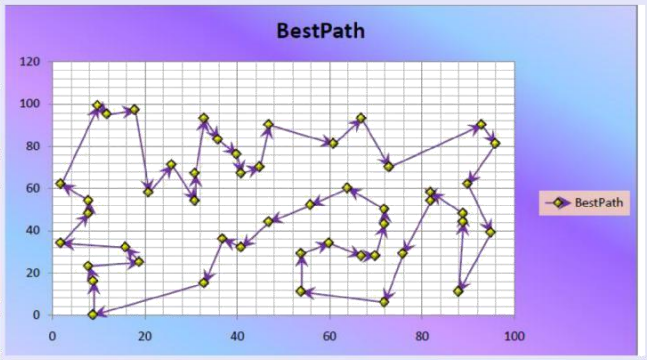
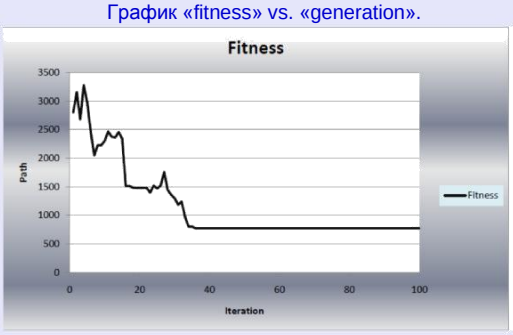


График «fitness» vs. «generation».

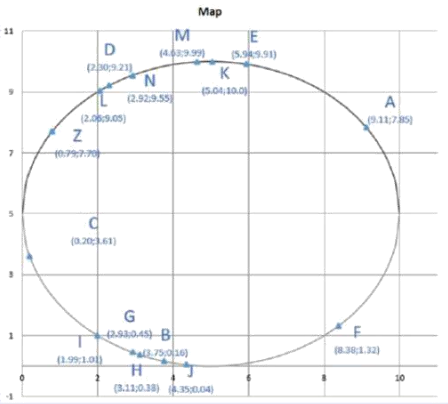


Если N велико, то решение для получения кратчайшего маршрута неизвестно. Поэтому мы предполагаем, что эволюция заканчивается тогда, когда «fitness» не меняется в течении длительного времени. В данном примере кратчайший путь приблизительно равен 800 (было бы лучше, если бы точное расстояние было отображено на графике).

- 15 городов расположены в случайных местах на круге (x-5)^2+(y-5)^2=25

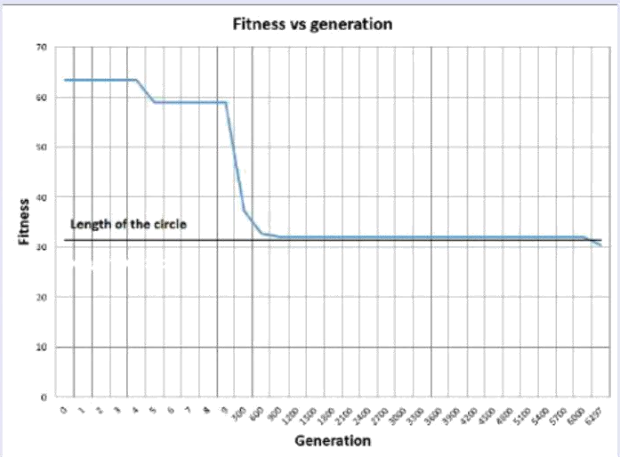
Пример результата… Kolesnikov Dmitry (2016)

Карта, Матрица расстояний и «fitness» vs «generation»

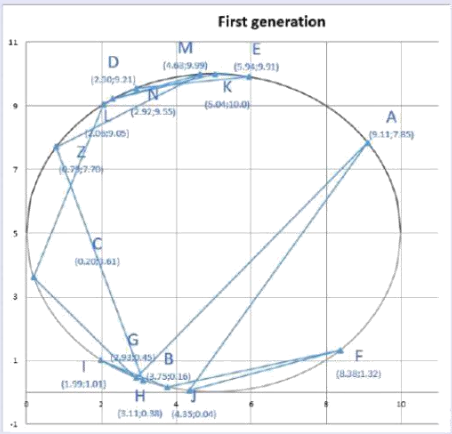


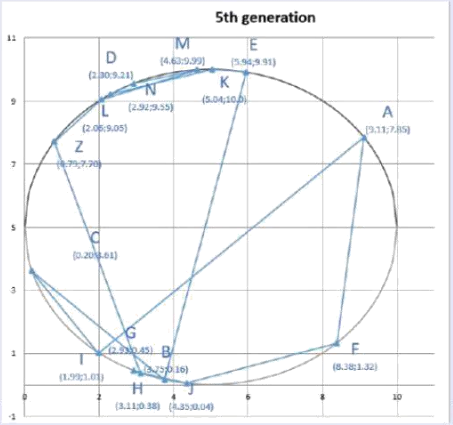
Distance matrix

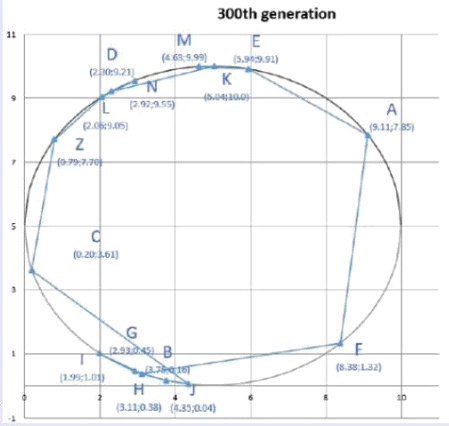
	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
Z	0														
A	2.3842	0													
B	4.8078	2.5786	0												
C	8.8801	9.7203	9.9971	0											
D	2.8005	0.4309	2.1598	9.8125	0										
E	9.8659	9.1923	7.8662	5.9855	9.0141	0									
F	8.8178	7.4390	5.4642	8.2428	7.1441	3.2143	0								
G	9.3267	9.9178	9.9123	1.0852	9.9637	5.0808	7.5797	0							
H	8.2722	6.6940	4.5520	8.7931	6.3676	4.1935	1.0529	8.2244	0						
I	9.9998	9.7008	8.7467	4.6379	9.5871	1.5875	4.6768	3.6490	5.5815	0					
J	9.9957	9.7770	8.9049	4.3369	9.6774	1.9191	4.9718	3.3334	5.8577	0.3367	0				
K	0.9065	3.2548	5.5829	8.4267	3.6592	9.9732	9.2091	8.9612	8.7475	9.9627	9.9281	0			
L	4.3334	2.0597	0.5332	9.9956	1.6361	8.1843	5.9030	9.9686	5.0203	8.9927	9.1349	5.1326	0		
M	2.4616	4.7015	6.8183	7.4750	5.0774	9.9640	9.7075	8.1517	9.4008	9.7032	9.6169	1.5728	6.4185	0	
N	9.8982	9.2736	7.9951	5.8147	9.1037	0.2115	3.4139	4.8975	4.3846	1.3783	1.7110	9.9864	8.3040	9.9439	0

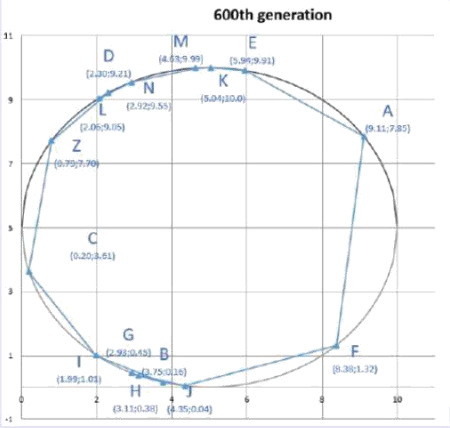


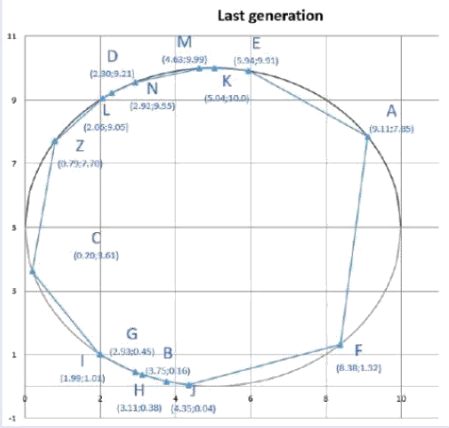
Давайте рассмотрим эволюцию лучшего маршрута в популяции







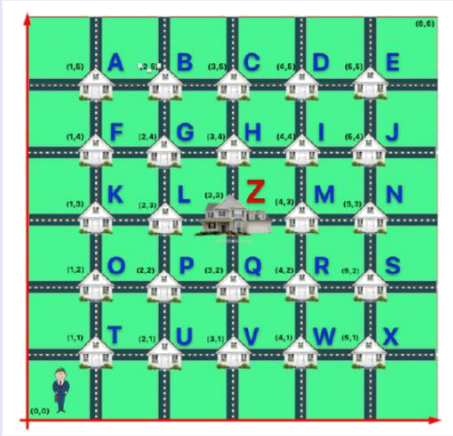




● 25 городов расположены в фиксированных точках (не случайно) на сетке, как шахматная доска

Пример результата (2016)

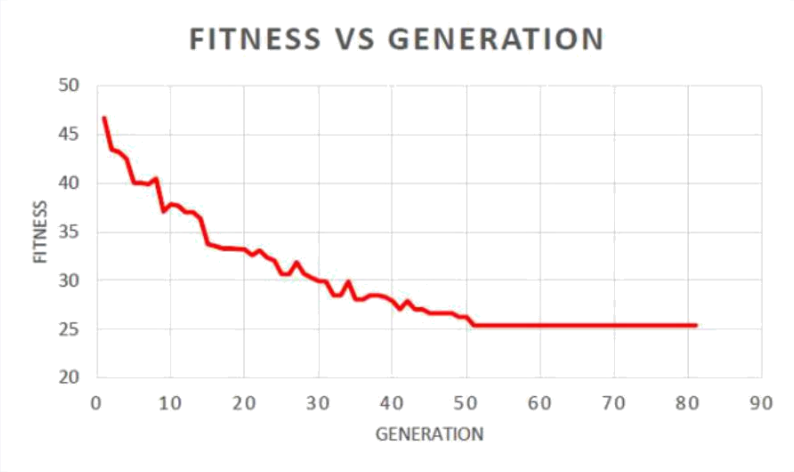
Карта: Kaminets Kiryl (2016) (Слева). Карта: Harhun Tsimafei (2016) (Справа)



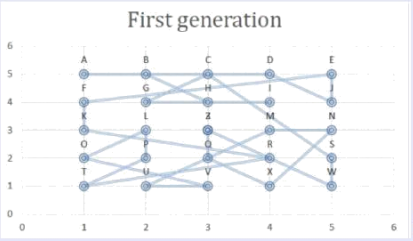
Матрица расстояний

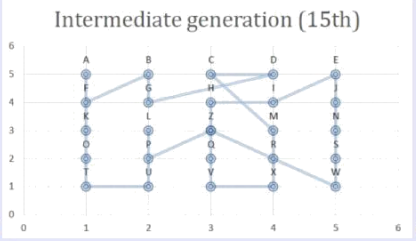
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X
A	0.00	1.00	2.00	3.00	4.00	1.00	1.41	2.24	3.16	4.12	2.00	2.24	3.83	5.83	6.47	5.00	5.10	5.81	6.24	5.00	4.00	4.12	4.47	5.00
B	1.00	0.00	1.00	2.00	3.00	1.41	1.00	1.41	2.24	3.16	2.24	2.00	2.24	3.83	5.83	5.10	5.00	5.10	5.81	4.24	4.12	4.00	4.12	4.47
C	2.00	1.00	0.00	1.00	2.00	2.24	1.41	1.00	1.41	2.24	3.16	2.24	2.00	2.24	3.83	5.83	5.10	5.00	5.10	5.81	4.47	4.12	4.00	4.12
D	3.00	2.00	1.00	0.00	1.00	3.16	2.24	1.41	1.00	1.41	5.81	2.83	2.24	2.00	2.24	4.24	5.81	5.10	5.00	5.10	5.00	4.47	4.12	4.00
E	4.00	3.00	2.00	1.00	0.00	4.12	3.16	2.24	1.41	1.00	4.47	5.81	2.83	2.24	2.00	5.00	4.24	5.81	5.10	5.00	5.88	5.00	4.47	4.12
F	1.00	1.41	2.24	3.16	4.12	0.00	1.00	1.00	2.00	3.00	4.00	1.00	1.41	2.24	3.16	4.12	1.00	2.24	2.83	3.61	4.47	5.00	5.10	5.81
G	1.41	1.00	1.41	2.24	3.16	1.00	0.00	1.00	2.00	3.00	1.41	1.00	1.41	2.24	3.16	2.24	2.00	2.24	2.83	3.61	5.10	5.00	5.10	5.81
H	2.24	1.41	1.00	1.41	2.24	1.00	1.00	0.00	1.00	2.00	2.24	1.41	1.00	1.41	2.24	2.83	2.24	1.00	2.24	2.83	3.61	5.10	5.00	5.10
I	3.16	2.24	1.41	1.00	1.41	2.00	2.00	1.00	0.00	1.00	3.16	2.24	1.41	1.00	1.41	3.61	2.83	2.24	2.00	2.24	4.24	3.61	5.10	5.00
J	4.12	3.16	2.24	1.41	1.00	3.00	3.00	2.00	1.00	0.00	4.12	3.16	2.24	1.41	1.00	4.47	3.61	2.83	2.24	2.00	5.00	4.24	3.61	3.16
K	2.00	2.24	3.83	5.81	4.47	1.00	1.41	2.24	3.16	4.12	0.00	1.00	2.00	3.00	4.00	1.00	1.41	2.24	3.16	4.12	2.00	2.24	2.83	3.61
Z	2.24	2.00	2.24	2.83	5.81	1.41	1.00	1.41	2.24	3.16	1.00	0.00	1.00	2.00	3.00	1.41	1.00	1.41	2.24	3.16	2.24	2.00	2.24	2.83
L	3.83	2.24	2.00	2.24	2.83	2.24	1.41	1.00	1.41	2.24	2.00	1.00	0.00	1.00	2.00	2.24	1.41	1.00	1.41	2.24	3.83	2.24	2.00	2.24
M	5.83	3.83	2.24	2.00	2.24	3.16	2.24	1.41	1.00	1.41	3.00	2.00	1.00	0.00	1.00	3.16	2.24	1.41	1.00	1.41	3.61	2.83	2.24	2.00
N	6.47	5.83	3.83	2.24	2.00	4.12	3.16	2.24	1.41	1.00	4.00	3.00	2.00	1.00	0.00	4.12	3.16	2.24	1.41	1.00	4.47	3.61	2.83	2.24
O	5.00	5.10	5.83	4.24	5.00	1.00	2.24	2.83	3.61	4.47	1.00	1.41	2.24	3.16	4.12	0.00	1.00	2.00	3.00	4.00	1.00	1.41	2.24	3.16
P	5.10	5.00	5.10	5.83	4.24	2.24	2.00	2.24	3.83	3.61	1.41	1.00	1.41	2.24	3.16	1.00	0.00	1.00	2.00	3.00	1.41	1.00	1.41	2.24
Q	5.81	5.10	5.00	5.10	5.81	2.83	2.24	1.00	2.24	2.83	2.24	1.41	1.00	1.41	2.24	2.00	1.00	0.00	1.00	1.00	2.24	1.41	1.00	1.41
R	6.24	5.81	5.10	5.00	5.10	5.81	2.83	2.24	3.00	2.24	3.16	2.24	1.41	1.00	1.41	3.00	2.00	1.00	0.00	1.00	3.16	2.24	1.41	1.00
S	5.00	6.24	5.81	5.10	5.00	4.47	3.61	2.83	2.24	2.00	4.12	3.16	2.24	1.41	1.00	4.00	3.00	2.00	1.00	0.00	4.12	3.16	2.24	1.41
T	4.00	4.12	4.47	5.00	5.88	5.00	5.10	5.81	6.24	5.00	2.00	2.24	2.83	3.61	4.47	1.00	1.41	2.24	3.16	4.12	0.00	1.00	2.00	3.00
U	4.12	4.00	4.12	4.47	5.00	5.10	5.00	5.10	5.81	4.24	2.24	2.00	2.24	2.83	3.61	1.41	1.00	1.41	2.24	3.16	1.00	0.00	1.00	2.00
V	4.47	4.12	4.00	4.12	4.47	5.00	5.10	5.00	5.10	5.81	2.83	2.24	2.00	2.24	2.83	2.24	1.41	1.00	1.41	2.24	2.00	1.00	0.00	1.00
W	5.00	4.47	4.12	4.00	4.12	4.24	3.61	5.10	5.00	5.10	3.61	2.83	2.24	2.00	2.24	3.16	2.24	1.41	1.00	1.41	3.00	2.00	1.00	0.00
X	5.88	5.00	4.47	4.12	4.00	5.00	4.24	3.61	5.10	5.00	4.47	3.61	2.83	2.24	2.00	4.12	3.16	2.24	1.41	1.00	4.00	3.00	2.00	1.00

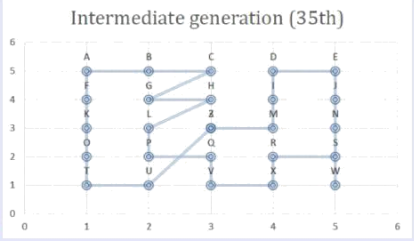
Эволюция – «Fitness» vs. «Generation»: Kaminets Kiryli (2016)

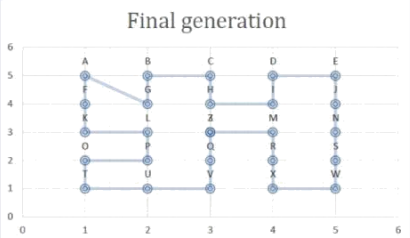


Эволюция кратчайшего пути: Kaminets Kiryl (2016)









Или

Z-Q-X-N-M-U-V-O-L-P-T-R-K-F-E-N-D-A-B-H-I-G-C-S-W-Z

↓

Z-P-L-U-T-O-K-A-F-B-G-D-C-M-X-V-Q-H-I-E-J-N-S-W-R-Z

↓

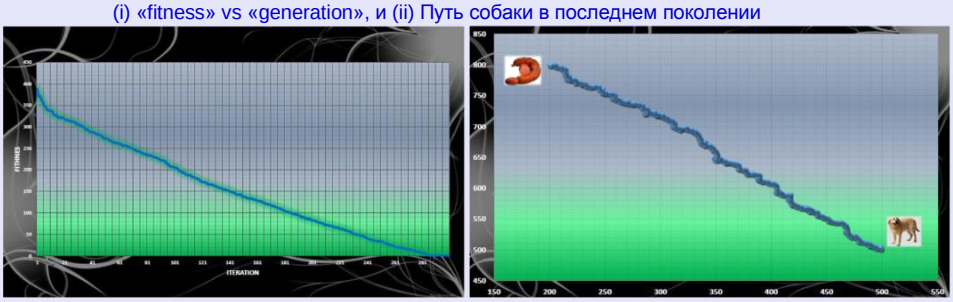
Z-U-T-O-K-F-A-B-C-G-H-L-P-Q-V-X-R-S-W-N-J-E-D-I-M-Z

Счастливая собака (Lucky Dog)

Имеем поле (0,0)-(1000,1000) в котором дом собаки находится в ячейке (500,500) и сосиска в (200,800). Собака состоит из хромосом, каждая включает 1000 генов, значения которых равны 1, 2, 3 или 4, что соответствует одному шагу вверх, вниз, влево и вправо. Следовательно, каждая собака может сделать 1000 шагов. «Fitness» - это метрика Манхеттена (Manhattan distance) до колбасы из текущей позиции собаки.

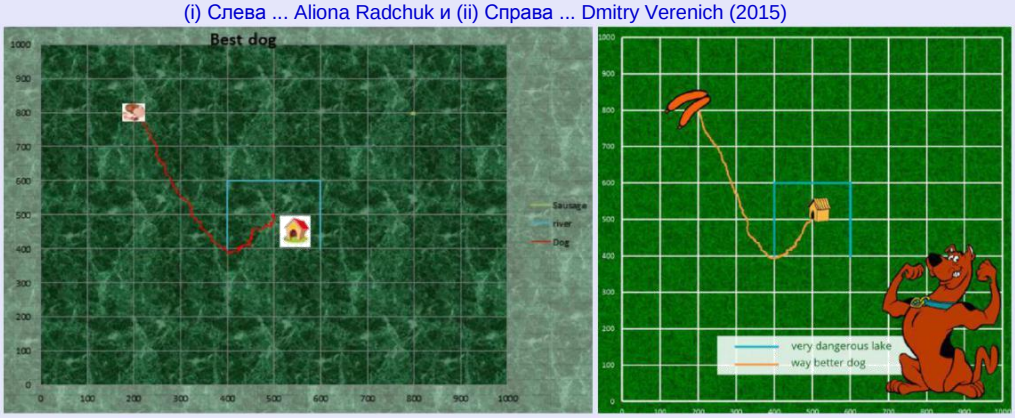
Пример результата… Vechorko Anna (2015)

(i) «fitness» vs «generation», и (ii) Путь собаки в последнем поколении



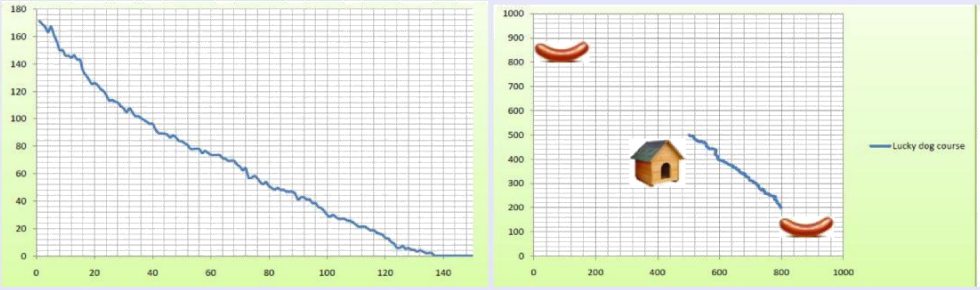
Остальные примеры путей собак в последнем поколении:

(i) Слева ... Aliona Radchuk и (ii) Справа ... Dmitry Verenich (2015)



Проблема «счастливой» собаки (lucky dog problem) в том же мире, что и показан выше, но с 2 сосисками, которые расположены в ячейке (200,800) и (800,200) Пример результата... Belous Sophia (2015)

(i) «Fitness» vs «generation», and (ii) Маршрут счастливой собаки в последнем поколении



Важное замечание: все собаки пришли к одной сосиске, несмотря на наличие 2 сосисок.

Проблема «счастливой» собаки (lucky dog problem) для 4 сосисок, где координаты сосисок (200,200), (200,800), (800,800) и (800,200) Пример результата... Marchanka Ilya (2015)

(i) «Fitness» vs «generation», (ii) Маршрут самой счастливой собаки в последнем поколении

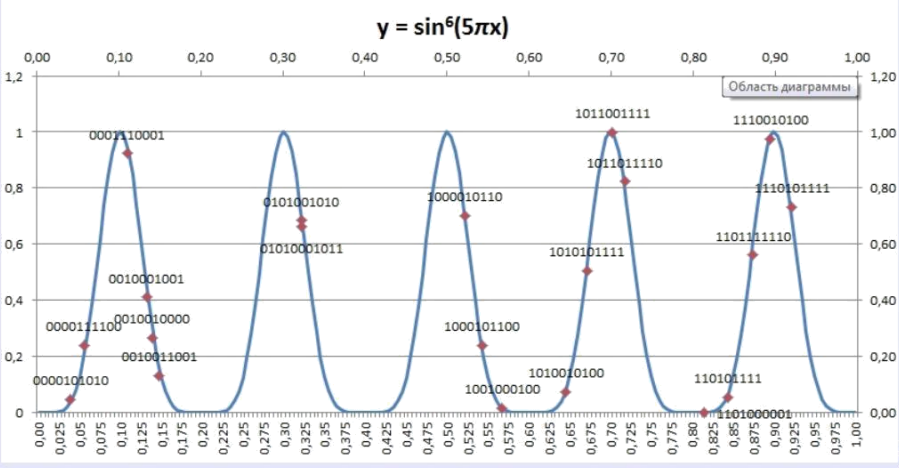
Несмотря на наличие 4 сосисок, все собаки пришли к одной.

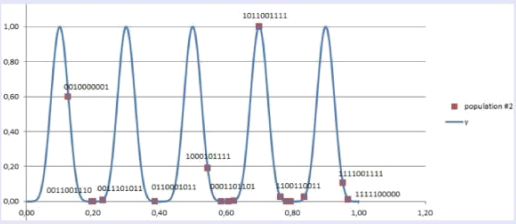
Что если у нас есть больше одного решения?

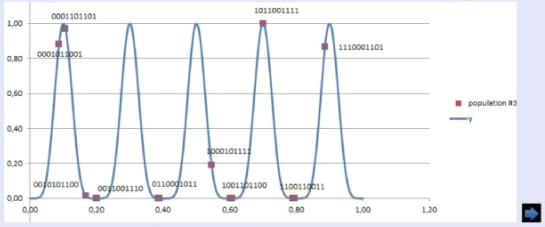
Минимизация 2-D функции

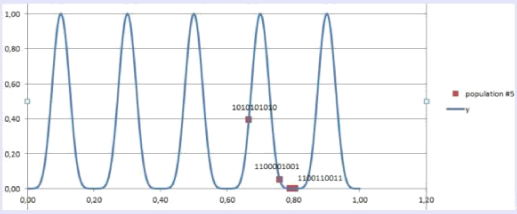
Пример y = sin^6 (5*Pi*x) ... Vyshinskaya Natalia

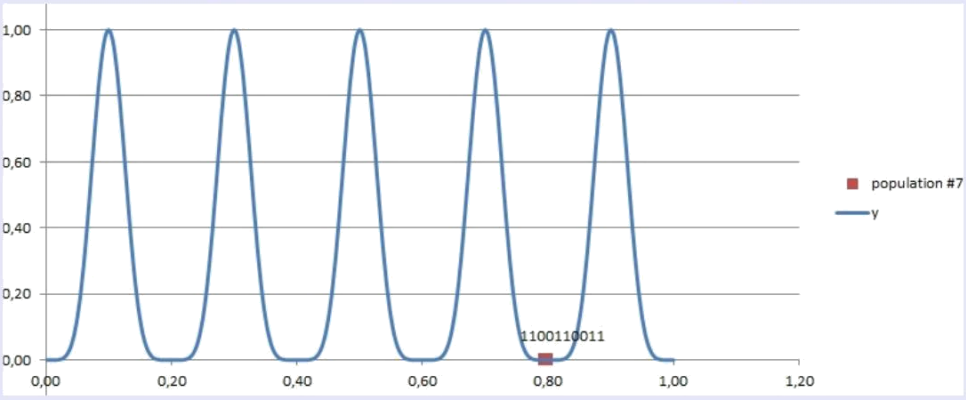
Все бинарные хромосомы также показаны на 2-D графике.





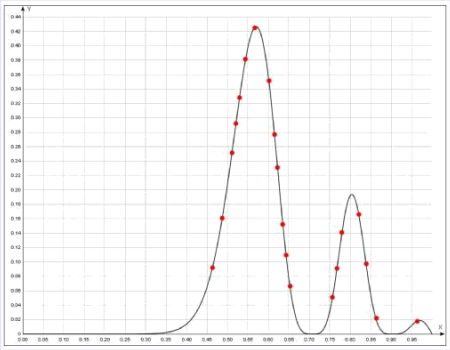


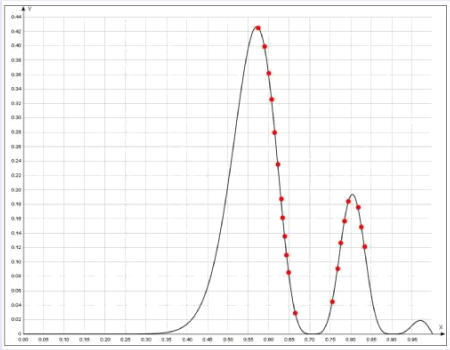


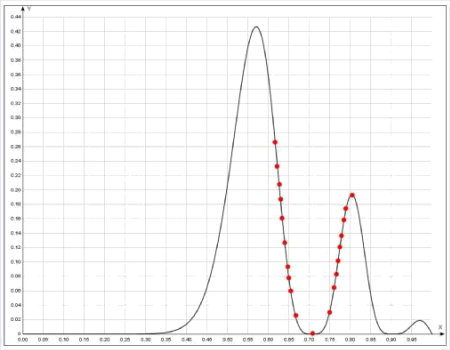


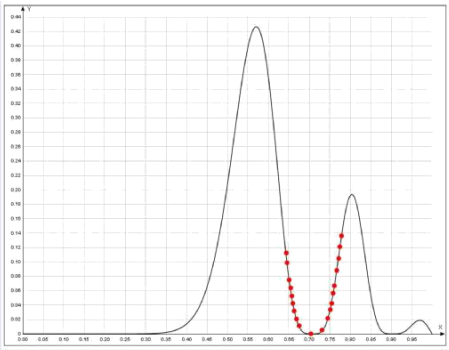
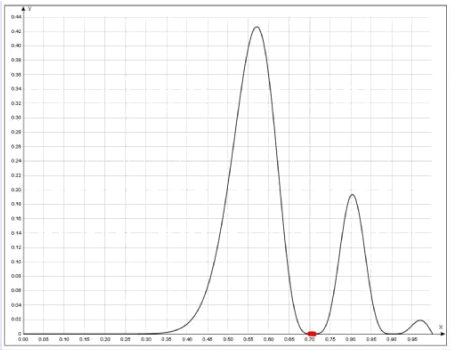
В конечном итоге все хромосомы сошлись к одной из 6 точек минимума. Хромосомы могут сойтись в другой точке минимума, если мы запустим алгоритм ещё раз (Не показано здесь).

Другой пример y = (1-x)*sin^4{5*pi/(1+x^4)} (0,1) с 10-битной двоичной хромосомой & популяцией 20 ... Пример Kanashuk Anton (2014)

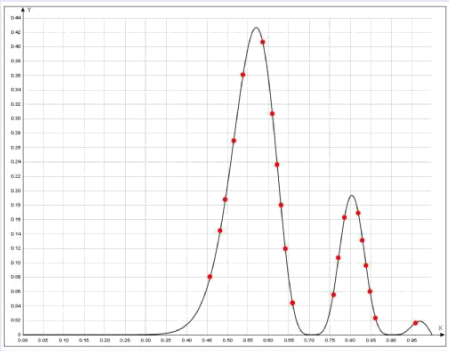
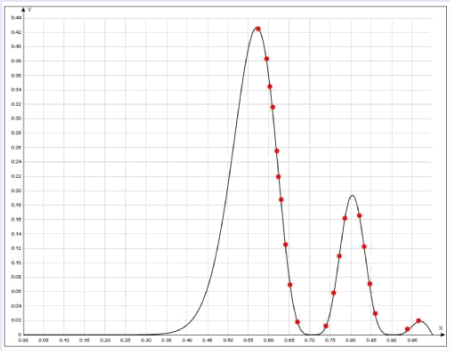
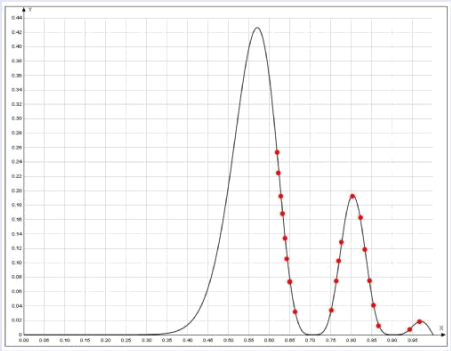
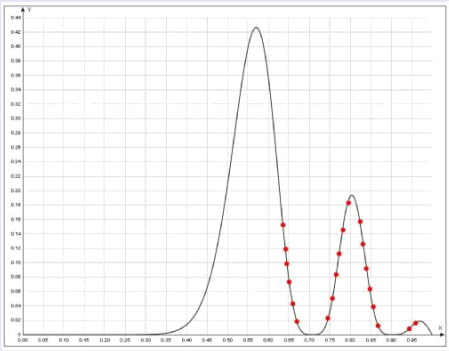
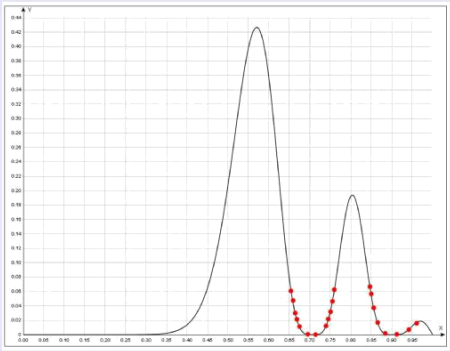
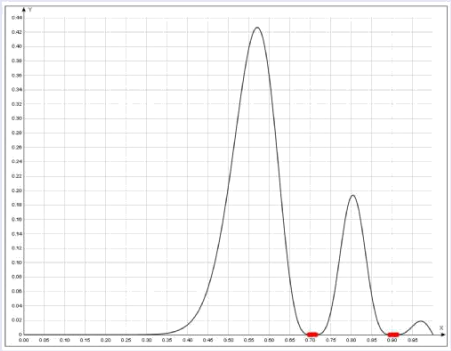
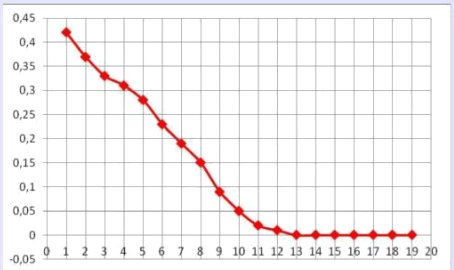






«Fitness Sharing» алгоритм был применён к той же функции ... Пример Kanashuk Anton (2014)

«Knapsack Problem»

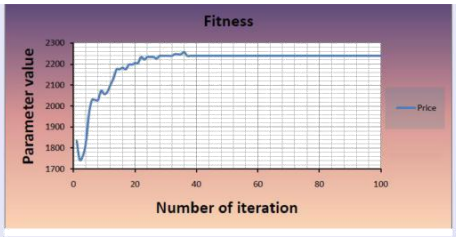
Предположим, что есть N различных элементов, цена каждой из которых p_i и размер s_i. Проблема заключается в максимизации общей цены в ранце(knapsack), при этом выбирая элементы, у которых общий размер меньше, чем размер ранца W.

Пример 20 элементов ... Пример Lishko Yulia (2014)

Цена и размер каждого элемента.

Number of item	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Item's price	77	88	67	14	36	10	68	36	87	68	54	45	53	77	36	76	9	39	84	22
Item's weight	39	5	74	12	84	16	87	83	34	50	39	66	89	76	5	79	13	4	73	13

«Fitness» vs. «Generation».



Лучшее сочетание с общей максимальной ценой.

Item	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Number of items	4	5	0	2	0	1	0	0	4	5	4	0	0	1	4	0	0	4	1	4
Item's price	308	440	0	28	0	10	0	0	348	340	216	0	0	77	144	0	0	156	84	88

Iterated Prisnner's Dilemma (IPD)

Пример результата ... Vechorko Anna i(2015)

20 игроков, каждый из которых имеет 64 бинарные хромосомы. Одна игра состоит из 12 раундов, где 3 раунда – случайные подготовительные, 9 – полноценных раундов, где 1 против 1 получает 5; 1 против 0 получает 2; 0 против 1 получает 0; и 0 против 0 получает 3, что подсчитывается в последние 9 раундов. Каждый игрок играет с остальными 19 игроками в популяции. «Fitness» - это общее количество очков 19 игроков

	Chromosome	Fitness	Comments
RANDOM PLAYERS			
A	111011101110	27	Best player: A all games are random
B	110011001100	17	
ONLY ZEROS PLAYER			
A	000101010101	37	Best player: A only 3 first games are random
B	110000000000	12	
ONLY ONES PLAYER			
A	111111111111	18	Best player: A only 3 first games are random
B	111111111111	18	
RANDOM PLAYER			
A	100100101000	27	Best player: A only 3 first games are random
B	101000000110	22	
TIT-FOR-TAT PLAYER			
A	010111011001	24	Best player: A only 3 first games are random
B	110011101100	19	
BEST CHROMOSOME (64 gene)			
0110100101111010000101100011011111110000001010010101100111111011			

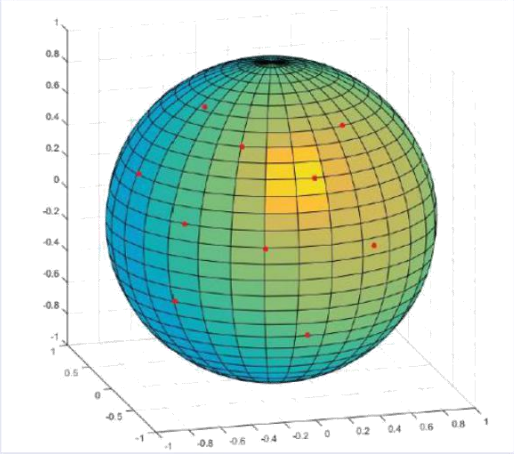
Понижение 3D сферы до 2D круга

Пример результата ... Katolik Alexandr

В начале создалась 3D сфера. Затем, 20 случайных точек было выбрано на поверхности.

Coordinate 3D points

0	0,365	-0,073	0,928
1	0,558	-0,154	0,816
2	0,593	-0,152	-0,791
3	-0,19	-0,027	0,981
4	0,636	0,156	-0,756
5	-0,661	-0,172	-0,73
6	-0,283	0,103	-0,954
7	0,74	0,29	0,607
8	-0,51	-0,062	0,858
9	0,524	-0,129	0,842
10	-0,362	-0,049	0,931
11	0,645	0,04	0,763
12	0,097	0,048	-0,994
13	0,483	0,166	-0,86
14	-0,564	-0,005	-0,826
15	-0,488	0,228	-0,843
16	0,471	0,055	-0,88
17	0,246	0,032	-0,969
18	0,943	-0,185	-0,277
19	0,529	-0,093	-0,844
20	0	0	0



Затем вычислили оригинальную 3-D матрицу расстояний и её нормализацию.

Matrix distance from points in 3D

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0	0	0,218	1,736	0,559	1,721	1,95	1,998	0,613	0,88	0,19	0,73	0,344	1,945	1,888	1,986	1,988	1,816	1,984	1,342	1,78	1
1	0,218	0	1,607	0,777	1,604	1,97	1,976	0,524	1,07	0,05	0,93	0,215	1,878	1,798	1,994	1,997	1,711	1,821	1,159	1,661	1
2	1,736	1,607	0	1,942	0,313	1,26	0,526	1,473	1,99	1,64	1,97	1,567	0,571	0,344	1,167	1,148	0,256	0,411	0,922	0,102	1
3	0,559	0,777	1,942	0	1,932	1,78	1,942	1,052	0,34	0,74	0,18	0,865	1,998	1,97	1,845	1,866	1,977	1,999	1,701	1,963	1
4	1,721	1,604	0,313	1,932	0	1,34	0,941	1,373	1,99	1,63	1,97	1,524	0,598	0,185	1,213	1,129	0,23	0,461	0,663	0,285	1
5	1,953	1,969	1,256	1,781	1,338	0	0,519	1,991	1,6	1,97	1,69	1,995	0,833	1,2	0,215	0,451	1,164	0,96	1,867	1,198	1
6	1,998	1,976	0,926	1,942	0,941	0,52	0	1,875	1,83	1,98	1,89	1,553	0,386	0,774	0,328	0,264	0,759	0,534	1,429	0,842	1
7	0,613	0,524	1,473	1,052	1,373	1,99	1,875	0	1,33	0,53	1,2	0,111	1,742	1,494	1,96	1,9	1,529	1,671	1,024	1,515	1
8	0,877	1,072	1,966	0,344	1,991	1,6	1,833	1,323	0	1,04	0,17	1,102	1,952	1,997	1,686	1,723	1,999	1,979	1,948	1,994	1
9	0,189	0,05	1,635	0,735	1,627	1,97	1,982	0,527	1,04	0	0,89	0,222	1,893	1,728	1,995	1,997	1,733	1,839	1,197	1,686	1
10	0,727	0,933	1,972	0,181	1,971	1,69	1,892	1,198	0,17	0,89	0	1,024	1,981	1,992	1,768	1,799	1,996	1,996	1,784	1,986	1
11	0,344	0,219	1,567	0,865	1,524	2	1,953	0,311	1,16	0,22	1,02	0	1,041	1,636	1,997	1,974	1,653	1,778	1,106	1,617	1
12	1,945	1,878	0,571	1,998	0,598	0,83	0,386	1,742	1,95	1,89	1,98	1,041	0	0,424	0,685	0,931	0,39	0,151	1,132	0,478	1
13	1,808	1,768	0,344	1,57	0,185	1,2	0,774	1,494	2	1,73	1,99	1,636	0,424	0	1,061	0,972	0,114	0,293	0,821	0,264	1
14	1,986	1,994	1,167	1,845	1,213	0,22	0,328	1,96	1,69	2	1,77	1,997	0,685	1,061	0	0,246	1,038	0,824	1,614	1,097	1
15	1,988	1,997	1,146	1,866	1,129	0,45	0,264	1,9	1,73	2	1,8	1,974	0,931	0,972	0,246	0	0,975	0,77	1,593	1,066	1
16	1,816	1,711	0,256	1,977	0,23	1,16	0,759	1,529	2	1,73	2	1,653	0,39	0,114	1,038	0,975	0	0,243	0,802	0,163	1
17	1,984	1,821	0,411	1,999	0,461	0,96	0,534	1,671	1,98	1,64	2	1,778	0,151	0,293	0,824	0,77	0,243	0	1,005	0,334	1
18	1,342	1,159	0,922	1,701	0,663	1,67	1,429	1,024	1,85	1,2	1,78	1,106	1,132	0,821	1,614	1,593	0,802	1,005	0	0,707	1
19	1,78	1,661	0,102	1,963	0,285	1,2	0,842	1,515	1,99	1,69	1,99	1,617	0,478	0,294	1,097	1,066	0,163	0,334	0,707	0	1
20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0

Normalize matrix distance from points in 3D

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0	0	0,119	0,868	0,28	0,861	0,98	0,999	0,307	0,44	0,1	0,36	0,172	0,973	0,904	0,993	0,994	0,908	0,952	0,671	0,89	0,5
1	0,119	0	0,804	0,388	0,802	0,99	0,988	0,262	0,54	0,03	0,47	0,109	0,939	0,854	0,997	0,999	0,856	0,911	0,58	0,831	0,5
2	0,868	0,804	0	0,971	0,156	0,63	0,463	0,737	0,99	0,82	0,99	0,784	0,286	0,172	0,584	0,573	0,128	0,215	0,311	0,051	0,5
3	0,28	0,388	0,971	0	0,966	0,89	0,571	0,526	0,17	0,37	0,09	0,633	0,999	0,985	0,923	0,913	0,989	1	0,851	0,982	0,5
4	0,861	0,802	0,156	0,966	0	0,67	0,471	0,687	1	0,81	0,99	0,762	0,299	0,691	0,607	0,565	0,115	0,231	0,332	0,142	0,5
5	0,977	0,985	0,628	0,891	0,669	0	0,259	0,996	0,8	0,99	0,85	0,998	0,417	0,6	0,108	0,225	0,582	0,48	0,834	0,599	0,5
6	0,999	0,988	0,463	0,971	0,471	0,26	0	0,938	0,92	0,99	0,95	0,977	0,193	0,387	0,164	0,132	0,379	0,267	0,715	0,421	0,5
7	0,307	0,262	0,737	0,526	0,687	1	0,938	0	0,66	0,26	0,6	0,155	0,871	0,747	0,98	0,95	0,765	0,836	0,512	0,758	0,5
8	0,439	0,536	0,993	0,172	0,996	0,8	0,917	0,662	0	0,52	0,08	0,581	0,976	0,999	0,843	0,883	1	0,99	0,924	0,997	0,5
9	0,095	0,025	0,818	0,367	0,814	0,99	0,991	0,264	0,52	0	0,45	0,111	0,947	0,864	0,996	0,999	0,867	0,92	0,599	0,843	0,5
10	0,364	0,467	0,986	0,09	0,986	0,85	0,946	0,599	0,08	0,45	0	0,512	0,991	0,996	0,884	0,9	0,998	0,998	0,892	0,993	0,5
11	0,172	0,109	0,784	0,433	0,762	1	0,577	0,155	0,58	0,11	0,51	0	0,521	0,818	0,999	0,987	0,827	0,889	0,553	0,809	0,5
12	0,973	0,939	0,286	0,999	0,299	0,42	0,193	0,871	0,98	0,95	0,99	0,921	0	0,212	0,343	0,315	0,155	0,076	0,566	0,239	0,5
13	0,904	0,854	0,172	0,985	0,093	0,6	0,387	0,747	1	0,86	1	0,818	0,212	0	0,531	0,486	0,057	0,147	0,411	0,132	0,5
14	0,993	0,997	0,584	0,923	0,607	0,11	0,164	0,98	0,84	1	0,88	0,999	0,343	0,531	0	0,123	0,519	0,412	0,807	0,549	0,5
15	0,994	0,999	0,573	0,933	0,563	0,23	0,132	0,95	0,86	1	0,9	0,987	0,313	0,486	0,123	0	0,488	0,383	0,796	0,533	0,5
16	0,908	0,856	0,128	0,989	0,115	0,58	0,379	0,765	1	0,87	1	0,827	0,195	0,857	0,515	0,488	0	0,121	0,401	0,081	0,5
17	0,952	0,911	0,215	1	0,231	0,48	0,267	0,836	0,99	0,92	1	0,889	0,078	0,147	0,412	0,383	0,121	0	0,503	0,167	0,5
18	0,671	0,58	0,311	0,851	0,332	0,83	0,715	0,512	0,92	0,6	0,89	0,553	0,564	0,411	0,807	0,796	0,401	0,503	0	0,354	0,5
19	0,89	0,831	0,051	0,982	0,142	0,8	0,421	0,758	1	0,84	0,99	0,809	0,239	0,132	0,349	0,333	0,081	0,167	0,354	0	0,5
20	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0

Под конец эволюции была получена 2-D нормированная матрица расстояний лучшей хромосомы

Best 3 normalize matrix from points in 2D generation

1. Fitness = 24,65

Normalize matrix distance from points in 2D

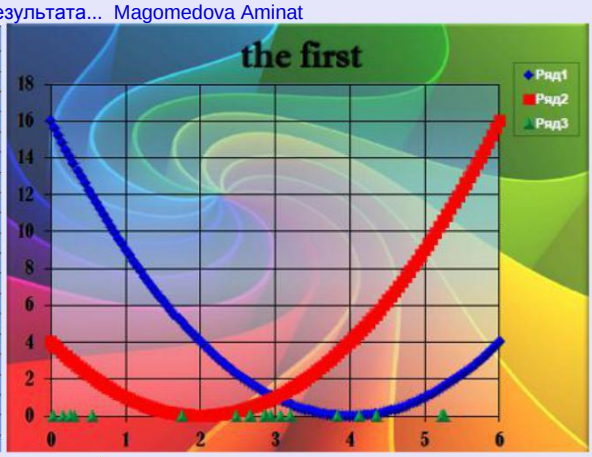
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0	0	0,657	0,434	0,484	0,875	0,32	0,382	0,585	0,8	0,89	0,19	0,026	0,466	0,09	0,9	0,796	0,428	0,882	0,942	0,318	0,4
1	0,657	0	0,798	0,398	0,385	0,83	0,421	0,137	0,58	0,42	0,52	0,678	0,824	0,588	0,414	0,658	0,799	0,426	0,401	0,829	0,4
2	0,434	0,798	0	0,828	0,875	0,17	0,736	0,8	0,59	0,82	0,57	0,418	0,27	0,495	0,829	0,534	0,608	0,796	0,9	0,174	0,4
3	0,484	0,398	0,828	0	0,702	0,77	0,182	0,261	0,88	0,8	0,3	0,509	0,97	0,394	0,799	0,93	0,824	0,803	0,796	0,773	0,5
4	0,875	0,385	0,875	0,702	0	0,99	0,715	0,443	0,43	0,15	0,78	0,891	0,802	0,825	0,142	0,53	0,878	0,174	0,098	0,96	0,5
5	0,321	0,827	0,167	0,774	0,986	0	0,975	0,801	0,73	0,92	0,49	0,3	0,437	0,4	0,932	0,983	0,159	0,903	0,996	0,006	0,5
6	0,382	0,421	0,736	0,182	0,715	0,68	0	0,255	0,84	0,8	0,2	0,408	0,893	0,292	0,797	0,862	0,732	0,796	0,805	0,674	0,5
7	0,585	0,137	0,8	0,261	0,443	0,8	0,255	0	0,68	0,55	0,43	0,608	0,87	0,506	0,548	0,749	0,799	0,557	0,538	0,882	0,4
8	0,800	0,579	0,594	0,881	0,428	0,73	0,842	0,681	0	0,3	0,8	0,807	0,423	0,796	0,313	0,104	0,6	0,272	0,397	0,736	0,4
9	0,893	0,418	0,816	0,8	0,154	0,92	0,797	0,551	0,3	0	0,83	0,905	0,701	0,856	0,016	0,401	0,821	0,025	0,1	0,925	0,5
10	0,187	0,52	0,57	0,297	0,778	0,49	0,195	0,425	0,8	0,83	0	0,712	0,762	0,097	0,83	0,817	0,565	0,819	0,857	0,487	0,4
11	0,026	0,678	0,418	0,509	0,891	0,3	0,408	0,608	0,81	0,91	0,21	0	0,656	0,115	0,912	0,757	0,412	0,893	0,956	0,296	0,4
12	0,698	0,824	0,27	0,97	0,802	0,44	0,893	0,87	0,42	0,7	0,79	0,656	0	0,708	0,717	0,313	0,278	0,677	0,798	0,444	0,5
13	0,09	0,588	0,495	0,394	0,825	0,4	0,292	0,506	0,8	0,86	0,1	0,115	0,708	0	0,862	0,801	0,489	0,847	0,897	0,397	0,4
14	0,9	0,414	0,829	0,799	0,142	0,93	0,797	0,548	0,31	0,02	0,83	0,912	0,717	0,862	0	0,417	0,834	0,041	0,084	0,937	0,5
15	0,796	0,658	0,534	0,93	0,53	0,68	0,882	0,749	0,1	0,4	0,82	0,797	0,333	0,801	0,417	0	0,541	0,376	0,5	0,689	0,4
16	0,428	0,799	0,008	0,824	0,878	0,16	0,732	0,799	0,6	0,82	0,57	0,412	0,278	0,489	0,834	0,541	0	0,801	0,904	0,166	0,4
17	0,882	0,426	0,796	0,803	0,174	0,9	0,796	0,557	0,27	0,03	0,82	0,893	0,677	0,847	0,041	0,376	0,801	0	0,124	0,987	0,5
18	0,942	0,401	0,9	0,796	0,098	1	0,865	0,538	0,4	0,1	0,86	0,956	0,798	0,897	0,384	0,5	0,904	0,124	0	1	0,5
19	0,318	0,829	0,174	0,773	0,96	0,01	0,974	0,802	0,74	0,93	0,49	0,296	0,444	0,357	0,937	0,989	0,186	0,507	1	0	0,5
20	0,418	0,398	0,403	0,525	0,5	0,49	0,473	0,422	0,4	0,43	0,4	0,428	0,45	0,4	0,455	0,417	0,404	0,472	0,548	0,462	0

Итоговая цифра из 20 очков, возможно отсутствует на окружности

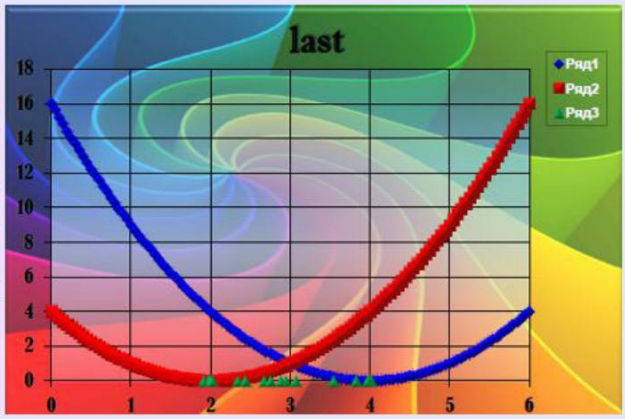
Что, если есть 2 «fitness» функции? - Parete Optimum Solution

y=(x-2)^2 and y=(x-4)^2 для x от 0 до 6 с использованием алгоритма «ранга» Пример результата... Magomedova Aminat

FIRST				
0111110111	x=2.950147	y1=1.102192	y2=0.902779	rank=8
1110000010	x=5.266862	y1=1.604940	y2=10.67238	rank=0
1101111110	x=5.243402	y1=1.546048	y2=10.51965	rank=1
1000001100	x=3.073314	y1=0.858747	y2=1.152002	rank=8
1011101000	x=4.363636	y1=0.132231	y2=5.586777	rank=3
1101111101	x=5.237537	y1=1.531497	y2=10.48164	rank=2
0000110101	x=0.310850	y1=13.60982	y2=2.853226	rank=3
0000000101	x=0.029326	y1=15.76625	y2=3.883558	rank=0
0111101011	x=2.879765	y1=1.254926	y2=0.773987	rank=8
0110100110	x=2.475073	y1=2.325401	y2=0.225695	rank=5
0000011011	x=0.158358	y1=14.75821	y2=3.391646	rank=1
1010001101	x=3.829912	y1=0.028930	y2=3.348578	rank=6
0111001000	x=2.674487	y1=1.756985	y2=0.454932	rank=5
0000101101	x=0.263930	y1=13.95822	y2=3.013940	rank=2
0111000101	x=2.656891	y1=1.803940	y2=0.431506	rank=5
0111101000	x=2.862170	y1=1.294657	y2=0.743337	rank=8
1000100100	x=3.214076	y1=0.617676	y2=1.473981	rank=8
1011000000	x=4.129032	y1=0.016649	y2=4.532778	rank=4
0001011110	x=0.551320	y1=11.89339	y2=2.098675	rank=4
0100101011	x=1.753666	y1=5.046018	y2=0.060681	rank=5



LAST				
0111110111	x=2.950147	y1=1.102192	y2=0.902779	rank=0
1010101101	x=4.017595	y1=0.000310	y2=4.070691	rank=0
1010101100	x=4.011730	y1=0.000138	y2=4.047058	rank=1
1000001100	x=3.073314	y1=0.858747	y2=1.152002	rank=0
1010101010	x=4.000000	y1=0.000000	y2=4.000000	rank=3
1010101011	x=4.005865	y1=0.000034	y2=4.023495	rank=2
0101010101	x=2.000000	y1=4.000000	y2=0.000000	rank=3
0101010010	x=1.982405	y1=4.070691	y2=0.000310	rank=1
0111101101	x=2.891496	y1=1.228782	y2=0.794764	rank=0
0110010001	x=2.351906	y1=2.716213	y2=0.123838	rank=0
0101010011	x=1.988270	y1=4.047058	y2=0.000138	rank=2
1010001101	x=3.829912	y1=0.028930	y2=3.348578	rank=0
0111001010	x=2.686217	y1=1.726026	y2=0.470894	rank=0
0101000110	x=1.912023	y1=4.359646	y2=0.007740	rank=0
0110100001	x=2.445748	y1=2.415700	y2=0.198691	rank=0
0111010111	x=2.762463	y1=1.531497	y2=0.581350	rank=0
1001011100	x=3.542522	y1=0.209286	y2=2.379374	rank=0
1010100101	x=3.970674	y1=0.000860	y2=3.883558	rank=0
0101010110	x=2.005865	y1=3.976574	y2=0.000034	rank=3
0101011010	x=2.029326	y1=3.883558	y2=0.000860	rank=1



Хотите знать, сколько поколений надо было для финальной популяции?

A sorting network problem

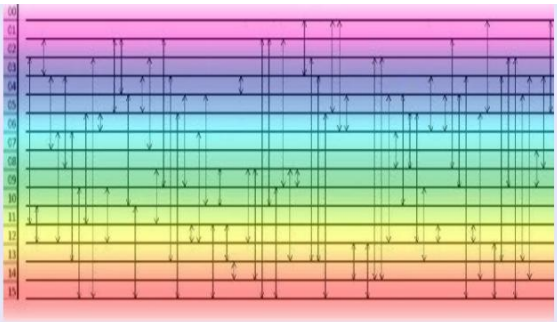
Понаблюдаем, как случайная хромосома с 150 генами, где значения каждого 01-16, отсортирует 16 целых чисел от 1 до 16

Пример. ... Radchuk Aliona

Случайно созданная хромосома (Слева), её графическое представление (Справа)

chromosome:														
11	02	10	12	03	01	07	03	12	06	08	03	13	06	15
09	05	11	15	02	06	05	09	12	05	01	01	04	04	10
15	10	05	03	07	02	11	08	09	01	03	13	15	05	04
09	11	12	06	12	10	04	15	11	10	08	13	11	13	14
03	04	12	08	08	14	01	15	10	01	15	09	01	09	13
08	09	08	03	00	02	13	13	03	05	15	05	00	06	00
06	04	12	14	14	14	12	15	14	02	14	02	04	12	06
08	10	04	05	08	12	05	13	09	06	03	12	11	06	04
08	01	04	09	03	15	12	11	14	05	05	00	12	15	13
03	09	02	02	15	04	13	03	14	09	07	08	03	00	05

150



Одинаковые сравнения должны быть удалены из диаграммы. Одного сравнения будет достаточно для одинаковых пар. Например, «11» и «12» сравниваются 3 раза

Я обнаружил, что 95-ый ген и 96-ой ген равны 14, не так ли? В данном случае сравнение бессмысленно. Тогда сколько значимых сравнений в хромосоме после удаления нескольких идентичных сравнений и сравнений между одинаковыми элементами?

Результат применения хромосомы к набору из 4 случайных упорядоченных целых чисел от 1 до 16. Цель в том, чтобы отсортировать их по возрастанию

№1	fitness = 101													
before	09	15	08	05	02	07	06	11	14	03	13	10	00	01	04	12
after	00	01	04	02	03	07	08	05	11	15	10	06	12	09	14	13
№2	fitness = 100													
before	04	06	09	01	00	15	02	10	05	11	12	14	08	07	03	13
after	01	00	06	03	02	05	04	09	14	10	08	07	12	11	15	13
№3	fitness = 107													
before	00	14	10	04	01	12	15	07	06	02	08	09	11	05	03	13
after	00	01	04	02	03	06	05	07	10	14	08	11	12	09	15	13
№4	fitness = 101													
before	01	10	13	15	11	08	04	09	06	03	02	00	14	05	07	12
after	01	03	00	02	04	08	05	07	10	15	11	06	12	09	14	13
№5	fitness = 101													
before	06	02	08	15	09	11	14	00	13	04	07	05	10	12	01	03
after	00	02	04	01	03	08	05	06	10	15	11	09	12	07	14	13

Как диплоидная хромосома длиной в 480 генов отсортирует строку из 16 букв в алфавитном порядке? (макс. количество сравнений – 120)

Пример ... Koroluk Andrew

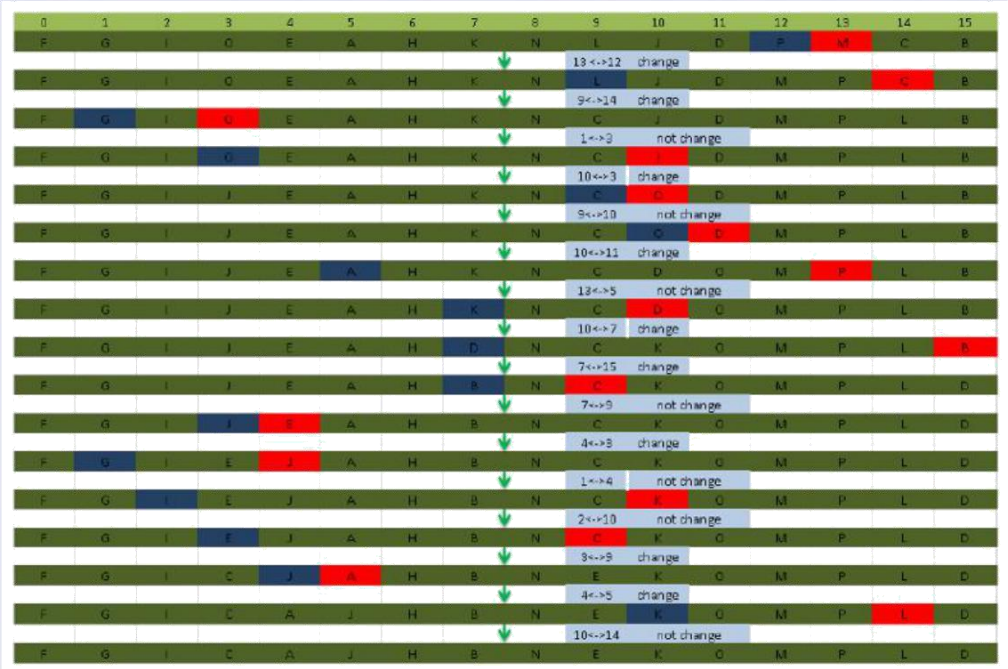
Его диплоидная хромосома создаётся случайно

.1101	.1100	1001	.1110	1001	.1010	1010	.1011	.0111	.1111	.0111	.1001	.0010	.1010	.0011	1001
.0001	.0011	1010	.0011	1101	.0101	1010	.0111	.0100	.0011	.0001	.0100	.0100	.0101	.1010	1110

Реальные сравнения, что произведённые выше диплоидной хромосомой:

13 <->12	9<->14	1<->3	10<->3	9<->10	10<->11	13<->5	10<->7	7<->15	7<->9	4<->3	1<->4	2<->10	3<->9	4<->5	10<->14

Эта диплоидная хромосома сравнивает 16 букв попарно, одна за одной, и обменивает, если необходимо.

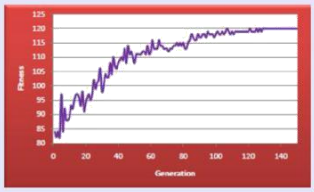


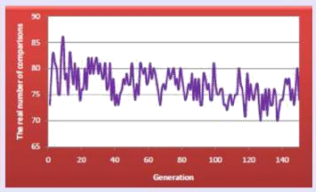
Красота! К сожалению, его диплоидная хромосома представляет собой пару 64-бит длины, в то время как изначально было указана 480-битная длина

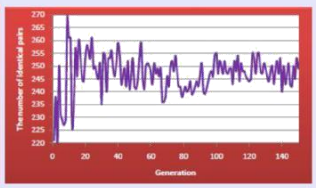
«Sorting network» с диплоидной хромосомой в ходе эволюции с парой двойных хромосом с 480 генами (макс 120 сравнений)

Пример ... Marchanka Ilya

K P A H B E N J L C G M D F O I







Биологически (0-0) & (1-1) пары имеют тенденцию к увеличению, и как в результате, реальное количество сравнений уменьшается, что я и ожидал. Здесь происходит не совсем так. Неизвестно почему.

(3) The best chromosome in the final generation;

Binary view:

Firstrowofchromosome	0101 1100 0001 0000 0110 0101 0110 0100 0100 1000 1100 0111 0100 1100 0011 1000 0100 1101 0100 0000 1101 1100 0110 1101 1101 0010 0110 0110 0110 1001 0110 1101 0110 1011 1101 1100 0111 0011 0110 0001 1011 1000 1101 0010 0000 0110 0100 0010 1001 0011 1011 0011 1011 0011 0110 1010 1000 1100 1000 0010 0001 1000 0010 1100 0100 1011 0110 1001 0110 1010 1010 1011 0100 0100 1111 0101 0000 1100 0001 1110 1000 1100 0111 0100 0000 0110 0101 1010 0001 1001 0001 1000 0000 1011 1011 1111 1011 1000 1101 1110 0000 0011 0110 0101 0101 1001 0100 1100 1011 1011 0001 1000 1000 1101 0001 1100 1001 1101 1100 1101
Second row of chromosome	0110 1110 0110 0111 0101 1000 1011 0100 1100 1100 0100 0110 1100 1111 0110 1001 1011 0110 0000 0000 1010 0110 0011 1100 1101 1000 0001 0111 1011 0100 1000 0101 0101 1111 0101 0010 1010 0010 1101 0010 0000 1101 1000 0011 0010 1000 1001 1111 1101 1010 1001 1111 0011 1010 0100 0111 0110 1110 1011 1011 1000 0010 0010 1001 0011 1101 1011 1101 0001 1001 1001 1101 1111 1100 0001 1010 0000 1101 1111 1100 1010 1011 0111 1101 1100 1011 0001 1100 1101 0100 0110 1101 0010 1011 0000 0010 0001 0010 0100 1110 0111 1010 1000 1010 0010 1010 0100 1000 0101 0111 0011 1011 1000 0011 1001 0010 0110 0101 0010 1001

Decimal view:

Firstrowofchromosome	05 12 01 00 06 05 06 04 04 08 12 07 04 12 03 08 04 13 04 00 13 12 06 13 13 02 06 06 06 09 06 13 06 11 13 12 07 03 06 01 11 08 13 02 00 06 04 02 09 03 11 03 11 03 06 10 08 12 08 02 01 08 02 12 04 11 06 09 06 10 10 11 04 04 15 05 00 12 01 14 08 12 07 04 00 06 05 10 01 09 01 08 00 11 11 15 11 08 13 14 00 03 06 05 05 09 04 12 11 11 01 08 08 13 01 12 09 13 12 13
Second row of chromosome	06 14 06 07 05 08 11 04 12 12 04 06 12 15 06 09 11 06 00 00 10 06 03 12 13 08 01 07 11 04 08 05 05 15 05 02 10 02 13 02 00 13 08 03 02 08 09 15 13 10 09 15 03 10 04 07 06 14 11 11 08 02 02 09 03 13 11 13 01 09 09 13 15 12 01 10 00 13 15 12 10 11 07 13 12 11 01 12 13 04 06 13 02 11 00 02 01 02 04 14 07 10 08 10 02 10 04 08 05 07 03 11 08 03 09 02 06 05 02 09

A B C D E F G H I J K L M N O P