



**ИНСТИТУТ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ
КИБЕРНЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

**Кафедра
«Криптология и Кибербезопасность»**

**ОТЧЕТ
ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ №1 ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«Биоинспирированные алгоритмы решения задач защиты
информации»**

Выполнил:
студент гр. Б21-515

Черняков А. В.

Преподаватель:

Борзунов Г. И.

Москва - 2025

Содержание

Ход выполнения.....	2
1 Формирование рюкзаčných векторов.....	2
2 Генерация задач о рюкзаке.....	7
3 Решение задач методом полного перебора.....	34
4 Решение задачи при помощи генетического алгоритма.....	62
5 Обработка результатов.....	161
Заключение.....	164
Приложение А.....	165
Приложение Б.....	167
Приложение В.....	169
Приложение Г.....	174

Ход выполнения

$$\text{Вариант } (N \bmod 8) + 1 = 11 \bmod 8 + 1 = 3 + 1 = 4$$

1 Формирование рюкзачных векторов

Для формирования 50 уникальных рюкзачных векторов длины 24 была написана программа на языке Golang. Исходный код программы представлен в приложении А. В результате её запуска были получены 50 векторов, представленные в таблице 1.

Таблица 1 – Рюкзачные векторы.

№	Вектор	a(max)
1	[141560 20627 34114 76731 91200 104873 51375 69486 71286 20668 121691 128217 74573 136580 116150 103578 124420 72388 135461 76377 123951 75741 118320 102246]	$2^{\frac{24}{1.4}}$
2	[24039 5252 77613 76884 108186 112566 112734 23141 61559 48540 3223 85168 127349 16707 37339 77386 118824 66277 137713 65058 34735 49007 137691 142833]	$2^{\frac{24}{1.4}}$
3	[124108 87437 978 40455 114322 16424 106745 69588 71558 69067 109167 130355 106633 83976 109495 105337 103792 89439 97857 71894 31316 8097 23704 21113]	$2^{\frac{24}{1.4}}$
4	[12606 70154 30057 72215 67413 139081 121061 132433 123533 32381 80721 43556 7524 96565 109411 118173 5785 87666 95586 140830 85625 116291 98614 92602]	$2^{\frac{24}{1.4}}$
5	[87234 41003 36230 27889 49220 62586 39499 3674 76540 93534 29480 12040 110515 122181 67731 11299 13586 122453 15937 124010 3408 131132 81352 72871]	$2^{\frac{24}{1.4}}$
6	[114769 107694 76408 41722 130366 73610 14133 42879 45871 75526 101641 131366 17329 64038 65740 59891 134803 78094 45803 71415 118703 29578 38790 87329]	$2^{\frac{24}{1.4}}$
7	[36450 52064 24710 89199 78823 43848 90438 79448 104910 136773 107019 807 132543 54795 53997 64022 118917 138041 113081 79036 135535 105159 129184 29409]	$2^{\frac{24}{1.4}}$

8	[39986 87897 104057 144055 25315 23947 19516 54181 131626 26329 79428 61857 67439 130563 56414 120619 114032 142778 18160 87025 144036 78858 46459 45478]	$2^{\frac{24}{1.4}}$
9	[103525 70673 18208 84534 46091 52577 20201 132161 53533 125962 25559 85320 4150 10798 78881 79841 86215 31243 385 54055 103299 16961 65358 110652]	$2^{\frac{24}{1.4}}$
10	[121645 61031 9158 71266 138464 88452 144486 69137 41728 103241 121802 560 12875 118858 35664 74401 110852 143674 60940 8002 141080 49827 19626 47886]	$2^{\frac{24}{1.4}}$
11	[26602 49635 124538 19002 100144 72251 96460 44722 81417 42232 4598 120911 144483 79455 78031 137101 41207 62923 21641 30206 26829 134107 86094 67080]	$2^{\frac{24}{1.4}}$
12	[83347 55429 85052 68359 29824 19694 73708 46450 132739 95793 6456 44992 34829 122377 75008 139122 73950 38622 30012 122142 104679 84452 20504 11200]	$2^{\frac{24}{1.4}}$
13	[70549 122730 33591 71359 52819 67045 99053 17659 59849 17804 45437 134442 106801 108581 30373 117436 19930 75797 44634 79018 52522 25336 89204 25935]	$2^{\frac{24}{1.4}}$
14	[40231 48469 476 6970 66232 138617 46565 103737 116408 54329 21128 45415 98321 119444 138074 115126 83948 94971 44080 132943 43072 88774 44392 10811]	$2^{\frac{24}{1.4}}$
15	[47830 136462 133631 137056 27466 130838 65291 97461 12464 129282 97307 90961 143711 73613 81503 24353 8617 136049 101749 74452 138390 46139 78229 29354]	$2^{\frac{24}{1.4}}$
16	[102045 125002 88019 141622 52546 62717 62870 47416 83167 37890 69148 81501 4952 87758 99620 15960 4402 112276 114540 38520 51309 34027 95147 46646]	$2^{\frac{24}{1.4}}$
17	[87382 53333 124434 35629 44897 87864 6788 139049 113449 67154 119789 84954 60197 65095 101841 25161 20653 52184 6807 82557 26074 38303 16363 50025]	$2^{\frac{24}{1.4}}$
18	[12723 8685 104005 51827 107198 104957 52383 32656 89239 33487 21813 96556 65696 2690 123848 45944 26446 36166 133203 24446 140445 18656 85808 136272]	$2^{\frac{24}{1.4}}$
19	[100412 23884 44469 2052 71989 54826 90126 118522 72883 30677 28380 100599 116733 33544 114156 106309]	$2^{\frac{24}{1.4}}$

	89330 129143 131506 132948 134736 139434 43747 68141]	
20	[125931 86369 72921 121722 33750 75068 122303 71083 25008 104390 48366 112783 82711 38070 128997 35965 122830 75261 4889 15655 40585 61052 126663 89623]	$2^{\frac{24}{1.4}}$
21	[97813 2095 38837 55226 129581 53397 44709 119007 32244 80878 66672 84205 108102 20469 133730 107362 105878 127864 107620 137546 10258 116623 22853 36113]	$2^{\frac{24}{1.4}}$
22	[49624 97284 3651 105170 60563 24617 25962 120039 11210 40102 42368 143161 88966 139940 66785 109897 123223 99328 75146 117121 29473 58165 117582 140475]	$2^{\frac{24}{1.4}}$
23	[36084 354 81544 6217 86599 117604 34153 123444 51377 135483 64551 38204 92007 13064 133894 112006 6573 25120 16127 20572 133981 16558 133989 109580]	$2^{\frac{24}{1.4}}$
24	[61958 89992 126493 34167 107493 10078 62468 63461 26501 101925 100434 83384 622 37269 142301 87499 37548 72194 98834 132615 34791 37974 89078 110247]	$2^{\frac{24}{1.4}}$
25	[98557 92059 81808 109653 75741 45471 106027 95122 67826 118553 76566 37688 37371 3146 16666 47688 128630 6606 133842 109795 28841 25517 76628 33259]	$2^{\frac{24}{1.4}}$
26	[50620 48271 88077 42697 97638 9563 7679 15138 92343 20839 571 134469 51422 45347 34119 109703 9461 31732 39172 144589 119851 14213 132922 106983]	$2^{\frac{24}{1.4}}$
27	[93197 55080 114466 19932 16141 7809 98502 81887 74054 126917 112654 51706 28910 129757 91227 100053 26778 102971 90739 72844 368 138140 103228 85548]	$2^{\frac{24}{1.4}}$
28	[89359 1295 108105 8381 35690 17790 135069 114616 91536 51443 105494 43506 83517 41343 29354 108097 80814 31460 64772 106973 118697 7535 10395 119298]	$2^{\frac{24}{1.4}}$
29	[4351 21466 111601 129193 84242 66633 46927 17752 53 18730 131638 23034 49720 110751 71056 144515 50291 12005 105645 59695 77744 61892 97927 122067]	$2^{\frac{24}{1.4}}$
30	[133660 139536 25308 36497 122816 20330 141763 45006 104800 2526 26698 2808 66877 14434 113199 142996]	$2^{\frac{24}{1.4}}$

	126146 21478 53801 18357 62287 68655 893 14697]	
31	[69323 48492 118475 80121 90304 121614 143475 100224 2237 45664 130853 7110 76192 18025 131177 141383 131916 111129 57798 128110 106254 17034 63044 115349]	$2^{\frac{24}{1.4}}$
32	[115148 66323 4804 36558 99110 144513 65392 112465 52269 138254 135165 27312 71011 112355 69968 96382 113039 42152 112951 121941 66703 140393 91305 121211]	$2^{\frac{24}{1.4}}$
33	[123560 64766 85864 108714 103741 102229 42003 140202 47910 35071 12031 34484 40024 100012 12036 140238 82379 84713 27606 70536 16827 14216 125024 143339]	$2^{\frac{24}{1.4}}$
34	[124068 143015 45188 25602 72570 15969 18278 41888 91477 17055 69295 71589 144078 73901 135183 108711 75345 118000 121044 27754 17110 7532 18052 45354]	$2^{\frac{24}{1.4}}$
35	[121550 133759 30196 12151 125119 55244 38130 71130 104711 45151 135518 114717 44884 70386 54412 25332 66381 11955 30169 121412 12220 32625 16846 19159]	$2^{\frac{24}{1.4}}$
36	[31509 49168 30714 74206 120035 137156 107610 56360 102691 62783 8697 140712 69573 97027 14241 54026 35034 35060 107406 60893 23054 58415 30425 104760]	$2^{\frac{24}{1.4}}$
37	[77753 80505 101371 68637 47715 6004 114510 41559 177 124411 79050 4465 64862 66987 44267 77778 52717 20873 137093 49251 115931 10958 15664 110512]	$2^{\frac{24}{1.4}}$
38	[14508 131131 51443 137277 21322 15456 32821 92826 33631 20289 73953 97392 128677 125199 14893 108488 124363 138067 23770 40877 36271 141692 94212 31931]	$2^{\frac{24}{1.4}}$
39	[23158 32492 121347 57165 15208 10140 5374 90470 114731 44837 110642 128441 69161 116670 43001 104171 22472 115402 49292 126648 44162 73668 105558 138053]	$2^{\frac{24}{1.4}}$
40	[15466 108412 53498 105855 91590 14363 92485 117331 22534 119421 4906 17827 8642 107063 111229 103531 144519 93995 110788 26517 119426 40219 19220 8583]	$2^{\frac{24}{1.4}}$
41	[27654 142530 130295 118129 22478 84555 39611 21662	$2^{\frac{24}{1.4}}$

	5140 29796 132426 74421 26517 34951 75272 30675 12376 55995 119573 112252 122319 93405 64049 127145]	
42	[5680 132429 25288 101767 22137 142159 14593 85892 36857 104416 132493 115346 117998 60551 11876 100954 43269 71823 86590 82587 51493 35403 113217 56629]	$2^{\frac{24}{1.4}}$
43	[118125 34885 60054 134129 131300 60040 9311 15406 41886 75287 140947 109531 103919 35388 129892 69186 132239 10887 102801 76697 5171 23112 52973 116288]	$2^{\frac{24}{1.4}}$
44	[114186 90369 5026 126688 33801 8394 53043 79605 64222 56763 34217 142423 100334 62178 127513 70553 72747 132414 17145 93296 83676 110696 40303 31662]	$2^{\frac{24}{1.4}}$
45	[21722 61361 90737 139940 22053 73204 21911 87155 98155 56516 44147 52485 86871 119220 27064 53099 112825 134596 35672 58975 60096 78882 7216 62633]	$2^{\frac{24}{1.4}}$
46	[15955 98233 90388 110459 72085 3094 130228 14193 123353 130401 74078 55921 88141 100597 57562 27004 117427 41085 52884 40195 97630 81358 94407 135509]	$2^{\frac{24}{1.4}}$
47	[39455 109032 78181 142126 66068 83491 139534 144027 49767 82333 62538 99829 113956 24060 45032 15616 139112 87814 143189 119500 114612 128573 124145 110010]	$2^{\frac{24}{1.4}}$
48	[1138 91413 19959 14115 32406 49068 34852 105682 45889 69710 111330 101729 82424 35634 76426 43646 144303 99651 86792 46837 78916 12702 6843 98356]	$2^{\frac{24}{1.4}}$
49	[123482 29261 29019 53893 69530 97955 4780 51674 125493 113239 5405 113472 72074 21545 43923 119389 143075 60180 106793 40765 35277 42098 29786 56860]	$2^{\frac{24}{1.4}}$
50	[100091 99222 136917 52917 33957 26192 32230 133121 40261 14746 53601 10529 42441 74266 105464 36167 127777 112811 103187 65811 128116 97503 58236 80168]	$2^{\frac{24}{1.4}}$

2 Генерация задач о рюкзаке

После того, как были определены 50 исходных рюкзачных векторов они были сохранены в файл *knapsack_vectors.csv*. Далее была написана программа для инициализации векторов на основе данных из этого файла и генерации 15 задач Рюкзака 0-1 для каждого из векторов. Чтобы обеспечить решаемость задачи из всего набора элементов случайным образом выбиралось от 2 до 12 элементов (что составляет от 8.3% до 50% от общего числа элементов) и в качестве целевого веса использовалась их сумма (т. е. данный набор предметов являлся эталонным решением). Полный код программы, реализующей это, представлен в приложении Б. По итогам её запуска для векторов, полученных ранее, были получены задачи, представленные в таблице 2.

Таблица 2 – Экземпляры задач о рюкзаке.

№ вектора	№ задачи	Целевой вес	Доля предметов
1	1	521524	0.25
	2	157248	0.08
	3	1309477	0.50
	4	389440	0.21
	5	916537	0.38
	6	833583	0.38
	7	789267	0.33
	8	1042447	0.46
	9	577535	0.25
	10	667986	0.38
	11	542586	0.25

	12	580663	0.29
	13	200114	0.12
	14	955460	0.46
	15	734950	0.29
2	1	541175	0.33
	2	650309	0.38
	3	355750	0.17
	4	587854	0.21
	5	711150	0.46
	6	186698	0.08
	7	401257	0.21
	8	297636	0.12
	9	679441	0.33
	10	448587	0.25
	11	219456	0.12
	12	173214	0.12
	13	358175	0.25
	14	451545	0.25
	15	454437	0.33
3	1	297862	0.12
	2	359395	0.25
	3	618212	0.38
	4	288346	0.17
	5	308124	0.17
	6	539399	0.21
	7	90417	0.08
	8	217331	0.12
	9	514472	0.29

	10	820652	0.46
	11	31801	0.08
	12	668447	0.29
	13	629153	0.33
	14	703263	0.38
	15	465253	0.21
4	1	211716	0.12
	2	391985	0.21
	3	909561	0.38
	4	691138	0.38
	5	206934	0.17
	6	176307	0.08
	7	73613	0.08
	8	138292	0.17
	9	684425	0.29
	10	166276	0.17
	11	197912	0.12
	12	871326	0.42
	13	209902	0.12
	14	444533	0.25
	15	467732	0.25
5	1	88319	0.12
	2	133752	0.08
	3	691205	0.50
	4	519165	0.33
	5	418392	0.33
	6	325951	0.17
	7	373151	0.21

	8	378333	0.33
	9	678239	0.42
	10	309891	0.21
	11	74626	0.08
	12	598155	0.33
	13	30910	0.12
	14	393733	0.25
	15	677979	0.42
6	1	195889	0.12
	2	983938	0.50
	3	329167	0.17
	4	485551	0.25
	5	814758	0.33
	6	343333	0.21
	7	889813	0.46
	8	283409	0.17
	9	378517	0.25
	10	620979	0.33
	11	859445	0.50
	12	184443	0.08
	13	850202	0.46
	14	242600	0.12
	15	813164	0.46
7	1	222981	0.08
	2	359818	0.21
	3	601848	0.38
	4	606191	0.33
	5	613368	0.29

	6	334026	0.25
	7	463037	0.21
	8	426985	0.17
	9	670357	0.42
	10	1092909	0.50
	11	848605	0.46
	12	814995	0.42
	13	73257	0.08
	14	542873	0.29
	15	262004	0.12
8	1	484218	0.21
	2	313097	0.12
	3	764546	0.46
	4	936262	0.46
	5	321842	0.25
	6	701690	0.46
	7	691846	0.42
	8	1088165	0.50
	9	784842	0.46
	10	298618	0.21
	11	43463	0.08
	12	971938	0.50
	13	129372	0.08
	14	659446	0.38
	15	674296	0.42
9	1	144239	0.08
	2	442786	0.38
	3	463261	0.25

	4	450544	0.33
	5	35169	0.08
	6	296095	0.21
	7	232153	0.17
	8	211042	0.08
	9	396629	0.25
	10	475612	0.33
	11	469047	0.25
	12	117832	0.12
	13	240366	0.25
	14	401022	0.17
	15	441091	0.38
10	1	582817	0.38
	2	652539	0.38
	3	314064	0.21
	4	70189	0.08
	5	759681	0.29
	6	459248	0.21
	7	323468	0.17
	8	922023	0.50
	9	317802	0.12
	10	419657	0.21
	11	122287	0.08
	12	323665	0.12
	13	264244	0.17
	14	402666	0.25
	15	212694	0.12
11	1	471213	0.33

	2	261313	0.17
	3	372272	0.29
	4	669588	0.29
	5	687083	0.33
	6	339257	0.17
	7	91867	0.08
	8	432488	0.33
	9	263847	0.12
	10	837335	0.46
	11	440419	0.38
	12	323572	0.17
	13	418998	0.21
	14	283280	0.21
	15	409445	0.29
12	1	242377	0.12
	2	300538	0.12
	3	121969	0.08
	4	328485	0.29
	5	308661	0.21
	6	224709	0.21
	7	542247	0.33
	8	637349	0.50
	9	629927	0.38
	10	480224	0.29
	11	238637	0.17
	12	419497	0.33
	13	114471	0.12
	14	229337	0.17

	15	619261	0.33
13	1	338540	0.21
	2	627125	0.42
	3	508963	0.33
	4	411215	0.25
	5	276803	0.12
	6	816168	0.50
	7	240166	0.08
	8	479853	0.29
	9	549925	0.42
	10	481046	0.29
	11	574688	0.42
	12	348790	0.25
	13	537834	0.33
	14	143371	0.08
	15	540386	0.42
14	1	375580	0.25
	2	208813	0.12
	3	899095	0.50
	4	637583	0.33
	5	445876	0.25
	6	596972	0.38
	7	334672	0.17
	8	784589	0.42
	9	746658	0.38
	10	276691	0.08
	11	446254	0.17
	12	792285	0.46

	13	303796	0.21
	14	687303	0.50
	15	173198	0.12
15	1	349304	0.12
	2	219893	0.08
	3	250725	0.12
	4	656598	0.29
	5	456546	0.25
	6	699620	0.38
	7	277342	0.08
	8	840912	0.50
	9	277077	0.12
	10	766133	0.46
	11	528075	0.21
	12	587846	0.29
	13	1091872	0.42
	14	978136	0.50
	15	317364	0.17
16	1	506923	0.33
	2	99192	0.08
	3	781463	0.42
	4	792499	0.50
	5	223123	0.08
	6	559597	0.25
	7	441111	0.29
	8	209691	0.21
	9	402678	0.25
	10	840581	0.50

	11	116564	0.08
	12	633929	0.42
	13	246031	0.17
	14	462960	0.25
	15	596932	0.29
17	1	241258	0.12
	2	999118	0.50
	3	615475	0.42
	4	258870	0.17
	5	622474	0.50
	6	555153	0.38
	7	761195	0.42
	8	529820	0.46
	9	688803	0.38
	10	365192	0.21
	11	154057	0.12
	12	660225	0.38
	13	284841	0.25
	14	494069	0.33
	15	112051	0.08
18	1	675454	0.42
	2	466886	0.29
	3	419261	0.21
	4	661322	0.33
	5	403928	0.25
	6	39169	0.08
	7	215628	0.17
	8	154935	0.08

	9	568859	0.29
	10	208534	0.12
	11	118079	0.08
	12	226111	0.17
	13	766996	0.42
	14	307228	0.21
	15	383466	0.29
19	1	144952	0.08
	2	191405	0.08
	3	865301	0.42
	4	189742	0.08
	5	674589	0.33
	6	507268	0.33
	7	554979	0.29
	8	1001490	0.42
	9	431092	0.21
	10	735520	0.33
	11	737785	0.33
	12	207852	0.08
	13	884427	0.46
	14	257591	0.17
	15	143042	0.17
20	1	325608	0.21
	2	807486	0.50
	3	571315	0.38
	4	646671	0.29
	5	552333	0.38
	6	497840	0.33

	7	815405	0.50
	8	249493	0.08
	9	364519	0.21
	10	391390	0.29
	11	871384	0.38
	12	415252	0.21
	13	757297	0.42
	14	842657	0.46
	15	308898	0.17
21	1	341803	0.25
	2	204531	0.12
	3	515335	0.29
	4	614806	0.25
	5	567268	0.29
	6	865524	0.46
	7	589042	0.38
	8	473113	0.25
	9	152682	0.12
	10	140538	0.12
	11	375415	0.29
	12	286509	0.21
	13	273129	0.17
	14	283778	0.21
	15	956825	0.50
22	1	950551	0.46
	2	923041	0.50
	3	342330	0.12
	4	404911	0.33

	5	778835	0.42
	6	783001	0.50
	7	688545	0.33
	8	174745	0.12
	9	717775	0.42
	10	502897	0.25
	11	635107	0.42
	12	1047472	0.50
	13	286244	0.12
	14	955160	0.42
	15	383660	0.21
23	1	440950	0.42
	2	303008	0.29
	3	413401	0.33
	4	198430	0.12
	5	548908	0.50
	6	328220	0.21
	7	542009	0.33
	8	519975	0.29
	9	321708	0.29
	10	441230	0.29
	11	552175	0.33
	12	279129	0.21
	13	146449	0.12
	14	269376	0.21
	15	602933	0.42
24	1	731684	0.46
	2	757194	0.46

	3	733438	0.46
	4	309619	0.21
	5	659354	0.33
	6	753999	0.46
	7	151950	0.08
	8	822015	0.42
	9	397370	0.25
	10	239748	0.21
	11	656054	0.42
	12	347939	0.21
	13	748848	0.38
	14	943598	0.50
	15	531965	0.33
25	1	705509	0.33
	2	945175	0.50
	3	221456	0.17
	4	423356	0.38
	5	660494	0.46
	6	695944	0.42
	7	290303	0.12
	8	939232	0.42
	9	636576	0.42
	10	54037	0.08
	11	387841	0.21
	12	379406	0.25
	13	466311	0.29
	14	661307	0.38
	15	587298	0.46

26	1	673724	0.46
	2	732128	0.46
	3	440471	0.29
	4	203941	0.21
	5	528814	0.33
	6	497866	0.21
	7	312630	0.29
	8	219728	0.17
	9	616458	0.46
	10	737162	0.42
	11	120314	0.21
	12	366917	0.21
	13	193288	0.17
	14	449925	0.38
	15	415007	0.29
27	1	716487	0.33
	2	746382	0.38
	3	1068733	0.50
	4	572753	0.29
	5	396389	0.25
	6	296532	0.12
	7	417217	0.21
	8	760425	0.46
	9	487461	0.29
	10	645105	0.38
	11	562566	0.38
	12	815721	0.38
	13	478975	0.21

	14	746781	0.33
	15	827741	0.38
28	1	739698	0.50
	2	609926	0.33
	3	371050	0.29
	4	507455	0.38
	5	246538	0.17
	6	451831	0.17
	7	571682	0.33
	8	483372	0.33
	9	124270	0.12
	10	767715	0.50
	11	735317	0.50
	12	199641	0.08
	13	481394	0.38
	14	374673	0.29
	15	765541	0.38
29	1	397378	0.17
	2	683021	0.42
	3	158436	0.17
	4	485103	0.25
	5	635630	0.42
	6	401848	0.21
	7	460175	0.33
	8	569488	0.29
	9	351740	0.17
	10	332177	0.21
	11	216215	0.12

	12	232818	0.08
	13	557030	0.33
	14	735073	0.46
	15	1035457	0.50
30	1	247209	0.29
	2	517724	0.29
	3	459941	0.33
	4	334544	0.33
	5	466077	0.38
	6	508172	0.33
	7	199823	0.12
	8	140429	0.08
	9	425526	0.38
	10	498930	0.38
	11	812062	0.50
	12	493449	0.33
	13	56327	0.08
	14	426743	0.33
	15	343897	0.33
31	1	142619	0.12
	2	837299	0.38
	3	159627	0.08
	4	539440	0.33
	5	251240	0.21
	6	267632	0.25
	7	808347	0.38
	8	148716	0.08
	9	1006546	0.46

	10	1144658	0.50
	11	860494	0.50
	12	577329	0.25
	13	279659	0.21
	14	1071910	0.50
	15	954170	0.50
32	1	787887	0.46
	2	966144	0.38
	3	78710	0.08
	4	674402	0.25
	5	826279	0.38
	6	441434	0.25
	7	946263	0.38
	8	214481	0.08
	9	1044410	0.46
	10	531727	0.25
	11	553495	0.25
	12	392771	0.21
	13	1088236	0.50
	14	1105987	0.50
	15	998902	0.46
33	1	846589	0.50
	2	544555	0.42
	3	703117	0.38
	4	90703	0.12
	5	214205	0.17
	6	593357	0.33
	7	472532	0.25

	8	744014	0.42
	9	397665	0.21
	10	509428	0.25
	11	1075386	0.50
	12	128870	0.12
	13	549540	0.38
	14	291045	0.17
	15	92372	0.08
34	1	246397	0.17
	2	153899	0.08
	3	151822	0.08
	4	717072	0.38
	5	251057	0.12
	6	272159	0.21
	7	247382	0.21
	8	768714	0.42
	9	856681	0.50
	10	439797	0.29
	11	205935	0.12
	12	345791	0.21
	13	598933	0.38
	14	361138	0.21
	15	632257	0.46
35	1	544940	0.38
	2	671463	0.38
	3	566229	0.50
	4	57302	0.08
	5	674551	0.46

	6	806683	0.50
	7	233536	0.17
	8	289585	0.17
	9	525950	0.33
	10	137585	0.12
	11	144913	0.08
	12	170003	0.08
	13	241909	0.17
	14	44580	0.08
	15	356573	0.25
36	1	615263	0.50
	2	317978	0.25
	3	579871	0.50
	4	578306	0.33
	5	782510	0.33
	6	266661	0.12
	7	658948	0.42
	8	690011	0.38
	9	599095	0.29
	10	678178	0.50
	11	610039	0.50
	12	417898	0.29
	13	630846	0.38
	14	277811	0.21
	15	138035	0.08
37	1	498670	0.33
	2	466036	0.33
	3	305292	0.33

	4	369948	0.33
	5	655170	0.38
	6	821254	0.50
	7	554783	0.50
	8	77945	0.08
	9	475790	0.38
	10	698318	0.50
	11	546990	0.25
	12	403672	0.25
	13	644867	0.46
	14	260124	0.25
	15	129756	0.08
38	1	752587	0.42
	2	296475	0.25
	3	629936	0.21
	4	349426	0.21
	5	643448	0.42
	6	367394	0.17
	7	809850	0.38
	8	349712	0.25
	9	573797	0.38
	10	858462	0.46
	11	373282	0.17
	12	170098	0.08
	13	653875	0.46
	14	714702	0.38
	15	57401	0.08
39	1	459090	0.29

	2	682587	0.42
	3	655150	0.38
	4	136470	0.12
	5	531381	0.21
	6	801385	0.50
	7	501450	0.17
	8	914364	0.46
	9	726825	0.42
	10	289310	0.21
	11	1018209	0.50
	12	974085	0.50
	13	925873	0.50
	14	154804	0.08
	15	532388	0.29
40	1	285776	0.21
	2	645086	0.29
	3	486484	0.42
	4	884479	0.42
	5	280857	0.21
	6	343968	0.17
	7	186114	0.17
	8	807280	0.38
	9	861226	0.42
	10	637850	0.46
	11	597498	0.42
	12	583311	0.33
	13	507276	0.33
	14	610645	0.38

	15	731101	0.42
41	1	387228	0.29
	2	621953	0.33
	3	332344	0.21
	4	794960	0.46
	5	358453	0.29
	6	822359	0.50
	7	735964	0.38
	8	691527	0.46
	9	338354	0.21
	10	454202	0.21
	11	331348	0.17
	12	754084	0.42
	13	726220	0.46
	14	346140	0.17
	15	199702	0.12
42	1	807785	0.42
	2	741247	0.50
	3	652746	0.46
	4	265675	0.17
	5	242013	0.25
	6	768795	0.38
	7	518500	0.29
	8	881459	0.50
	9	804096	0.50
	10	356519	0.17
	11	181462	0.21
	12	291818	0.21

	13	873613	0.50
	14	764672	0.46
	15	705375	0.38
43	1	445090	0.21
	2	544572	0.21
	3	932528	0.46
	4	1037837	0.50
	5	367186	0.29
	6	850472	0.33
	7	356173	0.12
	8	227681	0.12
	9	247588	0.08
	10	666216	0.29
	11	849363	0.42
	12	272372	0.12
	13	729215	0.38
	14	361344	0.17
	15	819605	0.46
44	1	388433	0.21
	2	780006	0.42
	3	114942	0.12
	4	169813	0.12
	5	335323	0.17
	6	224920	0.12
	7	723176	0.50
	8	503996	0.29
	9	460160	0.21
	10	227022	0.08

	11	217057	0.08
	12	510864	0.38
	13	417524	0.21
	14	885334	0.42
	15	943572	0.46
45	1	227766	0.17
	2	432521	0.33
	3	283423	0.21
	4	440866	0.21
	5	149504	0.08
	6	226574	0.12
	7	433444	0.25
	8	755653	0.38
	9	192425	0.08
	10	420943	0.29
	11	57394	0.08
	12	114460	0.08
	13	279397	0.17
	14	371713	0.25
	15	914548	0.50
46	1	599166	0.25
	2	209587	0.08
	3	209552	0.12
	4	265677	0.17
	5	564128	0.29
	6	492091	0.33
	7	692982	0.42
	8	373977	0.25

	9	651561	0.33
	10	1015774	0.46
	11	603068	0.42
	12	803212	0.38
	13	520948	0.29
	14	345742	0.21
	15	977259	0.50
47	1	1084753	0.46
	2	1019515	0.46
	3	183482	0.08
	4	813279	0.50
	5	1203442	0.50
	6	568927	0.29
	7	552778	0.29
	8	878794	0.38
	9	250759	0.12
	10	968765	0.50
	11	217293	0.08
	12	946872	0.46
	13	599063	0.38
	14	338415	0.12
	15	687378	0.38
48	1	211357	0.21
	2	311806	0.29
	3	105344	0.08
	4	565379	0.42
	5	401441	0.33
	6	666683	0.33

	7	324303	0.21
	8	663879	0.50
	9	314124	0.21
	10	545133	0.50
	11	450347	0.29
	12	443723	0.25
	13	519634	0.29
	14	110904	0.12
	15	717801	0.50
49	1	291413	0.29
	2	657456	0.50
	3	456513	0.33
	4	860270	0.50
	5	675251	0.33
	6	183773	0.12
	7	523791	0.25
	8	237335	0.17
	9	212605	0.08
	10	470051	0.25
	11	133714	0.12
	12	90093	0.12
	13	235384	0.25
	14	624453	0.33
	15	121357	0.17
50	1	145628	0.08
	2	695160	0.29
	3	585275	0.38
	4	832283	0.46

	5	274462	0.12
	6	605375	0.33
	7	488865	0.33
	8	973284	0.46
	9	381933	0.21
	10	311336	0.21
	11	632391	0.50
	12	271564	0.12
	13	383028	0.21
	14	482204	0.21
	15	341897	0.21

3 Решение задач методом полного перебора

После формирования задач была написана программа для нахождения всех решений методом полного перебора. Для этого из файла, содержащего список элементов в каждом рюкзачном векторе, были получены данные об элементах, после чего для этого множества были найдены все подмножества. Для каждого из подмножеств была вычислена сумма всех элементов и произведено её сравнение с целевым весом. В случае, если сумма равнялась целевому весу, данное подмножество сохранялось (индексы элементов в изначальном векторе). Дополнительно по ходу работы программы фиксировалось время нахождения первого решения и время полного перебора. Результаты работы программы представлены в таблице 3. Полный код программы представлен в приложении В.

Таблица 3 – Результаты решения полным перебором.

№ вектора	№ задачи	Время нахождения первого решения	Время нахождения всех решений	Число решений
1	1	1,171	2825,578	6
	2	1,104	1251,61	1
	3	0	3620,749	27
	4	1,07	2570,823	2
	5	1,084	3524,265	25
	6	0	3498,354	17
	7	0	3453,604	19
	8	0	3773,079	34
	9	0	2919,446	3
	10	1,003	3152,849	6
	11	0	2858,343	1
	12	2,054	2932,875	2
	13	1,116	1616,747	1
	14	0,941	3531,709	25
	15	0	3293,638	5
2	1	0	3274,03	9
	2	1,002	4150,915	22
	3	1,002	2646,415	1
	4	1,008	3355,156	11
	5	1,027	3532,181	26
	6	1,234	1734,201	1
	7	1,329	2770,395	3
	8	0,542	2381,124	2
	9	1,246	3526,526	20
	10	0	2947,453	6

	11	0,412	1977,717	1
	12	1,049	1611,244	1
	13	1,495	2650,383	3
	14	0	2957,729	6
	15	0	2971,905	6
3	1	0	2216,021	1
	2	0,428	2481,801	3
	3	1,079	3078,918	15
	4	1,039	2194,896	1
	5	1,395	2257,588	2
	6	1,005	2874,536	10
	7	1,009	835,13	1
	8	0,546	1746,327	2
	9	1,124	2810,188	7
	10	0	3507,351	26
	11	0	516,649	1
	12	1,415	3222,094	28
	13	0	3121,676	13
	14	0	3312,963	21
	15	0	2714,081	12
4	1	1,075	1787,974	1
	2	1,377	2537,877	2
	3	1,004	3543,397	27
	4	1,155	3323,274	14
	5	1,46	1749,094	1
	6	1,004	1595,976	1
	7	0,549	1032,754	1
	8	0	1422,596	1

	9	1,429	3356,802	16
	10	0	1559,062	1
	11	1,463	1722,441	1
	12	1,094	3554,22	32
	13	0	1778,406	1
	14	1	2692,776	2
	15	0	2757,623	4
5	1	0,544	1203,749	1
	2	1,126	1687,028	1
	3	0	3552,698	32
	4	1,492	3407,234	19
	5	0	3087,703	12
	6	1,316	2802,39	1
	7	1,297	2949,768	5
	8	1,03	2968,158	3
	9	0	3569,631	39
	10	1,507	2744,905	1
	11	0,999	815,031	1
	12	1,047	3530,932	26
	13	0	468,177	1
	14	2,055	3040,026	6
	15	1,654	3581,301	42
6	1	1,005	1423,85	1
	2	0	3615,566	26
	3	0	2228,058	2
	4	0,541	2825,655	2
	5	0	3591,335	32
	6	0	2321,938	5

	7	0	3604,933	30
	8	0	1978,092	1
	9	1,112	2495,19	1
	10	0,588	3284,503	13
	11	0,984	3592,257	37
	12	1,164	1314,636	1
	13	0	3593,465	39
	14	1,507	1765,241	1
	15	1,022	3575,107	39
7	1	0	1985,545	1
	2	1,775	2603,851	1
	3	0	3163,72	8
	4	1,402	3176,615	4
	5	1,024	3215,754	10
	6	1,001	2549,671	1
	7	0,512	2773,836	2
	8	1,272	2713,881	2
	9	1,005	3328,944	14
	10	2,051	3600,537	33
	11	0	3537,894	23
	12	0	3501,418	22
	13	0	965,197	1
	14	0,875	2989,728	8
	15	1,029	2221,123	1
8	1	0	2935,444	7
	2	1,078	2386,392	1
	3	1,022	3530,969	23
	4	0	3613,978	30

	5	0	2434,863	1
	6	1,205	3461,423	21
	7	0	3444,128	32
	8	0	3596,853	21
	9	0	3574,055	24
	10	1,043	2315,215	1
	11	1,058	705,673	1
	12	1,015	3592,996	32
	13	0	1210,406	1
	14	1,279	3378,561	16
	15	0	3426,073	16
9	1	0,437	1335,384	1
	2	0,556	3006,657	12
	3	0	3059,286	13
	4	1,084	3060,114	7
	5	1,058	502,57	1
	6	0,758	2476,648	3
	7	1,008	2014,25	2
	8	0,876	1889,049	1
	9	1,191	2848,43	8
	10	1,506	3133,123	13
	11	0	3090,332	15
	12	1,003	1173,813	1
	13	0	2063,395	2
	14	1,432	2869,939	8
	15	1,004	2996,572	10
10	1	0	3018,561	10
	2	0,32	3221,547	17

	3	1,434	2088,023	1
	4	0	720,866	1
	5	0,999	3482,794	30
	6	0	2702,959	5
	7	0	2112,883	2
	8	1,446	3599,523	30
	9	0,512	2096,506	2
	10	1,001	2555,845	4
	11	0	1067,645	1
	12	1,11	2106,532	2
	13	1,449	1849,654	1
	14	0	2502,804	2
	15	0,837	1637,106	1
11	1	0	2922,314	6
	2	1,163	2121,711	1
	3	0	2652,28	5
	4	1,009	3447,635	21
	5	1,235	3463,872	18
	6	0	2546,348	3
	7	0,51	1071,096	1
	8	1,002	2800,616	6
	9	0	2121,814	1
	10	1,169	3596,468	23
	11	0	2831,296	5
	12	1,506	2507,012	1
	13	1,005	2790,83	2
	14	1,072	2275,766	2
	15	1,345	2781,426	1

12	1	0	2138,877	1
	2	0	2500,349	2
	3	0	1125,553	1
	4	1,086	2618,457	3
	5	0	2535,945	2
	6	0,511	1959,905	2
	7	1,439	3197,916	20
	8	0	3467,765	24
	9	1,34	3435,262	32
	10	0	2986,351	6
	11	0	2105,734	1
	12	1,006	2847,077	4
	13	0,747	1092,68	1
	14	1,505	2007,183	1
	15	1,049	3418,412	29
13	1	1,214	2581,468	2
	2	1,003	3420,391	28
	3	0	3059,38	18
	4	0,999	2762,221	5
	5	0	2186,957	2
	6	0	3606,551	42
	7	1,187	1941,71	1
	8	0,556	2976,842	11
	9	0	3215,47	24
	10	0	2973,478	18
	11	1,378	3302,965	27
	12	1,002	2613,817	4
	13	0	3159,258	20

	14	0	1293,433	1
	15	1,001	3185,948	13
14	1	0	2757,999	1
	2	0	2107,625	1
	3	0,543	3611,624	34
	4	0	3407,716	27
	5	0	2934,784	8
	6	0	3322,539	18
	7	1,606	2649,358	3
	8	0	3566,921	29
	9	1,301	3562,521	26
	10	0	2451,185	3
	11	1,088	2917,64	12
	12	0	3590,868	37
	13	1,102	2560,836	1
	14	0	3513,852	19
	15	0	1931,446	1
15	1	1,01	2082,472	1
	2	0	1401,317	1
	3	1,211	1449,028	1
	4	1,017	2999,033	8
	5	1,123	2537,303	5
	6	1,077	3105,756	17
	7	1,451	1730,7	1
	8	1,409	3469,427	26
	9	1	1722,597	1
	10	0	3297,051	22
	11	0	2709,212	6

	12	1,281	2821,519	5
	13	0	3588,117	22
	14	0	3579,82	35
	15	0	1830,279	1
16	1	1,315	2852,45	11
	2	0	540,185	1
	3	0	3551,211	38
	4	0	3579,105	33
	5	0,521	1362,518	1
	6	0	3036,792	13
	7	1,004	2636,599	3
	8	1,051	1264,786	1
	9	1,062	2465,016	4
	10	1,283	3580,699	39
	11	1,144	803,772	1
	12	1,627	3286,237	18
	13	1,198	1643,792	1
	14	0	2714,916	10
	15	0,999	3161,217	21
17	1	0	1879,075	3
	2	1,024	3633,304	24
	3	0	3305,968	37
	4	0	1987,184	2
	5	1,045	3314,484	24
	6	0,54	3087,393	24
	7	0	3592,713	45
	8	0	3029,498	16
	9	0	3505,74	35

	10	1,165	2559,431	4
	11	0	1331,735	1
	12	0	3433,811	38
	13	1,003	2124,415	1
	14	0,509	2916,93	15
	15	1,004	975,189	1
18	1	0	3562,235	31
	2	0,506	3147,42	6
	3	1,293	2988,8	4
	4	0,509	3567,624	34
	5	0,996	2942,486	11
	6	0	941,044	1
	7	1,058	2015,106	1
	8	1,166	1568,819	1
	9	1,809	3491,128	27
	10	1,133	1943,425	1
	11	1,459	1483,232	1
	12	0,834	2106,329	1
	13	1,404	3617,823	36
	14	0	2598,206	2
	15	1,068	2877,378	4
19	1	0	1651,769	1
	2	1,507	1911,176	1
	3	1,511	3578,34	35
	4	0	1895,844	1
	5	0	3412,094	10
	6	1,003	3034,092	3
	7	0	3143,369	9

	8	1,158	3568,334	27
	9	0	2844,636	2
	10	1,003	3515,928	19
	11	0	3463,802	15
	12	1,001	2028,688	1
	13	1,081	3579,355	20
	14	0	2315,586	1
	15	2,568	1548,69	2
20	1	1,143	2101,784	3
	2	0,505	3593,638	20
	3	0	2931,621	11
	4	1,082	3199,052	14
	5	0	2881,488	11
	6	0,683	2762,294	7
	7	1	3585,831	30
	8	0	1718,657	1
	9	1,195	2313,954	1
	10	0	2411,007	2
	11	1,064	3595,03	31
	12	0	2571,392	4
	13	0	3503,426	17
	14	0	3572,527	32
	15	0	1915,26	2
21	1	0,728	2588,827	2
	2	1,024	1867,369	1
	3	1,025	2985,059	5
	4	1,004	3276,673	13
	5	1	3162,622	9

	6	0	3572,605	41
	7	0	3198,376	9
	8	0	2901,425	8
	9	0	1539,273	1
	10	1,014	1481,452	1
	11	1,162	2674,726	4
	12	1,077	2374,657	1
	13	0	2249,146	1
	14	1,006	2331,388	1
	15	0	3612,325	44
22	1	1,005	3627,132	28
	2	1,206	3646,021	33
	3	0,513	2709,083	2
	4	1,02	2839,686	1
	5	1,951	3582,927	22
	6	1	3561,938	30
	7	0	3477,06	17
	8	1,231	1774,369	1
	9	1,037	3509,437	20
	10	0	3073,783	6
	11	0	3383,488	10
	12	1,31	3639,411	26
	13	0	2500,157	1
	14	1,391	3631,151	31
	15	1,053	2789,843	1
23	1	1,776	2962,847	6
	2	1,003	2549,216	4
	3	1,202	2884,195	5

	4	1,506	1943,473	2
	5	1,271	3317,911	23
	6	0	2625,398	3
	7	1,235	3270,297	15
	8	1,003	3235,148	14
	9	0	2580,992	2
	10	0	2955,857	6
	11	1,105	3309,872	21
	12	1,457	2409,986	2
	13	0	1699,444	1
	14	1,026	2364,756	2
	15	0	3439,329	16
24	1	0	3560,753	19
	2	0	3582,238	30
	3	1,338	3554,96	31
	4	1,002	2304,718	3
	5	1,032	3483,785	24
	6	0,568	3566,778	30
	7	1,003	1288,376	1
	8	1,028	3582,907	35
	9	0,852	2736,98	4
	10	1	1889,29	1
	11	1,003	3464,118	16
	12	1	2526,113	1
	13	1,042	3571,249	21
	14	0	3641,115	34
	15	0	3114,389	12
25	1	1,236	3463,257	27

	2	1,009	3578,862	25
	3	0	1677,383	1
	4	1,897	2612,806	3
	5	1,002	3345,267	30
	6	0	3457,302	30
	7	0	1840,879	1
	8	0	3597,082	31
	9	0	3283,951	19
	10	1,291	438,703	1
	11	1,041	2490,426	3
	12	1,505	2414,962	3
	13	0	2723,148	9
	14	1,314	3324,113	28
	15	0	3128,608	17
26	1	0	3598,649	42
	2	0	3621,372	26
	3	1,335	3299,436	13
	4	0	2204,991	2
	5	1,073	3511,072	28
	6	0	3441,186	20
	7	0	2870,733	3
	8	0,364	2295,993	3
	9	1,281	3581,649	35
	10	0	3622,843	35
	11	0,833	1387,19	1
	12	0,998	3077,851	9
	13	0	2093,527	1
	14	1	3365,459	13

	15	1,109	3248,95	14
27	1	0	3493,088	23
	2	1,247	3515,513	26
	3	0	3602,787	28
	4	0	3150,991	9
	5	0	2708,307	1
	6	0,876	2409,037	1
	7	0,999	2754,678	2
	8	0	3550,807	26
	9	0	2905,336	3
	10	1,088	3360,335	13
	11	0	3134,147	9
	12	0,856	3594,627	38
	13	0	2874,435	5
	14	0	3551,207	17
	15	0	3607,363	26
28	1	0	3584,351	38
	2	0	3443,63	29
	3	0	2714,947	5
	4	0	3127,535	8
	5	1,224	2228,208	3
	6	0	2932,867	8
	7	1,102	3360,277	17
	8	1,253	3056,287	10
	9	1	1484,569	1
	10	0,234	3633,938	36
	11	0	3594,167	34
	12	0	1938,556	1

	13	1,028	3039,533	7
	14	1,395	2734,776	6
	15	1,63	3614,084	36
29	1	1,051	2929,038	7
	2	1,634	3544,481	33
	3	0	1653,4	1
	4	1,229	3206,023	15
	5	0	3507,603	29
	6	0	2943,195	7
	7	1,23	3122,452	10
	8	0	3398,707	19
	9	0	2765,191	1
	10	0	2673,215	4
	11	0	1945,451	1
	12	0	2056,19	1
	13	0,504	3390,761	15
	14	0	3620,573	34
	15	0	3618,516	18
30	1	0	1663,589	3
	2	1,004	3083,107	17
	3	1,114	2872,075	8
	4	1,436	2315,929	2
	5	0,542	2920,071	10
	6	1,676	3049,119	16
	7	0,423	1520,144	2
	8	1,506	1063,238	3
	9	1,009	2733,904	8
	10	1,459	2989,453	22

	11	0	3607,126	23
	12	0,713	3013,438	19
	13	0	567,6	1
	14	1,433	2734,197	9
	15	1,099	2409,951	7
31	1	0,813	1193,518	1
	2	1,085	3518,003	24
	3	0,55	1240,538	1
	4	1,142	2819,064	2
	5	1,054	1755,012	1
	6	1,289	1794,596	1
	7	0,539	3463,147	17
	8	0	1166,233	1
	9	1,041	3603,941	29
	10	1,382	3607,742	26
	11	0	3543,538	21
	12	1,075	2929,48	4
	13	0	1830,154	1
	14	1,001	3622,833	23
	15	0,34	3605,557	23
32	1	0	3466,298	10
	2	0	3608,276	18
	3	0	805,58	1
	4	1,462	3202,605	10
	5	1,089	3502,627	18
	6	0	2643,864	1
	7	0	3585,766	15
	8	0	1698,387	1

	9	0,687	3619,256	34
	10	1,01	2813,46	7
	11	0	2861,938	4
	12	1,086	2502,114	1
	13	0	3620,175	25
	14	0	3620,093	24
	15	0	3603,511	32
33	1	0	3599,527	28
	2	1,004	2991,896	13
	3	1,338	3466,25	26
	4	0,997	641,46	1
	5	1,018	1564,023	1
	6	0	3156,545	16
	7	1,021	2761,578	4
	8	1,507	3527,049	23
	9	0	2412,768	7
	10	0,999	2867,416	8
	11	1,203	3616,982	20
	12	0,513	1002,883	1
	13	1,184	3007,169	5
	14	1,209	1824,793	3
	15	0,769	639,83	1
34	1	1	1903,559	2
	2	1,181	1272,685	1
	3	0	1247,588	1
	4	2,362	3445,933	32
	5	0	1911,316	1
	6	1,506	2170,164	2

	7	0	1912,644	1
	8	0	3517,092	28
	9	0	3563,494	39
	10	0	2854,325	11
	11	0	1677,828	1
	12	0,985	2549,443	2
	13	0	3265,551	13
	14	1,062	2599,254	3
	15	0	3327,742	17
35	1	0	3046,163	14
	2	1,001	3425,395	28
	3	1,002	3109,507	19
	4	1,384	601,24	1
	5	0,578	3454,136	38
	6	1,004	3626,291	28
	7	1,493	1609,075	1
	8	1,004	2041,315	4
	9	1,938	2991,038	25
	10	0	1118,161	1
	11	0,802	1125,198	1
	12	1,005	1397,311	1
	13	1,122	1628,637	2
	14	1,208	581,992	1
	15	1,247	2446,451	2
36	1	1,004	3303,237	24
	2	1,146	2288,392	2
	3	1,004	3187,159	22
	4	0	3188,466	10

	5	0,998	3609,748	40
	6	1,032	1998,839	2
	7	1,005	3427,251	26
	8	0	3486,497	28
	9	1,093	3247,728	17
	10	1,362	3475,855	25
	11	1,003	3302,725	32
	12	1,073	2686,314	6
	13	0	3370,504	28
	14	0,234	2090,43	2
	15	0	1412,255	1
37	1	1,178	3204,186	18
	2	0,401	3091,173	15
	3	1,505	2439,585	1
	4	0,995	2753,044	6
	5	1,009	3563,486	40
	6	1,22	3631,588	33
	7	0	3391,02	18
	8	0	782,933	1
	9	0	3109,347	10
	10	0,996	3603,972	36
	11	1,001	3364,152	25
	12	1,032	2866,628	3
	13	0,543	3570,227	28
	14	0	2150,892	1
	15	0	1128,077	1
38	1	1,107	3551,996	29
	2	0	2391,115	1

	3	1,132	3388,023	20
	4	0	2659,099	4
	5	1,145	3423,786	26
	6	0	2729,755	1
	7	1,065	3566,61	31
	8	0	2656,246	4
	9	1,004	3268,045	13
	10	0	3617,393	29
	11	0	2743,668	2
	12	0,997	1564,731	1
	13	0	3441,001	16
	14	1,087	3513,473	18
	15	1,237	839,613	1
39	1	1,268	3026,164	3
	2	1,185	3534,903	19
	3	0,575	3495,535	21
	4	1,002	1576,249	1
	5	1,362	3223,912	12
	6	0	3616,706	27
	7	0	3136,125	5
	8	0	3635,027	31
	9	0	3586,728	25
	10	0	2625,956	2
	11	1,173	3633,215	15
	12	0	3636,112	31
	13	0	3618,158	34
	14	0	1825,046	1
	15	1,392	3222,565	12

40	1	1,005	2283,761	2
	2	0	3394,633	22
	3	0	2955,851	10
	4	0	3593,103	34
	5	1,075	2209,63	1
	6	1,194	2554,388	4
	7	1,004	1616,008	1
	8	1,02	3589,822	33
	9	0	3610,362	32
	10	0,604	3402,441	27
	11	0	3310,371	22
	12	0	3264,809	18
	13	0	3049,525	9
	14	0,764	3337,366	16
	15	0	3527,269	28
41	1	0,514	2648,191	4
	2	0	3448,591	28
	3	0	2399,741	6
	4	1,048	3604,229	24
	5	0	2509,98	3
	6	0	3597,225	40
	7	0	3577,477	26
	8	1,005	3542,193	25
	9	0	2428,938	2
	10	1,71	2970,983	4
	11	1,002	2394,955	1
	12	1,443	3596,679	26
	13	0,557	3585,069	23

	14	1,225	2462,924	3
	15	1	1554,636	1
42	1	1,209	3594,104	29
	2	0,999	3541,549	31
	3	0,999	3371,828	21
	4	1,027	2147,212	1
	5	0	1946,439	1
	6	0	3556,81	26
	7	0	3012,217	5
	8	1,084	3609,511	28
	9	0	3618,458	34
	10	0	2564,026	2
	11	1,373	1714,467	1
	12	1,001	2322,78	2
	13	1,001	3638,991	32
	14	1,293	3533,786	25
	15	0,51	3475,054	22
43	1	1,022	2752,661	5
	2	1,09	2956,565	9
	3	0	3600,304	31
	4	1,003	3587,464	30
	5	0,503	2454,849	2
	6	1,001	3573,441	36
	7	0,421	2384,065	1
	8	1,332	1672,246	2
	9	1,01	1778,385	1
	10	0	3316,016	15
	11	0	3605,913	28

	12	0	1962,066	3
	13	1,397	3444,27	27
	14	1,289	2459,073	1
	15	1,274	3544,923	27
44	1	0	2714,315	2
	2	1,627	3546,101	36
	3	0	1081,603	1
	4	1,098	1460,211	1
	5	0	2499,185	1
	6	0	1889,049	1
	7	1,808	3509,426	21
	8	1,038	3004,539	4
	9	1,373	2895,161	9
	10	1,175	1888,269	1
	11	1,24	1841,77	1
	12	1,005	3015,016	8
	13	1,454	2773,509	2
	14	0,51	3588,391	30
	15	0	3589,073	31
45	1	0	1873,377	1
	2	1,004	2834,074	3
	3	0,978	2256,357	1
	4	1,879	2849,092	4
	5	0	1345,071	1
	6	1,328	1886,921	1
	7	0	2837,127	3
	8	1,087	3611,841	48
	9	1,01	1641,669	1

	10	0	2806,452	5
	11	0	717,896	1
	12	1,137	1236,913	1
	13	1,071	2259,961	2
	14	1,004	2660,344	5
	15	0,999	3601,365	26
46	1	1,065	3171,575	14
	2	0	1753,916	1
	3	0,54	1750,945	1
	4	1,367	1984,817	2
	5	0,969	3081,479	3
	6	1	2840,917	7
	7	1,254	3468,421	15
	8	0	2568,225	2
	9	1,038	3328,848	11
	10	0	3616,669	15
	11	0	3200,251	14
	12	1,004	3597,66	35
	13	0	2934,849	3
	14	0	2459,107	3
	15	1,054	3610,295	38
47	1	0	3593,761	20
	2	1,236	3579,727	23
	3	1,473	1342,691	1
	4	1,11	3439,47	16
	5	0	3615,4	20
	6	0	2781,987	2
	7	0,764	2767,696	5

	8	0	3515,29	14
	9	0	1598,543	1
	10	1,008	3551,342	24
	11	0	1461,751	1
	12	0,952	3530,729	15
	13	0	2860,007	2
	14	2,59	2022,663	1
	15	0,629	3101,236	6
48	1	1,012	2427,658	1
	2	1,051	2714,492	4
	3	1,482	1570,398	1
	4	1,197	3405,293	28
	5	0	2931,893	9
	6	0	3537,903	30
	7	1,485	2756,315	4
	8	0,997	3528,677	40
	9	1,018	2714,558	3
	10	0	3366,982	27
	11	0	3101,569	15
	12	0	3072,661	10
	13	0	3303,669	20
	14	1,508	1608,869	1
	15	1	3591,756	45
49	1	0	2406,974	1
	2	0,969	3464,222	30
	3	0	2935,024	6
	4	1,452	3618,144	37
	5	0	3506,662	31

	6	1,001	1766,113	1
	7	1,087	3127,806	13
	8	1,288	2100,193	1
	9	0,84	1934,426	1
	10	1	2947,243	7
	11	0	1304,872	1
	12	1,163	893,458	1
	13	1,389	2044,472	1
	14	0,388	3379,734	24
	15	0,869	990,89	1
50	1	0,963	1134,802	1
	2	1,005	3500,059	20
	3	0	3324,428	14
	4	0,51	3595,304	35
	5	1,506	2076,102	1
	6	0,643	3366,542	11
	7	1,004	3049,467	9
	8	0	3597,676	35
	9	0	2680,514	2
	10	1,505	2301,366	2
	11	0,999	3420,909	19
	12	1,011	2053,227	1
	13	0	2652,861	4
	14	0	3012,294	4
	15	1,217	2499,913	2

4 Решение задачи при помощи генетического алгоритма

На следующем этапе была написана программа, реализующая решение данных задач при помощи генетического алгоритма. В качестве фитнес-функции использовался модуль разности целевого веса и суммы выбранных данным поколением предметов из рюкзачного вектора. При запуске программа аналогично перебору считывала условия задач и время затраченное полным перебором. Выполнение генетического алгоритма прерывалось в случае нахождения точного решения (нулевое значение фитнес-функции), в случае, если на последних двух итерациях не происходило улучшения или, если время работы алгоритма более чем в 2 раза превышало полный перебор. Запуск программы был произведён несколько раз с целью определения оптимальных параметров генетического алгоритма. В результате было принято решение принять размер популяции = 1000, вероятность скрещивания = 0.7, вероятность мутации = 0.05. Дополнительно в функции инициализации особи была добавлена вероятность включения каждого из элементов вектора в первоначальное решение, её значение было 0.35. В результате запуска программы с данными параметрами были получены результаты, представленные в таблице 4. Полный код программы представлен в приложении Г.

Таблица 4 – Результаты решения генетическим алгоритмом.

№ вектора	№ задачи	Время работы алгоритма	Достигнутый минимум фитнес-функции	Причина остановки алгоритма	Номер последнего поколения
1	1	3,328	153	Отсутствие улучшения значения фитнес-функции	5
	2	1,085	817	Отсутствие улучшения	2

				значения фитнесс-функц ии	
	3	3,632	36	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	6
	4	1,64	512	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	5	3,593	8	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	7
	6	4,028	25	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	7
	7	1,002	59	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	8	4,601	109	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	6
	9	2,163	18	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4

	10	2,201	172	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	11	1,012	38	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	12	1,435	54	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	13	3,119	47	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
	14	4,637	28	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	8
	15	1,375	67	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
2	1	1,999	12	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	2	1,273	41	Отсутствие улучшения значения	2

				фитнесс-функц ии	
	3	3,391	73	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	6
	4	2,298	145	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	5	1,466	5	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	6	2,741	164	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
	7	1,434	294	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	8	1,021	0	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	9	2,547	30	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2

	10	1,012	89	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	11	2,223	51	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	12	4,104	30	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	7
	13	2,004	111	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	14	2,042	36	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	15	2,991	40	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
3	1	3,489	5	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	2	3,28	18	Отсутствие улучшения значения	6

				фитнесс-функц ии	
	3	1,399	44	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	4	2,557	18	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	5	3,028	21	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	6	1,085	71	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	7	1,29	0	Нулевое значение фитнесс-функц ии	2
	8	1,02	435	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	9	2,532	1	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	10	3,367	6	Отсутствие улучшения	6

				значения фитнесс-функц ии	
	11	1,022	0	Нулевое значение фитнесс-функц ии	3
	12	2,009	32	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	13	4,118	28	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	6
	14	2,43	134	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
	15	2,307	56	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
4	1	4,496	10	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	7
	2	2,22	60	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5

	3	2,375	7	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	4	3,544	40	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	6
	5	4,509	12	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	8
	6	4,817	1	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	6
	7	3,006	0	Нулевое значение фитнесс-функц ии	6
	8	3,726	74	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	6
	9	1,395	38	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	10	2,192	703	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц	3

				ии	
	11	4,824	24	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	11
	12	3,613	17	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	13	1,074	796	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	14	2,004	31	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	15	3,898	10	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	7
5	1	2,051	2080	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	2	4,682	16	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	8
	3	0,998	152	Отсутствие улучшения	2

				значения фитнесс-функц ии	
	4	3,406	14	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
	5	2,18	144	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	6	3,397	14	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
	7	3,537	14	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	6
	8	2,073	30	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	9	2,105	147	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	10	1,16	7	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2

	11	4,983	3	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	8
	12	4,18	6	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	8
	13	2,007	0	Нулевое значение фитнесс-функц ии	3
	14	2	44	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	15	2,037	23	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
6	1	3,004	46	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	6
	2	2,121	10	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	3	2,053	134	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц	3

				ии	
	4	4,539	4	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	7
	5	1,024	36	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	6	3,093	28	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	6
	7	4,309	22	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	7
	8	2,108	873	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	9	2,269	68	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	10	2,245	34	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	11	2,55	9	Отсутствие улучшения	5

				значения фитнесс-функц ии	
	12	3,392	112	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
	13	2,214	22	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
	14	2,667	13	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	7
	15	3,102	25	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
7	1	1,002	7	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	2	1,436	30	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	3	2,004	229	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3

	4	2,897	54	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
	5	2,055	25	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	6	3,332	30	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
	7	2,044	4	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	8	2,696	28	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	9	2,08	68	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	10	2,074	113	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	11	1,09	111	Отсутствие улучшения значения	2

				фитнесс-функц ии	
	12	2,328	198	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	13	1,001	5566	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	14	2,522	0	Нулевое значение фитнесс-функц ии	2
	15	3,071	29	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	6
8	1	2,165	69	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	2	3,858	17	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	6
	3	2,081	6	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
	4	2,482	41	Отсутствие улучшения	3

				значения фитнесс-функц ии	
	5	4,136	36	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	9
	6	2,518	67	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	7	3,251	19	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	6
	8	1,002	34	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	9	4,074	9	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	7
	10	1,2	0	Нулевое значение фитнесс-функц ии	2
	11	1,377	0	Нулевое значение фитнесс-функц ии	2
	12	2,1	0	Нулевое значение	4

				фитнесс-функц ии	
	13	2,014	76	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	14	2,486	31	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	15	2,019	45	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
9	1	2,026	168	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
	2	3,357	28	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
	3	1,351	218	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	4	2,521	5	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2

	5	1,303	9610	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	6	1,368	3	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	7	1,41	55	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	8	3,619	87	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
	9	2,523	31	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	10	3,139	6	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	6
	11	2,045	21	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	12	1,066	883	Отсутствие улучшения значения	2

				фитнесс-функц ии	
	13	2,107	67	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	14	2,019	145	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	15	2,147	41	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
10	1	2,208	17	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
	2	2,313	27	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	3	2,511	72	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	4	1,018	492	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3

	5	2,28	26	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	6	3,28	6	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	7	0	0	Нулевое значение фитнесс-функц ии	1
	8	5,853	52	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	10
	9	1,492	259	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	10	2,023	5	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	11	4,484	135	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	8
	12	1,352	2	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц	3

				ии	
	13	2,427	112	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	14	1,036	310	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	15	3,221	393	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
11	1	2,083	27	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	2	2,169	16	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
	3	2,393	62	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	4	2,162	186	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	5	3,68	45	Отсутствие улучшения	6

				значения фитнесс-функц ии	
	6	4,341	49	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	8
	7	1,169	6986	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	8	3,31	15	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	9	0	128	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	10	2,582	40	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	11	2,124	4	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	12	2,101	67	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4

	13	2,772	15	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	14	1,005	27	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	15	4,426	48	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	9
12	1	3,157	39	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	2	2,003	16	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
	3	5,096	0	Нулевое значение фитнесс-функц ии	10
	4	3,5	0	Нулевое значение фитнесс-функц ии	5
	5	1,032	98	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3

	6	3,289	66	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	6
	7	1,111	273	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	8	2,062	8	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	9	2,373	175	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	10	1	49	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	11	2,618	339	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	12	1,035	122	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	13	4,397	8	Отсутствие улучшения значения	6

				фитнесс-функц ии	
	14	4,459	26	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	6
	15	2,473	1	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
13	1	3,573	48	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	6
	2	1,212	6	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	3	1,501	6	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	4	4,57	20	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	8
	5	3,195	35	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5

	6	2,006	8	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	7	2,073	293	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	8	2,465	45	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	9	2,091	184	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	10	1,002	9	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	11	2,644	139	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	12	1,082	392	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	13	1,496	10	Отсутствие улучшения значения	3

				фитнесс-функц ии	
	14	4,107	316	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	7
	15	1,032	75	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
14	1	2,643	25	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	2	1,042	83	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	3	3,441	13	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	6
	4	2,35	61	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	5	2,086	19	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2

	6	4,729	84	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	8
	7	1,003	132	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	8	2,438	69	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	9	2,162	84	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	10	3,308	22	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	7
	11	2,202	60	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	12	4,48	1	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	8
	13	3,144	15	Отсутствие улучшения значения	5

				фитнесс-функц ии	
	14	2,406	52	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	15	1,022	24	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
15	1	2,523	49	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	7
	2	1,154	232	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	3	2,481	76	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
	4	2,122	23	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	5	4,043	17	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	7

	6	1,151	48	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	7	3,207	276	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	8	3,042	16	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	6
	9	5,53	37	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	12
	10	2,618	37	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	6
	11	1,5	69	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	12	1,409	194	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	13	3,052	57	Отсутствие улучшения значения	6

				фитнесс-функц ии	
	14	3,432	62	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	6
	15	3,218	91	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
16	1	3,091	22	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	6
	2	3,182	467	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
	3	2,503	110	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	4	1,194	41	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	5	2,545	130	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4

	6	2,129	24	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	7	2,174	37	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	8	1,508	31	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	9	2,028	3	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	10	2,008	15	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	11	1,003	1876	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	12	1,008	101	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	13	2,058	3	Отсутствие улучшения значения	3

				фитнесс-функц ии	
	14	2,011	59	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	15	2,016	124	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
17	1	1,391	0	Нулевое значение фитнесс-функц ии	2
	2	4,015	4	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	8
	3	2,017	15	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	4	3,106	16	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
	5	2,06	24	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	6	2,133	28	Отсутствие улучшения	2

				значения фитнесс-функц ии	
	7	2,072	57	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	8	1,5	11	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	9	1,348	62	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	10	4,323	68	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
	11	1,512	12	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	12	4,276	23	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
	13	3,339	16	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5

	14	3,788	82	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	15	5,12	81	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	6
18	1	2,015	72	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	2	3,498	142	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	3	3,16	21	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	6
	4	0,976	94	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	5	2,138	94	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	6	1,506	0	Нулевое значение фитнесс-функц	3

				ии	
	7	2,035	15	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	8	3,321	73	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
	9	2,617	72	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	10	2,703	121	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
	11	4,611	92	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	9
	12	2,17	339	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
	13	4,252	12	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	7
	14	1,342	56	Отсутствие улучшения	2

				значения фитнесс-функц ии	
	15	3,6	78	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
19	1	3,344	116	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
	2	3,35	16	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	6
	3	2,202	23	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	4	2,247	227	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	5	2,522	20	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
	6	2,067	44	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4

	7	3,196	31	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
	8	3,495	23	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	6
	9	3,823	132	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	8
	10	2,021	50	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	11	2,009	3	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	12	2,058	31	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	13	2,027	11	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	14	2,149	29	Отсутствие улучшения значения	4

				фитнесс-функц ии	
	15	1,357	0	Нулевое значение фитнесс-функц ии	2
20	1	2,37	25	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	2	2,275	6	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	3	1,935	2	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	4	1,405	316	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	5	1,43	42	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	6	2,037	30	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
	7	2,148	29	Отсутствие улучшения	3

				значения фитнесс-функц ии	
	8	2,927	15	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
	9	3,421	13	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
	10	2,22	6	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	11	1,221	40	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	12	2,389	41	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	13	2,524	58	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
	14	1,225	103	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2

	15	3,381	37	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	6
21	1	2,303	11	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	2	3,022	129	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	3	1,202	15	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	4	2,01	21	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	5	1,074	9	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	6	4,823	10	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	8
	7	1,185	35	Отсутствие улучшения значения	2

				фитнесс-функц ии	
	8	3,455	48	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	6
	9	2,043	120	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	10	2,57	233	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	11	2,313	104	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	12	2,014	484	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	13	2,146	211	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	14	1,22	50	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2

	15	1,507	35	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
22	1	1,093	103	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	2	3,817	73	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
	3	1,004	7	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	4	4,496	47	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	6
	5	3,131	164	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
	6	1,443	616	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	7	1,004	72	Отсутствие улучшения значения	2

				фитнесс-функц ии	
	8	1,189	2790	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	9	3,521	18	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
	10	1,12	77	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	11	1,267	106	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	12	1,268	98	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	13	2,381	27	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
	14	4	27	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4

	15	1,214	298	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
23	1	2,004	9	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	2	2,554	5	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
	3	2,45	13	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	4	4,528	6	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	10
	5	2,017	45	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	6	2,015	210	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	7	2,109	33	Отсутствие улучшения значения	4

				фитнесс-функц ии	
	8	3,072	20	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	9	2,027	44	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	10	2,422	1	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
	11	2,223	6	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	12	3,549	283	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
	13	3,258	64	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	7
	14	3,241	8	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5

	15	1,609	44	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
24	1	1,035	13	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	2	2,441	35	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	3	3,046	2	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
	4	2,473	41	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	5	0	40	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	6	1,064	143	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	7	1,544	24	Отсутствие улучшения значения	2

				фитнесс-функц ии	
	8	3,079	48	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
	9	1,533	139	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	10	2,56	80	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
	11	2,09	14	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	12	3,144	120	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
	13	2,086	110	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	14	2,638	27	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4

	15	2,565	88	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
25	1	2,566	11	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	2	3,177	15	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
	3	2,045	35	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	4	2,01	4	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	5	2,041	17	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	6	3,027	47	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	7	3,755	71	Отсутствие улучшения значения	7

				фитнесс-функц ии	
	8	2,018	133	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	9	4,286	10	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
	10	2,097	317	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
	11	2,498	3	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	12	2,187	110	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	13	1,472	38	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	14	1,433	126	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3

	15	3,533	0	Нулевое значение фитнесс-функц ии	5
26	1	1,487	36	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	2	2,452	12	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	3	2,488	30	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	4	2,423	74	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
	5	2,522	41	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	6	2,276	0	Нулевое значение фитнесс-функц ии	5
	7	2,507	19	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2

	8	3,113	14	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	6
	9	2,53	38	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	10	2,035	15	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	11	2,049	13	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	12	3,045	73	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	6
	13	1,913	28	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	14	2,123	403	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	15	3,008	25	Отсутствие улучшения значения	6

				фитнесс-функц ии	
27	1	4,082	100	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	7
	2	2,499	8	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
	3	4,359	76	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	8
	4	2,335	13	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	5	2,804	63	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	6	2,089	12	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	7	1,16	4	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2

	8	1,389	87	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	9	2,559	43	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	10	1,46	39	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	11	2,04	9	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	12	2,003	168	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	13	2,006	14	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	14	1,002	6	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	15	2,006	7	Отсутствие улучшения значения	2

				фитнесс-функц ии	
28	1	1,002	63	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	2	3,363	89	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
	3	3,188	130	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	4	2,305	2	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
	5	2,221	13	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	6	2,157	187	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	7	2,014	7	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3

	8	2,067	133	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	9	3,948	93	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	6
	10	3,048	3	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	6
	11	1,344	12	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	12	2,184	182	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	13	2,005	169	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	14	2,526	25	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	15	2,004	107	Отсутствие улучшения значения	4

				фитнесс-функц ии	
29	1	2,004	101	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	2	2,153	150	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
	3	3,098	0	Нулевое значение фитнесс-функц ии	5
	4	1,276	39	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	5	2,015	22	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	6	3,044	8	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	6
	7	2,054	24	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	8	3,605	4	Отсутствие улучшения	5

				значения фитнесс-функц ии	
	9	2,39	39	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	10	3,102	1	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
	11	2,509	15	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	12	2,093	151	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	13	3,016	6	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
	14	3,699	1	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	7
	15	3,724	11	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	6

30	1	2,085	70	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	2	3,011	16	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
	3	3,507	30	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	6
	4	2,01	135	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	5	2,097	138	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	6	2,003	19	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	7	1,004	31	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	8	2,56	437	Отсутствие улучшения значения	3

				фитнесс-функц ии	
	9	2,316	19	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
	10	2,335	3	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	11	4,548	32	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	7
	12	2,048	13	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
	13	1,033	500	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	14	1,006	5	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	15	2,268	7	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4

31	1	2,603	501	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	2	2,065	43	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	3	3,699	0	Нулевое значение фитнесс-функц ии	7
	4	3,332	38	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
	5	3,688	99	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	6
	6	2,009	287	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	7	2,049	59	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	8	2,382	162	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц	3

				ии	
	9	2,022	18	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	10	2,365	66	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	11	2,896	1	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	12	1,003	79	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	13	2,026	81	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	14	1,442	248	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	15	3,144	32	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
32	1	2,34	72	Отсутствие улучшения	5

				значения фитнесс-функц ии	
	2	1,126	22	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	3	3,026	0	Нулевое значение фитнесс-функц ии	5
	4	2,087	48	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	5	2,005	29	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	6	4,045	54	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	8
	7	1,057	18	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	8	2,585	518	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4

	9	4,009	16	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	7
	10	1,004	71	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	11	1,507	63	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	12	4,192	56	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	6
	13	3,006	104	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	6
	14	2,042	187	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	15	1,5	185	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
33	1	2,001	126	Отсутствие улучшения значения	4

				фитнесс-функц ии	
	2	3,243	44	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
	3	2,048	41	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	4	4,569	0	Нулевое значение фитнесс-функц ии	8
	5	3,311	102	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	7
	6	2,017	28	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	7	2,914	16	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	8	3,19	84	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	9	3,003	63	Отсутствие улучшения	6

				значения фитнесс-функц ии	
	10	1,003	61	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	11	2,994	15	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
	12	1,003	24	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	13	2,382	101	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	14	2,006	96	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	15	2,052	1250	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
34	1	2,009	468	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5

	2	2,121	104	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	3	2,003	62	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	4	2,027	168	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	5	2,053	8	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	6	2,506	94	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	7	2,042	33	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
	8	2,141	3	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	9	2,178	1	Отсутствие улучшения значения	2

				фитнесс-функц ии	
	10	1,003	17	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	11	6,315	1	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	12
	12	2,368	77	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	13	1,002	37	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	14	3	86	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	15	2,315	1	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
35	1	1,002	102	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2

	2	3,628	52	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	6
	3	1,275	65	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	4	2,116	198	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	5	2,345	38	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	6	2,165	25	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	7	2,007	51	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	8	1,507	29	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	9	2,097	3	Отсутствие улучшения значения	3

				фитнесс-функц ии	
	10	2,005	29	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	11	3,072	62	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	6
	12	2,504	89	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	13	2,15	20	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	14	1,003	2435	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	15	2,192	25	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
36	1	3,425	43	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4

	2	4,025	27	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	7
	3	1,207	23	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	4	2,422	88	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	5	3,453	15	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	6
	6	3,34	12	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
	7	1,03	34	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	8	2,081	105	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	9	2,044	38	Отсутствие улучшения значения	4

				фитнесс-функц ии	
	10	2,013	110	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	11	3,082	36	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
	12	2,891	43	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
	13	2,297	108	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	14	2,318	111	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	15	3,152	181	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	6
37	1	2,282	67	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3

	2	1,104	71	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	3	1,256	77	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	4	2,414	91	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	5	3,733	1	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	7
	6	2,014	25	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	7	1,003	80	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	8	1,149	0	Нулевое значение фитнесс-функц ии	1
	9	1,104	25	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц	3

				ии	
	10	1,018	33	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	11	2,384	37	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	12	3,412	31	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	6
	13	1,34	123	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	14	1,907	290	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	15	2,102	40	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
38	1	2,468	15	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	2	1,479	36	Отсутствие улучшения	3

				значения фитнесс-функц ии	
	3	2,276	33	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	4	1,932	80	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	5	2,123	23	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	6	2,107	67	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	7	1,033	124	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	8	3,323	149	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
	9	3,797	13	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	7

	10	2,075	25	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	11	2,231	6	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	12	1,101	1125	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	13	2,661	19	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	14	2,036	20	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	15	1,412	192	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
39	1	1,1	29	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	2	3,153	29	Отсутствие улучшения значения	5

				фитнесс-функц ии	
	3	2,51	35	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	4	2,071	11	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	5	2,403	32	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
	6	2,541	3	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	7	4,526	68	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	8
	8	4,032	22	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	7
	9	2,008	1	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4

	10	1,005	227	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	11	3,072	63	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	12	3,555	55	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	7
	13	2,142	17	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	14	2,072	824	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	15	2,533	29	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
40	1	3,328	34	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	2	1,158	10	Отсутствие улучшения значения	3

				фитнесс-функц ии	
	3	2,139	43	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	4	3,728	99	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	7
	5	2,032	552	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	6	2,238	4	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	7	2,301	15	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
	8	2,809	16	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
	9	2,394	71	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4

	10	1,042	218	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	11	2,224	12	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
	12	2,103	4	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	13	1,506	29	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	14	2,083	21	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	15	2,01	1	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
41	1	2,141	196	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	2	4,041	14	Отсутствие улучшения значения	8

				фитнесс-функц ии	
	3	3,128	13	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	4	1,182	97	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	5	2,144	67	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	6	4,064	93	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	6
	7	1,045	129	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	8	4,442	32	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	7
	9	1,449	94	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3

	10	1,115	178	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	11	3,496	19	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	8
	12	4,703	3	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	7
	13	2,001	24	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	14	2,101	1	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	15	4,481	106	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	7
42	1	2,145	27	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	2	1,344	199	Отсутствие улучшения значения	2

				фитнесс-функц ии	
	3	0,997	57	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	4	4,516	15	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	7
	5	2,25	22	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	6
	6	1,015	20	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	7	1,501	247	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	8	2,328	25	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	9	1,002	121	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2

	10	3,23	50	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	11	1,337	804	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	12	2,973	142	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	6
	13	6,399	17	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	9
	14	2,621	52	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
	15	1,468	15	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
43	1	4,806	8	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	7
	2	1,188	62	Отсутствие улучшения значения	2

				фитнесс-функц ии	
	3	1,437	20	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	4	3,81	55	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	6
	5	2,377	107	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	6	4,441	26	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	8
	7	1,038	41	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	8	3,155	38	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	7
	9	3,52	6	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	7

	10	1,5	43	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	11	1,092	62	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	12	2,418	14	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	13	3,14	13	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	14	2,033	3	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	15	1,501	144	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
44	1	1	3	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	2	3,029	5	Отсутствие улучшения значения	4

				фитнесс-функц ии	
	3	3,299	0	Нулевое значение фитнесс-функц ии	7
	4	3,254	0	Нулевое значение фитнесс-функц ии	5
	5	3,201	34	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	6
	6	4,545	113	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	8
	7	2,882	3	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	6
	8	3,1	24	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	9	3,491	1	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	6
	10	1,015	534	Отсутствие улучшения значения	3

				фитнесс-функц ии	
	11	5,045	8	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	7
	12	2,199	19	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	13	3,352	51	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
	14	0,998	66	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	15	1,092	41	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
45	1	4,474	0	Нулевое значение фитнесс-функц ии	8
	2	1,17	160	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	3	1,003	155	Отсутствие улучшения	3

				значения фитнесс-функц ии	
	4	2,086	22	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	5	2,276	0	Нулевое значение фитнесс-функц ии	4
	6	3,24	54	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	6
	7	2,023	80	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
	8	3,657	40	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
	9	3,355	0	Нулевое значение фитнесс-функц ии	5
	10	2,071	129	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	11	3,697	331	Отсутствие улучшения	7

				значения фитнесс-функц ии	
	12	4,158	94	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
	13	1,242	79	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	14	3,79	54	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	7
	15	4,182	28	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
46	1	3,181	6	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	7
	2	4,012	39	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	6
	3	2,635	890	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2

	4	3,988	119	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	6
	5	2,505	29	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	6	2,022	27	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	7	1,995	13	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	8	3,427	50	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
	9	1,47	25	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	10	3,756	35	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	6
	11	2,74	35	Отсутствие улучшения значения	5

				фитнесс-функц ии	
	12	2,366	12	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	13	1,999	82	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	14	1,64	67	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	15	4,59	80	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
47	1	2,191	104	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	2	2,103	81	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	3	3,775	222	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	7

	4	1,004	108	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	5	3,338	5	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	6	1,004	98	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	7	2,134	29	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	8	2,253	1	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	9	2,12	0	Нулевое значение фитнесс-функц ии	4
	10	1,046	104	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	11	1,006	287	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц	3

				ии	
	12	2,643	92	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	13	4,146	15	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	7
	14	4,906	158	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
	15	4,382	3	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	6
48	1	3,064	231	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	2	2,609	73	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	3	4,483	29	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	8
	4	1,198	72	Отсутствие улучшения	3

				значения фитнесс-функц ии	
	5	1,002	58	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	6	3,164	5	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	7	1,343	120	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	8	3,009	22	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	6
	9	3,311	19	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	10	2,528	6	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
	11	2,022	95	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2

	12	2,007	11	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	13	1,149	115	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	14	1,099	262	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	15	3,069	49	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
49	1	1,225	50	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	2	2,456	39	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	3	3,199	14	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	6
	4	4,541	22	Отсутствие улучшения значения	7

				фитнесс-функц ии	
	5	1,071	118	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	6	2,005	505	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	7	3,427	70	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
	8	1,525	177	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	9	3,098	32	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
	10	3,009	20	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
	11	3,308	106	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	6

	12	2,156	708	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	13	1,563	256	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2
	14	3,012	57	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
	15	3,769	145	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	6
50	1	5,916	24	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	11
	2	3,218	70	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
	3	6,49	14	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	8
	4	3,224	25	Отсутствие улучшения значения	4

				фитнесс-функц ии	
	5	1,004	94	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	6	3,387	42	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	7	3,989	10	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	8	1,995	9	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	3
	9	2,501	57	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	10	4,179	18	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	6
	11	1,289	15	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2

	12	3,127	60	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
	13	3,387	37	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	5
	14	3,395	49	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	4
	15	2,603	49	Отсутствие улучшения значения фитнесс-функц ии	2

5 Обработка результатов

Заключительным шагом стала обработка результатов поиска решений для данных задач. Вычисления различных статистических параметров производились в *Excel*, пример расчётов представлен на рисунке 1. В результате обработки результатов работы алгоритма полного перебора и генетического алгоритма были получены данные, представленные в таблице 5.

H32 fx =ДИСП(H2:H29)

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	ProblemID	DurationM	Fitness	inationRe	generations			
2	1	3,328	153	Отсутстви	5			1,021
3	2	1,085	817	Отсутстви	2			1,29
4	3	3,632	36	Отсутстви	6			1,022
5	4	1,64	512	Отсутстви	2			3,006
6	5	3,593	8	Отсутстви	7			2,007
7	6	4,028	25	Отсутстви	7			2,522
8	7	1,002	59	Отсутстви	2			1,2
9	8	4,601	109	Отсутстви	6			1,377
10	9	2,163	18	Отсутстви	4			2,1
11	10	2,201	172	Отсутстви	2			0
12	11	1,012	38	Отсутстви	2			5,096
13	12	1,435	54	Отсутстви	2			3,5
14	13	3,119	47	Отсутстви	5			1,357
15	14	4,637	28	Отсутстви	8			3,533
16	15	1,375	67	Отсутстви	2			2,276
17	1	1,999	12	Отсутстви	2			3,098
18	2	1,273	41	Отсутстви	2			3,699
19	3	3,391	73	Отсутстви	6			3,026
20	4	2,298	145	Отсутстви	4			4,569
21	5	1,466	5	Отсутстви	2			1,149
22	6	2,741	164	Отсутстви	5			3,299
23	7	1,434	294	Отсутстви	2			3,254
24	8	1,021	0	Нулевое :	2			4,474
25	9	2,547	30	Отсутстви	2			2,276
26	10	1,012	89	Отсутстви	2			3,355
27	11	2,223	51	Отсутстви	4			2,12
28	12	4,104	30	Отсутстви	7			1,391
29	13	2,004	111	Отсутстви	4			1,506
30	14	2,042	36	Отсутстви	2			
31	15	2,991	40	Отсутстви	4			2,44725
32	1	3,489	5	Отсутстви	4			1,563210
33	2	3,28	18	Отсутстви	6			1,044053

Рисунок 1 – Пример расчёта результатов.

Таблица 5 – Статистическая обработка результатов.

	Среднее значение	Дисперсия	Среднее квадратичное отклонение
n	24		
a(max)	$2^{\frac{24}{1.4}}$		
Время нахождения одного решения полным перебором	0.663 мс	0.348	0.544

Время нахождения всех решений полным перебором	2751.204 мс	6397238.7	660.752
Время нахождения точного решения генетическим алгоритмом	2.447 мс	1.563	1.25
Доля задач, точно решённых генетическим алгоритмом	0.036		
Количество хромосом в поколении	1000		

Поскольку в лабораторной работе a_{max} было константой, то построение графиков зависимости от данного параметра показалось нерациональным. Сами значения величин среднего времени нахождения одного решения и всех решений полным перебором, среднего времени решения генетическим алгоритмом и доли успешных решений генетическим алгоритмом при данном значении a_{max} представлены в таблице.

Заключение

В ходе лабораторной работы была проведена серия экспериментов по решению задачи о рюкзаке с низкой плотностью (1.4) двумя методами: полным перебором и с использованием генетических алгоритмов (ГА). Задачи были сгенерированы таким образом, чтобы решения включали от 10% до 50% предметов из исходного множества.

Анализ результатов показал, что метод полного перебора обеспечивает нахождение всех возможных решений, включая оптимальное, однако требует существенно больше времени при увеличении размерности задачи. Тем не менее, он служит надежной эталонной моделью для оценки качества эвристических методов.

Применение генетического алгоритма продемонстрировало, что при решении задач с низкой плотностью и относительно небольшой долей предметов в решении (10–50%) его эффективность заметно снижается. Несмотря на значительно меньшее время выполнения, в ряде случаев алгоритм не достигал оптимального решения, что особенно критично в задачах, чувствительных к точности.

Таким образом, можно сделать вывод, что для задач о рюкзаке с низкой плотностью и малой долей предметов в решении генетические алгоритмы не всегда являются надёжной альтернативой точным методам, особенно в задачах, где важна гарантированная оптимальность. Для повышения эффективности ГА в таких случаях необходима дополнительная настройка параметров и, возможно, модификация операторов селекции, кроссовера и мутации с учётом специфики задачи.

Приложение А

```
package main

import (
    "fmt"
    "math"
    "math/rand"
    "time"
)

const (
    vectorLength = 24
    numVectors   = 50
)

func generateKnapsackVector(maxValue int) []int {
    vector := make([]int, vectorLength)
    for i := 0; i < vectorLength; i++ {
        vector[i] = rand.Intn(maxValue) + 1
    }
    return vector
}

func vectorKey(vec []int) string {
    key := ""
    for _, v := range vec {
        key += fmt.Sprintf("%d,", v)
    }
    return key
}

func generateUniqueVectors() [][]int {
    maxValue := int(math.Pow(2, 24/1.4))
    vectorsMap := make(map[string]bool)
    vectors := [][]int{}

    for len(vectors) < numVectors {
        vec := generateKnapsackVector(maxValue)
        key := vectorKey(vec)
        if !vectorsMap[key] {
            vectorsMap[key] = true
            vectors = append(vectors, vec)
        }
    }
    return vectors
}

func main() {
    rand.Seed(time.Now().UnixNano())

    vectors := generateUniqueVectors()

    for i := 0; i < len(vectors); i++ {
```

```
        fmt.Printf("%d: %v\n", i+1, vectors[i])
    }
}
```

Приложение Б

```
package main

import (
    "encoding/csv"
    "fmt"
    "log"
    "math/rand"
    "os"
    "strconv"
    "time"
)

const (
    minItems    = 2
    maxItems    = 12
    maxTries    = 1000
    numTasks    = 15
    totalItems  = 24
)

func main() {
    vectors, err := readVectorsFromCSV("knapsack_vectors.csv")
    if err != nil {
        log.Println("Ошибка при чтении файла:", err)
        return
    }

    rand.Seed(time.Now().UnixNano())

    for i, vector := range vectors {
        fmt.Printf("Вектор %d: %v\n", i+1, vector)
        for taskNum := 1; taskNum <= numTasks; taskNum++ {
            target, selectedItems := generateTask(vector)
            if target == -1 {
                fmt.Printf("  Задача %d: Не удалось найти подходящий\n", taskNum)
                continue
            }
            selectedItemsCount := len(selectedItems)
            percentage := float64(selectedItemsCount) /
float64(totalItems)
            fmt.Printf("  Задача %d: Целевой вес = %d, Выбранные\n", taskNum, target, selectedItems, percentage)
        }
        fmt.Println()
    }
}

func readVectorsFromCSV(path string) ([][]int, error) {
    file, err := os.Open(path)
    if err != nil {
```



```

        return nil, err
    }
    defer file.Close()

    reader := csv.NewReader(file)
    records, err := reader.ReadAll()
    if err != nil {
        return nil, err
    }

    var vectors [][]int
    for _, record := range records {
        var vec []int
        for _, val := range record {
            num, err := strconv.Atoi(val)
            if err != nil {
                log.Println("Ошибка при преобразовании значения в целое
число:", err)
                continue
            }
            vec = append(vec, num)
        }
        vectors = append(vectors, vec)
    }
    return vectors, nil
}

func generateTask(weights []int) (int, []int) {
    n := len(weights)

    numSelectedItems := rand.Intn(maxItems-minItems+1) + minItems

    selectedItems := rand.Perm(n)[:numSelectedItems]

    var totalWeight int
    for _, idx := range selectedItems {
        totalWeight += weights[idx]
    }

    return totalWeight, selectedItems
}

```

Приложение В

```
package main

import (
    "encoding/csv"
    "fmt"
    "log"
    "os"
    "strconv"
    "strings"
    "time"
)

type Item struct {
    Weight int
    Index  int
}

type KnapsackProblem struct {
    ID      int
    Target  int
    Ratio   float64
}

type Solution struct {
    AchievedWeight    int
    Combinations      [][]int
    FirstSolutionTime float64
    AllSolutionsTime  float64
}

func readItems(filename string) ([][]Item, error) {
    file, err := os.Open(filename)
    if err != nil {
        return nil, err
    }
    defer file.Close()

    reader := csv.NewReader(file)
    records, err := reader.ReadAll()
    if err != nil {
        return nil, err
    }

    var itemsList [][]Item
    for _, record := range records {
        var items []Item
        for i, value := range record {
            weight, err := strconv.Atoi(value)
            if err != nil {
                return nil, err
            }
            items = append(items, Item{Weight: weight, Index: i})
        }
    }
}
```

```

        }
        itemsList = append(itemsList, items)
    }

    return itemsList, nil
}

func readProblems(filename string) ([][]KnapsackProblem, error) {
    file, err := os.Open(filename)
    if err != nil {
        return nil, err
    }
    defer file.Close()

    reader := csv.NewReader(file)
    records, err := reader.ReadAll()
    if err != nil {
        return nil, err
    }

    var problemsList [][]KnapsackProblem
    var currentGroup []KnapsackProblem

    for i, record := range records {
        if len(record) != 3 {
            return nil, fmt.Errorf("invalid number of fields in row %d",
i+1)
        }

        id, err := strconv.Atoi(record[0])
        if err != nil {
            return nil, err
        }

        target, err := strconv.Atoi(record[1])
        if err != nil {
            return nil, err
        }

        ratio, err := strconv.ParseFloat(record[2], 64)
        if err != nil {
            return nil, err
        }

        problem := KnapsackProblem{
            ID:      id,
            Target:  target,
            Ratio:   ratio,
        }

        currentGroup = append(currentGroup, problem)
        if len(currentGroup) == 15 {
            problemsList = append(problemsList, currentGroup)
            currentGroup = nil
        }
    }
}

```

```

    }
}

if len(currentGroup) > 0 {
    problemsList = append(problemsList, currentGroup)
}

return problemsList, nil
}

func solveKnapsack(items []Item, target int) Solution {
    n := len(items)
    maxWeight := 0
    solutions := make([][]int, 0)

    startAll := time.Now()
    var firstSolutionTime time.Time
    found := false

    for mask := 0; mask < (1 << uint(n)); mask++ {
        currentWeight := 0
        var currentCombination []int

        for i := 0; i < n; i++ {
            if mask&(1<<uint(i)) != 0 {
                currentWeight += items[i].Weight
                currentCombination = append(currentCombination,
items[i].Index)
            }

            if currentWeight > target {
                break
            }
        }

        if currentWeight > target {
            continue
        }

        if currentWeight > maxWeight {
            maxWeight = currentWeight
            solutions = [][]int{currentCombination}
            if !found {
                firstSolutionTime = time.Now()
                found = true
                fmt.Printf("Первое решение: вес=%d, комбинация=%v\n",
                    maxWeight, currentCombination)
            }
        } else if currentWeight == maxWeight {
            solutions = append(solutions, currentCombination)
        }
    }

    allTime := time.Since(startAll)

```

```

var firstTime time.Duration
if found {
    firstTime = firstSolutionTime.Sub(startAll)
}

return Solution{
    AchievedWeight:    maxWeight,
    Combinations:      solutions,
    FirstSolutionTime: float64(firstTime.Microseconds()) / 1000,
    AllSolutionsTime:  float64(allTime.Microseconds()) / 1000,
}
}

func main() {
    itemsList, err := readItems("knapsack_vectors.csv")
    if err != nil {
        log.Fatalf("Error reading items: %v", err)
    }

    problemsList, err := readProblems("problems.csv")
    if err != nil {
        log.Fatalf("Error reading problems: %v", err)
    }

    if len(itemsList) != len(problemsList) {
        log.Fatalf("Mismatched data: %d item vectors vs %d problem sets",
            len(itemsList), len(problemsList))
    }

    outputFile, err := os.Create("bruteforce_solutions.csv")
    if err != nil {
        log.Fatalf("Error creating output file: %v", err)
    }
    defer outputFile.Close()

    writer := csv.NewWriter(outputFile)
    defer writer.Flush()

    writer.Write([]string{
        "VectorID", "ProblemID", "TargetWeight", "AchievedWeight",
        "SolutionsCount", "FirstSolutionTime(ms)", "AllSolutionsTime(ms)",
        "ItemsInSolution", "SolutionIndices",
    })

    for vectorID := 0; vectorID < len(itemsList); vectorID++ {
        items := itemsList[vectorID]
        problems := problemsList[vectorID]

        for _, problem := range problems {
            fmt.Printf("\n--- Вектор %d, Задача %d ---\n",
                vectorID+1, problem.ID)

            solution := solveKnapsack(items, problem.Target)

```

```

        solutionsStr := ""
        if len(solution.Combinations) > 0 {
            var solutions []string
            for _, comb := range solution.Combinations {
                solutions = append(solutions, fmt.Sprintf("%v",
comb))
            }
            solutionsStr = strings.Join(solutions, "; ")
        }

        err := writer.Write([]string{
            strconv.Itoa(vectorID + 1),
            strconv.Itoa(problem.ID),
            strconv.Itoa(problem.Target),
            strconv.Itoa(solution.AchievedWeight),
            strconv.Itoa(len(solution.Combinations)),
            fmt.Sprintf("%.3f", solution.FirstSolutionTime),
            fmt.Sprintf("%.3f", solution.AllSolutionsTime),
            strconv.Itoa(len(items)),
            solutionsStr,
        })

        if err != nil {
            log.Printf("Error writing result: %v", err)
        }

        fmt.Printf(
            "Достигнуто: %d (Цель:%d), Решений=%d\n"+
            "Время первого решения: %.3f мс\n"+
            "Общее время выполнения: %.3f мс\n",
            solution.AchievedWeight, problem.Target,
len(solution.Combinations),
            solution.FirstSolutionTime,
            solution.AllSolutionsTime,
        )
    }
}

fmt.Println("\nВсе задачи решены. Результаты сохранены в
knapsack_solutions_ms.csv")
}

```

Приложение Г

```
package main

import (
    "encoding/csv"
    "fmt"
    "log"
    "math"
    "math/rand"
    "os"
    "sort"
    "strconv"
    "time"
)

type Item struct {
    Weight int
    Index  int
}

type KnapsackProblem struct {
    ID          int
    Target      int
    Ratio       float64
    BruteTimeMs float64
}

type Chromosome struct {
    Genes  []bool
    Fitness int
    Weight  int
}

type GAConfig struct {
    PopulationSize  int
    MutationRate    float64
    CrossoverRate   float64
    MaxGenerations  int
    MaxNoImprovement int
}

type GAResult struct {
    VectorID      int
    ProblemID     int
    TargetWeight  int
    AchievedWeight int
    Fitness       int
    Generations   int
    DurationMs    float64
    TerminationReason string
    BestSolution  []int
}
```

```

func main() {
    rand.Seed(time.Now().UnixNano())

    itemsList, err := readItems("knapsack_vectors.csv")
    if err != nil {
        log.Fatal("Error reading items:", err)
    }

    problemsList, err := readProblems("problems.csv")
    if err != nil {
        log.Fatal("Error reading problems:", err)
    }

    bruteTimes, err := readBruteTimes("knapsack_solutions_ms.csv")
    if err != nil {
        log.Println("Warning: could not read brute times, using default
values:", err)
        bruteTimes = make([][]float64, len(itemsList))
        for i := range bruteTimes {
            bruteTimes[i] = make([]float64, 15)
        }
    }

    config := GAConfig{
        PopulationSize: 1000,
        MutationRate: 0.05,
        CrossoverRate: 0.7,
        MaxGenerations: 100,
        MaxNoImprovement: 2,
    }

    resultsFile, err := os.Create("ga_solutions.csv")
    if err != nil {
        log.Fatal("Error creating results file:", err)
    }
    defer resultsFile.Close()

    writer := csv.NewWriter(resultsFile)
    defer writer.Flush()

    header := []string{
        "VectorID", "ProblemID", "TargetWeight", "AchievedWeight",
        "Fitness", "Generations", "DurationMs", "TerminationReason",
        "SolutionItems",
    }
    writer.Write(header)

    for vectorID, items := range itemsList {
        problems := problemsList[vectorID]
        for problemID, problem := range problems {
            problem.BruteTimeMs = bruteTimes[vectorID][problemID]

            startTime := time.Now()

```



```

        bestSolution, stats := geneticAlgorithm(items, problem,
config)

        duration := time.Since(startTime).Seconds() * 1000

        result := GAResult{
            VectorID:        vectorID + 1,
            ProblemID:       problem.ID,
            TargetWeight:    problem.Target,
            AchievedWeight:  bestSolution.Weight,
            Fitness:         bestSolution.Fitness,
            Generations:     stats["generations"].(int),
            DurationMs:      duration,
            TerminationReason:
stats["termination_reason"].(string),
            BestSolution:    getSolutionIndices(bestSolution,
items),
        }

        record := []string{
            strconv.Itoa(result.VectorID),
            strconv.Itoa(result.ProblemID),
            strconv.Itoa(result.TargetWeight),
            strconv.Itoa(result.AchievedWeight),
            strconv.Itoa(result.Fitness),
            strconv.Itoa(result.Generations),
            fmt.Sprintf("%.3f", result.DurationMs),
            result.TerminationReason,
            formatSolution(result.BestSolution),
        }
        writer.Write(record)

        fmt.Printf("Вектор %d Задача %d: , Достигнуто: %d (Целевой
вес: %d), Фитнесс-функция = %d, Поколений: %d, Время работы: %.2fms, Причина
остановки: %s\n",
            result.VectorID, result.ProblemID,
result.AchievedWeight, result.TargetWeight,
            result.Fitness, result.Generations, result.DurationMs,
result.TerminationReason)
    }
}

func geneticAlgorithm(items []Item, problem KnapsackProblem, config GAConfig)
(Chromosome, map[string]interface{}) {
    startTime := time.Now()
    stats := map[string]interface{}{
        "generations": 0,
        "termination_reason": "max_generations",
    }

    population := initializePopulation(len(items), config.PopulationSize,
items, problem.Target)
    bestSolution := findBest(population)
    noImprovementCount := 0

```

```

for gen := 0; gen < config.MaxGenerations; gen++ {
    stats["generations"] = gen + 1

    newPopulation := make([]Chromosome, 0, config.PopulationSize)
    for len(newPopulation) < config.PopulationSize {
        parent1 := tournamentSelection(population, 3)
        parent2 := tournamentSelection(population, 3)

        var child1, child2 Chromosome
        if rand.Float64() < config.CrossoverRate {
            child1, child2 = crossover(parent1, parent2)
        } else {
            child1, child2 = parent1, parent2
        }

        child1 = mutate(child1, config.MutationRate)
        child2 = mutate(child2, config.MutationRate)
        child1 = calculateFitness(child1, items, problem.Target)
        child2 = calculateFitness(child2, items, problem.Target)
        newPopulation = append(newPopulation, child1, child2)
    }

    population = newPopulation
    currentBest := findBest(population)

    if currentBest.Fitness == 0 {
        stats["termination_reason"] = "zero_fitness"
        return currentBest, stats
    }

    if currentBest.Fitness >= bestSolution.Fitness {
        noImprovementCount++
        if noImprovementCount >= config.MaxNoImprovement {
            stats["termination_reason"] = "no_improvement"
            return bestSolution, stats
        }
    } else {
        bestSolution = currentBest
        noImprovementCount = 0
    }

    elapsed := time.Since(startTime).Seconds() * 1000
    if problem.BruteTimeMs > 0 && elapsed >= 2*problem.BruteTimeMs {
        stats["termination_reason"] = "time_exceeded"
        return bestSolution, stats
    }
}

return bestSolution, stats
}

func calculateFitness(c Chromosome, items []Item, target int) Chromosome {
    totalWeight := 0

```

```

    for i, gene := range c.Genes {
        if gene {
            totalWeight += items[i].Weight
        }
    }

    c.Weight = totalWeight
    c.Fitness = int(math.Abs(float64(target - totalWeight)))
    return c
}

func initializePopulation(itemCount, populationSize int, items []Item, target
int) []Chromosome {
    population := make([]Chromosome, populationSize)
    for i := range population {
        genes := make([]bool, itemCount)
        for j := range genes {
            genes[j] = rand.Float32() < 0.35
        }
        population[i] = calculateFitness(Chromosome{Genes: genes}, items,
target)
    }
    return population
}

func tournamentSelection(population []Chromosome, tournamentSize int)
Chromosome {
    best := population[rand.Intn(len(population))]
    for i := 1; i < tournamentSize; i++ {
        contender := population[rand.Intn(len(population))]
        if contender.Fitness < best.Fitness {
            best = contender
        }
    }
    return best
}

func crossover(parent1, parent2 Chromosome) (Chromosome, Chromosome) {
    if len(parent1.Genes) != len(parent2.Genes) {
        return parent1, parent2
    }

    crossoverPoint := rand.Intn(len(parent1.Genes))
    child1Genes := make([]bool, len(parent1.Genes))
    child2Genes := make([]bool, len(parent2.Genes))

    for i := 0; i < crossoverPoint; i++ {
        child1Genes[i] = parent1.Genes[i]
        child2Genes[i] = parent2.Genes[i]
    }
    for i := crossoverPoint; i < len(parent1.Genes); i++ {
        child1Genes[i] = parent2.Genes[i]
        child2Genes[i] = parent1.Genes[i]
    }
}

```

```

        return Chromosome{Genes: child1Genes}, Chromosome{Genes: child2Genes}
    }

func mutate(c Chromosome, mutationRate float64) Chromosome {
    for i := range c.Genes {
        if rand.Float64() < mutationRate {
            c.Genes[i] = !c.Genes[i]
        }
    }
    return c
}

func findBest(population []Chromosome) Chromosome {
    best := population[0]
    for _, c := range population {
        if c.Fitness < best.Fitness {
            best = c
        }
    }
    return best
}

func getSolutionIndices(c Chromosome, items []Item) []int {
    var indices []int
    for i, gene := range c.Genes {
        if gene {
            indices = append(indices, items[i].Index)
        }
    }
    sort.Ints(indices)
    return indices
}

func formatSolution(indices []int) string {
    if len(indices) == 0 {
        return ""
    }
    str := fmt.Sprintf("%v", indices)
    return str[1 : len(str)-1]
}

func readItems(filename string) ([][]Item, error) {
    file, err := os.Open(filename)
    if err != nil {
        return nil, err
    }
    defer file.Close()

    reader := csv.NewReader(file)
    records, err := reader.ReadAll()
    if err != nil {
        return nil, err
    }
}

```

```

itemsList := make([][]Item, len(records))
for i, record := range records {
    items := make([]Item, len(record))
    for j, value := range record {
        weight, err := strconv.Atoi(value)
        if err != nil {
            return nil, err
        }
        items[j] = Item{Weight: weight, Index: j}
    }
    itemsList[i] = items
}

return itemsList, nil
}

func readProblems(filename string) ([][]KnapsackProblem, error) {
    file, err := os.Open(filename)
    if err != nil {
        return nil, err
    }
    defer file.Close()

    reader := csv.NewReader(file)
    records, err := reader.ReadAll()
    if err != nil {
        return nil, err
    }

    problemsList := make([][]KnapsackProblem, 0)
    currentGroup := make([]KnapsackProblem, 0, 15)

    for _, record := range records {
        if len(record) != 3 {
            return nil, fmt.Errorf("invalid record length: %d",
len(record))
        }

        id, _ := strconv.Atoi(record[0])
        target, _ := strconv.Atoi(record[1])
        ratio, _ := strconv.ParseFloat(record[2], 64)

        problem := KnapsackProblem{
            ID:      id,
            Target: target,
            Ratio:   ratio,
        }

        currentGroup = append(currentGroup, problem)
        if len(currentGroup) == 15 {
            problemsList = append(problemsList, currentGroup)
            currentGroup = make([]KnapsackProblem, 0, 15)
        }
    }
}

```

```

    }

    if len(currentGroup) > 0 {
        problemsList = append(problemsList, currentGroup)
    }

    return problemsList, nil
}

func readBruteTimes(filename string) ([][]float64, error) {
    file, err := os.Open(filename)
    if err != nil {
        return nil, err
    }
    defer file.Close()

    reader := csv.NewReader(file)
    records, err := reader.ReadAll()
    if err != nil {
        return nil, err
    }

    if len(records) > 0 {
        records = records[1:]
    }

    bruteTimes := make([][]float64, 0)
    currentGroup := make([]float64, 0, 15)

    for _, record := range records {
        if len(record) < 7 {
            continue
        }

        timeMs, err := strconv.ParseFloat(record[6], 64)
        if err != nil {
            return nil, err
        }

        currentGroup = append(currentGroup, timeMs)
        if len(currentGroup) == 15 {
            bruteTimes = append(bruteTimes, currentGroup)
            currentGroup = make([]float64, 0, 15)
        }
    }

    if len(currentGroup) > 0 {
        bruteTimes = append(bruteTimes, currentGroup)
    }

    return bruteTimes, nil
}

```