

## РЕШЕНИЕ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ЗАДАЧИ НАЗНАЧЕНИЙ МЕТОДОМ ГЕНЕТИЧЕСКОГО КОНСИЛИУМА

В.И.Протасов, Н.И. Витиска, Е.А.Шустов  
e-mail: [protonus@yandex.ru](mailto:protonus@yandex.ru)

Метод генетического консилиума, применяемый при коллективном принятии решений группой экспертов, впервые был предложен и исследован в [1] на задаче коллективного конструирования фоторобота группой свидетелей, когда для координации их работы использовались правила взаимодействия, разработанные на основе генетических алгоритмов[2].

Исследования нового метода на различных задачах выполняются с 2000-го года группой сотрудников Таганрогского государственного педагогического института. За это время было поставлено и проведено большое количество экспериментов с участием групп студентов разных курсов. Эксперименты проводились как с использованием компьютеров, так и без их использования. В данной работе представлены результаты тестирования метода генетического консилиума на известной задаче о назначениях.

В теории принятия решений существует большое количество важных для практики задач, которые в силу субъективного характера трудно формализовать и свести их к известному методу решения. Такой задачей, например, является многокритериальная задача о назначениях[3]. Большинство критериев в таких задачах оценки имеет качественный, субъективный характер, шкалы их оценок чаще всего задаются в форме словесных формулировок. Именно поэтому оказалось рациональным с точки зрения проверки эффективности метода генетического консилиума, проверить его именно на этой задаче.

Сущность задачи заключается в следующем: есть два множества,  $M$  субъектов  $S$  и  $N$  объектов  $O$  ( $M \leq N$ ), существует также матрица соответствия  $C_{ij}$ , в графах которых размещены в определенной шкале величины соответствия субъекта  $i$  объекту  $j$ . Например, в некоторой вновь образуемой фирме на  $N$  вакансий претендует  $M$  специалистов. Внешней консалтинговой фирмой по 100-балльной шкале путем тестирования и проведения собеседований были определены коэффициенты  $C_{ij}$  соответствия  $i$ -го субъекта  $S$   $j$ -му объекту  $O$ . В случае однокритериальной задачи о назначениях все решилось бы относительно просто: с использованием какого-либо хорошо отработанного математического метода была бы максимизирована величина «пользы» для фирмы, т.е. суммы всех величин соответствия данной команды специалистов. Но задача становится многокритериальной, если требуется учесть все предпочтения всех субъектов о возможных назначениях. Так, например субъект  $I$  категорически не будет работать в фирме, если у него начальником будет  $Z$  или  $Y$ , а  $X$  станет директором и т.д. При таких условиях даже решение задачи о максимизации «пользы» для фирмы вступит в противоречие с предпочтениями субъектов. Следовательно, необходимо искать квазиоптимальное решение задачи о назначениях, когда величина «пользы» будет несколько ниже, но зато в цепочках коллега – коллега, начальник – подчиненный и подчиненный – начальник не будет несовместимых пар.

Для проверки возможностей генетического консилиума для решения подобных задач, в форме деловой игры был проведен эксперимент с участием 10 студентов. Перед ними была поставлена проблема коллективно решить задачу формирования штатного расписания некоторой фирмы, занимающейся созданием и продвижением программных продуктов, состоящую из 8 сотрудников. В качестве претендентов они должны были рассматривать самих себя.

На первом этапе, для тренировки и выработки навыков коллективной работы, им было предложено методом генетического консилиума найти матрицу соответствия  $C_{ij}$ . Экспериментаторы же преследовали цель попутно протестировать новый метод на предмет эффективности решения задачи выработки единого мнения группы не голосованием, как обычно, а при некоторой нового вида демократической процедуре, базирующейся на

творческой работе генетического консилиума (этот метод голосования можно назвать «творческий демократический выбор»).

Каждый из экспертов, действуя по инструкции, составил первое приближение матрицы соответствия. Для первого участника этот вариант выглядел следующим образом:

Таблица 1

Матрица соответствия, первый вариант

МАТРИЦА $C_{ij}$	Сотрудники									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Должности										
Ген. директор	35	65	25	60	25	35	45	55	35	65
Комм. Директор	45	30	70	45	50	40	55	15	40	80
Ст. менеджер	55	35	50	50	60	45	60	30	30	60
Web – дизайнер	50	40	35	45	35	75	30	60	40	50
Ст. программист	30	40	40	70	50	80	15	10	10	90
Программист	30	50	40	50	60	70	15	10	5	85
Секретарь	90	75	70	20	15	25	85	75	70	15

Матрица соответствия в терминах генетических алгоритмов является хромосомой особи – решения задачи, а баллы соответствия – гены.

Все 10 вариантов первого приближения были отправлены на сервер, где с помощью специальной программы из них с помощью оператора кроссовинговера были приготовлены 20 вариантов популяции решений.

Оператор кроссовинговера выполнялся следующим образом: Из 10-и особей с использованием генератора случайных чисел выбиралась пара родителей, случайная же линия кроссовинговера разрезала хромосомы на верхнюю и нижние половины матрицы соответствия. Родительские хромосомы копировались с перекрестной заменой нижних частей в дочерние и таким образом было образовано 10 потомков. Вся популяция вместе с родителями составляла 20 особей.

Эксперты получали с сервера по 2 случайных варианта, из них выбирали лучший, а худший вариант выбрасывали в корзину, осуществляя оператор отбора. Эксперты могли подправлять некоторые графы матриц соответствия, осуществляя таким образом оператор мутации. Новые 10 вариантов отправлялись на сервер и цикл итераций повторялся до тех пор, пока популяция решений не вырождалась к одному решению. В данном случае было проведено четыре итерации.

В таблице 2 приведены результаты составления матрицы соответствия участниками эксперимента.

Таблица 2

Матрица соответствия, окончательный вариант

МАТРИЦА $C_{ij}$	Сотрудники									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Должности										
Ген. Директор	52	51	37	60	32	44	37	31	22	78
Комм. Директор	37	41	52	41	47	42	52	22	30	67
Ст. менеджер	60	42	52	51	63	48	55	26	29	57
Web – дизайнер	41	38	33	39	43	68	33	56	36	52
Ст. программист	34	42	37	61	64	75	22	12	10	81
Программист	36	47	36	53	53	84	13	8	7	87
Секретарь	81	76	72	17	19	18	74	66	65	14

Процедура «творческого демократического голосования» заняла по времени 45 минут

На втором этапе проверки эффективности генетического консилиума при решении задачи назначений осуществлялось коллективное решение задачи нахождения оценки максимальной «пользы» для «идеального» состава сотрудников фирмы. Результат сравнивался с расчетами по специальной программе, составленной для этого случая.

Однокритериальная задача назначений, а эксперты на данном этапе решали именно ее, относится также, как и задача коммивояжера, к классу NP-полных задач и на ее решение

требуется экспоненциальное время [2]. Но в отличие от задачи коммивояжера, кроссовинговер здесь осуществлять гораздо проще. Хромосомой особи будет являться распределение сотрудников по должностям.

Например, два эксперта случайным образом подобрали такие решения:

Таблица 3

Вариант 1-го эксперта

Должность	1	2	3	4	5	6	7
Претендент	10	4	7	6	1	5	3

Таблица 4

Вариант 2-го эксперта

Должность	1	2	3	4	5	6	7
Претендент	4	2	3	8	10	5	7

Генами в данной задаче являются номера претендентов.

Оценка особи находится суммированием соответствующих ячеек матрицы соответствия.

$$\text{Так } S1 = C1,10 + C2,4 + C3,7 + C4,6 + C5,1 + C6,5 + C7,3 = 78 + 41 + 55 + 68 + 34 + 53 + 72 = 401$$

При скрещивании особей хромосома второго родителя помещается под хромосомой первого, в случайной точке делается разрез и хромосомы обмениваются хвостами. В данном случае, если разрез был между 4-м и 5-м геном, то хромосомы потомков будут выглядеть следующим образом:

Таблица 5

Хромосомы родителей:

1	2	3	4	5	6	7
10	4	7	6	1	5	3
4	2	3	8	10	5	7

Таблица 6

Хромосомы потомков:

1	2	3	4	5	6	7
10	4	7	6	10	5	7
4	2	3	8	1	5	3

После проведения операции кроссинговера приходится корректировать хромосомы, поскольку в хромосомах потомков на разные должности претендуют одни и те же кандидаты. Так, в верхней хромосоме 10-й кандидат претендует на должности №№1 и 5, а в нижней 3-й кандидат на №№3 и 7. После корректировки результат кроссовинговера может выглядеть, например, так:

Таблица 7

Хромосомы потомков после корректировки:

1	2	3	4	5	6	7
10	4	7	6	2	5	1
4	2	3	8	1	5	7

Разумеется, эксперт, внося корректировки, пользуется своими предпочтениями и матрицей соответствия.

Второй этап потребовал от участников эксперимента проведения 6-и итераций или 2 академических часов. В результате работы был найден вариант, совпавший с вычисленным по программе. Этот вариант приведен в следующей таблице. Максимальная «польза» для фирмы составила 477 баллов.

Таблица 8

## Решение однокритериальной задачи назначений генетическим консилиумом

Должность	1	2	3	4	5	6	7
Претендент	4	3	5	8	10	6	1
Баллы из $C_{ij}$	60	52	63	56	81	84	81

Но, к сожалению, несмотря на такой высокий для фирмы балл, математическое решение задачи не учитывает человеческой психологии, и фирма в таком виде долго не просуществует. Нужно, как говорится, учитывать человеческий фактор, т.е. предпочтения и антипатии.

Участники эксперимента, успешно решив две задачи, приступили к решению многокритериальной задачи назначений – третьему этапу своей работы. Вначале ими была сгенерирована таблица предпочтений.

Таблица 9

## Таблица предпочтений

Должность	1	2	3	4	5	6	7
1* за	10	5, 3	2,1	-	-	-	7,1
против	1,9	9	4,9	9	9	9	9
2 за	1	-	8	-	5	-	7
против	10,4	3	-	-	-	6	-
3* за	10, 1	4, 3	1, 5	6,8	5	-	7
против	9	9	9	9	9	9	9
4 за	1	3	-	-	6, 5	-	-
против	10, 4	4	-	8	-	-	7, 1
5 * за	10, 3	1,3	1	8	5, 4	6,5	1,7
против	4	10	2	9	-	-	2
6 * за	1,10	2,3	1	8	5	-	-
против	4	1	-	-	-	-	2
7 * за	10	-	1	-	5	-	7
против	1	2	-	-	-	-	-
8 * за	10	3	1,2	8	-	6	-
против	2	-	3	-	-	-	-
9 за	4	2	-	8	-	-	7
против	10,3	3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
10 * за	-	3,2	1,5	8	1,5	-	7
против	9	9	9	9	9	9	9

Примечание: \* помечены претенденты, по итогам консилиума вошедшие в состав фирмы.

Результаты решения многокритериальной задачи приведены в таблице 10.

Таблица 10

Должность	1	2	3	4	5	6	7
Претендент	10	3	1	8	5	6	7
Баллы из $C_{ij}$	78	52	60	56	64	84	71

Оценка «пользы» данного варианта составляет 465 баллов, что всего на 2,5 % хуже «идеального» варианта решения однокритериальной задачи. Сопоставление полученного решения задачи назначений с таблицей предпочтений показывает, что ни одного противоречия в назначениях не наблюдается и получено решение, удовлетворяющее всех 7-х победителей этого коллектива. Трое участников эксперимента оказались за бортом условно созданной фирмы, поскольку они, по-видимому, оказались психологически не совместимыми с основной группой. Возможно, в составе другого эксперимента с другим составом участников они оказались бы победителями.

Исходя из результатов проделанных экспериментов можно сделать вывод о том, что в некоторых случаях, когда ни компьютер, ни человек не могут решить какую-либо проблему, симбиоз человеческого и машинного интеллекта на базе генетического консилиума людей и компьютеров может успешно справиться с этой проблемой. Вопрос стоит лишь в том, каким образом необходимо «препарировать» проблему под особенности этого метода.

Проведенные эксперименты позволяют также надеяться на успешное применение метода генетического консилиума для решения и других трудно формализуемых творческих задач, когда интеллекта одиночного разума не достаточно, а решение нужно получить в короткие сроки и теми людьми, которые есть в наличии.

1. Протасов В.И. Генерация новых знаний сетевым человеко-машинным интеллектом. Постановка проблемы. Нейрокомпьютеры. Разработка и применение М. №7-8, 2001.
2. Kureichik V.M., Melikhov A.N., Miagkikh V.V., Savelev O.V., Topchy A.P. "Some New Features in Genetic Solution of the Traveling Salesman Problem", In Proc. of Int. Conf. on Adaptive Computing In Engineering Design And Control, ACEDC'96, Plymouth Engineering Design Centre, University of Plymouth, UK, 1996.
3. Протасов В.И., Карелин В.П. Новый метод коллективного творчества в компьютерных сетях Сб. докладов IV между-народной научно-прак-тической конференции «Фундаментальные и прикладные системы приборостроения, информатики, экономики и права». Окт. 2001, Сочи . С.215-218