МОДЕЛИ ФОРМИРОВАНИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ НЕОДНОРОДНЫХ КОМАНД

Новиков Д.А.
(*Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, Москва*)
novikov@ipu.ru

Рассмотрены модели распределения функций и объемов работ между членами команды, в том числе – в условиях их нетривиальной взаимной информированности.

Ключевые слова: команда, распределение ресурса, неполная информированность.

1. Введение

В менеджменте, управлении проектами и других разделах прикладной теории управления организационными системами все большее внимание уделяется командной деятельности персонала организации. Под командой понимается коллектив (объединение людей, осуществляющих совместную деятельность и обладающих общими интересами), способный достигать цели автономно и согласованно, при минимальных управляющих воздействиях [13]. При этом автономность и слаженность совместной деятельности членов команды обеспечивается тем, что их действия согласованы с иерархией взаимных представлений друг о друге (см. «рефлексивные» модели в [10, 15, 16]).

Выделяют однородные и неоднородные (по ролям и функциям членов, их профессиям) команды. Примером однородной команды является рабочая бригада (бригада электриков, бригада каменщиков и т.д.), примером неоднородной команды – комплексная бригада.

Процесс формирования команды включает формирование ее состава, распределение функций (ролей) и распределение объемов работ. Перечисленные три задачи взаимосвязаны и решаются «циклически» (см. рис. 1) – ведь для того, чтобы формировать состав команды, нужно знать, какие функции будет выполнять тот или иной агент, включаемый в команду; а для оптимального распределения функций нужно знать, какой объем работ целесообразно выполнять данному агенту в рамках той или иной функции.

Задачи распределения объемов работ традиционно сводятся, как правило, к тем или иным оптимизационным задачам, решаемым в рамках математической экономики (см. [6] и ниже), задачи распределения функций – к разновидностям транспортной задачи (см. [2] и ниже), задачи формирования состава – к задачам дискретной оптимизации [7].

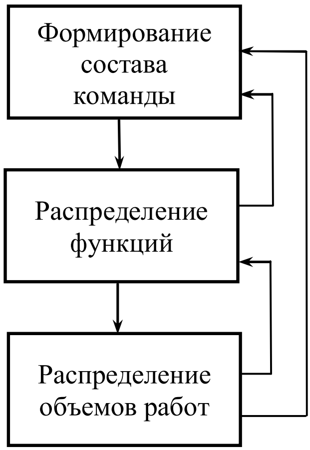

Рис. 1. Взаимосвязь задач формирования состава команд, распределения функций и распределения объемов работ

В настоящей работе основной акцент делается на свойствах оптимальных решений задач распределения функций и объемов работ между членами команды. Исследуются условия стабильности функционирования команды в условиях неполной информированности. Обсуждается взаимосвязь между параметрами задачи распределения функций и видом оптимальной организационной структуры.

2. Модель неоднородной команды

В неоднородных командах члены команды выполняют различные функции, причем каждый член команды в общем случае характеризуется определенными эффективностями реализации тех или иных функций. Рассмотрим команду $N = \{1, 2,\dots,n\}$, состоящую из n агентов. Предположим, что успешная деятельность команды требует осуществления множества $M = \{1, 2,\dots,m\}$ различных функций. Обозначим через $r_i^j \ge 0$ эффективность выполнения i-ым агентом j-ой функции (примером является производительность труда), $i \in N$, $j \in M$. Для простоты будем считать, что эффективности принимают значения от нуля до единицы.

Матрица $r = \| r_i^j \|$ характеризует потенциальные возможности команды по выполнению заданного набора функций.

Введем такие числовые (но интерпретируемые с известной долей условности) показатели команды, вычисляемые на основании матрицы r, как:

- профессионализм i-го агента – среднее значение эффективности выполнения им различных функций:

(1) $$r_i = \frac{1}{m}\sum_{j=1}^{m} r_i^j,\ i \in N;$$

- профессионализм команды – средняя эффективность выполнения командой различных функций:

(2) $$r = \frac{1}{mn}\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} r_i^j;$$

- средняя квалификация команды по каждой из функций:

(3) $$H^j = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} r_i^j,\ j \in M;$$

- неоднородность квалификаций i-го агента – стандартное отклонение его эффективностей выполнения различных функций:

(4) $$d_i = \sqrt{\frac{1}{m-1}\sum_{j=1}^{m}(r_i^j - r_i)^2},\quad i \in N;$$

- неоднородность команды – нормированное значение суммы различий эффективностей агентов:

$$(5)\qquad d = \frac{1}{2mn(n-1)} \sum_{i,k=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} | r_i^j - r_k^j |;$$

- «специализированность» команды, характеризующая наличие в ней для каждой функции агентов, специализирующихся именно на реализации данной функции. Данный показатель определим как отношение числа членов команды, выполняющих при оптимальном распределении функций (в рамках, например, транспортной задачи) какие-либо функции, к общему числу членов команды n.

Отметим, что все интерпретации (1)-(5) эффективностей достаточно условны и могут быть применимы к тем или иным практическим задачам только в случае линейных «производственных функций» (функций выпуска или функций затрат) при отсутствии ограничений на объемы выполняемых агентами работ.

Приведем пример, иллюстрирующий, с одной стороны, информативность, а с другой стороны – условность введенных показателей.

<u>Пример 1.</u> Рассмотрим несколько команд, состоящих из трех агентов, выполняющих три различные функции – см. таблицу 1.

Таблица 1. Характеристики команд в примере 1

№ п/п	$\boldsymbol{r}$	r_i	d_i	r	H^j	d	q
1	$\begin{matrix}1&1&1\\1&1&1\\1&1&1\end{matrix}$	1	0	1	1	0	1
2	$\begin{matrix}1&0&0\\0&1&0\\0&0&1\end{matrix}$	1/3	$1/\sqrt{3}$	1/3	1/3	1/2	1
3	$\begin{matrix}1&1&1\\0&0&0\\0&0&0\end{matrix}$	$r_1=1$ $r_2=r_3=0$	0	1/3	1/3	1/3	1/3

Первая команда обладает высокой (даже избыточной) квалификацией и низкой неоднородностью. Вторая команда обладает меньшей средней квалификацией, большей неоднородностью, но такой же «специализированностью» (условно можно считать, что в ней отсутствует избыточность квалификаций). Наконец, третья команда, хотя и обладает такой же средней квалификацией, что и вторая команда, но в ней низок уровень «специализированности» (эффективности двух членов команды равны нулю).

Завершив рассмотрение примера, исследуем последовательно (в порядке усложнения) несколько моделей.

3. *Фиксированы объемы работ, любой агент может выполнять любое количество работ*

Рассмотрим задачу оптимального распределения заданного вектора объемов работ $R = (R^1, R^2, \ldots, R^m)$, между агентами, имеющими аддитивные функции затрат типа обобщенных функций Кобба-Дугласа:

$$c_i(x_i, r_i) = \sum_{j \in M} r_i^j \varphi(\frac{x_{ij}}{r_i^j}),\ i \in N,$$

где $\varphi(\cdot)$ – возрастающая выпуклая гладкая функция, равная нулю в нуле. Отметим, что затраты агента не дополнительны – выполнение некоторого объема одной функции никак не сказывается на затратах на выполнение других функций. Предположим, что любой агент может выполнить любой неотрицательный объем работ каждого вида (ограниченность «производственных» возможностей агентов в модели учитывается ростом предельных издержек с увеличением объемов работ). Тогда, решая методом множителей Лагранжа следующую задачу:

$$(6)\quad \begin{cases} \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} r_{ij} \varphi(\frac{x_{ij}}{r_i^j}) \to \min_{\{x_{ij} \geq 0\}}, \\ \sum_{i=1}^{n} x_{ij} = R^j,\ j \in M, \end{cases}$$

получим оптимальное распределение объемов работ между агентами:

$$(7)\quad x_{ij}^{*}(r, R) = r_i^j \frac{R^j}{n\, H^j},\ i \in N,\ j \in M.$$

Суммарные затраты агентов (команды в целом) по выполнению вектора R объемов работ равны:

$$(8)\quad C_1(r, R) = n \sum_{j \in M} H^j \varphi\left(\frac{R^j}{n\, H^j}\right).$$

Проанализируем выражения (7) и (8).

Во-первых, силу специфики выбранного вида функций затрат команда может рассматриваться как единое целое – один агент с функцией затрат $c(x) = \sum_{j \in M} nH^j \varphi\left(\frac{x^j}{nH^j}\right)$ и с вектором типов, компоненты которого пропорциональны средней эффективности команды по выполнению соответствующего вида работ. Из данного свойства оптимального решения вытекает важный содержательный вывод – в рассматриваемом случае при фиксированных средних квалификациях (3) команды не важно, какими конкретными квалификациями обладает тот или иной агент (то есть, характеристики (1), (2) и (4) не столь существенны). Другими словами, при фиксированной (для каждой из функций) суммарной квалификации две команды – одна, в которой один агент имеет высокую квалификацию, а остальные – нулевую, и вторая, в которой все агенты обладают одинаковыми квалификациями – равноценны с точки зрения минимальных суммарных затрат.

Необходимо подчеркнуть, что данный вывод справедлив в предположении, что не рассматриваются затраты на привлечение и удержание агентов в команде, а эти затраты для каждого агента, очевидно, тем выше, чем выше его квалификация (1) – см. ниже обсуждение проблем формирования неоднородных команд.

Во-вторых, затраты (8) команды, естественно, монотонны по объемам выполняемых работ. Кроме того, в силу выпуклости функции $\varphi(\cdot)$ они убывают с ростом средней квалификации (3) команды по любой из функций.

В-третьих, можно ставить и решать задачу нахождения оптимального (в смысле минимума затрат (8)) распределения квалификаций агентов, например, при заданной средней квалификации команды (2):

$$(9)\quad \sum_{j \in M} H^j \varphi\left(\frac{R^j}{n\, H^j}\right) \to \min_{\{H^j \geq 0\}},$$

$$(10)\quad \frac{1}{m} \sum_{j \in M} H^j = r.$$

Решение задачи (9)-(10) имеет вид:

$$(11)\quad H^j = m\, r\, \frac{R^j}{\sum_{k \in M} R^k},\ j \in M.$$

Содержательно выражение (11) означает, что при фиксированной средней квалификации оптимальна та команда, в которой выше квалификация агентов, выполняющих (при оптимальном распределении функций) наибольший объем работ. Другими словами, чем больше предстоящий объем работ того или иного вида, тем выше должна быть квалификация занятых на этих работах членов команды.

Сформулируем сделанные выводы в виде следующего утверждения.

<u>Утверждение 1.</u> При условии, что в неоднородной команде фиксированы объемы работ, а любой агент может выполнять любое количество различных работ:

а) оптимальное распределение объемов работ между агентами определяется выражением (7);

б) при фиксированной (для каждой из функций) суммарной квалификации распределение агентов по квалификациям несущественно;

в) при фиксированной средней квалификации оптимальна команда с квалификациями агентов, удовлетворяющих выражению (11).

Имея решение (7)-(8) задачи об оптимальном распределении работ в неоднородной команде, можно решать и задачу формирования ее состава. Пусть при фиксированном множестве претендентов известны затраты $S(r)$ на привлечение и удержание состава команды квалификации r. Тогда можно формулировать в той или иной постановке задачу нахождения состава, минимизирующего сумму затрат $S(r) + C_1(r, R)$ на формирование и функционирование команды, которой предстоит реализовывать объем работ R.

Выше предполагалось, что при фиксированных объемах работ (функций) каждый агент мог реализовывать одновременно несколько функций. Иногда (в силу технологических ограничений или существующих затрат на координацию деятельности агентов [11, 13]) требуется, чтобы разделение функций между агентами было более жестким, например, можно потребовать, чтобы каждый агент выполнял не более одной работы, и наоборот – чтобы одну работу выполнял только один агент (то есть, решать задачу о назначении). Рассмотрим соответствующую модель.

4. Фиксированы объемы работ, любой агент может выполнять только одну работу

Предположим, что число агентов равно числу функций: $n = m$. Обозначим $s_{ij} = c_i(R^j, r_i) = r_i^j \varphi(\frac{R^j}{r_i^j})$, $i \in N$, $j \in M$. Тогда задача оптимального распределения функций будет описываться выражениями:

$$(12)\quad \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} x_{ij}\ s_{ij} \ \to \min_{\{x_{ij}\in\{0;1\}\}}$$

$$(13)\quad \sum_{j=1}^{n} x_{ij} = 1,\ i = \overline{1,n},$$

$$(14)\quad \sum_{i=1}^{n} x_{ij} = 1,\ j = \overline{1,n}.$$

Методы решения задачи о назначении (12)-(14) хорошо известны. Содержательной интерпретацией этой задачи в терминах менеджмента является нахождение оптимальной матрицы ответственности.

Вспомним теперь, что мы исследуем команды, которые характеризуются автономностью деятельности агентов. Последняя, в том числе, подразумевает, что члены команды могут самостоятельно принимать решения о том, какие работы и в каких объемах им выполнять. Если интересы всех членов команды едины и заключаются в минимизации их суммарных затрат, то при условии, что все параметры являются общим знанием [15], каждый из агентов может решить задачу (6) или задачу (12)-(14) и выбрать оптимальные действия.

Однако может оказаться, что каждый из членов команды преследует собственные интересы. Как же будет функционировать команда в этом случае, и как добиться слаженной и эффективной (в смысле минимума суммарных затрат) работы ее членов? Для ответа на этот вопрос рассмотрим следующую модель, в которой уже появляются элементы управления, характерного для иерархических организационных систем [11].

Перенумеруем агентов таким образом, чтобы оптимальным решением задачи о назначении (12)-(14) было диагональное назначение ($x_{ii} = 1$, $x_{ij} = 0$, $j \neq i$, $i, j \in N$).

Пусть за выполнение j-ой функции установлено вознаграждение q_j, $j \in M$. Выигрыш i-го агента описывается разностью между вознаграждением за выполнение выбранной им функции j и затратами на выполнение этой функции: $q_i - c_{ii}$, $i, j \in N$. Спрашивается, каковы должны быть размеры вознаграждений, чтобы выборы агентов соответствовали оптимальному решению задачи о назначении. Для ответа на этот вопрос воспользуемся полученными в [14] результатами решения задачи синтеза оптимальных нормативных ранговых систем стимулирования.

Для того чтобы i-му агенту было выгодно выбирать именно i-ю функцию, необходимо и достаточно выполнения следующей системы неравенств:

(15) $q_i - s_{ii} \geq q_j - s_{ij}$, $i, j \in N$.

Запишем (15) в виде

(16) $q_j - q_i \leq \alpha_{ij}$, $i, j \in N$,

где $\alpha_{ij} = c_{ij} - c_{ii}$, $i, j \in N$. Обозначим суммарное вознаграждение агентов

(17) $\vartheta = \sum_{i=1}^{n} q_i$,

где вектор q удовлетворяет (16).

Тогда задача заключается в выборе неотрицательных вознаграждений, минимизирующих выражение (17) при условии (16).

Введем в рассмотрение n-вершинный граф G_α, веса дуг в котором определяются $\|\alpha_i\|$. Задача минимизации (17) при условии (16) является задачей о минимальных неотрицательных потенциалах вершин графа G_α, для существования решения которой необходимо и достаточно отсутствия контуров отрицательной длины [1].

Рассмотрим задачу о назначении (12)-(14), в которой $s_{ij} = c_{ij}$, $i \in N, j \in M$.

Утверждение 2. Для того чтобы в оптимальном решении задачи о назначении $x_{ii} = 1$, $x_{ij} = 0$, $j \neq i$, $i, j \in N$, необходимо и достаточно, чтобы граф G_α не имел контуров отрицательной длины.

Из теории графов известно [1], что в оптимальном решении задачи о назначении минимальна не только сумма потенциалов вершин графа G_α (суммарные затраты на вознаграждение членов команды), но и минимальны все потенциалы вершин (индивидуальные вознаграждения).

Имея результат утверждения 2, можно предложить алгоритм вычисления минимальных потенциалов. Поставим в соответствие ограничениям двойственные переменные u_j и v_i, $i, j \in N$. Ограничения двойственной задачи имеют вид:

(18) $u_j - v_i \leq \alpha_{ij}$, $i, j \in N$.

Заметим, что, так как $x_{ii} = 1$, $i \in N$, то $u_i - v_i = \alpha_{ii} = 0$, а значит $u_i = v_i = q_i$. Используя этот факт, определим следующий алгоритм:

Шаг 0. $u_j = c_{jj}$, $j \in N$.

Шаг 1. $v_i := \max_{j \in N} \{u_j - \alpha_{ij}\}$, $i \in N$.

Шаг 2. $u_j := \max\limits_{j \in N} \{v_i + \alpha_{ij}\}, j \in N$.

Последовательное повторение шагов 1 и 2 алгоритма конечное число (очевидно, не превышающее n) раз даст оптимальное решение:

(19) $q_i = u_i = v_i, i \in N$.

Приведенный выше алгоритм позволяет решать задачу поиска минимальных потенциалов графа G_α, удовлетворяющих условию (16), то есть побуждающих членов команды выбрать оптимальные действия.

Обозначим $C_2(r, R)$ – значение целевой функции в оптимальном решении задачи о назначении. Легко видеть, что

(20) $\forall\ r \geq 0, \forall\ R \geq 0\ \ C_2(r, R) \geq C_1(r, R)$,

то есть суммарные затраты команды на выполнение фиксированного набора работ в случае фиксации «ролей» членов команды не выше, чем в случае, когда каждый член команды может выполнять несколько функций одновременно. Это свойство оптимальных решений имеет прозрачную содержательную интерпретацию в терминах свойств организационных структур [13]. Сделаем маленькое отступление, проясняющее связь между свойствами оптимальных решений задач распределения функций и типами организационных структур.

5. Оргструктуры и задачи распределения функций

Для большинства современных организаций актуальна проблема поиска рационального баланса между функциональной и проектной структурой. Под функциональной структурой в общем случае понимается линейная (древовидная) структура, в которой подразделения выделяются по тому или иному признаку (на различных уровнях иерархии признаки могут быть различны): функциональному, территориальному, продуктовому и т.д.

Линейная структура, порождаемая функциональной специализацией, оказывается эффективной при процессном функционировании, то есть в условиях относительного постоянства набора реализуемых системой функций. При проектной структуре участники системы «привязаны» не к функциям, а к проектам, которые могут сменять друг друга во времени (см. подробное обсуждение свойств линейных, матричных и сетевых структур в [12]). «Гибридом» функциональной и проектной структур является матричная структура, в которой каждый исполнитель в общем случае подчинен одновременно нескольким руководителям, например, некоторому функциональному руководителю и руководителю определенного проекта.

Качественно, рассмотренные выше задачи распределения функций в неоднородной команде соответствуют определению структуры взаимосвязей между агентами и руководителями – центрами (когда центр «отвечает» за некоторый проект – работу). В общем случае каждый агент оказывается связанным с каждым центром, так как первый выполняет в оптимальном распределении работ работы нескольких (быть может, даже всех) видов. Можно условно считать, что подобным связям соответствует матричная структура управления, эффективность которой зависит от объемов работ и типов агентов и равна $C_1(r, R)$. Такую задачу можно условно назвать задачей синтеза оптимальной матричной структуры.

Альтернативой является использование функциональной структуры, в которой каждый агент закреплен за одним и только одним центром (проектом или типом работ). Для того чтобы найти оптимальную функциональную структуру, следует решить задачу назначения исполнителей. Тогда $C_2(r, R)$ – минимальные суммарные затраты в этом случае.

Из выражения (20) следует, что в рамках рассматриваемых моделей затраты оптимальной функциональной структуры всегда не меньше, чем затраты оптимальной матричной структуры. Поясним последнее утверждение. Функциональная структура, как известно, требует минимальных затрат на управление (собственное функционирование). Но она приводит к неэффективному распределению работ между агентами. С другой стороны, матричная структура приводит к более эффективному распределению работ, но требует б*о*льших затрат на управление, которые выше не учитывались. Поэтому при решении вопроса о выборе структуры (или переходе от одной структуры к другой) следует принимать во внимание оба фактора: затраты на управление и эффективность выполнения работ.

6. Неполная информированность

Выше предполагалось, что все параметры модели являются общим знанием среди агентов. Если члены неоднородной команды имеют нетривиальные взаимные представления относительно типов друг друга, то динамика их взаимных представлений (процесс формирования команды) и условия устойчивого функционирования команды (стабильность информационного равновесия [16]) могут быть описаны по аналогии с тем, как это делалось в [10, 16] для случая однородной команды. Поэтому рассмотрим более подробно ситуацию, когда различаются представления агентов об объёмах работ, которые предстоит выполнить команде.

Неполная информированность относительно объемов работ. Возможны ситуации, когда либо агенты не полностью информированы относительно объемов работ, которые необходимо выполнять команде, либо эти объемы меняются во времени. Исследуем сначала первый вариант.

Предположим, что типы агентов являются общим знанием, и имеет место рефлексия первого ранга [15] относительно объемов работ – i-ый агент обладает структурой информированности $I_i = \{ R_{ik}^j \}_{k \in N,\ j \in M}$, где R_{ik}^j – представления i-го агента о том, каков объем j-ой работы с точки зрения k-го агента, $i \in N$.

В силу выражения (7) с точки зрения i-го агента k-ый агент должен выбрать действие

(21) $x_{ikj}^* = r_k^j \dfrac{R_{ik}^j}{nH^j}, i, k \in N, j \in M.$

Тогда оптимальным (в силу, опять же, выражения (7)) для i-го агента является выбор действия

(22) $x_{ij}^*(I_i) = R_i^j - \sum\limits_{k \neq i} x_{ikj}^*, i \in N, j \in M.$

Дальше возможны различные варианты, в зависимости от того, что наблюдает каждый агент. Если каждый агент наблюдает только свое действие, то условие стабильности (совпадения (7) и (22)) примет вид:

(23) $\sum_{k \in N} r_k^j (R_i^j - R_{ik}^j) = 0, i \in N, j \in M.$

Из (23) видно, что в случае двух агентов ложных равновесий [16] возникнуть не может.

Если каждый агент наблюдает выборы всех агентов (ситуация, наверное, типичная для команд), то условие стабильности (дополнительно к (23) нужно потребовать, чтобы выборы реальных и соответствующих фантомных (представлениях реальных агентов о своих оппонентах [15]) агентов совпадали, то есть $x_{ikj}^* = x_{kj}^*$, $i, k \in N, j \in M$) примет вид:

(24) $R_{ik}^j = R_i^j$, $i, k \in N, j \in M$,

то есть, наблюдаемость всех действий исключает ложные равновесия. Итак, мы обосновали справедливость следующего утверждения.

Утверждение 3. Если типы агентов являются общим знанием, и имеет место рефлексия первого ранга относительно объемов работ, то:

а) если каждый агент наблюдает только свои действия, то условие стабильности имеет вид (23);

б) если каждый агент наблюдает действия всех агентов, то ложных равновесий не возникает.

Неоднородная команда в нестационарной внешней среде (динамика объемов работ). Выше рассмотрена модель формирования и функционирования неоднородной команды в условиях, когда набор функций и объемы работ были фиксированы. Исследуем теперь деятельность команды в изменяющихся внешних условиях, когда требования к ее результатам (а, следовательно, и функциям, и объемам работ) меняются во времени. В частности, попытаемся ответить на распространенный на практике вопрос – какая команда лучше (и в каких условиях): содержащая набор «узких профессионалов», специализирующихся каждый в определенной области, или «универсалов», которые могут выполнять любые функции, пусть даже хуже профессионалов в соответствующей области? То есть, каково «оптимальное» соотношение между средней квалификацией, однородностью и «специализированностью» команды?

Для ответа на эти вопросы рассмотрим две команды – одну, в которой уровень специализации (неоднородность квалификаций) высок, и вторую, в которой квалификации агентов одинаковы.

Предположим, что число работ равно числу агентов ($m = n$), а типы агентов принадлежат отрезку [0; 1].

<u>Первая команда.</u> Предположим, что в первой команде для каждой работы существует единственный агент, который умеет эту работу хорошо выполнять, но кроме нее он не может делать ничего (см. также второй пункт примера 1), то есть:

(25) $r_i^i = 1, i \in N,\ r_i^j = 0, j \neq i.$

Вычислим для такой команды величины (1)-(4):

(26) $r_i = 1/n,\ r = 1/n,\ H^i = 1/n,\ d_i = 1/\sqrt{n},\ i \in N.$

Неоднородность квалификаций в первой команде максимальна. Затраты такой команды равны

(27) ${}_1C_2(\boldsymbol{R}) = \sum_{i \in N} \varphi(R_i)$.

Рассмотрим теперь вторую команду, в которой тот же средний уровень профессионализма (3), но квалификации агентов одинаковы. Это предположение обосновано тем, что таким образом можно попытаться «уравнять» средние затраты на привлечение и удержание членов первой и второй команды.

<u>Вторая команда.</u> Предположим, что во второй команде квалификации агентов одинаковы (см. также первый пункт примера 1), то есть:

(25) $r_i^j = 1/n,\ i, j \in N.$

Вычислим для такой команды величины (1)-(4):

(26) $r_i = 1/n,\ r = 1/n,\ H^i = 1/n,\ d_i = 0,\ i \in N.$

Неоднородность квалификаций во второй команде равна нулю. Затраты такой команды равны

(27) ${}_2C_2(R) = \frac{1}{n} \sum_{i \in N} \varphi(nR_i)$.

В силу выпуклости функции $\varphi(\cdot)$ имеем:

(28) $\forall\ R \geq 0\ \ {}_2C_2(R) \geq {}_1C_2(R)$,
то есть при одной и той же средней квалификации команды более выгодно иметь «узких» специалистов, покрывающих весь спектр решаемых командой задач, чем специалистов «широкой» (но более низкой) квалификации. Например, при $\varphi(z) = z^2$ затраты второй команды в n раз выше затрат первой команды.

Необходимо подчеркнуть, что вывод о выгодности узкой специализации сделан в предположении, что набор и объем работ, выполняемых командой, фиксирован, и, кроме того, каждый агент может выполнить любой объем работ (данное предположение является существенным, так как в задачах (6) и (16)-(17) считалось, что агенты способны выполнить любой объем работ). Если учесть динамику и считать, что в различные моменты времени команде приходится выполнять различные виды и объемы работ, то в зависимости от свойств «потока» работ может оказаться более выгодным включать в состав команды специалистов-универсалов, умеющих одинаково хорошо выполнять разнообразные функции.

Выдвинутое предположение вполне соответствует как практическому опыту, накопленному в менеджменте (см. [8] и обзор в [5]), так и теоретическим моделям – см. [9, 11, 12], в которых показано, что в стационарных условиях оптимальны линейные иерархические организационные структуры с высоким уровнем специализации, а в условиях изменяющейся внешней среды эффективными оказываются матричные или сетевые структуры (см. также примеры в [4]). Модели, описывающие оптимальное сочетание «профессионалов» и «универсалов», также рассматривались в [17].

Косвенным подтверждением является результат, установленный выражением (11), в соответствии с которым в непрерывной модели квалификация агентов должна быть пропорциональна объему работ. Другими словами, если известно, что команде предстоит выполнять, в основном, работу одного вида, то включаемые в ее состав агенты должны уметь эффективно выполнять именно эту работу. Если же объемы работ различного вида примерно одинаковы, то и средняя квалификация команды должна быть примерно одной и той же для всех видов работ.

Подводя итог краткому обсуждению взаимосвязи между уровнем специализации и видом организационной структуры, отметим, что эффективность той или иной структуры в динамике может оцениваться как сумма (или математическое ожидание, если характеристики потока не известны) затрат на реализацию всего набора работ за рассматриваемый период времени. Сделанный выше вывод о том, что матричная структура характеризуется не бо́льшими суммарными затратами агентов, чем линейная, в динамике также остается в силе. Следует при этом отметить, что нами не учитывались затраты на изменение оргструктуры, ведь использование оптимальной матричной структуры требует для каждого нового «пакета работ» использовать соответствующую оптимальную структуру. Некоторые модели, учитывающие затраты на «перестроение» оргструктур, исследовались в [3].

Литература

1. БУРКОВ В.Н., ГОРГИДЗЕ И.А., ЛОВЕЦКИЙ С.Е. *Прикладные задачи теории графов.* Тбилиси: Мецниереба, 1974.
2. ВАГНЕР Г. Основы исследования операций. – М.: Мир, 1972.
3. ВОРОНИН А.А., МИШИН С.П. *Оптимальные иерархические структуры*. М.: ИПУ РАН, 2003.
4. ГЛАМАЗДИН Е.С., НОВИКОВ Д.А., ЦВЕТКОВ А.В. *Механизмы управления корпоративными программами: информационные системы и математические модели*. М.: Спутник, 2003.
5. ГУБКО М.В. *Математические модели оптимизации иерархических структур.* М.: ЛЕНАНД, 2006.
6. ИНТРИЛЛИГАТОР М. *Математические методы оптимизации и экономическая теория*. – М.: Прогресс, 1975.
7. КАРАВАЕВ А.П. *Модели и методы управления составом активных систем.* М.: ИПУ РАН, 2003.

8. МИНЦБЕРГ Г. *Структура в кулаке: создание эффективной организации.* М.: Питер, 2001.
9. МИШИН С.П. *Оптимальные иерархии управления в экономических системах*. М.: ПМСОФТ, 2004.
10. НОВИКОВ Д.А. *Институциональное управление организационными системами.* М.: ИПУ РАН, 2003.
11. НОВИКОВ Д.А. *Механизмы функционирования многоуровневых организационных систем.* М.: Фонд «Проблемы управления», 1999.
12. НОВИКОВ Д.А. *Сетевые структуры и организационные системы.* М.: ИПУ РАН, 2003.
13. НОВИКОВ Д.А. *Теория управления организационными системами.* 2-е изд. М.: Физматлит, 2007.
14. НОВИКОВ Д.А., ЦВЕТКОВ А.В. *Механизмы стимулирования в многоэлементных организационных системах*. М.: Апостроф, 2000.
15. НОВИКОВ Д.А., ЧХАРТИШВИЛИ А.Г. *Рефлексивные игры*. М.: Синтег, 2003.
16. ЧХАРТИШВИЛИ А.Г. *Теоретико-игровые модели информационного управления.* М.: ПМСОФТ, 2004.
17. GARICANO L., HUBBARD T. Hierarchies, specialization and the utilization of knowledge: theory and evidence from the legal services industry. – Cambridge: National Bureau of Economic Research. Working Paper 10432, 2004.