

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

Институт проблем управления

им. В.А. Трапезникова

Е.В. Галинская, А.А. Иващенко,

Д.А. Новиков

**МОДЕЛИ И МЕХАНИЗМЫ
УПРАВЛЕНИЯ
РАЗВИТИЕМ ПЕРСОНАЛА**

Москва – 2005

УДК 519
ББК 32.81

Галинская Е.В., Иващенко А.А., Новиков Д.А. **Модели и механизмы управления развитием персонала**. М.: ИПУ РАН, 2005. – 68 с.

Настоящая работа посвящена рассмотрению теоретико-игровых и оптимизационных моделей и механизмов (процедур принятия решений) управления развитием персонала организации. Под управлением развитием персонала понимается воздействие на сотрудников организации, осуществляемое с целью повышения эффективности их деятельности с точки зрения интересов данной организации.

Вводится система классификаций задач управления развитием персонала, проводится краткий обзор основных подходов к этой проблеме с точки зрения различных наук. Рассматриваются модели индивидуального развития: иерархии потребностей, управления профессиональной адаптацией, мотивации, управления обучением, управления карьерой.

Работа рассчитана как на специалистов-теоретиков по управлению социально-экономическими системами, так и на руководителей организаций и сотрудников HR-отделов.

Рецензент: д.т.н., профессор В.Н. Бурков

УДК 519
ББК 32.81

© Галинская Е.В., Иващенко А.А., Новиков Д.А., 2005

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1. Модель иерархии потребностей	15
2. Модель управления профессиональной адаптацией.....	27
3. Модель мотивации	32
4. Модель управления обучением.....	41
5. Модель управления карьерой.....	50
Заключение	58
Литература	60

ВВЕДЕНИЕ

Настоящая работа посвящена рассмотрению теоретико-игровых и оптимизационных моделей управления развитием персонала организации.

Основные определения. Приведем определения понятий, фигурирующих в названии настоящей работы и используемых ниже.

Обсудим сначала, что понимается под развитием. Общее определение таково: «**развитие** – необратимое, направленное, закономерное изменение материальных и идеальных объектов» [110, С. 561] или «направленное закономерное изменение; в результате развития возникает новое качественное состояние объекта» [118, С. 991].

Выделяют восходящую линию развития – *прогресс* («(от лат. *progressus* – движение вперед): направление развития, для которого характерен переход от низшего к высшему, от менее совершенного к более совершенному» [118, С. 963]), и нисходящую линию – регресс. В дальнейшем, если не оговорено особо, будем понимать под развитием именно прогресс.

Итак, в процессе развития объект переходит в качественно новое состояние – в нем возникают, трансформируются или исчезают элементы, связи, функции, свойства и т.д. В случае управления развитием персонала эти изменяемые компоненты (эффективность развития) оцениваются с точки зрения организации.

Под *саморазвитием* в [110, С. 590] понимается самодвижение, связанное с переходом на более высокую ступень организации; под самодвижением – изменение объекта под влиянием внутренне присущих ему противоречий, факторов и условий. При этом внешние воздействия играют модифицирующую или опосредующую роль.

Более общим является понятие *самоорганизации* [110, С. 591] – процесса, в ходе которого создается, воспроизводится или совершенствуется организация сложной системы (термин «самоорганизующаяся система» ввел У.Р. Эшби [120]). Отметим, что различают три типа самоорганизации: самостоятельное зарождение организации (возникновение новой целостной системы), гомеостатические процессы и процессы совершенствования и саморазвития систем, которые способны накапливать и использовать

прошлый опыт. Очевидно, в управлении развитием наиболее существенны первый и третий типы самоорганизации (так как гомеостазис, как правило, характерен для стационарной ситуации).

Управлением называется воздействие на управляемую систему с целью обеспечения требуемого ее поведения [77, С. 571]. Если говорить об управлении организационной системой (ОС, организация – «объединение людей, совместно реализующих некоторую программу или цель и действующих на основе определенных процедур и правил» [110, С. 463]), то в теории управления организационными системами выделяют следующие типы управлений (основание их перечисления – компоненты модели ОС, на которые направлено управленческое воздействие) [77]:

- управление составом участников,
- управление структурой,
- мотивационное управление (управление мотивами и предпочтениями),
- институциональное управление (управление ограничениями и нормами деятельности),
- информационное управление (управление информацией, используемой при принятии решений).

В рамках такой классификации управление развитием персонала может рассматриваться, в первую очередь, как управление составом ОС (и именно так оно и рассматривалось в [45, 77, 82]). Однако при осуществлении этого управления не исключается использование и других перечисленных выше типов управления.

При управлении развитием персонала целесообразно использовать результаты теории управления социально-экономическими системами, полученные в следующих областях:

- механизмы¹ стимулирования [48, 82, 83, 86];
- механизмы управления развитием, в том числе – функционированием динамических организационных систем [7, 18, 38, 41, 60, 79, 84, 85];
- механизмы управления составом организационных систем [45, 77, 80, 82, 86];
- механизмы управления образовательными² системами [73, 76, 78, 85].

¹ Механизмом управления называется совокупность процедур принятия управленческих решений.

Персонал – «личный состав или работники учреждения, предприятия, составляющие группу по профессиональным или другим признакам» [102, С. 415].

В психологии выделяют следующие четыре процессуально-иерархические подструктуры личности, приведенные в Табл. 1, заимствованной из [93, С. 38-39].

Табл. 1. Схема иерархии основных подструктур как уровней личности, на которые накладываются характер и способности

Краткое название подструктур	Подструктуры подструктур	Специфические виды формирования
Направленность личности	Убеждение Мировоззрение Идеалы Стремления Интересы Желания	Воспитание
Опыт	Привычки Умения Навыки Знания	Обучение
Особенности психических процессов	Внимание Воля Чувства Восприятие	Упражнение
Биопсихические свойства	Мышление Ощущение Эмоции Память Темперамент Половые, возрастные, фармакологически обусловленные свойства	Тренировка

² Данный класс механизмов играет существенную роль, так как обучение персонала является одной из задач его развития – см. ниже.

Управление развитием персонала может (и в общем случае должно!) быть нацелено на развитие каждой из подструктур, перечисленных в Табл. 1. Однако, как правило, предметом развития персонала в организации не выступают два нижних уровня – биопсихические свойства и особенности психических процессов.

В современных российских фирмах направленность личности (наверное, это самая слабоформализуемая компонента) редко является предметом развития, что представляется недалеким, так как долгосрочные «инвестиции» в человеческий капитал являются эффективными с стратегической точки зрения (что подтверждается, например, кадровой политикой японских компаний).

Большинство управленческих воздействий на практике направлено на такую подструктуру как опыт, что с точки зрения организации соответствует *профессиональному развитию* личности. Поэтому ниже в настоящей работе основное внимание (по сравнению с тремя остальными подструктурами личности) уделяется именно моделям и методам профессионального развития.

Собирая воедино приведенные выше определения терминов «развитие», «управление» и «персонал», под **управлением развитием персонала** будем понимать воздействие на сотрудников организации, осуществляемое с целью повышения эффективности их деятельности с точки зрения интересов данной организации³.

Следует подчеркнуть, что речь идет о повышении эффективности деятельности (динамический аспект⁴), в то время как для побуждения к деятельности достаточно ограничиться стимулированием [82].

Завершив определение основных понятий, отметим, что в литературе по управлению персоналом существуют и другие опреде-

³ Так как управление всегда является целенаправленным процессом, то управление развитием персонала, осуществляемое организацией, как правило, соответствует, в первую очередь, ее целям. Даже в том случае, когда это управление непосредственно ориентировано на удовлетворение потребностей работника, осуществляется оно с тем, чтобы в результате эффективность деятельности этого работника в организации повысилась.

⁴ Переход от статических моделей к динамическим традиционен для современного математического моделирования – обычно сначала описывается и детально исследуется статическая модель некоторой системы, а затем эта модель модифицируется (обобщается) так, чтобы учесть динамику.

ления развития персонала, даваемые путем нерядоположенного (поэтому ссылок мы не даем) перечисления. Например:

«Система развития персонала – совокупность организационных структур, методик, процессов и ресурсов, необходимых для эффективного выполнения текущих и перспективных производственных задач; и для оптимального удовлетворения запросов работников, связанных с самореализацией, профессиональной подготовкой и карьерой»;

или:

«Развитие персонала – совокупность организационно-экономических мероприятий службы управления персоналом по:

- обучению, переподготовке и повышению квалификации персонала;

- организации изобретательской и рационализаторской работы;

- профессиональной адаптации;

- оценке кандидатов на вакантную должность;

- текущей периодической оценке кадров;

- планированию деловой карьеры;

- работе с кадровым резервом».

Классификация задач управления развитием персонала. Управление развитием персонала, как комплексное явление, может рассматриваться с точки зрения различных наук – см. Рис. 1. Среди них:

- психология [9, 19, 51, 53, 56, 59, 89, 113, 133, 142] (подробный обзор – с соответствующими ссылками – современных теорий мотивации и их использования при решении задач управления персоналом можно найти в [36, 62, 83]);

- социология [50, 94, 96, 98, 112];

- педагогика [10, 39, 54, 72, 73, 74];

- экономика [1-3, 17, 37, 57, 61, 92, 105, 111, 119, 124, 128, 134, 139, 141, 145];

- менеджмент (общий) [4, 5, 23, 30, 44, 62, 63, 65, 66, 88, 99, 101, 109, 127, 129, 135, 140, 146, 147];

- управление персоналом (как раздел менеджмента) [6, 20, 22, 24, 25, 31, 35, 36, 40, 43, 49, 68, 69, 95, 97, 103, 104, 106, 107, 122, 123, 125, 126, 131, 138]

- теория управления, в первую очередь – теория управления организационными системами [7, 8, 12, 13, 15, 16, 28, 34, 45, 48, 77, 80, 82, 83, 86, 114, 115, 117, 121, 132, 136, 137, 143], а также теория принятия решений [32, 33, 46, 70, 90, 130, 144].



Рис. 1. Управление развитием персонала с точки зрения различных наук

Приведем систему классификаций задач управления развитием персонала.

1. Первым основанием является то, с чьей точки зрения рассматривается развитие персонала – с точки зрения организации, или с точки зрения личности.

Ниже мы будем описывать модели развития персонала с точки зрения личности (элемента фиксированного состава организации). Отметим, что это вовсе не означает игнорирование позиции организации – так как речь идет о развитии персонала организации (и это развитие осуществляет организация, преследуя свои собственные цели), то вопрос заключается в том, что организация должна изменять с точки зрения личности, чтобы эффективность функционирования последней в данной организации была максимальна или удовлетворяла требуемому уровню.

С рассматриваемой точки зрения существенна фиксированность или переменность состава – можно рассматривать *развитие фиксированного* (неизменного) *состава* организации, а можно оптимизировать состав (решая задачи о найме и увольнении [82]) в рамках *развития организации*.

В качестве задач управления развитием персонала с точки зрения организации можно выделить⁵ (основание перечисления – этапы «жизненного цикла» сотрудника в организации):

- подбор,
- найм,
- расстановка,
- увольнение.

Формальные модели подбора, найма и увольнения рассматривались в рамках задач управления составом [45, 80, 82, 86]. Обзор применения методов исследования операций к управлению трудовыми ресурсами можно найти в [42].

Задачи расстановки могут трактоваться либо как задачи о назначении [14, 38, 41, 55, 60, 78, 85], либо как задачи синтеза и оптимизации организационной структуры [27, 67, 80].

Отдельной и чрезвычайно важной задачей управления развитием персонала, как с точки зрения организации, так и с точки зрения личности, является разработка и использование эффективной *системы компенсаций и льгот*. Формальные модели различных систем оплаты труда рассматривались во множестве работ – см. монографии [48, 82, 83] и обзоры в них. Системы компенсаций и льгот (сами по себе – без привязки к задаче развития) не являются предметом настоящего исследования.

2. Вторым основанием системы классификаций задач управления развитием персонала (УРП) является число сотрудников организации, чье развитие рассматривается – можно говорить о развитии отдельного индивидуума (*индивидуальное развитие*) или развитии группы/коллектива (*коллективное развитие*) – см. Рис. 2.

⁵ Отметим, что при этом часто упоминаемая в литературе по управлению персоналом оценка персонала является средством, а не задачей управления персоналом.



Рис. 2. Развитие организации и развитие персонала

В настоящей работе рассматривается индивидуальное развитие.

3. Третьим основанием являются те *подструктуры личности*, которые являются предметом управления развитием персонала – см. Табл. 1. Как отмечалось выше, основной акцент мы будем делать на профессиональном развитии.

4. Четвертым основанием являются аспекты развития. Среди них можно выделить – см. Рис. 3:

- *адаптация персонала* – процесс приспособления коллектива/сотрудника к изменяющимся условиям внешней и внутренней среды организации;

- *мотивация персонала* – создание условий и побуждение к саморазвитию (включая, во-первых, использование системы мотивации, стимулирующей раскрытие возможностей сотрудников, их профессиональный рост и саморазвитие). При этом вне рассмотрения остаются (см. первый пункт системы классификаций и Табл. 2): составляющие системы мотивации, касающиеся создания должных условий труда и отдыха персонала, использования системы компенсаций и льгот, создающей условия для сохранения и повышения потенциала и социальной защищенности сотрудников.

- *обучение персонала* (включая собственно обучение, повышение квалификации, переподготовку и т.д.);

- продвижение персонала (управление карьерой, включая планирование карьеры, подготовку резерва и т.д.);



Рис. 3. Развитие персонала

Итак, получаем систему классификаций задач управления развитием персонала, приведенную в Табл. 2. Предметом настоящего исследования являются задачи управления развитием персонала, относящиеся к затененной ячейке Табл. 2. Коллективное развитие мы не рассматриваем (модели формирования команд можно найти в [38, 75, 87]) – оно является перспективным предметом дальнейших исследований.

Табл. 2. Система классификаций задач управления развитием персонала

УПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЕМ ПЕРСОНАЛА		
С точки зрения организации (предмет управления «привязан» к функциям сотрудников)	С точки зрения личности (предмет управления с позиций организации «привязан» к эффективности выполнения сотрудниками своих функций)	
	Индивидуальное развитие	Коллективное развитие
Подбор		
Найм	Адаптация	
Расстановка	Мотивация	
Увольнение	Профессиональное развитие (обучение)	
	Продвижение	
Компенсации и льготы		

В данной работе управление развитием персонала рассматривается с точки зрения теории управления, и основным методом исследования является математическое моделирование. Поэтому приведем краткий обзор основных подходов в этой области.

Обзор известных подходов. Формальные модели обучения (развития) персонала рассматривались в [7, 45] (кроме того, обширный класс моделей научения описан в [74], однако в упомянутой работе акцента именно на развитие персонала не делалось).

В [7] исследовалась следующая модель. В результате решения задачи стимулирования (определения оптимальной с точки зрения управляющего органа – *центра* – зависимости размеров вознаграждений подчиненных ему *агентов* от результатов их деятельности) была найдена зависимость выигрыша центра от *типов* агентов (существенных их характеристик, определяющих эффективность деятельности: опыт, квалификация и т.д.) и *технологии деятельности* (описываемой некоторым параметром). Далее предполагалось, что известны как затраты на изменение типов агентов (например, путем обучения) при заданных текущих их типах, так и затраты на изменение технологии при заданной текущей технологии. Так как считалось, что технология деятельности характеризует центр, то были сформулированы и решены в рамках рассматриваемой модели следующие задачи (две частных и одна общая – включающая в себя обе частных):

- *задача «развития персонала»*: при заданных начальных типах агентов и фиксированной технологии найти новые значения типов агентов, максимизирующие разность между выигрышем центра и затратами на изменение типов;

- *задача развития центра* (технологии): при заданной начальной технологии и фиксированных типах агентов найти новую технологию, максимизирующую разность между выигрышем центра и затратами на изменение технологии;

- *задача комплексного развития*: при заданной начальной технологии и заданных начальных типах агентов найти новую технологию и новые типы агентов, которые максимизировали бы разность между выигрышем центра и затратами на изменение технологии и типов агентов.

Данные три задачи в [7] были обобщены на динамический случай с дискретным временем, в котором искались оптимальные

траектории развития – показано, что соответствующая задача может быть решена методом динамического программирования.

Результаты исследования приведенных в [7] задач управления развитием позволяют говорить о существовании единого подхода к описанию эффектов развития и самоорганизации (см. также модели обучения менеджеров проектов в [18]). Подход этот заключается в следующем: сначала описывается зависимость равновесного (в теоретико-игровом смысле) состояния организационной системы (ОС) от параметров центра и агентов, характеризующих их свойства, которые могут изменяться. Затем вводятся затраты на целенаправленное изменение этих параметров, и решается задача определения таких новых значений параметров (или траектории их изменения), которые максимизировали бы эффективность функционирования ОС в будущем (или в процессе перехода из заданного начального состояния в конечное) с учетом затрат на «переход».

Этот подход был также использован в [45]⁶ и развивается ниже в настоящей работе.

Структура изложения материала настоящей работы определяется введенной выше системой классификаций задач управления развитием персонала – см. Рис. 3 и Табл. 2.

Для построения моделей индивидуального развития необходимо сначала сформулировать и исследовать модель иерархии потребностей, что и делается в первом разделе. Второй раздел посвящен модели управления профессиональной адаптацией, третий – модели мотивации, четвертый – модели управления обучением, пятый – модели управления карьерой.

Заключение содержит краткое перечисление основных результатов (перспективы обобщения полученных результатов обсуждаются при рассмотрении соответствующих моделей).

Следует отметить, что приводимый ниже комплекс моделей не следует рассматривать как исчерпывающий все многообразие задач управления развитием персонала – нашей целью была, во-первых, демонстрация возможности и целесообразности использования в этой области аппарата математического моделирования, и, во-вторых, иллюстрация возможных методических подходов к

⁶ В упомянутой работе при заданных затратах на изменение типа для фиксированного набора агентов получены критерии выделения агентов, чей тип наиболее выгодно изменять.

построению и исследованию моделей развития персонала в различных встречающихся на практике ситуациях (действуя в новой ситуации по аналогии, можно построить адекватную модель и получить содержательно интерпретируемые выводы).

1. МОДЕЛЬ ИЕРАРХИИ ПОТРЕБНОСТЕЙ

В принятой на сегодняшний день в психологии и теории менеджмента концепции мотивации личности считается, что существует *иерархия потребностей*. В [21] предложена представленная на Рис. 4 модификация пирамиды А. Маслоу [59].



Рис. 4. Иерархия потребностей

Потребности нижнего уровня (первые две, лежащие в основании пирамиды) называются *первичными*, остальные – *вторичными*. Считается, что индивидуум «переходит» к удовлетворению потребности более высокого уровня тогда, когда у него относительно удовлетворены потребности более низких уровней. Рассмотрим описывающую этот качественный эффект формальную модель [81].

Пусть существуют n упорядоченных потребностей, первые k из которых являются первичными. Степень удовлетворения i -ой

потребности будем измерять числом $x_i \in [0; 1]$, $i \in N = \{1, 2, \dots, n\}$ – множеству потребностей.

Предположим, что *степень (уровень) удовлетворения i -ой потребности* зависит от ресурса⁷ $u_i \geq 0$, направляемого на удовлетворение этой потребности, и от степеней удовлетворения потребностей более низких уровней⁸:

$$(1) x_i(u_1, u_2, \dots, u_i) = \min \{f_i(u_i), \min_{j=1, i-1} \alpha_{ij} x_j\}, i \in N,$$

где $f_i: \mathfrak{R}_+^1 \rightarrow [0; 1]$ – известные строго монотонные непрерывные функции, $\alpha_{ij} \in (0; 1]$ – константы (веса), отражающие взаимосвязь между потребностями, $j \leq i, i \in N$.

Содержательно эти функции и константы отражают индивидуальные характеристики работника, потребности которого моделируются. Приведем качественный пример. Положим константы $\{\alpha_{ij}\}$ равными единице. Для «человека-потребителя», ориентирующегося лишь на первичные потребности, выполнено $\forall i = \overline{k+1, n}, \forall u_i \geq 0 f_i(u_i) = 1$. Для «человека-аскета», стремящегося к высшим ценностям, выполнено $\forall i = \overline{1, k}, \forall u_i \geq 0 f_i(u_i) = 1$, а функции $f_j(\cdot)$ растут достаточно медленно, причем рост их замедляется с увеличением $j \in \overline{k+1, n}$.

Так как практически любую индивидуальную специфику можно учесть подбором соответствующих функций $f_i(\cdot)$ и констант $\{\alpha_{ij}\}$, то в качестве агрегированной степени удовлетворения потребностей $s \in [0; 1]$ можно выбрать степень удовлетворения высшей из потребностей⁹:

⁷ Потребность характеризуется как нужда в чем-то, поэтому можно условно считать, что это «что-то» и есть «ресурс».

⁸ В настоящей работе принята независимая внутри подразделов нумерация формул.

⁹ Все приведенные ниже качественные результаты анализа формальной модели останутся в силе, если агрегированная степень удовлетворения потребностей будет монотонной непрерывной функцией степеней удовлетворения отдельных потребностей. Например, агрегированная степень удовлетворения потребностей может определяться как линейная комбинация (взвешенная сумма) степеней удовлетворения отдельных потребностей. Тогда, варьируя веса, можно отражать индивидуальные характеристики индивидуума, чьи потребности описываются.

$$(2) s(u) = x_n(u),$$

где $u = (u_1, u_2, \dots, u_n) \in \mathfrak{R}_+^n$ – вектор ресурсов.

Величина $s(u)$ может интерпретироваться как степень удовлетворенности сотрудника своей работой (если ресурсы для удовлетворения его потребностей в основном предоставляются организацией), как готовность работать в данной организации (при смене работы сотрудник сравнивает текущее значение величины (2) с альтернативным – предлагаемым на новом месте) и т.д.

Если функции $f_i(\cdot)$ принимают единичные значения при конечных значениях ресурса, то, считая заданным значение x_1^{\max} максимально возможной степени удовлетворения потребности нижнего уровня, вычислим максимально возможные значения степеней удовлетворения потребностей x_i^{\max} , $i \in N$, следующим образом. Введем в рассмотрение граф (N, E) , где множество дуг E представляет собой совокупность дуг от каждой вершины (соответствующей потребности) ко всем вершинам-потребностям более высокого уровня. Вычислим «потенциал» [14] i -ой вершины:

$$(3) x_i^{\max} = \min_{j < i} (x_j^{\max} \cdot \alpha_{ij}), i \in N \setminus \{1\}.$$

Выражения (1) и (2) позволяют при заданных функциях $f_i(\cdot)$ и векторе ресурсов u найти степень удовлетворения потребностей.

Можно решить и обратную задачу – поиска минимальных значений ресурсов $u^*(s^*)$, обеспечивающих достижение заданного уровня

$$(4) s^* \leq x_n^{\max}$$

удовлетворения потребностей. Обозначим $\alpha = \|\alpha_{ij}\|_{i, j \in N}$ – матрицу весов (вес α_{ii} будем считать равным единице, $i \in N$), $f_i^{-1}(\cdot)$ – функцию, обратную к функции $f_i(\cdot)$, $i \in N$, $l_{ij} = \ln(1 / \alpha_{ij})$, L_i – длину максимального пути в графе (N, E) из вершины i в вершину n при условии, что длины дуг равны l_{ij} , $i \in N$.

Если функции $f_j(\cdot)$ принимают значение s^* при конечных значениях ресурса, то решение этой задачи, очевидно, имеет вид:

$$(5) u_i^*(s^*, \alpha) = f_i^{-1}(s^* \exp(L_i)), i \in N.$$

Утверждение 1. Минимальные значения ресурсов, обеспечивающие достижение заданного уровня $s^* \leq x_n^{\max}$ удовлетворения потребностей, определяются выражением (5).

Принцип (5) распределения ресурса можно назвать «равномерным». Он, совместно с выражением (1) отражает иерархическую структуру потребностей личности.

Рассмотрим теперь следующую задачу: пусть заданы ограничения $\{R_i\}_{i \in N}$ на ресурсы, то есть $u_i \in [0; R_i]$, $i \in N$. Требуется определить, какие из них являются критическими, то есть, уменьшение количества каких ресурсов приведет к снижению агрегированного уровня удовлетворения потребностей.

Обозначим $R = (R_1, R_2, \dots, R_n)$ – вектор ограничений на ресурсы. Вычислим в соответствии с (2) значение $s(R)$.

Утверждение 2. Критическими являются ресурсы из множества

$$N_0 = \{i \in N \mid R_i = u_i^*(s(R), \alpha)\}.$$

Обобщим теперь рассмотренную модель на динамический случай (напомним, что до сих пор мы не учитывали различие первичных и вторичных потребностей).

Пусть имеется возможность расходовать в единицу времени суммарное количество ресурса в размере Q единиц (это суммарное количество не зависит от времени). Обозначим q_i – количество ресурса, выделяемое в единицу времени на удовлетворение i -ой потребности, $i \in N$ (для простоты будем считать, что эти количества постоянны во времени – возможность отказа от этого предположения обсуждается ниже).

Предположим, что первичные потребности не являются насыщаемыми, то есть $u_i(t) = q_i$, $i = \overline{1, k}$, а вторичные потребности – насыщаемые¹⁰, то есть $u_i(t) = q_i t$, $i = \overline{k+1, n}$. Для простоты здесь и

¹⁰ Содержательно это предположение отражает тот факт, что удовлетворение, например, физиологических потребностей должно производиться в каждый момент времени – результаты этого удовлетворения не могут «накапливаться»; в то время как результаты удовлетворения потребности в творчестве могут жить веками.

далее будем считать¹¹, что $\alpha_{ij} = 1$, $i \in N$, $j \leq i$. Тогда $L_i = 0$, $i \in N$, и получаем следующие уравнения динамики степеней удовлетворения потребностей в зависимости от вектора $q = (q_1, q_2, \dots, q_n)$ ресурсов, потребляемых в единицу времени:

$$(6) x_i(q_1, q_2, \dots, q_i, t) = \min_{j=1, i} f_j(q_j), i = \overline{1, k},$$

$$(7) x_i(q_1, q_2, \dots, q_i, t) = \min \left\{ \min_{j=1, k} f_j(q_j), \min_{m=k+1, i} f_m(q_m t) \right\}, i = \overline{k+1, n}.$$

Вектор ресурсов должен удовлетворять балансовому ограничению:

$$(8) \sum_{i \in N} q_i \leq Q.$$

Получим условие достижимости уровня удовлетворения потребностей s^* за конечное время.

Утверждение 3. Для достижения агрегированного уровня удовлетворения потребностей $s^* \leq x_n^{\max}$ за конечное время, достаточно выполнения следующего условия

$$(9) \sum_{i=1}^k f_i^{-1}(s^*) < Q.$$

Доказательство. Если выполнено условие (9), то, положив $q_i = f_i^{-1}(s^*)$, $i = \overline{1, k}$, из (6) получаем, что

$$(10) x_i(q_1, q_2, \dots, q_i, t) = s^*, i = \overline{1, k}.$$

Фиксируем $n - k$ строго положительных констант δ_i , $i = \overline{k+1, n}$, таких, что $\sum_{i=k+1}^n \delta_i = Q - \sum_{i=1}^k f_i^{-1}(s^*)$. Такие константы существуют в силу условия (9).

Обозначим $\delta = (\delta_{k+1}, \delta_{k+2}, \dots, \delta_n)$. Положим $q_i = \delta_i$, $i = \overline{k+1, n}$. Условие (8) при этом выполняется как равенство.

Из условия (7) получаем, что минимальное время $T(\delta)$, через которое будет достигнуто заданное значение s^* агрегированной степени удовлетворения потребностей, равно

¹¹ Все результаты останутся в силе и при произвольных α_{ij} , необходимо будет только учесть в соответствующих выражениях константы $\{L_i\}_{i \in N}$ — см. (5).

$$(11) T(\delta) = \max_{m=\overline{k+1, n}} \{f_m^{-1}(s^*) / q_m\}.$$

Это время конечно в силу, во-первых, строгой монотонности и непрерывности функций $f_i(\cdot)$ – см. выше, и, во-вторых, условия $s^* \leq x_n^{\max}$. Утверждение 3 доказано.

Отметим, что содержательно условие (9) означает следующее – имеющегося ресурса должно хватать на удовлетворение первичных потребностей. Если это не так, то весь ресурс будет расходоваться на ненасыщаемые первичные потребности, а на удовлетворение вторичных (насыщаемых) потребностей ресурса не останется.

Рассмотрим теперь задачу о быстродействии – минимизации времени T достижения заданного уровня $s^* \in [0; 1]$ удовлетворения потребностей путем распределения ресурса при заданных ресурсных ограничениях. Минимальное время (результат решения задачи) обозначим T^* .

Из доказательства утверждения 3 (в частности из условия (11)) следует справедливость следующего утверждения (основная идея заключается в том, что все вторичные потребности должны достигать требуемого уровня одновременно).

Утверждение 4. Если $s^* \leq x_n^{\max}$ и выполнено условие (9), то решение задачи о быстродействии имеет вид:

$$(12) q_i = f_i^{-1}(s^*), i = \overline{1, k},$$

$$(13) q_m = \frac{f_m^{-1}(s^*)}{\sum_{l=\overline{k+1, n}} f_l^{-1}(s^*)} (Q - \sum_{i=1}^k f_i^{-1}(s^*)), m = \overline{k+1, n},$$

$$(14) T^*(s^*, Q) = \frac{\sum_{l=\overline{k+1, n}} f_l^{-1}(s^*)}{Q - \sum_{i=1}^k f_i^{-1}(s^*)}.$$

Условие (9) будем считать выполненным в ходе дальнейшего изложения материала настоящего раздела. Полученные соотношения дают также возможность решать задачи терминального управления – минимизации суммарных ресурсов на достижение за заданное время требуемой степени удовлетворения потребностей; или максимизации агрегированного уровня удовлетворения потребностей за заданное время при фиксированных ограничениях на ресурсы.

Из выражений (11)-(14) можно получить зависимость $s^*(t)$, описывающую (при оптимальном распределении ресурса) зависимость степени удовлетворения потребностей от времени.

Для случая, когда $\forall i \in N f_i(\cdot) = f(\cdot)$ получаем:

$$(15) s^*(Q, t) = f\left(\frac{Qt}{n - k + kt}\right).$$

Видно, что величина $s^*(Q, t)$, определяемая выражением (15), монотонно возрастает по времени t и по количеству ресурса Q и убывает с ростом как общего числа потребностей n , так и с ростом числа первичных потребностей k (содержательные интерпретации очевидны).

Величина

$$(16) k(Q, t) = \frac{s^*(Q, t)}{Q \cdot t}$$

может рассматриваться как эффективность расходования ресурсов организации на удовлетворение потребностей (мотивацию) сотрудников.

Предположим, что функция $f(\cdot)$ имеет ограниченную производную. Тогда, подставляя (15) в (16), вычисляя производную по времени, получаем, что справедливо следующее утверждение.

Утверждение 5. Со временем эффективность расходования ресурсов на мотивацию уменьшается.

С содержательной точки зрения отчасти это утверждение объясняется фиксированностью во времени и ограниченностью степеней удовлетворения потребностей, ограниченностью ресурса и свойствами функции $f(\cdot)$. Если предположить, что вторичные потребности не ограничены сверху, то утверждение 5 в общем случае уже не будет справедливо.

Итак, подведем краткие промежуточные итоги. Предложена формальная модель иерархии потребностей, в которой степень удовлетворения потребности зависит от ресурса и от степеней удовлетворения потребностей более низких уровней. Решены прямые и обратные задачи распределения ресурса для статической модели (утверждение 1), найдено множество критических ресурсов (утверждение 2). Для динамической модели получены условия достижимости заданного уровня удовлетворения потребностей (утверждение 3), решена задача о быстродействии и задача терминального управления (утверждение 4), а также показано, что со временем эффективность расходования ресурсов на мотивацию уменьшается (утверждение 5).

Последний вывод свидетельствует, что, с одной стороны, для того, чтобы происходил постоянный рост уровня удовлетворения потребностей, они должны изменяться (учет изменения потребностей является перспективным направлением дальнейшего развития рассматриваемой модели). Одним из средств изменения вторичных потребностей является обучение персонала или карьерный рост, модели которых рассматриваются ниже в последующих разделах. Если такие возможности сотруднику не предоставляются (а он может оценивать не только уровень удовлетворения своих потребностей, но и их динамику), то возможно, что он предпочтет уволиться. С другой стороны, организации может быть не выгодно долго «держат» работника на одной и той же должности (так как объем ресурсов, требуемых для поддержания относительного роста степени удовлетворения его потребностей, будет увеличиваться) и организация может выступить инициатором продвижения или увольнения работника.

Выше было ведено предположение о стационарности количеств ресурсов, затрачиваемых в единицу времени на удовлетворение каждой из потребностей (в качестве гипотезы можно предположить, что в случае вогнутых функций $\{f_i(\cdot)\}$ именно стационарные количества ресурса будут оптимальны – аналогичный результат известен в теории календарно-сетевое планирования и управления [14]). Возможно, во-первых, отказаться от этого предположения и искать оптимальные траектории расходования ресурсов. Во вторых – допустить, что «уровень насыщения» той или иной потребности зависит от степеней удовлетворения этой

потребности и потребностей более низких уровней. Однако в общем случае вряд ли, применяя методы теории оптимального управления [11, 52, 58, 64], удастся получить аналитические решения задач терминального управления и задачи о быстродействии. Численное же решение этих задач, конечно, возможно и в общем случае.

Пример 1. Рассмотрим частный случай, в котором

$$(17) f_i(u_i) = I - \exp(-\gamma_i u_i), \quad i \in N,$$

где константа $\gamma_i > 0$ может интерпретироваться как скорость удовлетворения i -ой потребности, $i \in N$. Отметим, что экспоненциальные зависимости типа (17) часто используются в моделировании динамики процессов научения, адаптации и развития [71, 74].

Условие (9) примет вид:

$$(18) \left(\frac{1}{1-s^*} \right)^{\sum_{i=1}^k \frac{1}{\gamma_i}} < e^Q.$$

Оптимальным (в силу утверждения 4) будет распределение ресурса:

$$(19) q_i = \frac{1}{\gamma_i} \ln \left(\frac{1}{1-s^*} \right), \quad i = \overline{1, k},$$

$$(20) q_m = \frac{\frac{1}{\gamma_m}}{\sum_{l=k+1}^n \frac{1}{\gamma_l}} \left(Q - \ln \left(\frac{1}{1-s^*} \right) \sum_{i=1}^k \frac{1}{\gamma_i} \right), \quad m = \overline{k+1, n},$$

$$(21) T^*(s^*, Q) = \frac{\sum_{l=k+1}^n \frac{1}{\gamma_l}}{\frac{Q}{\ln \left(\frac{1}{1-s^*} \right)} - \sum_{i=1}^k \frac{1}{\gamma_i}}.$$

Выражения (15) и (16) примут соответственно вид:

$$(22) s^*(Q, t) = I - \exp \left(- \frac{\gamma Q t}{n - k + kt} \right),$$

$$(23) k(Q, t) = \left[I - \exp \left(- \frac{\gamma Q t}{n - k + kt} \right) \right] / (Q t).$$

Приведем числовой пример. Пусть $n = 7$, $k = 2$ (см. Рис. 4); $\gamma_i = 1 - 0.1 i$, $i = \overline{1,7}$; $s^* = 0.8$; $Q = 5$. Легко проверить, что условие (18) при этом выполнено.

Из (19)-(20) находим: $q_1 = 1.79$, $q_2 = 2.01$, $q_3 = 0.16$, $q_4 = 0.18$, $q_5 = 0.22$, $q_6 = 0.27$, $q_7 = 0.37$. Из (21) находим $T = 14.64$.

На Рис. 5 представлена динамика (расчеты производились в Excel) степеней удовлетворения потребностей – непрерывная горизонтальная линия соответствует оптимальной динамике первичных потребностей (первой и второй), возрастающая штрихпунктирная линия соответствует оптимальной динамике вторичных потребностей (с третьей по седьмую – все они следуют одной и той же траектории¹²).

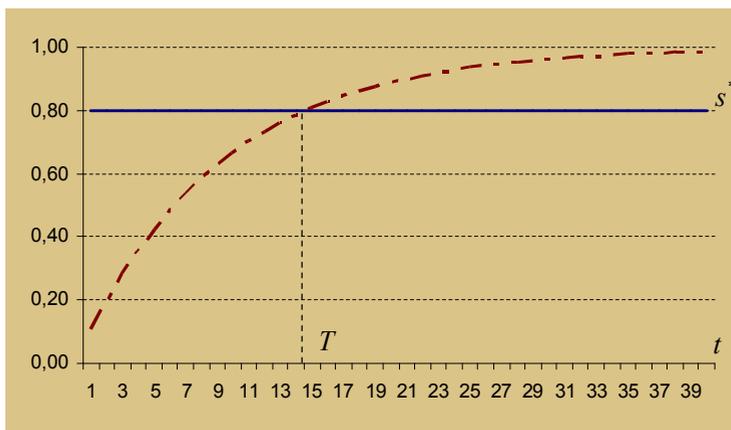


Рис. 5. Динамика степеней удовлетворения потребностей в примере 1

Для рассматриваемого числового примера выражения (22) и (23) примут соответственно вид (считаем $\gamma = 0.2$):

$$(24) s^*(t) = 1 - \exp\left(-\frac{t}{5+2t}\right),$$

¹² Это свойство в общем случае не имеет места, в настоящем примере оно обусловлено тем, что все функции $\{f(\cdot)\}$ принадлежат одному параметрическому семейству.

$$(25) k(t) = [1 - \exp(-\frac{t}{5+2t})] / (5t).$$

График зависимости (24) степени удовлетворения потребностей от времени приведен на Рис. 6.

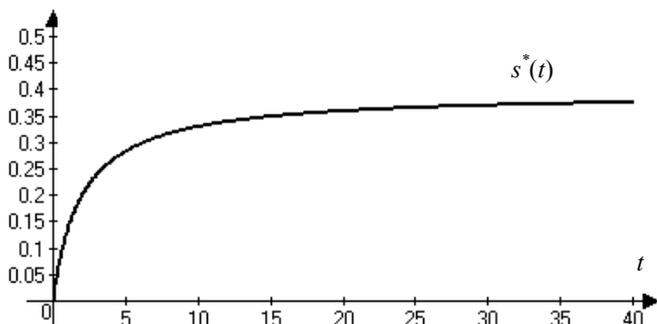


Рис. 6. Зависимость (24) степени удовлетворения потребностей от времени

График зависимости (25) эффективности от времени приведен на Рис. 7.

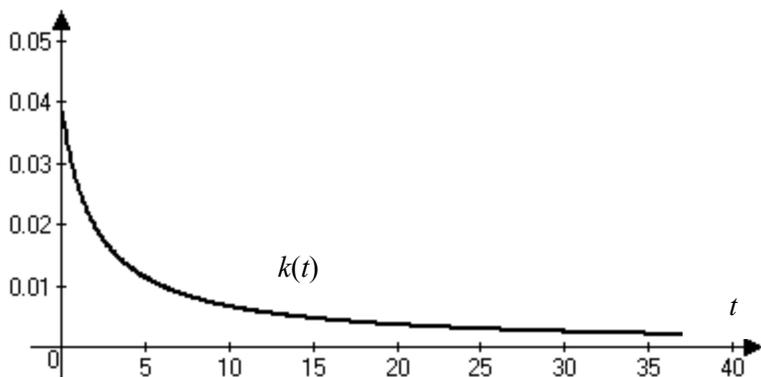


Рис. 7. Зависимость (25) эффективности от времени

Видно (см. Рис. 7), что в соответствии с утверждением 5 эффективности (25) убывает со временем. •¹³

В заключение настоящего раздела обсудим проблему идентификации предложенной формальной модели иерархии потребностей (то есть, что необходимо сделать и какую информацию получить для того, чтобы «увязать» ее с результатами экспериментальных психологических и социологических исследований).

Для того чтобы задать модель, необходимо определить:

1. Список упорядоченных потребностей. С этим этапом, как правило, проблем не возникает – можно взять за основу одну из известных в психологии концепций мотивации.

2. Набор ресурсов и ограничения на них. В первом приближении можно следовать сложившейся в экономико-математическом моделировании традиции и считать, что ресурсов всего два – доход работника и его свободное время [8, 119, 134]. Формализация других возможных мотивационных воздействий (в первую очередь – моральных) требует дальнейших исследований.

3. Матрица α , отражающая взаимовлияние потребностей. Здесь есть два возможных пути. Первый заключается в том, чтобы выявить типологию работников – установить связь между их объективными характеристиками и структурой взаимовлияния их потребностей различного уровня. Второй путь состоит в нахождении путем опросов персонала в каждом конкретном случае субъективной «важности» (весов) удовлетворения тех или иных потребностей. Множество подобных экспериментальных исследований уже проводилось, и их результаты отражены в психологической и социологической литературе.

4. Функции $\{f(\cdot)\}$, связывающие степени удовлетворения потребностей с количеством ресурса. Для их идентификации можно поступить следующим образом: предположить, что такая функция одинакова для всех потребностей (тем самым «переложив всю тяжесть» отражения индивидуальных особенностей на матрицу α), выбрать параметрический класс монотонных вогнутых функций, а затем определить типовые значения параметра по результатам наблюдений за интервалами времени между сменой работы или

¹³ Символ «•» здесь и далее обозначает окончание примера или доказательства.

повышением квалификации или повышением в должности (см. обсуждение выше).

Подводя итог, можно сделать вывод, что адаптация предложенной модели и ее использование для решения реальных задач управления персоналом возможны, но требуют дальнейших эмпирических¹⁴ исследований.

2. МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ АДАПТАЦИЕЙ

Адаптация – «вид взаимодействия личности или социальной группы с социальной средой, в ходе которого согласовываются требования и ожидания его участников [110, С.12]».

В последнее время адаптивным свойствам организации в литературе по менеджменту уделяется значительное внимание – см. [5, 44, 99, 109, 147].

С точки зрения управления персоналом, адаптация – приспособление сотрудника или коллектива к требованиям, предъявляемым организацией. Возможен и обратный процесс, когда организация или ее часть адаптируется под требования отдельного сотрудника или их группы. Примером может служить смена собственника или управленческой команды.

Можно выделить следующие аспекты адаптации персонала¹⁵ в организации:

- психофизиологический,
- профессиональный (трудовая или *профессиональная адаптация*),
- организационный,
- социально-психологический.

Ниже рассматривается модель профессиональной адаптации. Другие аспекты адаптации качественно обсуждаются в литературе по управлению персоналом – см. [22, 26, 36, 104, 106, 107, 108, 116

¹⁴ Перспективы теоретических исследований отражены выше.

¹⁵ Иногда употребляют термин «численная адаптация», понимая под этим адаптацию численности персонала к изменившимся требованиям производства. Подобные эффекты относятся, скорее, к оптимизации состава – см. ссылки выше.

и др.]. Общей закономерностью адаптации (в том числе – персонала) является первоначальный (после приема сотрудника на работу или изменений в организации) рост уровня психологического дискомфорта, с последующим его снижением до некоторого стационарного значения [26, 74, 120].

Иногда целесообразно разделять *первоначальную адаптацию* – когда новый сотрудник адаптируется к условиям своей деятельности в организации (иногда в литературе по HR-менеджменту этот этап называют этапом «акклиматизации»), и *текущую адаптацию* – когда все или часть сотрудников адаптируются к происходящим в организации или во внешней среде изменениям. С точки зрения формального моделирования эти два вида адаптации различаются слабо, поэтому ниже мы будем приводить содержательные примеры для одного из них, а именно – для первоначальной адаптации.

Рассмотрим формальную модель. Деятельность сотрудника будем описывать вектором $x = (x_1, x_2, \dots, x_n) \in \mathfrak{R}_+^n$, где $x_i \geq 0$ – i -ый показатель деятельности, $i \in N = \{1, 2, \dots, n\}$ – множеству показателей.

Примерами показателей деятельности могут служить: количество отработанных часов; объем произведенной продукции; время, затрачиваемое на выполнение того или иного задания, количество ошибок и т.д.

Будем считать, что все показатели переведены в такую шкалу, что чем выше значение каждого из показателей, тем эффективнее в целом деятельность работника (это всегда можно сделать, взяв в случае необходимости соответствующую величину с обратным знаком, или вычислив обратные величины).

Пусть на множестве показателей деятельности сотрудника задана целевая функция организации – оценка организацией *эффективности* деятельности сотрудника $F(x): \mathfrak{R}_+^n \rightarrow \mathfrak{R}^1$, которая монотонно возрастает по всем переменным, является гладкой и имеет выпуклые множества уровня (последнее предположение содержательно означает, что любая линейная комбинация двух векторов показателей деятельности, имеющих одинаковую эффективность, характеризуется не большей эффективностью).

Пусть задано начальное значение x^0 вектора показателей деятельности (например, в случае первичной адаптации это – те значения показателей, которыми работник характеризуется в момент поступления на работу) и фиксирован горизонт времени T . Количественно адаптации в данном случае будет соответствовать изменение с течением времени значений компонент вектора показателей деятельности сотрудника (их увеличение). Целью организации будем считать максимизацию средней эффективности деятельности сотрудника за период времени $[0; T]$:

$$(1) K(x(\cdot)) = \frac{1}{T} \int_0^T F(x(t)) dt \rightarrow \max_{x(\cdot)}$$

Задачу (1) можно назвать задачей поиска *политики адаптации*, а последовательность значений показателей $x(t)$, $t \in [0; T]$ – *траекторией адаптации*.

Возможным принципом выбора траектории адаптации является следующий – траектория должна удовлетворять семейству (параметр – функция $\beta(t)$) дифференциальных уравнений

$$(2) \dot{\mathbf{x}}(t) = \beta(t) \frac{\nabla F(\mathbf{x})}{\|\nabla F(\mathbf{x})\|}$$

с начальным условием $\mathbf{x}(0) = x^0$, где $\|\cdot\|$ обозначает норму в \mathcal{R}^n .

Другими словами, с точки зрения организации в каждый момент времени изменение вектора показателей деятельности сотрудника должно совпадать с направлением максимально быстрого роста эффективности (направлением, определяемым нормалью к линии уровня целевой функции организации).

Такой принцип принятия решений является достаточно простым. Содержательно он отражает политику («близорукую») локальной оптимальности и нередко встречается на практике.

Тогда оптимальным с точки зрения критерия (1) будет максимально быстрое движение вдоль траектории, определяемой (2). Такую траекторию назовем оптимальной «близорукой» политикой адаптации.

До сих пор, формулируя задачу (1), мы ничего не говорили об ограничениях. Учитывать их необходимо, хотя бы потому, что способность человека (как и любой системы) к изменениям ограничена. Точнее – существуют ограничения на максимальную

скорость изменений. В самом общем виде эти ограничения могут быть записаны в следующем «покоординатном» виде:

$$(3) \dot{\mathbf{x}}(t) \leq \mathbf{G}(\mathbf{x}, t),$$

или в виде ограничения на «абсолютную величину» скорости изменений:

$$(4) \|\dot{\mathbf{x}}(t)\| \leq G_0(\mathbf{x}, t).$$

Задача (1), (3) или (1), (4) является типовой задачей оптимального управления и может быть решена в каждом конкретном случае. Однако, для того, чтобы получить простые аналитические и содержательно интерпретируемые решения, вернемся к семейству решений (2).

Рассмотрим следующий вариант ограничений, являющийся частным случаем условия (4):

$$(5) \|\dot{\mathbf{x}}(t)\| \leq G_0,$$

где G_0 – неотрицательная константа.

Из (2) и (5) получаем ограничение

$$(6) \beta(t) \leq G_0.$$

Утверждение 6. Оптимальной «близорукой» политикой адаптации является решение уравнения (2) при

$$(7) \beta(t) = G_0 \quad \forall t \geq 0.$$

Приведем иллюстративный пример.

Пример 2. Пусть $n = 2$, $F(x_1, x_2) = a(x_1)^2 + b(x_2)^2$. Тогда из (2) и (7) получаем:

$$\dot{x}_1(t) = \frac{a G_0 x_1}{\sqrt{(a x_1)^2 + (b x_2)^2}}, \quad \dot{x}_2(t) = \frac{b G_0 x_2}{\sqrt{(a x_1)^2 + (b x_2)^2}}.$$

Другими словами относительные скорости изменения показателей деятельности сотрудника должны быть пропорциональны важности этих видов деятельности с точки зрения организации:

$$\frac{\dot{x}_1(t)}{\dot{x}_2(t)} = \frac{a x_1(t)}{b x_2(t)}.$$

То есть, оптимальной «близорукой» политикой будет кривая вида $x_2 = (x_1)^{b/a}$. На Рис. 8 приведены линии уровня целевой функции организации при $a = 1$, $b = 2$, $x^0 = 0$. Оптимальной «близорукой» политикой адаптации является пунктирная кривая, проходя-

щая через начальную точку x^0 . Движение по этой кривой происходит с постоянной скоростью G_0 . •

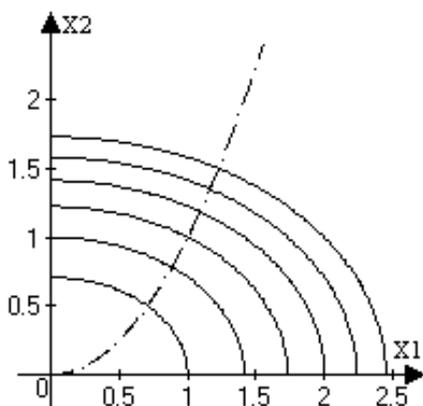


Рис. 8. Оптимальная «близорукая» политика адаптации в примере 2

Приведем пример ситуации, в которой «близорукая» политика адаптации не является оптимальной.

Пример 3. Пусть функция $F(\cdot)$ симметрична относительно перестановки аргументов. Содержательно это означает, что все показатели деятельности сотрудника одинаково важны с точки зрения организации. Из (2) следует, что оптимальной является равномерная «близорукая» политика адаптации, то есть, удовлетворяющая

$$(8) \dot{x}_i(t) = \beta(t), i \in N.$$

Пусть на скорости изменений наложены ограничения:

$$(9) \dot{x}_i(t) \leq G_i, i \in N.$$

Тогда оптимальной «близорукой» политикой адаптации будет траектория с одинаковыми скоростями прироста всех показателей, равными минимальному из ограничений:

$$(10) \dot{x}_i(t) = \min_{i \in N} \{G_i\}, i \in N.$$

Легко видеть, что оптимальная «близорукая» политика адаптации (10) не является оптимальным решением задачи (1) при

данных ограничениях – например, большее значение функционала (1) может быть достигнуто, если скорости изменений каждого из показателей являются максимально возможными:

$$\dot{x}_i(t) = G_i, i \in N. \bullet$$

Таким образом, в настоящем разделе предложена модель профессиональной адаптации персонала. Для ряда частных случаев решена задача синтеза оптимальной политики адаптации. Перспективным направлением дальнейших исследований в этой области представляется поиск аналитических решений для случаев, когда ограничения на скорость изменения показателей деятельности сотрудников зависят от времени и текущих значений этих показателей¹⁶.

3. МОДЕЛЬ МОТИВАЦИИ

Проблемы мотивации и стимулирования являются предметом исследований специалистов по теории управления социально-экономическими системами на протяжении нескольких десятилетий. Современное состояние этого направления отражено в монографиях [82, 83, 105, 114, 121].

Основная идея заключается в следующем: центр должен найти такую систему стимулирования, которая побуждала бы агента выбирать наиболее выгодные для центра (с учетом затрат на стимулирование) действия. Решение этой задачи состоит из двух этапов: на первом этапе – этапе согласования – центр ищет минимальную (требующую от него наименьших затрат) систему стимулирования, которая побуждала бы агента выбрать заданное действие (в силу гипотезы рационального поведения [32, 46] агент выбирает те действия, которые доставляют максимум его целевой функции). На втором этапе – этапе согласованного планирования – центр решает, какое из действий агента следует реализовывать (побуждать агента выбрать).

¹⁶ На практике распространены ситуации, когда, например, для рабочих на период адаптации устанавливаются пониженные нормы, а с ростом стажа и опыта работы нормы и требования к результатам деятельности растут.

Рассмотрим базовую (простейшую) задачу стимулирования. Предположим, что целевая функция центра представляет собой разность между его доходом $H(y)$, зависящим от действия агента $y \in A$ – множеству допустимых действий, и неотрицательным стимулированием $\sigma(y)$:

$$(1) \Phi(\sigma(\cdot), y) = H(y) - \sigma(y).$$

Целевая функция агента равна разности между стимулированием, получаемым от центра, и затратами агента $c(y)$:

$$(2) f(\sigma(\cdot), y) = \sigma(y) - c(y).$$

Определим действие агента, требующее от него минимальных затрат: $y_{LCA} = \arg \min_{y \in A} c(y)$.

Известно [48, 82], что в рамках рассматриваемой модели оптимальной является компенсаторная система стимулирования:

$$(3) \sigma_K(x, y) = \begin{cases} c(x) - c(y_{LCA}), & y = x \\ 0, & y \neq x \end{cases}$$

где переменная $x \in A$ является *планом* – желательным с точки зрения центра действием агента.

Далее для простоты будем считать, что $A = \mathfrak{R}_+^1$, а функция затрат является неубывающей, положительнозначной и $c(0) = 0$. Тогда $y_{LCA} = 0$.

Оптимальным является план x^* , который может быть получен в результате решения задачи оптимального согласованного планирования:

$$(4) x^* = \arg \max_{y \in A} [H(y) - c(y)].$$

Таким образом, решением задачи стимулирования является компенсаторная система стимулирования (3) с планом (4). Рассмотренная одноэлементная детерминированная модель имеет обобщения на случай неопределенности [83], а также на случаи нескольких взаимосвязанных агентов, нескольких центров, нескольких уровней иерархии, нескольких периодов функционирования и т.д. – см. [82].

Завершив краткий обзор базовой задачи стимулирования, отметим, что она заключается в побуждении агента к совершению тех или иных действий (при этом под действием обычно понимается переменная, отражающая результаты выполнения сотрудни-

ком своих функциональных обязанностей). С точки зрения развития персонала цель стимулирования и мотивации заключается в побуждении агентов к развитию или саморазвитию. Поэтому рассмотрим модель мотивации, которая отражает «динамику» (точнее – возможность изменения) характеристик агента, влияющих на эффективность его деятельности, то есть на то, какие действия он выбирает, какие затраты при этом несет, и какой доход при этом получает центр.

Переменная, отражающая все существенные характеристики агента, в теории контрактов [121, 143] называется его *типом*¹⁷. Обозначим $r \in \Omega \subseteq \mathcal{R}^I$ – тип агента и предположим, что от него зависят затраты, то есть $c = c(y, r)$. Будем считать, что затраты уменьшаются с ростом типа. Условно развитием можно считать увеличение типа агента. Например, повышая квалификацию, он может выполнять те же действия с меньшими затратами, или за то же время достигать больших количественных результатов, или повысить качество производимой им продукции и т.д.

Предположим, что тип агента известен центру. Подставляя функцию затрат $c(y, r)$ в (3), получаем, что минимальные затраты центра на стимулирование по реализации действия $x \geq 0$ равны $c(x, r)$, то есть зависят как от плана, так и от типа агента.

При использовании компенсаторной системы стимулирования выполнять план агенту выгодно, однако в силу (2) и (3), даже при выполнении плана, агент, независимо от своего типа, получает нулевое значение полезности (значение его целевой функции равно нулю). Так как получаемая агентом полезность не зависит от его типа, то агент будет безразличен к его изменениям – у него не будет стимулов повышать свой тип, даже если такая возможность представится. Таким образом, **компенсаторная система стимулирования не побуждает агента к развитию**. Следовательно, необходима разработка и исследование системы стимулирования (мотивации), побуждающей агента к увеличению своего типа.

Существуют несколько возможных подходов к решению этой проблемы.

¹⁷ Следует признать данный термин неудачным, так как в психологии «тип» отражает качественную (а не количественную) классификацию объектов. Однако, все же мы будем использовать данный термин, следуя сложившейся в экономико-математическом моделировании традиции.

Первый подход используется в теории контрактов и заключается в следующем. Если центру неизвестен тип агента или агентов (примером ненаблюдаемого явно типа могут служить способности агента), но он хочет использовать унифицированную систему стимулирования, в которой вознаграждение явным образом зависит только от действий агентов, то ему необходимо разработать меню контрактов – наборов пар «сообщение агента о своем типе» и «соответствующее этому сообщению вознаграждение». При этом меню контрактов должно быть таким, чтобы всем агентам было выгодно сообщать достоверную информацию, и чтобы агенты с более высокими типами выбирали большие действия. Соответствующие модели подробно описаны в [45, 47, 143].

Второй подход (используемый и развиваемый ниже в настоящей работе) в общих чертах заключается в следующем. Пусть центру достоверно известны типы агентов (примером «наблюдаемого» типа может быть подтвержденная документально квалификация агента), и он использует персонифицированную (свою для каждого агента) систему стимулирования, в которой размер вознаграждения явным образом зависит от типа агента.

Тогда система стимулирования будет побуждать агента к саморазвитию (увеличению своего типа), если значение целевой функции агента возрастает с увеличением типа. Значит задача управления саморазвитием (задача мотивации) заключается в нахождении класса систем стимулирования, обладающих отмеченным свойством. Перейдем к описанию формальной модели для случая взаимодействия центра с одним агентом.

Пусть система стимулирования $\sigma(y, r)$, как и функция затрат $c(y, r)$, зависит от действия агента $y \geq 0$ и от его типа $r \geq r_0$, где «начальный» тип агента $r_0 > 0$ может интерпретироваться как начальная квалификация агента, эффективность его деятельности и т.д., которые в процессе развития могут увеличиваться¹⁸.

Целевая функция агента имеет вид:

$$(5) f(\sigma(\cdot), y, r) = \sigma(y, r) - c(y, r).$$

В силу гипотезы рационального поведения [32] агент с типом r выберет действие $y^*(\sigma(\cdot), r)$ из множества

¹⁸ В следующем разделе мы рассмотрим случай, когда тип агента (например, его квалификация) может уменьшаться со временем.

$$(6) P(\sigma(\cdot), r) = \text{Arg max}_{y \geq 0} [\sigma(y, r) - c(y, r)].$$

Если выполнена гипотеза благожелательности [32], то из множества (6) агент выберет действие, наиболее благоприятное для центра. Тогда задача стимулирования будет заключаться в выборе центром системы стимулирования, максимизирующей его целевую функцию:

$$(7) \max_{y \in P(\sigma(\cdot), r)} [H(y) - \sigma(y, r)] \rightarrow \max_{\sigma(\cdot)}.$$

Решение задачи (7) обозначим $\sigma^*(y, r)$. Задача мотивации будет заключаться в наложении дополнительного ограничения в задаче (7) – необходимо потребовать, чтобы выигрыш агента увеличивался с ростом его типа. Формально, должно выполняться следующее: функция выигрыша агента (в зависимости от его типа)

$$(8) \delta(r) = \sigma^*(y^*(\sigma^*(\cdot), r), r) - c(y^*(\sigma^*(\cdot), r), r)$$

не должна убывать по параметру r .

Проиллюстрируем, как сформулированная общая задача мотивации может решаться в случае использования центром таких подробно исследованных в теории и широко применяемых на практике систем стимулирования как «компенсаторная» и «линейная».

«Компенсаторная» система мотивации. Предположим, что, в отличие от (3), центр использует следующую систему стимулирования:

$$(9) \sigma_K(x, y, r) = \begin{cases} (1 + \rho(r)) c(x, r), & y = x \\ 0, & y \neq x \end{cases},$$

где функция $\rho(r)$ может интерпретироваться как гибкий «норматив рентабельности», зависящий от типа агента (см. модели с фиксированным нормативом рентабельности в [55, 77, 78]).

Условие согласованности (выгодности для агента выполнения плана – см. (6)) примет вид: $\rho(r) \geq 0, r \geq r_0$. Для определенности положим:

$$(10) \rho(r) \geq 0, r \geq r_0, \rho(r_0) = \rho_0,$$

то есть агенту с минимальным («начальным») типом r_0 устанавливается «надбавка» ρ_0 (см. также обсуждение роли мотивационных надбавок для компенсаторных систем стимулирования в [48, 82]).

Центр определяет план $x^* \geq 0$, решая задачу оптимального согласованного планирования:

$$(11) x^*(\rho(\cdot)) = \arg \max_{x \geq 0} [H(x) - (I + \rho(r)) c(x, r)].$$

Подставляя (9) и (11) в (5), получаем выражение для выигрыша агента в случае выполнения плана:

$$(12) \delta(\rho(\cdot), r) = \rho(r) c(x^*(\rho(\cdot)), r).$$

Задача мотивации заключается в нахождении множества зависимостей $\rho(\cdot)$, удовлетворяющих (10). В дальнейшем центр может выбирать из найденного класса, например, ту из них, которая максимизирует его целевую функцию.

Приведем пример решения задачи мотивации для случая, когда доход центра линеен по действию агента, а затраты агента описываются обобщенной функцией Кобба-Дугласа:

$$H(y) = \lambda y, c(y, r) = (I/\alpha) (y/r)^\alpha, \alpha \geq 1.$$

Получаем, что оптимальный для центра план должен удовлетворять

$$(13) c'_y(x, r) = \lambda / (I + \rho(r)),$$

то есть

$$(14) x^*(r) = r \left[\frac{\lambda}{I + \rho(r)} \right]^{\frac{1}{\alpha-1}}.$$

Находим

$$(15) \delta(\rho(\cdot), r) = r \rho(r) \left[\frac{\lambda}{I + \rho(r)} \right]^{\frac{1}{\alpha-1}} / \alpha.$$

Исследуем задачу поиска зависимости $\rho(\cdot)$, удовлетворяющей (10), при которой $\delta(\rho(\cdot), r)$, определяемое выражением (15), не убывает по $r \geq r_0$.

Пример 4. Для того чтобы получить аналитическое решение, выберем квадратичную функцию затрат ($\alpha = 2$), тогда получим следующее дифференциальное условие на зависимость $\rho(r)$:

$$(16) \rho(r) (I + \rho(r)) + \rho'(r) \geq \rho'(r) \rho(r) r.$$

Пусть (16) выполняется как равенство. Найдем решение соответствующего дифференциального уравнения (частное решение $\rho(r) = 0$ отбрасываем как тривиальное):

$$(17) r(\rho) = \text{Const} (I + \rho) + I + (I + \rho) \ln [(I + \rho) \rho],$$

где $Const$ – константа, определяемая из начального условия $\rho(r_0) = \rho_0$.

Решение (17) может интерпретироваться как «минимальная» надбавка, при которой выигрыш агента не убывает при увеличении его типа (точнее – выигрыш постоянен, вне зависимости от типа). Графические примеры зависимости $\rho(r)$, удовлетворяющей (17), приведены на Рис. 9. •

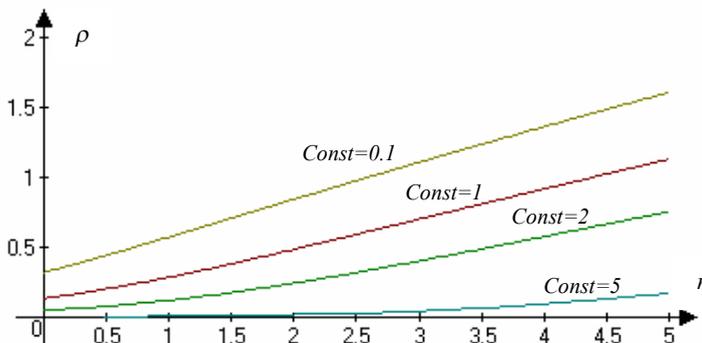


Рис. 9. Примеры зависимости $\rho(r)$, удовлетворяющей (17)

Следующее утверждение дает условия согласования интересов центра и агента относительно развития агента.

Утверждение 7. Пусть $\rho(r)$ – неубывающая функция. Тогда, если развитие агента выгодно центру, то оно выгодно и агенту.

Доказательство утверждения 7. Подставляя (13) и (14) в (1), найдем зависимость выигрыша центра от типа агента:

$$\Delta(r) = \frac{\lambda^2 r}{2(1 + \rho(r))}.$$

Записывая условия возрастания этого выражения по r , получаем, что при $\rho'(r) \geq 0$ оно влечет выполнение условия (17). •

«Линейная» система мотивации. Пусть центр использует пропорциональную систему стимулирования

$$(18) \sigma_L(y, r) = \beta(r) y$$

со ставкой оплаты $\beta(r)$, зависящей от типа агента. Тогда, подставляя (18) в (5), получаем, что агент, имеющий функцию затрат типа Кобба-Дугласа, выберет действие

$$(19) y^*(\beta(\cdot), r) = r (\beta(r))^{1/(\alpha - 1)}.$$

Выигрыш агента при этом равен

$$(20) \delta(\rho(\cdot), r) = r (\beta(r))^{\alpha/(\alpha - 1)} (1 - 1/\alpha).$$

Задача мотивации, решаемая центром, заключается в том, чтобы найти зависимость $\beta(r)$, такую, что (20) не убывает с ростом типа агента $r \geq r_0$, а выигрыш центра при этом максимален.

Если функция дохода центра линейна (как и предполагалось выше), то для неотрицательности выигрыша центра достаточно, чтобы имело место:

$$(21) \beta(r) \leq \lambda.$$

Содержательно, условие (21) означает, что центр не может, побуждая агента увеличивать его тип, устанавливать ставки оплаты, большие, чем предельный доход центра от деятельности агента (этот качественный вывод останется в силе и при вогнутой возрастающей функции дохода центра).

Из анализа (20) следует, что ставка оплаты может и снижаться с ростом типа агента, однако не слишком быстро. Ограничение снизу дается следующим утверждением.

Утверждение 8. Для побуждения агента к развитию зависимость ставки оплаты $\beta(r)$ от типа агента в линейной системе стимулирования должно удовлетворять следующему условию:

$$(22) \frac{\beta'(r)}{\beta(r)} \geq -\frac{\alpha - 1}{\alpha r}.$$

Например, при $\alpha = 2$ ставка оплаты может уменьшаться с ростом типа агента, но «не быстрее», чем $\frac{1}{\sqrt{r}}$.

Отметим, что при постоянной ставке оплаты агенту выгодно увеличивать свой тип (см. (20)). Содержательно, этот вывод обусловлен тем, что при использовании центром линейной системы стимулирования вида (18) с постоянной ставкой оплаты выигрыш агента от выбора действия (19) положителен (при $\alpha > 1$ он строго больше нуля, в отличие от нулевого выигрыша при использовании

центром компенсаторной системы стимулирования (3)) и пропорционален типу агента.

Кроме того, аналогичный утверждению 7 результат можно получить и для модели «линейного» стимулирования – если развитие агента выгодно центру, то оно выгодно и агенту.

Линейные системы стимулирования вида $\sigma_L(y) = \beta_0 y$ менее эффективны, чем компенсаторные [82]. Для того чтобы эффективность линейной системы стимулирования сравнялась с эффективностью компенсаторной, необходимо добавить к ней отрицательную константу σ_0 , то есть: $\sigma_L(y) = \sigma_0 - \beta_0 y$, где параметры σ_0 и β_0 таковы, что: $c'(x^*) = \beta_0$, $\sigma_0 = c(x^*) - \beta_0 x^*$.

Полученные в настоящем разделе результаты позволяют не только находить ограничения на системы стимулирования, обеспечивающие мотивационную роль последних, но и оценивать максимальные затраты агента на повышение своего типа, при которых оно еще выгодно. Так, если известна функция $C(r_0, r)$ затрат на повышение типа агента со значения r_0 до значения $r \geq r_0$, то повышение типа будет выгодно агенту, если выполнено

$$C(r_0, r) \leq \delta(r) - \delta(r_0),$$

где $\delta(\cdot)$ определяется используемой системой стимулирования (см. выражения (15) и (20)).

Таким образом, в настоящем разделе показано, что традиционная компенсаторная система стимулирования не побуждает агента к развитию. Сформулирована задача управления саморазвитием (задача мотивации), которая заключается в нахождении класса систем стимулирования, побуждающих агента к саморазвитию (увеличению своего типа). Получены условия, при выполнении которых развитие агента, выгодное центру, оказывается выгодным и для агента. Для «компенсаторных» и «линейных» систем стимулирования найдены ограничения на их параметры (утверждения 7 и 8), обеспечивающие требуемый мотивационный эффект.

Завершив рассмотрение модели мотивации, отметим, что перспективными направлениями дальнейших исследований являются: изучение задач мотивации нескольких взаимосвязанных агентов, а также исследование «траекторий» развития персонала под влиянием той или иной системы мотивации.

4. МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ОБУЧЕНИЕМ

В предыдущем разделе было показано, как, решая задачу стимулирования, получить зависимость выигрышей участников организационной системы (центра и агента) от типа агента. Имея эту зависимость, можно ставить и решать задачи управления обучением, которое в рамках рассматриваемого класса моделей заключается в предоставлении возможности агенту повысить свой тип.

Выше мы рассматривали задачу мотивации, которая состояла в создании условий для того, чтобы агенту было выгодно повышать свой тип (чтобы у него оставались ресурсы, получаемые в результате стимулирования, которые он мог бы и хотел бы направить на свое развитие). Однако обучение требует и ресурсов, и времени, поэтому учтем эти факторы в рассматриваемых ниже моделях (начиная с простых – отражающих минимальное число факторов – и постепенно переходя к все более сложным).

4.1. «Статический» случай. Предположим, что известны зависимости выигрыша центра $\Delta(r)$ и агента $\delta(r)$ от типа агента, где r_0 – начальное значение типа. Эти зависимости могут быть получены в результате решения задач стимулирования так, как это делалось в предыдущем разделе. Если известна функция $C(r_0, r)$ затрат на повышение типа агента со значения r_0 до значения $r \geq r_0$, то возможны следующие варианты:

- если затраты на повышение типа компенсируются самим агентом, то повышение типа будет ему выгодно, если выполнено

$$(1) C(r_0, r) \leq \delta(r) - \delta(r_0);$$

- если затраты на повышение типа агента компенсируются центром, то ему это будет выгодно и агент согласится на повышение типа (обучение), если выполнено условие (8) предыдущего раздела (функция $\delta(r)$ монотонна по r) и

$$(2) C(r_0, r) \leq \Delta(r) - \Delta(r_0);$$

- если затраты на повышение типа агента компенсируются совместно агентом и центром, то им это будет выгодно и агент согласится на повышение типа (обучение), если обе функции – $\delta(r)$ и $\Delta(r)$ – монотонны по r и

$$(3) C(r_0, r) \leq \Delta(r) - \Delta(r_0) + \delta(r) - \delta(r_0).$$

Условие (3) означает, что центр и агент смогут найти взаимовыгодную пропорцию, в которой им следует поделить затраты на

обучение. Понятно, что, если они, действуя совместно, не смогут компенсировать затраты на обучение, то, тем более, они не смогут сделать это по одиночке.

Приведенные условия можно трактовать и в обратную сторону – выражения (1)-(3) позволяют оценить максимальные затраты $C_{max}(r_0, r)$ на обучение, с которыми согласятся участники организационной системы при той или иной схеме распределения затрат между ними. Приведем пример оценки максимальных затрат на обучение.

Пример 5. Пусть функция дохода центра $H(y) = 2 \sqrt{\lambda y}$, $c(y, r) = y^2/2 r$, и центр использует линейную систему стимулирования с постоянной ставкой β , то есть: $\sigma_L(y) = \beta y$.

В зависимости от ставки оплаты и своего типа агент выберет действие

$$(4) y^*(\beta, r) = \beta r.$$

Оптимальное с точки зрения центра значение ставки оплаты равно:

$$(5) \beta^*(r) = (\lambda / 4 r)^{1/3}.$$

Вычисляем зависимости выигрышей центра и агента от типа агента:

$$(6) \Delta(r) = 3 \lambda^{2/3} r^{1/3} 2^{-2/3},$$

$$(7) \delta(r) = \lambda^{2/3} r^{1/3} 2^{-7/3},$$

Видно, что выигрыш центра превосходит выигрыш агента, поэтому, если в рассматриваемом примере ресурсов центра не хватит для компенсации затрат на обучение, то не хватит и ресурсов агента.

Функции (6) и (7) являются монотонными, то есть увеличение типа агента выгодно и агенту и центру (см. также утверждение 7). Сумма выигрышей центра и агента равна

$$\delta(r) + \Delta(r) = \lambda^{2/3} r^{1/3} (3 \cdot 2^{5/3} + 1) 2^{-7/3}.$$

Значит условия (1)-(3) примут соответственно вид:

$$C_{max}(r_0, r) \leq \lambda^{2/3} 2^{-7/3} [r^{1/3} - r_0^{1/3}];$$

$$C_{max}(r_0, r) \leq 3 \lambda^{2/3} 2^{-2/3} [r^{1/3} - r_0^{1/3}];$$

$$C_{max}(r_0, r) \leq \lambda^{2/3} (3 \cdot 2^{5/3} + 1) 2^{-7/3} [r^{1/3} - r_0^{1/3}]. \bullet$$

4.2. Потеря квалификации. В силу постоянно увеличивающейся скорости развития технологий, постоянство квалификации

уже не означает владения сотрудником некоторым фиксированным объемом знаний, наличия определенных умений и навыков – оно требует овладения новыми технологиями, что может достигаться путем переподготовки и повышения квалификации, ведь конкурентоспособная, обучающаяся организация это, в первую очередь – обучающиеся и развивающиеся в профессиональном плане сотрудники.

Поэтому рассмотрим модель, в которой в отсутствии обучения тип агента монотонно уменьшается со временем. Задача центра (будем считать, что затраты на обучение персонала несет организация¹⁹) заключается в том, чтобы найти оптимальные моменты начала обучения (переподготовки, повышения квалификации и т.д.) сотрудников.

Предположим, что со временем тип агента изменяется по закону $r(t)$, $t \geq 0$, где $r(\cdot)$ – невозрастающая функция. В начальный момент времени агент обладает типом r_0 . Затраты на обучение – повышение типа от текущего значения до начального – составляют $C(r)$, где $C(\cdot)$ – убывающая функция (содержательно, чем большее уменьшение типа произошло, тем выше затраты на его «восстановление»). Задача заключается в выборе такого промежутка времени $\tau \geq 0$ между очередными обучениями, которое максимизировало бы средний по времени²⁰ выигрыш центра:

$$(8) \quad \frac{1}{\tau} \left[\int_0^{\tau} \Delta(r(t)) dt - C(r(\tau)) \right] \rightarrow \max_{\tau \geq 0} .$$

Задачу (8) назовем *задачей выбора периодичности обучения* (или *задачей о частоте обучения*). При известных функциях $\Delta(\cdot)$, $r(\cdot)$ и $C(\cdot)$ задача (8) является стандартной оптимизационной задачей.

Отметим определенное сходство рассматриваемой задачи и задачи управления запасами [100], которая в простейшем своем варианте заключается в следующем: требуется определить периодичность пополнения запаса на складе и объем партии, которые

¹⁹ Отдельной перспективной задачей, выходящей за рамки настоящего исследования, представляется определение оптимальных затрат организации на поиск информации о новых технологиях и их внедрение.

²⁰ Будем считать, что дисконтирование отсутствует.

минимизировали бы потери, связанные с закупкой, хранением товара и возможным его отсутствием в продаже.

Кроме того, следует подчеркнуть, что задача (8) может интерпретироваться и как *задача определения момента увольнения* сотрудника – вместо обучения старого сотрудника, утратившего свою квалификацию и ставшего в силу этого неэффективным, организация может нанять в момент времени τ нового сотрудника, обладающего требуемой квалификацией r_0 . При этом величина $C(r)$ будет отражать затраты организации на увольнение (выходное пособие и т.д.) старого сотрудника и привлечение (поиск, адаптация и т.д.) нового сотрудника.

Если функции затрат на обучение и увольнение/привлечение различаются, то можно ставить и решать задачу принятия решений о том, что выгоднее для организации (и в какой момент времени) – обучать старого сотрудника или уволить его и нанять нового с более высокой квалификацией.

На Рис. 10 представлены две различных «политики обучения» – зависимости от времени типа агента для двух случаев – когда обучение проводится относительно часто и относительно редко ($\tau_2 > \tau_1$).

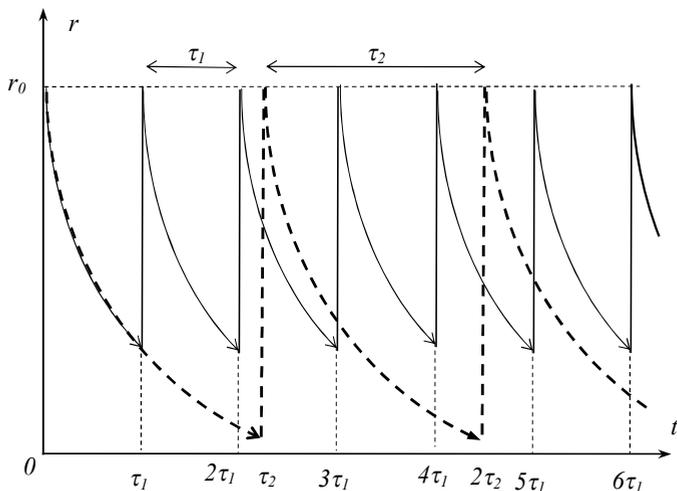


Рис. 10. «Политики» обучения

Приведем два примера решения задачи (8).

Пример 6. Пусть $\Delta(r) = \xi r$, $r(t) = r_0 \exp(-\gamma t)$, $C(r) = C_0$. Тогда решение задачи (8) удовлетворяет следующему уравнению:

$$(9) (1 + \gamma \tau) \exp(-\gamma \tau) = 1 - \frac{C_0 \gamma}{\xi r_0}.$$

Левая часть выражения (9) убывает по τ , поэтому из (9) следует, что чем выше затраты на обучение, тем реже следует его проводить, и чем выше начальный тип агента, тем чаще следует проводить обучение. •

Пример 7. Пусть $\Delta(r) = \xi r$, $r(t) = r_0(1 - \gamma t)$, $C(r) = C_0$. Тогда решение задачи (8) имеет вид:

$$(10) \tau = \frac{2C_0}{\gamma \xi r_0}.$$

Из (10) следует, что чем выше затраты на обучение, тем реже следует его проводить, и чем выше начальный тип агента (а также чем выше скорость уменьшения типа и чувствительность выигрыша центра к типу агента), тем чаще следует проводить обучение. •

4.3. Упущенная выгода. До сих пор рассматривалась модель обучения «без отрыва от производства» – сравнивались выигрыши участников ОС от изменения типа агента при условии, что тип изменялся мгновенно. Это не всегда так – иногда обучение требует снижение занятости сотрудника в рамках его должностных обязанностей, вплоть до полного прекращения их выполнения.

Исследуем сначала крайний случай – когда на время обучения $\Psi \geq 0$ сотрудник не участвует в «производственном» процессе. Тогда необходимо рассматривать целесообразность обучения с точки зрения агента и с точки зрения центра, причем будем считать, что оба несут потери, равные упущенному выигрышу (упущенной выгоде) от выполнения агентом своих должностных обязанностей в период обучения.

Обозначим $\Psi \geq 0$ – продолжительность обучения, $T \geq 0$ – плановый горизонт (горизонт дальновидности центра и агента). Пусть известно значение типа $r(\Psi)$ в зависимости от продолжительности обучения. Пусть также задана зависимость затрат $C(\Psi)$ на обучение от его продолжительности. Будем пока считать, что в отсутствии обучения тип агента остается постоянным.

Условие выгодности обучения для агента заключается в том, что его выигрыш, полученный за время после обучения, превосходит выигрыш за весь плановый период в отсутствии обучения (при типе, равном начальному типу r_0):

$$(11) \delta(r(\Psi)) (T - \Psi) \geq \delta(r_0) T.$$

Если центр несет затраты на обучение агента, то условие выгодности для первого обучения второго заключается в следующем: выигрыш центра, полученный за время после обучения, за вычетом затрат на обучение, превосходит выигрыш за весь плановый период в отсутствии обучения:

$$(12) \Delta(r(\Psi)) (T - \Psi) - C(\Psi) \geq \Delta(r_0) T.$$

Обозначим множество выгодных всем участникам системы продолжительностей обучения

$$(13) S = \{ \Psi \in [0; T] \mid (11), (12) \}.$$

Получаем задачу о продолжительности обучения, то есть, задачу нахождения множества оптимальных по Парето продолжительностей обучения Ψ^* , являющихся решением задачи

$$(14) (\Delta(r(\Psi)) + \delta(r(\Psi))) (T - \Psi) - C(\Psi) \rightarrow \max_{\Psi \in S}.$$

Задача (14) является стандартной задачей условной оптимизации. Приведем пример ее решения.

Пример 8. Воспользуемся результатами примера 5: пусть функция дохода центра $H(y) = 2 \sqrt{\lambda y}$, $c(y, r) = y^2/2 r$ и центр использует линейную систему стимулирования с постоянной ставкой β , то есть: $\sigma_L(y) = \beta y$. Тогда зависимости выигрышей центра и агента от типа агента имеют вид:

$$\begin{aligned} \Delta(r) &= 3 \lambda^{2/3} r^{1/3} 2^{-2/3}, \quad \delta(r) = \lambda^{2/3} r^{1/3} 2^{-7/3}, \\ \delta(r) + \Delta(r) &= \lambda^{2/3} r^{1/3} (3 2^{5/3} + 1) 2^{-7/3}. \end{aligned}$$

Пусть затраты на обучение пропорциональны его продолжительности (то есть существует ставка c_0 оплаты за единицу времени обучения): $C(\Psi) = c_0 \Psi$, а «эффективность» обучения описывается зависимостью

$$r(\Psi) = R - (R - r_0) \exp(-\gamma \Psi),$$

где $R \geq r_0$ – максимальный для данного агента при заданной технологии обучения тип.

Условие (11) примет вид:

$$(15) R - (R - r_0) \exp(-\gamma \Psi) \geq \frac{r_0 T^3}{(T - \Psi)^3}.$$

Обозначим Ψ_a – значение продолжительности обучения, при которой (15) обращается в равенство.

Условие (12) примет вид:

$$(16) R - (R - r_0) \exp(-\gamma \Psi) \geq \frac{((r_0)^{1/3} T + \frac{c_0 \Psi}{3\lambda^{2/3} 2^{-2/3}})^3}{(T - \Psi)^3}.$$

Обозначим Ψ_p – значение продолжительности обучения, при которой (16) обращается в равенство.

Легко видеть, что $\Psi_p \leq \Psi_a$, поэтому в рассматриваемом примере $S = [0; \Psi_p]$. Целевую функцию (14) можно записать в виде

$$\lambda^{2/3} (R - (R - r_0) \exp(-\gamma \Psi))^{1/3} (3 \cdot 2^{5/3} + 1) 2^{-7/3} - c_0 \Psi.$$

Эта функция вогнутая. Обозначим Ψ_0 – точку ее максимума. Тогда решение задачи о продолжительности обучения имеет вид:

$$\Psi^* = \min \{ \Psi_p, \Psi_0 \}. \bullet$$

До сих пор мы считали, что во время обучения сотрудник не участвует в «производственном» процессе. Можно обобщить предложенную модель на случай, когда в период обучения часть $\theta \in [0; 1]$ своего времени сотрудник тратит на обучение, а оставшееся время (доля которого составляет $1 - \theta$) – работает в организации.

Приведенная выше постановка задачи изменится следующим образом. Условие выгодности обучения для агента заключается в том, что его выигрыш, полученный за время обучения при «неполной занятости» и за период после обучения, превосходит выигрыш за весь плановый период в отсутствии обучения (при типе, равном начальному типу r_0):

$$(17) (1 - \theta) \int_0^{\Psi} \delta(r(\theta t)) dt + \delta(r(\theta \Psi)) (T - \Psi) \geq \delta(r_0) T.$$

Если центр несет затраты $C(\theta, \Psi)$ на обучение агента, то условие выгодности для первого обучения второго заключается в следующем: выигрыш центра, полученный за время обучения при «неполной занятости» агента и за время после обучения, за выче-

том затрат на обучение, превосходит выигрыш за весь плановый период в отсутствии обучения:

$$(18) (I - \theta) \int_0^{\Psi} \Delta(r(\theta t)) dt + \Delta(r(\Psi)) (T - \Psi) - C(\theta, \Psi) \geq \Delta(r_0) T.$$

Обозначим множество выгодных всем участникам системы пар продолжительностей обучения и долей времени, выделяемого на обучение

$$(19) S = \{(\Psi; \theta) \in [0; T] \times [0; I] \mid (17), (18)\}.$$

Получаем задачу о выборе продолжительности обучения и доли времени, выделяемого на обучение:

$$(20) (I - \theta) \int_0^{\Psi} (\Delta(r(\theta t)) + \delta(r(\theta t))) dt + \\ + (\Delta(r(\Psi)) + \delta(r(\Psi))) (T - \Psi) - C(\theta, \Psi) \rightarrow \max_{(\Psi; \theta) \in S}.$$

Задача (20) является стандартной задачей условной оптимизации.

4.4. Динамическая модель. Выше рассмотрены случаи, либо когда тип агента, уменьшаясь в отсутствии обучения, моментально возрастал в результате обучения (раздел 4.2), либо когда он оставался постоянным в отсутствии обучения и возрастал в процессе обучения (раздел 4.3). Синтезируем полученные результаты, что позволяет построить модель обучения, в которой тип агента уменьшается в отсутствии обучения и растет в процессе обучения. Тогда задача будет заключаться в *одновременном определении частоты и продолжительности обучения*. При этом будем считать, что агент может либо только работать в организации, либо только учиться (учет «неполной занятости» возможен, но он существенно усложнит модель).

Предположим, что в отсутствии обучения со временем тип агента убывает по закону $r_-(t)$, а во время обучения возрастает по закону $r_+(t)$. Обозначим τ_+ – продолжительность обучения, τ_- – промежуток времени между окончанием одного обучения и началом следующего (если эффективность деятельности сотрудника не зависит явным образом от времени, то оптимальными будут периодические решения – не зависящие от времени значения τ_+ и τ_-).

В начальный момент времени агент обладает типом r_0 . Эскиз динамики типа агента представлен на Рис. 11.

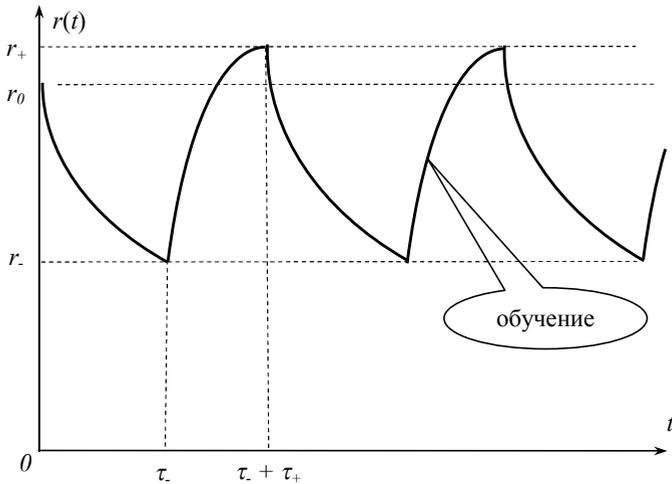


Рис. 11. Динамика типа агента

Затраты на обучение описываются функцией $s(\tau_+)$. Задача заключается в одновременном выборе частоты и продолжительности обучения, которые максимизировали бы средний по времени выигрыш центра:

$$(21) \frac{1}{\tau_- + \tau_+} \left[\int_0^{\tau_-} \Delta(r_-(t)) dt + \int_{\tau_-}^{\tau_- + \tau_+} \Delta(r_+(t)) dt - C(\tau_+) \right] \rightarrow \max_{\tau_- \geq 0, \tau_+ \geq 0} .$$

При известных функциях $\Delta(\cdot)$, $r_-(\cdot)$, $r_+(\cdot)$ и $C(\cdot)$ задача (21) является стандартной оптимизационной задачей.

Рассмотренная модель одновременного выбора частоты и продолжительности обучения может быть обобщена на следующие случаи:

- когда во время обучения часть времени сотрудник работает на своем рабочем месте (см. раздел 4.3);

- когда со временем изменяется зависимость эффективности деятельности сотрудника от его типа;

- когда результаты обучения зависят от динамики затрат на обучение и др.

В последнем случае получится задача оптимального управления [11, 52].

Таким образом, в настоящем разделе рассмотрены модели управления обучением персонала, в том числе, сформулированы и решены (сведены к известным оптимизационным задачам) следующие задачи:

- задача принятия центром и агентом согласованного решения о необходимости обучения;

- задача о частоте обучения;

- задача о продолжительности обучения;

- задача о доле времени, выделяемого на обучение;

- задача об одновременном выборе частоты и продолжительности обучения.

В заключение настоящего раздела отметим, что модели обучения рассматривались только с точки зрения их влияния на эффективность деятельности сотрудника в организации. При этом мы не акцентировали внимание на такие аспекты как содержание и формы, а также методы и средства обучения. Построение соответствующих математических моделей является перспективным направлением дальнейших исследований.

5. МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ КАРЬЕРОЙ

Карьера – «путь к успеху, видному положению в обществе, на служебном поприще» [102, С. 218].

Различают следующие типы карьеры: внутриорганизационная – межорганизационная, вертикальная – горизонтальная – ступенчатая, специализированная карьера – неспециализированная карьера [108]. Понятно, что горизонтальная составляющая карьеры (смена или расширение рода деятельности на том же уровне иерархии), в основном, является неспециализированной и характерна

для сотрудников либо низкой (или базовой²¹) квалификации, либо очень высокой квалификации²².

Существуют две возможных точки зрения на карьеру – с позиций организации (карьера сотрудника внутри организации) и с позиций индивидуума (его карьера на протяжении всей жизни, включая профессиональное развитие и т.д.). Следовательно, возникают две задачи: построения оптимальных для организации карьер сотрудников и создания предложений карьерного роста, привлекательных для требуемых организации сотрудников. Последнее означает, что дальновидный сотрудник может, не довольствуясь перспективами своего роста в организации, принять решение о смене работы. Другими словами, оптимальные с точки зрения организации карьеры сотрудников должны быть согласованы с предпочтениями последних.

Рассмотрим задачи управления карьерой с точки зрения индивидуума (*индивидуальной карьеры*) и точки зрения организации (*продвижения персонала*).

Индивидуальная карьера. Рассмотрим следующую модель. Для фиксированного индивидуума введем ориентированный граф (V, E) , вершины которого соответствуют возможным должностям, которые он может занимать, причем вершины $v_{i,j}$ упорядочены в том смысле, что дуги идут только от вершин с меньшим первым индексом к вершинам с большим первым индексом. Содержательно, первый индекс $i \in I = \{1, 2, \dots, m\}$ отражает номер уровня иерархии, второй индекс $-j \in J(i)$ – множеству должностей на i -ом уровне иерархии. Длину дуги $t_{i,j}^{k,l} \geq 0$ из вершины i, j в вершину k, l будем считать отражающей время, которое необходимо проработать на должности j уровня k , для того, чтобы занять должность l на уровне k .

Введем следующее предположение: $t_{i,j}^{k,l} = +\infty$ при $k < i$. Содержательно оно означает, что невозможно «понижение в должност-

²¹ Например, горизонтальный диапазон должностей для людей, владеющих только компьютером и иностранным языком, достаточно широк, охватывает практически все отрасли и почти не требует соответствующего профессионального образования.

²² Например, успешный менеджер высокого уровня может успешно работать в организациях и на предприятиях самого разного профиля.

сти» (это предположение реалистично с точки зрения индивидуальной карьеры – человек всегда старается при смене работы найти должность не ниже старой, – но может не выполняться с точки зрения карьеры внутри конкретной организации). Отметим, что введенное предположение не означает, что невозможны «горизонтальные» переходы – смена должности внутри одного уровня иерархии.

Введем нулевую вершину, из которой идут дуги во все другие вершины графа. Содержательно эта вершина может соответствовать началу профессиональной карьеры – моменту выбора учебного заведения профессионального образования.

Длины этих дуг $t_0^{k,l}$, $l \in J(k)$, $k \in I$ можно интерпретировать как время, которое нужно потратить на обучение, чтобы сразу занять соответствующую должность. Понятно, что некоторые должности (особенно, находящиеся на высоких уровнях иерархии) нельзя занять, не пройдя определенного «куска» служебной лестницы. Для таких должностей длина дуги, соединяющей нулевую вершину с ней, равна бесконечности.

При заданном графе и длинах дуг для каждой пары вершин i, j и k, l , $k > i$, можно найти длину $T_{i,j}^{k,l}$ кратчайшего пути [14], соединяющего эти вершины. Обозначим

$$(1) \tau_{i,j}^k = \min_{l \in J(k)} T_{i,j}^{k,l}.$$

Величина (1) может интерпретироваться как минимальное время, необходимое для того, чтобы, начиная с j -ой должности на i -ом уровне иерархии, достичь k -го уровня иерархии. Величина

$$(2) \tau_0^k = \min_{l \in J(k)} T_0^{k,l}$$

отражает минимальное время, необходимое для того, чтобы, «стартуя» с самого начала профессиональной карьеры, достичь k -го уровня иерархии.

Величины (1) и (2) описывают планы индивидуума относительно того, какими он видит различные варианты своего карьерного роста (без «привязки» к конкретной организации). Для вычисления этих величин необходимо иметь информацию о графе и длинах дуг. Человек, находящийся в начале своей профессиональной карьеры, получает эту информацию от родителей, друзей

учителей и т.д. Индивидуум, обладающий определенным опытом работы, черпает подобную информацию из общения с коллегами, СМИ и т.д.

Таким образом, описанная модель, позволяет формализовать планы карьерного роста отдельного индивидуума. Опишем теперь, каким образом можно представить альтернативы карьеры, которые организация может предложить своему сотруднику (в том числе – потенциальному).

Продвижение персонала. Любая организация постоянно решает задачи подбора персонала, приема на работу, расстановки персонала и увольнения. Соответствующие формальные модели рассматривались в [16, 42, 45, 82, 114].

Наиболее близкими к управлению карьерой являются так называемые «задачи о назначении». Содержательно, классический вариант этой задачи [14] заключается в расстановке персонала – назначении сотрудников на должности с тем, чтобы максимизировать суммарный эффект от деятельности сотрудников (эффективности работы сотрудников на различных должностях считаются известными). Моделированию карьеры соответствует последовательное решение этих задач в изменяющихся со временем условиях (квалификации сотрудников, требованиям к результатам деятельности организации и т.д.), то есть нужно найти оптимальную с точки зрения организации последовательность назначений [29]. Соответствующая задача может быть решена методом динамического программирования [14].

Перечисленный класс задач отражает свойства карьер сотрудников с точки зрения организации. Нам же необходимо формализовать предложение индивидуальной карьеры, которое организация может сделать тому или иному сотруднику – работающему в ней или принимающему решение о найме.

Поэтому введем в рассмотрение марковскую цепь, вершины которой соответствуют уровням иерархии должностей в рассматриваемой организации, то есть принадлежат упорядоченному множеству $I = \{1, 2, \dots, m\}$. Добавим $m + 1$ -ю вершину, соответствующую увольнению из организации, и будем считать, что известны вероятности переходов: p_{ii} – вероятность того, что в следующем периоде сотрудник останется на том же (i -ом) уровне, p_{ij} – вероятность того, что он перейдет на j -ый уровень, $j > i$, p_{im+1} – вероят-

ность того, что уволится (вероятность перехода $p_{m+1,m+1}$ будем считать равной единице – предположим, что, один раз уволившись из данной организации, сотрудник в нее не вернется). Вероятности p_{ij} , $j < i$, будем считать равными нулю (понижение в должности невозможно).

Так как состояние «увольнение» является поглощающим, имеет смысл рассматривать только динамику состояний построенной марковской цепи за конечный период времени.

Обозначим $\mathbf{p}(0) = (0, 0, \dots, 1, \dots, 0, 0)$ – $m+1$ -мерный стохастический вектор, все компоненты которого, кроме одной (не равной 1), равны нулю. Эта компонента, номер которой соответствует уровню иерархии l , на котором находится или поступает на работу сотрудник. Матрицу переходных вероятностей обозначим \mathbf{P} .

Тогда динамика $\mathbf{p}(t)$ состояний марковской цепи будет удовлетворять

$$(3) \mathbf{p}(t) = \mathbf{p}(0) \mathbf{P}^t, t = 1, 2, \dots$$

Содержательно, $p_i(t)$ – вероятность того, что в момент времени t сотрудник будет находиться на i -ом уровне иерархии, $i \in I$.

Для вычисления вероятностей (3) необходимо знать матрицу переходных вероятностей \mathbf{P} . Она может быть получена из анализа динамики и текучести персонала в данной организации, а также других подобных (по размеру и отрасли) организациях.

Согласование интересов. Имея решения задач планирования индивидуальной карьеры и продвижения персонала, сформулируем и обсудим возможные методы решения задач согласования интересов сотрудника и организации относительно карьеры первого в данной организации.

Без ограничения общности будем рассматривать сотрудника, поступающего на нижний уровень иерархии в организации. Решение задачи об индивидуальной карьере имеет вид $(\tau_0^i)_{i \in I}$ – совокупность минимальных времен, через которые сотрудник планирует достичь соответствующего уровня иерархии (см. выражение (2)).

Решение задачи о продвижении персонала можно представить в виде матрицы $p_{ji} = p_j(\tau_0^i)$, $i, j \in I$, строки которой содержат вероятности того, что в момент времени τ_0^i сотрудник будет находиться на j -ом уровне иерархии.

Можно вводить различные агрегированные критерии согласованности планов индивидуума с предложениями карьерного роста в организации. Например, можно ввести *вероятность неуспешной карьеры* (с точки зрения данного сотрудника) как максимальную вероятность того, что уровень иерархии, на котором будет находиться сотрудник, окажется меньше того, на который он рассчитывал:

$$(4) Q = \max_{i=1,m} \sum_{j<i} p_{ji}(\tau_0^i).$$

Далее возможно построение модели принятия индивидуумом решения о найме в данную организацию (или увольнения из нее, если он уже является ее сотрудником). Например, если вероятность неуспешной карьеры превышает некоторую пороговую величину, то сотрудник предпочтет не наниматься на работу (или уволиться). Возможно также решение задачи управления карьерой – для привлечения и/или удержания сотрудника организация должна предложить план карьеры, согласованный с его собственным его планом. Приведем иллюстративный пример.

Пример 9. Пусть граф возможных индивидуальных карьер имеет вид, приведенный на Рис. 12. Всего имеются четыре уровня иерархии ($m = 4$), числа у дуг обозначают их длину, числа внутри кружочков-вершин – длину минимального пути от входа (нулевой вершины) до данной вершины. Жирными линиями выделен кратчайший путь от входа до самого верхнего уровня.

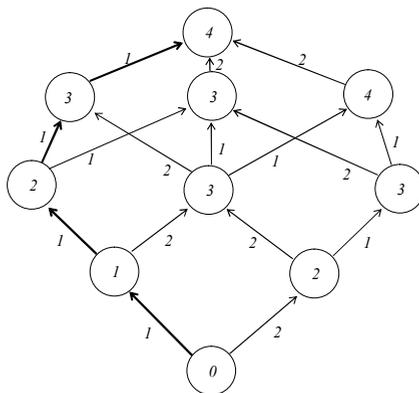


Рис. 12. Граф возможных индивидуальных карьер в примере 9

Рассчитывая минимальные пути в графе, представленном на Рис. 12, получаем:

$$\tau_0^1 = 1, \tau_0^2 = 2, \tau_0^3 = 3, \tau_0^4 = 4.$$

Напомним, что величина τ_0^i характеризует планируемое индивидуумом время достижения i -го уровня иерархии, $i = \overline{1,4}$.

Рассмотрим теперь марковскую цепь, представленную на Рис. 13.

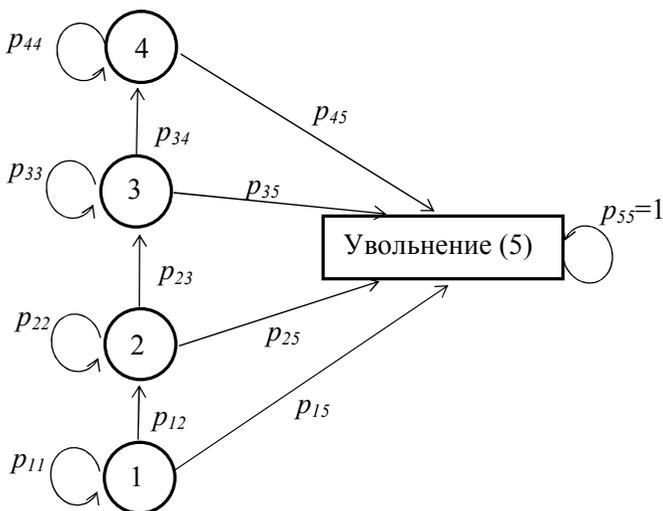


Рис. 13. Марковская цепь, описывающая карьеру в организации (пример 9)

Пусть значения вероятностей перехода описываются матрицей

	1	2	3	4	Увольнение (5)
1	0,70	0,20	0,00	0,00	0,10
2	0,00	0,80	0,10	0,00	0,10
3	0,00	0,00	0,70	0,10	0,20
4	0,00	0,00	0,00	0,90	0,10
Увольнение (5)	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00

Тогда рассчитываем в соответствии с (3):

$$p(1) = (0.7, 0.2, 0, 0, 0.1), p(2) = (0.49, 0.3, 0.02, 0, 0.19),$$

$$p(3) = (0.24, 0.339, 0.065, 0.006, 0.35),$$

$$p(4) = (0.058, 0.22, 0.088, 0.032, 0.602).$$

Отметим, что в данной организации высока «текучка кадров» – вероятность того, что сотрудник уволится, быстро растет со временем.

Из (4) получаем: $Q = \max \{0, 0.49, 0.58, 0.4\} = 0.58$.

То есть вероятность неуспешной (с точки зрения индивидуума, карьерные планы которого описываются графом, приведенным на Рис. 12) карьеры в организации (описываемой марковской цепью, представленной на Рис. 13.) равна 0.58. Это значение достаточно велико, и вряд ли рассматриваемый сотрудник примет решение устраиваться на работу в данную организацию. С точки зрения управления карьерой (точнее – предложения карьеры) в подобной ситуации следует уменьшать вероятность неуспешной карьеры, в первую очередь, наверное, за счет уменьшения вероятностей увольнения с различных уровней иерархии.

Пусть текучесть кадров удалось снизить, и новые значения вероятностей перехода описываются матрицей

	1	2	3	4	Увольнение (5)
1	0,50	0,49	0,00	0,00	0,01
2	0,00	0,50	0,49	0,00	0,01
3	0,00	0,00	0,50	0,49	0,01
4	0,00	0,00	0,00	0,95	0,05
Увольнение (5)	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00

Тогда рассчитываем заново вероятности состояний в соответствии с (3):

$$p(1) = (0.5, 0.49, 0, 0, 0.01), p(2) = (0.25, 0.49, 0.24, 0, 0.02),$$

$$p(3) = (0.063, 0.245, 0.36, 0.288, 0.044),$$

$$p(4) = (0.004, 0.031, 0.105, 0.701, 0.16).$$

Из (4) получаем: $Q = \max \{0, 0.25, 0.31, 0.14\} = 0.31$.

С учетом управляющих воздействий значение вероятности неуспешной карьеры уменьшилось почти вдвое – до 0.31. При этом вероятность увольнения за четыре периода равна 0.16. Такие усло-

вия карьерного роста для многих работников могут показаться привлекательными. •

Таким образом, в настоящем разделе задача управления карьерой сформулирована как задача согласования интересов сотрудника и организации относительно карьеры первого в данной организации. Показано, что взаимовыгодные решения могут приниматься на основании сравнения результатов решения задачи планирования индивидуальной карьеры (которая сведена к задаче поиска кратчайшего пути в сети) и задачи продвижения персонала (которая сведена к задаче построения и исследования свойств марковской цепи).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей работе рассматриваются теоретико-игровые и оптимизационные модели управления развитием персонала организации, под которым понимается воздействие на сотрудников организации, осуществляемое с целью повышения эффективности их деятельности с точки зрения интересов данной организации.

Введена система классификаций задач управления персоналом. С точки зрения организации выделены такие задачи как: подбор, найм, расстановка и увольнение. С точки зрения личности предложено рассматривать задачи: адаптации, мотивации, обучения и продвижения персонала. Последние четыре задачи²³ и явились предметом настоящего исследования.

В первом разделе предложена формальная модель иерархии потребностей, в которой степень удовлетворения потребности зависит от ресурса и от степеней удовлетворения потребностей более низких уровней. Решены прямые и обратные задачи распределения ресурса для статической модели (утверждение 1), найдено множество критических ресурсов (утверждение 2). Для динамической модели получены условия достижимости заданного уровня удовлетворения потребностей (утверждение 3), решена задача о

²³ Перспективной задачей будущих исследований представляется нахождение оптимального распределения ресурсов организации, выделяемых на развитие персонала, между адаптацией, мотивацией, обучением и продвижением персонала.

быстродействию и задача терминального управления (утверждение 4), а также показано, что со временем эффективность расходования ресурсов на мотивацию уменьшается (утверждение 5).

Во втором разделе предложена модель профессиональной адаптации персонала. Для ряда частных случаев решена задача синтеза оптимальной политики адаптации (утверждение 6).

В третьем разделе показано, что традиционная компенсаторная система стимулирования не побуждает агента к развитию. Сформулирована задача управления саморазвитием (задача мотивации), которая заключается в нахождении класса систем стимулирования, побуждающих агента к саморазвитию (увеличению своего типа). Получены условия, при выполнении которых развитие агента, выгодное центру, оказывается выгодным и для агента. Для «компенсаторных» и «линейных» систем стимулирования найдены ограничения на их параметры (утверждения 7 и 8), обеспечивающие требуемый мотивационный эффект.

Четвертый раздел посвящен моделям управления обучением персонала, в рамках которых сформулированы и решены (сведены к известным оптимизационным задачам) следующие задачи:

- задача принятия центром и агентом согласованного решения о необходимости обучения;
- задача о частоте обучения;
- задача о продолжительности обучения;
- задача о доле времени, выделяемого на обучение;
- задача об одновременном выборе частоты и продолжительности обучения.

В пятом разделе задача управления карьерой сформулирована как задача согласования интересов сотрудника и организации относительно карьеры первого в данной организации. Показано, что взаимовыгодные решения могут приниматься на основании сравнения результатов решения задачи планирования индивидуальной карьеры (которая сведена к задаче поиска кратчайшего пути в сети) и задачи продвижения персонала (которая сведена к задаче построения и исследования свойств марковской цепи).

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Абакумова Н.Н. Политика доходов и заработной платы. М.: ИНФРА-М, 1999. – 223 с.
- 2 Автономов В.С. Модель человека в экономической науке. СПб.: Экономическая школа, 1998. – 230 с.
- 3 Адамчук В.В., Кокин Ю.П., Яковлев Р.А. Экономика труда. М.: Финстатинформ, 1999. – 431 с.
- 4 Ансоф И. Стратегическое управление. М.: Экономика, 1989. – 519 с.
- 5 Арджирис К. Организационное научение. М.: ИНФРА-М, 2004. – 563 с.
- 6 Артемов Ю.М., Карастелин С.А. Материальное стимулирование в системе финансовых отношений. М.: Финансы и статистика, 1988. – 190 с.
- 7 Балашов В.Г., Заложнев А.Ю., Иващенко А.А., Новиков Д.А. Механизмы управления организационными проектами. М.: ИПУ РАН, 2003. – 84 с.
- 8 Баркалов С.А., Новиков Д.А., Попов С.С. Индивидуальные стратегии предложения труда: теория и практика. М.: ИПУ РАН, 2002. – 109 с.
- 9 Берн Э. Игры, в которые играют люди. Люди, которые играют в игры. М.: Прогресс, 1988. – 400 с.
- 10 Беспалько В.П. Педагогика и прогрессивные технологии обучения. Москва, 1995. – 412 с.
- 11 Брайсон А., Ю-ши Х. Прикладная теория оптимального управления. М.: Мир, 1972. – 544 с.
- 12 Бурков В.Н., Еналеев А.К., Новиков Д.А. Механизмы стимулирования в вероятностных моделях социально-экономических систем // Автоматика и Телемеханика. 1993. № 11. С. 3 – 30.
- 13 Бурков В.Н., Еналеев А.К., Новиков Д.А. Механизмы функционирования социально-экономических систем с сообщением информации // Автоматика и Телемеханика. 1996. № 3. С. 3 – 25.
- 14 Бурков В.Н., Заложнев А.Ю., Новиков Д.А. Теория графов в управлении организационными системами. М.: Синтег, 2001.-124с.
- 15 Бурков В.Н., Кондратьев В.В., Цыганов В.В., Черкашин А.М. Теория активных систем и совершенствование хозяйственного механизма. М.: Наука, 1984. – 272 с.

- 16 Бурков В.Н., Перфильева Л.Г., Тихонов А.А. Модель динамики трудовых ресурсов / Механизмы функционирования организационных систем: теория и приложения. М.: ИПУ, 1982. С. 120 – 124.
- 17 Вайсбурд В.А. Организация оплаты труда в странах с развитой рыночной экономикой. Самара: СГЭА, 1996. – 94 с.
- 18 Васильев Д.К., Заложнев А.Ю., Новиков Д.А., Цветков А.В. Типовые решения в управлении проектами. М.: ИПУ РАН, 2003. – 74 с.
- 19 Венда В.Ф. Системы гибридного интеллекта: эволюция, психология, информатика. М.: Машиностроение, 1990. – 448 с.
- 20 Верховцев А.В. Заработная плата. М.: ИНФРА-М, 1998. – 136 с.
- 21 Верхоглазенко В.Н., Звезденков А.А., Хлюнева М.В. Пирамида Маслоу плюс или когда бесспорное стало сомнительным // Менеджмент в России и за рубежом. 1998. № 5.
- 22 Веснин В.Р. Практический менеджмент персонала. М.: Юрист, 1998. – 496 с.
- 23 Виханский О.С., Наумов А.И. Менеджмент: человек, стратегия, организация, процесс. М.: Изд-во МГУ, 1996. – 416 с.
- 24 Волгин Н.А. Николаев В.В. Доходы работника и результативность производства. М.: Универсум, 1994. – 274 с.
- 25 Волгин Н.А., Плакся В.И. Доходы и занятость: мотивационный аспект. М.: РАУ, 1994. – 262 с.
- 26 Волина В. Методы адаптации персонала // Управление персоналом. 1998. № 13.
- 27 Воронин А.А., Мишин С.П. Оптимальные иерархические структуры. М.: ИПУ РАН, 2003. – 210 с.
- 28 Гермейер Ю.Б. Игры с противоположными интересами. М.: Наука, 1976. – 327 с.
- 29 Гламаздин Е.С., Новиков Д.А., Цветков А.В. Механизмы управления корпоративными программами: информационные системы и математические модели. М.: Спутник, 2003. – 159 с.
- 30 Глухов В.В., Коробко С.Б., Маринина Т.В. Экономика знаний. СПб.: Питер, 2003. – 528 с.
- 31 Гольденберг А.И., Шкрабкина И.А. Закономерности стимулирования труда рабочих, оплачиваемых по сдельно-премиальной системе. М.: ЦЭМИ РАН, 1978. – 74 с.
- 32 Губко М.В., Новиков Д.А. Теория игр в управлении организационными системами. М.: Синтег, 2002. – 139 с.

- 33 Данилов В.И. Лекции по теории игр. М.: Российская экономическая школа, 2002. – 140 с.
- 34 Динова Н.И. Бригадные формы оплаты труда / Механизмы управления социально-экономическими системами. М.: ИПУ РАН, 1988. С. 79 – 82.
- 35 Дудашова В.П. Мотивация труда в менеджменте. Кострома: КГТУ, 1996. – 80 с.
- 36 Егоршин А.П. Управление персоналом. Н. Новгород: НИМБ, 1997. – 607 с.
- 37 Еловиков Е.А. Экономика труда. Часть 2: Оплата труда. Омск: ОмГУ, 1996. – 133 с.
- 38 Ермаков Н.С., Иващенко А.А., Новиков Д.А. Модели репутации и норм деятельности. М.: ИПУ РАН, 2005. – 67 с.
- 39 Загвязинский В.И. Теория обучения. М.: Академия, 2001. – 192 с.
- 40 Ивановская Л.В., Свистунов В.М. Обеспечение системы управления персоналом на предприятии. М.: ГАУ, 1995. – 71 с.
- 41 Иващенко А.А., Колобов Д.В., Новиков Д.А. Механизмы финансирования инновационного развития фирмы. М.: ИПУ РАН, 2005. – 66 с.
- 42 Исследование операций: модели и применения. М.: Мир, 1981. – 677 с.
- 43 Каз М.С. Многофакторные системы заработной платы: учебное пособие. Томск: ТГУ, 1991. – 140 с.
- 44 Каплан Р.С., Нортон Д.П. Организация, ориентированная на стратегию. М.: Олимп-Бизнес, 2004. – 416 с.
- 45 Караваев А. П. Модели и методы управления составом активных систем. М.: ИПУ РАН, 2003. – 151 с.
- 46 Козелецкий Ю. Психологическая теория решений. М.: Прогресс, 1979. – 504 с.
- 47 Коргин Н.А. Механизмы обмена в активных системах. М.: ИПУ РАН, 2003. – 126 с.
- 48 Кочиева Т.Б., Новиков Д.А. Базовые системы стимулирования. М.: Апостроф, 2000. – 108 с.
- 49 Крашенинникова М.С. Оплата труда. М.: ПРИОР, 1997. – 336 с.
- 50 Кулинцев И.И. Экономика и социология труда. М.: Центр экономики и маркетинга, 1999. – 288 с.

- 51 Леонтьев А.Н. Потребности, мотивы, эмоции. М.: МГУ, 1971. – 41 с.
- 52 Ли Э.Б., Маркус Л. Основы теории оптимального управления. М.: Наука, 1972. – 576 с.
- 53 Литвинцева Н.А. Психологические аспекты подбора и проверки персонала. М.: Бизнес-школа «Интел-синтез», 1996. – 317 с.
- 54 Логвинов И.И. На пути к теории обучения. М.: ИТОП РАО, 1999. – 170 с.
- 55 Лысаков А.В., Новиков Д.А. Договорные отношения в управлении проектами. М.: ИПУ РАН, 2004. – 100 с.
- 56 Майерс Д. Социальная психология. СПб.: Питер, 1998. – 688 с.
- 57 Маленво Э. Лекции по микроэкономическому анализу. М.: Наука, 1985. – 392 с.
- 58 Малинецкий Г.Г. Хаос. Структуры. Вычислительный эксперимент: введение в нелинейную динамику. М.: Наука, 1997. – 255 с.
- 59 Маслоу А.Г. Мотивация и личность. СПб.: Евразия, 1999. – 479 с.
- 60 Матвеев А.А., Новиков Д.А., Цветков А.В. Модели и методы управления портфелями проектов. М.: ПМСОФТ, 2005. – 206 с.
- 61 Менар К. Экономика организаций. М.: ИНФРА-М, 1996. – 160 с.
- 62 Мескон М., Альберт М., Хедоури Ф. Основы менеджмента. М.: Дело, 1998. – 800 с.
- 63 Милгром П., Робертс Д. Экономика, организация и менеджмент. СПб, Экономическая школа, 2001. Т.2. – 422 с.
- 64 Милованов В.П. Неравновесные социально-экономические системы: синергетика и самоорганизация. М.: Эдиториал УРСС, 2001. – 264 с.
- 65 Мильнер Б.З. Теория организации. М.: ИНФРА-М, 2002. – 480 с.
- 66 Минцберг Г. Структура в кулаке: создание эффективной организации. М.: Питер, 2001. – 512 с.
- 67 Мишин С.П. Оптимальные иерархии управления в социально-экономических системах. М.: ПМСОФТ, 2004. – 207 с.
- 68 Моргунов Е.Б. Модели и методы управления персоналом. М.: Интел-Синтез. 2001. – 464 с.
- 69 Морозова Л.Л. Труд и заработная плата. СПб.: «ИЧП-Актив», 1997. – 382 с.
- 70 Мулен Э. Кооперативное принятие решений: аксиомы и модели. М.: Мир, 1991.

- 71 Нижегородцев Р.М. Информационная экономика. М.: МГУ, 2002. т. 1 – 163 с., т. 2 – 173 с., т. 3 – 170 с.
- 72 Новиков А.М. Методология образования. М.: Эгвес, 2002.-380 с.
- 73 Новиков А.М., Новиков Д.А. Образовательный проект. М.: Эгвес, 2004. – 120 с.
- 74 Новиков Д.А. Закономерности итеративного научения. М.: ИПУ РАН, 1998. – 96 с.
- 75 Новиков Д.А. Институциональное управление организационными системами. М.: ИПУ РАН, 2003. – 68 с.
- 76 Новиков Д.А. Модели и механизмы управления развитием региональных образовательных систем. М.: ИПУ РАН, 2001. – 83 с.
- 77 Новиков Д. А. Теория управления организационными системами. М.: МПСИ, 2005. – 584 с.
- 78 Новиков Д. А., Глотова Н. П. Модели и механизмы управления образовательными сетями и комплексами. М.: Институт управления образованием РАО, 2004. – 142 с.
- 79 Новиков Д.А. Механизмы стимулирования в динамических и многоэлементных социально-экономических системах // Автоматика и Телемеханика. 1997. № 6. С. 3 – 26.
- 80 Новиков Д.А. Механизмы функционирования многоуровневых организационных систем. М.: Фонд «Проблемы управления», 1999. – 150 с.
- 81 Новиков Д.А. Математическая модель иерархии потребностей // Информационная экономика. Сборник трудов. Под ред. Р.М. Нижегородцева. Выпуск 6. М.: Бизнес-Юнитек, 2005.
- 82 Новиков Д. А. Стимулирование в организационных системах. М.: Синтег, 2003. – 312 с.
- 83 Новиков Д.А. Стимулирование в социально-экономических системах (базовые математические модели). М.: ИПУ РАН, 1998. – 216 с.
- 84 Новиков Д.А., Смирнов И.М., Шохина Т.Е. Механизмы управления динамическими активными системами. М.: ИПУ РАН, 2002. – 124 с.
- 85 Новиков Д.А., Суханов А.Л. Модели и механизмы управления научными проектами в ВУЗах. М.: Институт управления образованием РАО, 2005. – 80 с.

- 86 Новиков Д.А., Цветков А.В. Механизмы стимулирования в многоэлементных организационных системах. М.: Апостроф, 2000. – 184 с.
- 87 Новиков Д.А., Чхартишвили А.Г. Рефлексивные игры. М.: Синтег, 2003. – 150 с.
- 88 Нонака И., Takeuchi Х. Компания – создатель знания. Зарождение и развитие инноваций в японских фирмах. М.: Олимп-Бизнес, 2003. – 384 с.
- 89 Орлов А.Б. Развитие теоретических схем и понятийных систем в психологии мотивации // Вопросы психологии. 1989. № 5. С. 27 – 34.
- 90 Орлов А.И. Теория принятия решений. Учебное пособие. М.: Издательство «Экзамен», 2005. – 656 с.
- 91 Петровский А.В., Ярошевский М.Г. Теоретическая психология. М.: Академия. 2001. – 496 с.
- 92 Пиндайк Р., Рубинфельд Д. Микроэкономика. М.: Дело, 2001. – 808 с.
- 93 Платонов К.К. Краткий словарь системы психологических понятий. М.: Высшая школа, 1981. – 175 с.
- 94 Плотинский Ю.М. Теоретические и эмпирические модели социальных процессов. М.: Логос, 1998. – 280 с.
- 95 Поварич И.П., Прошкин Б.Г. Стимулирование труда: системный подход. Новосибирск: Наука, 1990. – 193 с.
- 96 Пригожин А.И. Современная социология организаций. М.: Интерпресс. 1995. – 296 с.
- 97 Прошкин Б.Г. О построении единой ступенчатой системы индивидуальных моральных стимулов. Кемерово: КГУ, 1990. – 250 с.
- 98 Радугин А.А., Радугин К.А. Введение в менеджмент: социология организаций и управления. Воронеж. ВГСА, 1995. – 195 с.
- 99 Рамперсад Х.К. Универсальная система показателей деятельности. М.: Альпина Бизнес Букс, 2005. – 352 с.
- 100 Рыжиков Ю.И. Теория очередей и управление запасами, М.: Пиетр, 2001. – 384 с.
- 101 Саймон Г., Марш Дж. Административное поведение. М.: Мир, 1974.
- 102 Словарь русского языка / Под. ред. С.И. Ожегова. М.: Русский язык, 1988. – 750 с.

- 103 Спивак В.А. Организационное поведение и управление персоналом. СПб.: Питер, 2000. – 412 с.
- 104 Старобинский Э.Е. Как управлять персоналом. М.: Бизнес-школа «Интел-синтез», 1998. – 368 с.
- 105 Тамбовцев В.Л. Введение в экономическую теорию контрактов. М.: ИНФРА-М, 2004. – 144 с.
- 106 Травин В.В., Дятлов В.А. Основы кадрового менеджмента. М.: Дело, 1997. – 336 с.
- 107 Уткин Э.А. Мотивационный менеджмент. М.: ЭКМОС, 1999. – 256 с.
- 108 Управление персоналом организации / Под ред. А.Я. Кибанова. М.: ИНФРА-М, 2005. – 638 с.
- 109 Фатхутдинов Р.А. Инновационный менеджмент. СПб.: Питер, 2004. – 400 с.
- 110 Философский энциклопедический словарь. М.: Советская энциклопедия, 1983. – 840 с.
- 111 Фишер С., Дорнбуш Р., Шмалензи Р. Экономика. М.: Дело, 1993. – 864 с.
- 112 Фролов С.С. Социология. М.: Гардарики, 2000. – 344 с.
- 113 Хекхаузен Х. Мотивация и деятельность. М.: Педагогика, 1986. Том 1. – 408 с.; Том 2 – 392 с.
- 114 Цветков А.В. Стимулирование в управлении проектами. М.: Апостроф, 2001. – 144 с.
- 115 Цыганов В.В. Адаптивные механизмы в отраслевом управлении М.: Наука, 1991. – 166 с.
- 116 Шекшня С.В. Управление персоналом современной организации. М.: Бизнес-школа «Интел-синтез», 1997. – 336 с.
- 117 Щепкин А.В. Механизмы внутрифирменного управления. М.: ИПУ РАН, 2001. – 80 с.
- 118 Энциклопедический словарь. М.: Издательство «Большая российская энциклопедия», 2002. – 1456 с.
- 119 Эренберг Р.Дж., Смит Р.С. Современная экономика труда. Теория и государственная политика. М.: Изд-во МГУ, 1996.–800 с.
- 120 Эшби У.Р. Введение в кибернетику. М.: Изд-во иностранной литературы. 1959. – 432 с.
- 121 Юдкевич М.М., Подколзина Е.А., Рябинина А.Ю. Основы теории контрактов: модели и задачи. М.: ГУ ВШЭ, 2002. – 352 с.

- 122 Яковлев Р.А. Оплата труда на предприятии. М.: Центр экономики и маркетинга, 1999. – 248 с.
- 123 Armstrong M. Reward management. London, 2000. – 804 p.
- 124 Brown C.V. (ed.) Taxation and labor supply. London: George Allen and Unwin, 1981. – 281 p.
- 125 Byars L.L., Leslie W.R. Human resource management. Boston: Homewood, 1991. – 545 p.
- 126 Campbell D.E. Incentives, motivation and economic information. Cambridge University Press, 1995. – 355 p.
- 127 Drucker P. People and performance. London: Heinemann, 1977. – 366 p.
- 128 Frank J. The new Keynesian economics: unemployment, search and contracting. Brington: Wheatsheaf books, 1986. – 283 p.
- 129 Frank R.H. Choosing the right pond: human behavior and the quest for status. N.Y.: Oxford Univ. Press, 1985. – 306 p.
- 130 Fudenberg D., Tirole J. Game theory. Cambridge: MIT Press, 1995. – 579 p.
- 131 Glueck W.F. Personnel: a diagnostic approach. Plano: Tex. Business Publications, 1982. – 456 p.
- 132 Grossman S., Hart O. An analysis of the principal-agent problem // *Econometrica*. 1983. Vol. 51. № 1. P. 7 – 45.
- 133 Hall C.S., Lindsey G. Theories of personality. N.Y.: Wiley, 1970. – 622 p.
- 134 Handbook of labor economics / Ed. by O.Ashenfelter, R. Layard. Amsterdam: North-Holland Publishing Company, 1986. Vol.1 – 787 p. Vol. 2. – P. 788 – 1273.
- 135 Handy C. Understanding organizations. London: Penguin Books, 1993. – 445 p.
- 136 Hart O.D., Holmstrom B. Theory of contracts // *Advances in economic theory*. 5-th World Congress. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1987. P. 71 – 155.
- 137 Hart O.D. Optimal labor contracts under asymmetric information: an introduction // *Review of Economic Studies*. 1983. Vol. 50. № 1. P. 3 – 35.
- 138 Hiam A. Motivating and rewarding employees. Massachusetts: Adams Media Corporation, 2001. – 320 p.
- 139 Killingworth M. Labor supply. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1983. – 493 p.

- 140 Koulopoulos T.M., Frappaolo C. Knowledge management. Dover: Capstone, 1999. – 222 p.
- 141 Labor demand and equilibrium wage formation / J.C. Van Ours, G.A. Pfann, G. Ridder (eds.). Amsterdam: North-Holland Publishing company, 1993. – 379 p.
- 142 Madsen K.B. Theories of motivation. A comparative study of modern theories of motivation. Kent State Univ. Press, 1968. – 365 p.
- 143 Mas-Colell A., Whinston M.D., Green J.R. Microeconomic theory. N.Y.: Oxford Univ. Press, 1995. – 981 p.
- 144 Myerson R.B. Game theory: analysis of conflict. London: Harvard Univ. Press, 1991. – 568 p.
- 145 Sapsford D., Tzannatos Z. The economics of the labor market. London: Macmillan, 1993. – 463 p.
- 146 Schein E.H. Organizational psychology. NY: Prentice Hall, 1965. – 114 p.
- 147 Senge P.M. The Fifth Discipline: the Art and Practice of the Learning Organization. N-Y.: Doubleday, 1991. – 432 p.