

## Моделирование деятельности фирмы по разработке программного обеспечения

*М.С. Кравцов, А.Б. Усов*

*Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону*

**Аннотация:** В условиях конкуренции определение эффективной стратегии развития фирмы приобретает огромное значение и невозможно без использования математических методов моделирования. В статье предложена иерархически организованная модель IT-предприятия. Рассмотрение проведено на примере ООО «Электронная медицина». Для описания деятельности фирмы используется производственная функция Кобба-Дугласа. Произведены численные расчеты путем имитационного моделирования для реальных входных данных. Построено равновесие Штакельберга, дан анализ полученных результатов.

**Ключевые слова:** иерархическое моделирование, равновесие Штакельберга, производственная функция Кобба-Дугласа, имитация.

### Введение

Целью любой фирмы является получение наибольшей прибыли. У руководства возникает необходимость выстроить правильную стратегию устойчивого развития. Для этого разрабатывается «бизнес-модель». В современной литературе этот термин раскрывается многочисленными определениями. В данной статье рассматривается «бизнес-модель фирмы» с точки зрения получения дохода.

Одним из факторов получения прибыли является организация внутреннего техпроцесса [1], заключающаяся в выстраивании иерархии внутри компании: создании команд, перераспределении задач, вознаграждении команд и сотрудников [2]. При должном подходе в организации техпроцесса можно добиться повышения производительности труда сотрудников, оптимизации техпроцесса.

### Бизнес-модель предприятия «Электронная медицина»

В рамках данной работы рассматривается предприятие «Электронная медицина», занимающееся разработкой программного обеспечения (далее ПО), предназначенного для медицинских организаций (далее МО). В систем-

---

ном анализе важно выделить элементы системы таким образом, чтобы они соответствовали требованиям адекватности при проектировании математической модели.

Структуру предприятия можно поделить на два звена: руководство и подчиненные. На предприятии «Электронная медицина» руководством занимается его Директор. Основная задача руководящего звена — получить наибольшую прибыль от продажи продукта клиентам. Продажи напрямую зависят от разрабатываемого ПО.

Предприятием разрабатывается два продукта — десктопная версия и веб-версия. Разработкой обоих продуктов занимаются сотрудники предприятия. Сотрудников можно объединить в одну группу и рассматривать как единое целое. Целью сотрудника является распределение своего времени с целью получения наибольшей прибыли от разработанного ПО.

### Модель

Рассматривается двухуровневая иерархическая модель Центр-Агент [3]. В роли Центра выступает Руководство предприятия. В роли Агента - сотрудник. Предприятие зарабатывает на продаже двух проектов. На  $i$ -й проект в течение рассматриваемого периода сотрудником суммарно затрачивается  $h_i$  часов. В сумме сотрудник за один календарный месяц отработывает  $h$  часов,  $h = h_1 + h_2$ .

Доход, который приносит  $i$ -й проект может быть выражен в виде производственной функции Кобба-Дугласа [4, 5]:

$$Q_i = A_i h_i^{\alpha_i} c_i^{\beta_i}$$

где  $Q_i$  - доход от  $i$ -го проекта;  $A$  - производственный коэффициент;  $\alpha_i$  - коэффициент эластичности по объему труда;  $c_i$  - вложения в производственный капитал;  $\beta_i$  - коэффициент эластичности по производственному капиталу.

Вложения в производственный капитал можно занести в производственный коэффициент  $A_i = A_i c_i^{\beta_i}$ . Тогда производственная функция примет следующий вид:

$$Q_i = A_i h_i^{\alpha_i}$$

Центр после получения дохода забирает себе долю  $q_i$  в  $i$ -м проекте [6].

Сотруднику на разработку по  $i$ -го проекта выделяются некоторые ресурсные мощности на время  $h_i$ . Под ресурсными мощностями понимается аренда серверов для нагрузки и отладки программ. Затраты на оплату одной единицы времени расхода мощности определяется как  $g_i$ . Затраты на мощности для разработки  $i$ -го проекта берутся в виде  $h_i g_i$ .

Таким образом, доход Центра можно взять в следующем виде [7]:

$$Y_1 = q_1 A_1 h_1^{\alpha_1} + q_2 A_2 h_2^{\alpha_2} - h_1 g_1 - h_2 g_2$$

Агент получает оставшуюся часть себе. Агент распределяет рабочее время  $h = h_1 + h_2$  на работу по проектам. При этом в процессе разработки Агент несет некоторые расходы, связанные с совершенствованием своих навыков для разработки (покупка литературы, оплата курсов повышения квалификации). Затраты на единицу времени совершенствования навыков по  $i$ -му проекту –  $s_i$ . Общие затраты на разработку  $i$ -го проекта –  $h_i s_i$ .

Доход Агента можно взять в следующем виде:

$$Y_2 = (1 - q_1) A_1 h_1^{\alpha_1} + (1 - q_2) A_2 h_2^{\alpha_2} - h_1 s_1 - h_2 s_2$$

Таким образом возникает двухуровневая иерархическая модель Штакельберга [7, 8]:

$$\begin{aligned} Y_1 &= q_1 A_1 h_1^{\alpha_1} + q_2 A_2 h_2^{\alpha_2} - h_1 g_1 - h_2 g_2 \rightarrow \max_{q_i} \\ 0 &\leq q_i \leq 1 \\ Y_2 &= (1 - q_1) A_1 h_1^{\alpha_1} + (1 - q_2) A_2 h_2^{\alpha_2} - h_1 s_1 - h_2 s_2 \rightarrow \max_{h_1} \\ h_1 &+ h_2 = h \end{aligned}$$

В функции Агента максимум берется по одной переменной –  $h_1$ , так как вторую можно выразить через нее:  $h_2 = h - h_1$  [9].

### Расчеты

В таблице представлены доходы предприятия в период с 2019 по 2021 год и их распределение по проектам.

Таблица № 1

Доходы предприятия «Электронная медицина»

Год	Проект 1		Проект 2	
	Доход, у.е.	Часы, ч	Доход, у.е.	Часы, ч
2018	46480000	1055	30523000	915
2019	31551000	945	35321000	1025
2020	48501000	1190	32980000	780
2021	44611000	1120	31658000	850

На их основе вычисляются [10] коэффициенты  $A_1 = 149.818, A_2 = 521179.915, \alpha_1 = 1.798, \alpha_2 = 0.609$ .

Затраты на обслуживание одного часа затраты мощностей по каждому проекту  $g_1 = 978, g_2 = 1385$ . Затраты на один час повышения квалификации сотрудника  $s_1 = 560, s_2 = 681$ . Количество рабочих часов в месяце  $h = 160$ .

На основе этих данных была написана программа, производящая моделирование исследуемой модели. Были получены следующие значения:  $q_1 = 1, q_2 = 0.981, h_1 = 0, h_2 = 160, Y_2 = 99569.5, Y_1 = 11033593.8$

Таким образом, Агент предпочитает все свое время тратить на разработку 2-го проекта. Центр старается большую часть средств оставлять себе, оставляя Агенту малую часть. Предприятию в таком случае выгодно перейти к разработке одного проекта, отказавшись от второго.

## Выводы

В ходе работы рассмотрено предприятие «Электронная медицина». Выделены два его основных звена – руководитель и подчиненные. Составлена двухуровневая иерархическая модель Штакельберга. На основе реальных данных ООО «Электронная медицина» вычислены коэффициенты производственной функции Кобба-Дугласа и далее определены управляющие параметры Центра и Агента.

На основе полученных управлений выявлено стремление Агента выполнять работу по второму проекту. В связи с этим, предприятию рекомендовано либо перейти на разработку только 2-го проекта, либо увеличить объем выплат за разработку 1-го проекта.

## Литература

1. Шаталов А.И. Взаимосвязь бизнес-модели и результатов деятельности фирмы // Вестник СПбГУ Сер 8. 2010. вып 2. URL: [cyberleninka.ru/article/n/vzaimosvyaz-biznes-modeli-i-rezultatov-deyatelnosti-firmy-na-materialah-rossiyskih-kompaniy-otrasli-obschestvennogo-pitaniya-1](http://cyberleninka.ru/article/n/vzaimosvyaz-biznes-modeli-i-rezultatov-deyatelnosti-firmy-na-materialah-rossiyskih-kompaniy-otrasli-obschestvennogo-pitaniya-1)
2. Казаков В.Е., Шарстнёв В.Л. Процессная модель коммерческой фирмы // Вестник Витебского государственного университета, 2014, №1. URL: [rep.vstu.by/bitstream/handle/123456789/126/28\\_Kazakov.pdf](http://rep.vstu.by/bitstream/handle/123456789/126/28_Kazakov.pdf)
3. Сараев А.Л., Сараев Л.А. Модель оптимизации прибыли предприятия, учитывающая сверхпропорциональные производственные и транзакционные затраты // Вестник Самарского государственного университета, 2013, №10. URL: [cyberleninka.ru/article/n/model-optimizatsii-pribyli-predpriyatiya-uchityvayuschaya-sverhproportsionalnye-proizvodstvennyye-i-transaktsionnyye-zatraty](http://cyberleninka.ru/article/n/model-optimizatsii-pribyli-predpriyatiya-uchityvayuschaya-sverhproportsionalnye-proizvodstvennyye-i-transaktsionnyye-zatraty)
4. Акерман Е.Н., Михальчук А.А., Спицын В.В., Чистякова Н.О. Оценка имитационного потенциала IT-компаний при помощи производственной



функции Кобба-Дугласа // Вестник НГУЭУ, 2019, №4. URL: [nsuem.elpub.ru/jour/article/view/1549](http://nsuem.elpub.ru/jour/article/view/1549)

5. Wickstrom M.H., Carr R., Lackey D. Exploring Yellowstone National Park with Mathematical Modeling. Mathematics Teaching in the Middle School. 2017. No8. pp. 462-470.

6. Курбатов В.И., Угольницкий Г.А. Математические методы социальных технологий. М.: Вузовская книга, 1998. 256 с.

7. Мулен Э. Теория игр с примерами из математической экономики. М.: Мир, 1985. 200 с.

8. Intriligator M. Mathematical optimization and economic theory. New York: Prentice Hall, 1971. 529 p.

9. Кравцов М.С., Усов А.Б. Борьба с оппортунистическим поведением субъектов в системах контроля качества речных вод // Инженерный вестник Дона, 2018, №4. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2018/5439](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2018/5439)

10. Назиров А.Э., Усов А.Б. Моделирование трехуровневого канала распределения продукции // Инженерный вестник Дона, 2014, №2. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2393](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2393)

### References

1. Shatalov A.I. Vestnik SPbGU №8. 2010. URL: [cyberleninka.ru/article/n/vzaimosvyaz-biznes-modeli-i-rezultatov-deyatelnosti-firmy-na-materialah-rossiyskih-kompaniy-otrasli-obschestvennogo-pitaniya-1](http://cyberleninka.ru/article/n/vzaimosvyaz-biznes-modeli-i-rezultatov-deyatelnosti-firmy-na-materialah-rossiyskih-kompaniy-otrasli-obschestvennogo-pitaniya-1)

2. Kazakov V.E., Sharstnjov V.L. Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo universiteta, 2014, №1. URL: [rep.vstu.by/bitstream/handle/123456789/126/28\\_Kazakov.pdf](http://rep.vstu.by/bitstream/handle/123456789/126/28_Kazakov.pdf)

3. Saraev A.L., Saraev L.A. Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo universiteta, 2013, №10. URL: [cyberleninka.ru/article/n/model-optimizatsii](http://cyberleninka.ru/article/n/model-optimizatsii)



pribyli-predpriyatiya-uchityvayuschaya-sverhproportsionalnye-proizvodstvennyye-i-transaktsionnye-zatraty

4. Akerman E.N., Mihal'chuk A.A., Spicyn V.V., Chistjakova N.O. Vestnik NGUJeU, 2019, № 4. URL: [nsuem.elpub.ru/jour/article/view/1549](http://nsuem.elpub.ru/jour/article/view/1549)

5. Wickstrom M.H., Carr R., Lackey D. Exploring Yellowstone National Park with Mathematical Modeling. Mathematics Teaching in the Middle School. 2017. No8. pp. 462-470.

6. Kurbatov V.I., Ugol'nickij G.A. Matematicheskie metody social'nyh tehnologij [Mathematical methods of social technologies]. M.: Vuzovskaja kniga, 1998. 256 p.

7. Mullen J. Teorija igr s primerami iz matematicheskoj jekonomiki [Game theory with examples from mathematical economics]. M.: Mir, 1985. 200 p.

8. Intriligator M. Mathematical optimization and economic theory. New York: Prentice Hall, 1971. 529 p.

9. Kravcov M.S., Usov A.B. Inzhenernyj vestnik Dona, 2018, №4. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2018/5439](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2018/5439)

10. Nazirov A.Je., Usov A.B. Inzhenernyj vestnik Dona, 2014, №2. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2393](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2393)