

## Моделирование как эффективный инструмент управления предприятием

*С.Ю. Чурикова, И.П. Бородина*

*Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону*

**Аннотация:** В статье рассматриваются математические модели, используемые в качестве инструмента управления предприятием, анализируется перспективность их применения на практике. Делается вывод об актуальности применения имитационного моделирования как эффективного инструмента управления предприятием.

**Ключевые слова:** моделирование, математическая модель, управление предприятием, инструмент управления предприятием, эффективность, имитационное моделирование, экономическая система.

На сегодняшний день применение эффективных инструментов управления предприятием является обязательным условием ведения хозяйственной деятельности.

Сфера применения таких инструментов достаточно широка и охватывает множество предметных областей, таких как: планирование, моделирование бизнес-процессов; прогнозирование; маркетинг; логистика. Инструментально-аналитические подходы так же используют при анализе человеческого капитала и различных аспектов финансово-хозяйственной деятельности организации, применяют для выявления действенных процедур по стимулированию и мотивации персонала, повышения его производительности, для создания систем автоматизации процессов управления на всех уровнях.

Одним из результативных инструментов управления предприятием, применимым во всех указанных областях, является моделирование явлений и процессов, протекающих на предприятии, позволяющее выявить рациональные и наименее затратные способы решения управленческих задач.

Зачастую, предприятия функционируют в условиях ограниченного наличия материальных, денежных ресурсов, именно поэтому необходимо

разрабатывать математические модели для изучения показателей, оказывающих влияние на управление хозяйственной деятельностью, учитывающих разносторонние факторы, характеризующие эффективность управления и уровень доходности. В результате моделирования отдельных процессов деятельности предприятия, менеджмент получает актуальную информацию, необходимую для принятия решения. Именно поэтому для повышения эффективности управления предприятием важно разрабатывать и применять математические модели.

Проанализируем некоторые примеры использования математических моделей в управленческой деятельности и обозначим перспективность их применения на практике.

Многие экономисты для анализа влияния различных факторов на уровень производства используют модели производственных функций. Данный подход используется при различном уровне агрегирования данных. Примером могут служить работы Никеля [1, 2], в которых исследуется влияние уровня рыночной конкуренции на состояние предприятий. Основная проблема производителя заключается в выборе такой комбинации факторов производства, которая обеспечивала бы необходимый объем выпуска продукции с наименьшими издержками. Поскольку соотношение цен факторов производства при определенном уровне издержек характеризует наклон изокосты, а изокванта представляет собой сочетание любых ресурсов, обеспечивающих одинаковый выпуск продукции, то наименьшие издержки для необходимого объема производства достигаются при равенстве наклона линий изокосты и изокванты, т.е. в точке их касания. Никель предполагает, что конкуренция может оказывать воздействие на суммарную производительность факторов производства, вследствие чего может вызвать перемещение линии изокванты.

---

Также модели производственных функций применяются для определения технологической эффективности деятельности предприятий.

Примером моделирования хозяйственных процессов посредством производственных функций является работа Безлепкиной И. [3]. В данной модели в дополнение к производственным характеристикам (занятость, капитал) вводятся потенциальные факторы, способные повлиять на уровень производства.

Предполагается, что выпуск продукции зависит от затрат капитала, труда, расхода материалов, а также от других факторов, оказывающих влияние на производство. Чтобы оценить влияние финансовых факторов на эффективность производства и, как следствие, на совокупную продуктивность факторов, соответствующие переменные включены в модель в качестве факторов сдвига функции. Согласно этим предположениям автор модели представляет выпуск продукции предприятия следующим образом:

$Q = AF(W, K, L, M)$ , где  $Q$  - выпуск продукции предприятия, измеряется в совокупной чистой выручке;

$F$  - производственная функция;

$A$  - представляет общую факторную производительность (TFP) в форме  $A = A(X, u)$ . Вектор  $X$  состоит из переменных, отражающих финансовое окружение предприятия,  $u$  - случайные факторы, влияющие на TFP.

В данном исследовании используются три переменные финансового окружения предприятия: субсидии, краткосрочные кредиты банков и кредиторская задолженность.

Капитал  $K$  представляет собой среднегодовую стоимость основных производственных средств, включая скот (если речь идет о животноводстве). Труд  $W$  представлен среднегодовой численностью всех работников организации. Земля  $L$  характеризуется площадью сельхозугодий (га).

---

Четвертый фактор производства – Материалы  $M$  выражается как стоимость материальных затрат (сумма стоимости семян, кормов, минеральных удобрений, нефтепродуктов, электроэнергии, топлива, запасных частей и прочих материальных затрат).

Однако модель не учитывает региональные климатические и погодные условия.

Хорватские ученые Ведран Коч и Зринка Лукаш в качестве инструмента управления предприятием также используют производственную функцию [4]. Ученые рассматривают задачу минимизации издержек производства на предприятии посредством производственной функции Кобба-Дугласа. Решение задачи минимизации издержек производства для производственной функции Кобба-Дугласа, как правило, получают с помощью метода множителей Лагранжа, что требует длительного исчисления. Ведран Коч и Зринка Лукаш предложили альтернативный подход для решения задачи минимизации издержек производства для производственной функции Кобба-Дугласа - метод, основанный на неравенстве средней взвешенной арифметической и средней взвешенной геометрической (взвешенное АМ-ГМ неравенство).

Проблема минимизации затрат производства в случае производственной функции Кобба-Дугласа с двумя видами входных ресурсов может быть сформулирована при помощи задачи нахождения условного экстремума:

$$\min_{z_1, z_2 \geq 0} w_1 z_1 + w_2 z_2, \quad (1)$$

при условии

$$q = f(z_1, z_2) = z_1^\alpha z_2^\beta, \quad (2)$$

где  $z_1, z_2, \dots, z_N$  - неотрицательные вещественные числа, вводимые ресурсы;  $w_1, w_2, \dots, w_N$  - входные цены на ресурсы;  $q$  - выбираемый уровень

---

выпуска (или количество продукции);  $\alpha, \beta$  - неотрицательные вещественные числа, коэффициенты эластичности цен на ресурсы.

Задача (1) представляет собой целевую функцию (стоимость входа), в то время как условие (2) характеризует заданный уровень выпуска продукции.

Решение поставленной задачи выглядит следующим образом [4]:

$$C(w_1, w_2, q) = q^{\frac{1}{\alpha+\beta}} w_1^{\frac{\alpha}{\alpha+\beta}} w_2^{\frac{\beta}{\alpha+\beta}} (\alpha + \beta) \left( \frac{1}{\alpha^\alpha \beta^\beta} \right)^{\frac{1}{\alpha+\beta}}$$

Полученное решение задачи минимизации издержек производства для производственной функции Кобба-Дугласа позволяет сократить количество итераций вычисления, в отличие от метода множителей Лагранжа.

Н. А. Салихзянова, Д. Х. Галлямова [5] важным инструментом эффективного управления предприятием считают построение модели бизнес-процесса. Суть такого подхода в том, что каждую или некоторые работы хозяйственного процесса рассматривают как подпроцесс и описывают в виде отдельной схемы бизнес-процесса определенного уровня. Модель помогает понять, как устроена работа, регламентировать, зафиксировать порядок ее исполнения. Авторы считают, что моделирование бизнес-процессов – описание деятельности предприятия, обеспечивающей наибольшую эффективность, позволяет ему перейти из состояния «как есть» в состояние «как должно быть». Под состоянием «как есть» понимается текущее состояние хозяйственных процессов, анализ которых определяет «слабые» места, позволяет обнаружить проблемы и разработать варианты их решения. Оптимизируя проблемные бизнес-процессы предприятие переходит из состояния «как есть» в состояние «как должно быть».

С ними согласны и шведские коллеги, в своей работе «Моделирование бизнес-процессов: Обзор и границы» Рут Сара Агилар-Савен [6] рассматривает существующие модели бизнес-процессов, осуществляет обзор

литературы по вопросу моделирования бизнес-процессов и описывает основные методы моделирования процессов.

Однако, для применения такого подхода необходима прозрачность структуры бизнес-процессов, менеджменту, полностью ее не представляющему, будет трудно оперативно реагировать на изменения внешней среды.

Шмидт А.В. считает, что основным процессом для экономических систем (а любое предприятие - это социально-экономическая система [7, 8]) является целеполагание, а процесс управления состоит из целеполагания и контроля за выполнением целевых заданий [9]. Поскольку цели предприятия устанавливаются с учетом прошлого опыта, то механизм целеполагания можно формализовать в виде следующей математической модели:

$M_i^t = f_i(M_{t-1}, U_{t-1}, N_{t-1})$ , где  $M_i^t$  - уровень притязаний по целевой характеристике  $i$  в период  $t$ ;  $f_i$  - функция цели;  $M_{t-1}$  - фактический уровень, достигнутый в предыдущем периоде;  $U_{t-1}$  - уровень достижения, выведенный из прошлого организационного опыта;  $N_{t-1}$  - уровень, достигнутый другими экономическими системами в аналогичных ситуациях.

Недостатком данного подхода можно считать тот факт, что за процесс целеполагания отвечает субъект экономической системы – руководитель, он анализирует ситуацию, цель, условия внешней среды, предполагаемое решение. Поэтому зачастую цель выражает не объективную, а субъективную точку зрения, т.е. желаемую конечную точку развития не столько системы, сколько субъекта исследования, который определяет целеполагание.

Лаптев П.В. [10] предложил структурную модель системы контроллинга промышленного предприятия, которая может быть описана следующим образом:

$SK = \langle P, PSK, S \rangle$ , где  $SK$  – система контроллинга;  $P$  – предметная область системы контроллинга;  $PSK$  – множество подсистем системы

---

контроллинга;  $S$  – множество взаимосвязей между подсистемами системы контроллинга. Автор считает, что с помощью системы контроллинга возможна интеграция всех направлений деятельности предприятия, контроль и оптимизация процесса управления предприятием, сведение к минимуму издержек производства.

Зарубежные ученые сегодня в качестве эффективного инструмента управления предприятием рассматривают имитационное моделирование. Метод имитационного моделирования позволяет строить модели сложных систем, отражающие динамическое взаимодействие системы с внешней средой, обратные связи и временные задержки в реагировании системы и внешней среды, т.е. системную динамику изучаемых явлений и процессов.

Дж. Стерман – основоположник методологии системной динамики [11] сказал: «Системная динамика – это подход имитационного моделирования, своими методами и инструментами позволяющий понять структуру и динамику сложных систем».

Системный подход и имитационное моделирование изначально предназначались для исследования технических систем, но в настоящее время получили широкое применение и при изучении процессов, протекающих в социальных и экономических системах [12].

В качестве примера системно-динамических моделей можно рассмотреть модель роста популяции [13] (рис. 1) и "паутинообразную" модель [14] (рис. 2).

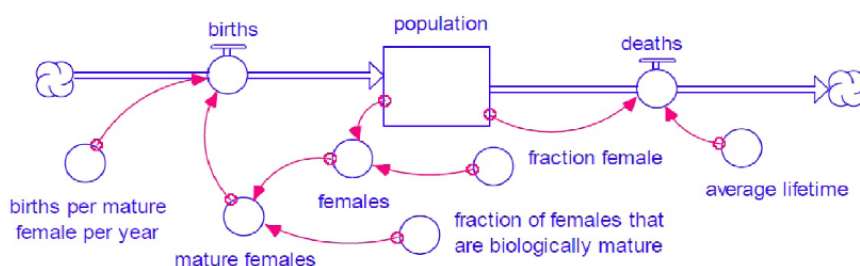


Рис. 1. - Системно-динамическая модель роста популяции, построенная в системе Stella



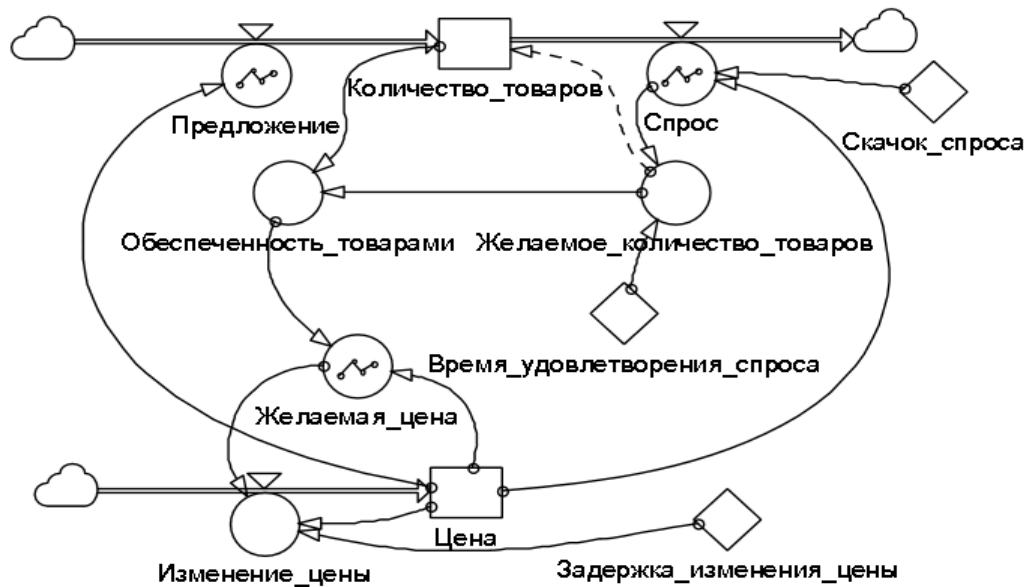


Рис. 2. - Поточковая диаграмма для "паутинообразной" модели, построенная в пакете системно-динамического моделирования POWERSIM

Модель, представленная на рисунке 2, демонстрирует переход от одного устойчивого равновесия к другому в том случае, когда в момент времени  $t = 10$  единиц времени при каждом значении цены увеличивается величина спроса за счет скачка спроса, равного 10 шт./ед. времени.

Модели, представленные на рисунках 1-2, отражают актуальный тренд прикладного использования имитационного моделирования для решения производственных управленческих задач различного уровня и горизонта планирования. Наиболее ярко указанная тенденция проявляется в моделировании и описании бизнес-процессов реально действующих предприятий. Для этого могут быть использованы стандартизированные нотации (например, IDEF0, ARIS, EPC и др.) и специализированный софт, позволяющие оптимизировать связи и управляющие воздействия в системе функционирования предприятия. При этом предприятие и все виды процессов протекающих во время его деятельности могут быть представлены как сложная социально-экономическая система.



Проведенный в работе анализ показал, что моделирование, как эффективный инструмент управления предприятием, на сегодняшний день широко применяется в управленческой деятельности. Математические модели позволяют описывать экономические процессы, происходящие на уровне предприятий и фирм, помогают принимать стратегические и оперативные решения, связанные с вопросами планирования и оптимального управления в рыночных условиях.

При построении математических моделей зачастую рассматриваются отдельные элементы такой сложной экономической системы, как предприятие, а не вся система в совокупности. Такой подход к моделированию нерационален, поскольку важным качеством любой системы является эмерджентность - наличие особых свойств системы, не присущих ни одному из ее элементов.

Одной из проблем, возникающих в процессе экономических исследований, является то, что практически не существует экономических объектов, подлежащих рассмотрению в качестве отдельных (внесистемных) элементов. Организации, предприятия и бизнес-процессы характеризуются сложностью и динамичностью структуры, взаимодействием компонентов, в совокупности составляющих единое целое.

Другая проблема состоит в том, что использование традиционных методов моделирования, таких как: эконометрика, прогнозирование, методы оптимизации, на сегодняшний день затрудняется поиском данных, необходимых для построения моделей.

Решением указанных проблем может стать широкое применение имитационного моделирования, как эффективного инструмента для решения управленческих задач, которое позволит выявлять недостатки производственных и экономических систем как на этапе их проектирования, так и в процессе функционирования, а также совершенствовать

---

существующие системы, за счет обнаружения узких мест и неэффективных процессов.

Российскому менеджменту необходим практический опыт управления сложными динамическими системами посредством имитационного моделирования, которое позволит анализировать производственные процессы в условиях быстро изменяющейся внешней среды.

### Литература

1. Nickel, S., 1996. Competition and Corporate Performance. *Journal of Political Economy*, 104: pp. 724-746.
2. Nickel, S., D. Nicolitsas and N. Dryden, 1997. What makes firms perform well?. *European Economic Review*, 41: pp. 783-796.
3. Безлепкина И. Сельскохозяйственное производство в российских регионах: анализ похозяйственных данных // Научный семинар Новых Аграрных Экономистов России при Аналитическом центре АПЭ и кафедре прикладной микроэкономики ГУ-ВШЭ Института Экономики Переходного Периода. М.: ВШЭ, 2002. С. 75-87.
4. Vedran, K. and L. Zrinka, 2014. Solving the production cost minimization problem with the Cobb – Douglas production function without the use of derivatives. Faculty of Economics and Business University of Zagreb WORKING PAPER SERIES, 14(03): pp. 1-13.
5. Салихзянова Н.А., Галлямова Д.Х. Методология моделирования бизнес-процессов организации // Вестник Казанского технологического университета. 2012. Т. 15. № 5. С. 202-204.
6. Ruth, S.A., 2004. Business process modelling: Review and framework. *International Journal of Production Economics*, 90(2): pp. 129-149.
7. Чурикова С.Ю. Формализация экономических связей системы управления сельскохозяйственной деятельностью // ОБРАЗОВАНИЕ. НАУКА. ИННОВАЦИИ: Южное измерение. 2008. № 5-6. С. 69-75.



8. Бородина И.П. Системы управления рекламными коммуникациями фирмы. Ростов н/Д: РБПХЛ СП РФ. 2004. 123 с.

9. Шмидт А.В. Раскрытие категорий «устойчивость» и «устойчивое развитие» применительно к объектам микроэкономики с позиции динамики // Вестник ЮУрГУ. 2010. № 26. С. 34-41.

10. Лаптев П.В. Моделирование системы контроллинга на промышленном предприятии // Инженерный вестник Дона, 2012, №2 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2012/854.

11. Sterman, J., 2000. Business dynamics - systems thinking and modeling for a complex world. New York: McGraw-Hill, 952 p.

12. Розин М.Д., Олишевский Д.П., Олишевская А.В. Системное моделирование сферы обслуживания: научный, образовательный, инновационный и культурный аспекты // Инженерный вестник Дона, 2013, №4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/1984.

13. Ford, A., 2009. Modeling the environment: An introduction to system dynamics modeling of environmental systems. Washington: Island Press, 380 p.

14. Сидоренко В.Н. Системно-динамическое моделирование в среде POWERSIM: Справочник по интерфейсу и функциям. М.: МАКС-ПРЕСС. 2001. 159 с.

### References

1. Nickel, S., 1996. Journal of Political Economy, 104: pp. 724-746.

2. Nickel, S., D. Nicolitsas and N. Dryden, 1997. European Economic Review, 41: pp. 783-796.

3. Bezlepkina I. Nauchnyy seminar Novykh Agrarnykh Ekonomistov Rossii pri Analiticheskom tsentre APE i kafedre prikladnoy mikroekonomiki GU-VShE Instituta Ekonomiki Perekhodnogo Perioda. M.: VShE, 2002. pp. 75-87.

4. Vedran, K. and L. Zrinka, 2014. Faculty of Economics and Business University of Zagreb WORKING PAPER SERIES, 14(03): pp. 1-13.

---



5. Salikhzyanova N.A., Gallyamova D.Kh. Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. 2012. V. 15. № 5. pp. 202-204.
6. Ruth, S.A., 2004. Journal of Production Economics, 90(2): pp. 129-149.
7. Churikova S.Yu. OBRAZOVANIE. NAUKA. INNOVATSII: Yuzhnoe izmerenie. 2008. № 5-6. pp. 69-75.
8. Borodina I.P. Sistemy upravleniya reklamnymi kommunikatsiyami firmy [Control systems of advertising communications company]. Rostov n/D: RBPKHL SP RF. 2004. 123 p.
9. Shmidt A.V. Vestnik YuUrGU. 2010. № 26. pp. 34-41.
10. Laptev P.V. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2012, №2 URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2012/854](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2012/854).
11. Sterman, J., 2000. Business dynamics - systems thinking and modeling for a complex world. New York: McGraw-Hill, 952 p.
12. Rozin M.D., Olishevsky D.P., Olishevskaya A.V. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2013, №4 URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/1984](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/1984).
13. Ford, A., 2009. Modeling the environment: An introduction to system dynamics modeling of environmental systems. Washington: Island Press, 380 p.
14. Sidorenko V.N. Sistemno-dinamicheskoe modelirovanie v srede POWERSIM: Spravochnik po interfeysu i funktsiyam [System-dynamics simulation environment POWERSIM: Manual interfaces and functions]. M.: MAKS-PRESS. 2001. 159 p.