## МОДЕЛИРОВАНИЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОГРЕССА

УДК 303.094

### Михаил Ефимович Мазуров,

д.ф.-м.н., профессор кафедры Высшей Математики Московского Государственного Университета Экономики, Статистики Информатики

Тел.: 8 (916) 190-25-15 Эл. почта: mazurov37@mail.ru

Научно-технический прогресс можно представить в виде активной среды, в которой реализуются достижения общества. Для моделирования научнотехнического прогресса использованы стандартные математические модели самоорганизации, решаемые методом сканирования. В вычислительном эксперименте установлено, что наличие открытий значительно ускоряет темп научно-технического прогресса.

Ключевые слова: научно-технический прогресс, нелинейные дифференциальные уравнения в частных производных параболического типа, метод сканирования, конкурентная динамика научно-исследовательских работ.

#### Michael E. Mazurov,

D. SC.MD, Professor, Department of Higher Mathematics, Moscow State University of Economy, Statistics and Informatics Tel.: 8 (916) 190-25-15 E-mail: mazurov37@mail.ru

# MODELING OF SCIENTIFIC AND TECHNICAL PROGRESS

Scientific and technical progress can be represented in the form of an active medium in which they are earned achievements of the company. For modeling scientific and technological progress used standard mathematical models of selforganization, is solved by the method of scanning. In the computational experiment showed that the presence of the discoveries greatly accelerates the pace of scientific and technological progress.

**Keywords:** scientific and technical progress, non-linear differential equations of parabolic type, scanning method, the competitive dynamics of scientific research.

Подобно географическим открытиям, расширяющим знания человека о мире, и математика открывала для человека новые горизонты: люди учились измерять, считать окружающий их мир, задумываться о закономерностях того или иного природного явления и находить вокруг себя гармонию. И если эпоха Великих географических открытий имеет чётко очерченные исторические рамки, то эпоха математических открытий, похоже, не закончится никогда. Познавая математику, необходимо изучать её историю, ведь исследуя прошлое, мы двигаемся в будущее. С каждым днем наука открывает перед нами новые горизонты, мы стремительно поднимаемся вверх по лестнице развития.

Научно-технический прогресс можно представить как совокупную информацию наших знаний о природе, мире, наших достижениях в области использования знаний для улучшения жизни человека. Иными словами научно-технический прогресс можно представить в виде активной среды, в которой реализуются достижения научно-технического прогресса [1–4]. Для описания же активной среды, где разыгрывается научно-технический прогресс, можно использовать стандартные математические модели в виде систем нелинейных дифференциальных уравнений параболического типа

$$\frac{\partial E_i}{\partial t} = F_i(E_1, ..., E_n) + D_i \Delta E_i \quad (i = 1, ..., n), \tag{1}$$

где  $E_i$  — переменные,  $F_i$  — нелинейные функции,  $D_i$  — коэффициенты диффузии,  $\Delta E_i = \frac{\partial^2 E_i}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 E_i}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 E_i}{\partial z^2}$ . В данной работе рассмотрена система из двух уравнений (1).

$$\frac{\partial E_1}{\partial t} = F_1(E_1, E_2) + D_1 \Delta E_1, \quad \frac{\partial E_2}{\partial t} = F_2(E_1, E_2) + D_2 \Delta E_2. \tag{2}$$

Уравнениям (2) соответствуют точечные системы обыкновенных дифференциальных уравнений

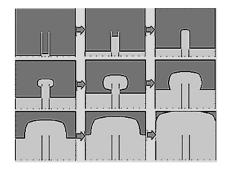
$$\frac{\partial E_1}{\partial t} = F_1(E_1, E_2), \quad \frac{\partial E_2}{\partial t} = F_2(E_1, E_2). \tag{3}$$

Для моделирования научно-технического прогресса в вычислительном эксперименте были использованы уравнения Фитцхью-Нагумо, являющиеся одной из реализаций уравнений (2) [5].

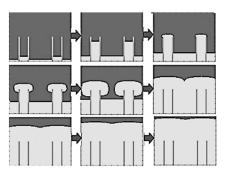
$$\frac{dx_1}{dt} = x_1 - \frac{x_1^3}{3} - x_2 + I + D_1 \Delta x_1, \quad \frac{dx_2}{dt} = \varepsilon (a - x_1 + bx_2) + D_2 \Delta x_2,$$

где I – ток смещения, a, b,  $\varepsilon$  – параметры:  $D_1$ ,  $D_2$  – коэффициенты диффузии. В уравнении реализуется случай, когда на изоклине точечной

системы обыкновенных дифференциальных уравнений имеются две точки устойчивого равновесия. Для расчетов был использован разработанный метод прямых в сочетании с методом сканирования, позволяющий производить эффективные вычисления в случае сложных границ области и ее гетерогенности [6]. Результаты расчета научно-технического прогресса в результате опережающего открытия в области математики или других наук иллюстрируется рис. 1.



**Рис. 1.** Иллюстрация научнотехнического прогресса в результате появления опережающего открытия



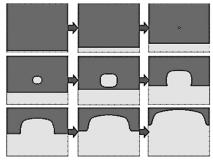


Рис. 2. Иллюстрация ускорения медленного фронта научно-технического прогресса при наличии опережающих прорывных открытий

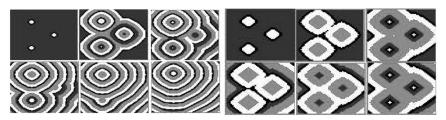


Рис. 3. Моделирование конкуренции трех типов научно-исследовательских работ. Слева: 1. Начальная динамика конкуренции; 2. Развитие динамики конкуренции; 3–4. подавление функционирования объекта справа на слайде 4; 5. подавление функционирования объекта внизу; 6. полный захват сферы деятельности объектом 1. Справа показана конкурентная динамика трех научно-исследовательских проектов в случае равных возможностей проектов, когда все работы сосуществуют

Из рис. 1 видим, что прорыв некоторой узкой области общего научно-технического прогресса приводит к возникновению этого прогресса в далекой от общего фронта области. Развитие прогресса в этой части приводит к расширению общей области прогресса и подтягиванию медленно движущегося фронта к прорывному открытию. Если открытий несколько, то ускорение общего медленного фронта намного больше, что иллюстрируется на примере двух прорывных открытий. Наличие точечного опережающего открытия позволяет получить опережение научно-технического прогресса в широкой области. Общая картина научнотехнического прогресса показана на рис. 2.

На рис. 2 слева показан пример двух прорывных открытий. Справа – опережение научно-технического прогресса при наличии точечного опережающего открытия.

Интересным применением разработанного метода является моделирование эволюции и конкуренции научно-исследовательских работ. Для описания процесса использовалась система уравнений Ван-дер-Поля - Фитцхъю. Процесс рассмотрен на примере конкуренции трех научно-исследовательских работ. Каждая из научно-исследовательских работ в начальный момент времени обладает одинаковыми ресурсами эффективности. С течением времени одна из научно-исследовательских работ начинает предлагать пользователям более выгодные условия для научно-исследовательской деятельности, что позволяет привлечь большее число исследователей, работающих по технологии данной научно-исследовательской работы. Таким образом, она постепенно захватывает большую долю научнопроизводственной сферы, и в итоге подавляет два других направления научно-исследовательской работы. Схематически динамика конкуренции иллюстрируется рисунком 3.

Двумерная область, в которой расположены участники научноисследовательских работ, схематически изображает зоны влияния участников. Рис. 3 иллюстрирует постепенный захват зоны влияния первым участником научно-исследовательских работ. В случае равных возможностей конкурирующих участников рынка в результате синхронизации решений в двумерной области возможно совместное существование решений уравнения (1), иллюстрируемое рис. З справа. С физической точки зрения конкурентная динамика научно-исследовательских работ в случае равных возможностей конкурирующих участников работ приводит к наличию симбиоза участников работ или их совместное существование. Ни один из проектов не может вытеснить другого, они вынуждены существовать совместно.

Интересно отметить, что конкурентные соотношения, аналогичные описанным выше, характерны для всех систем, описываемых уравнениями самоорганизации типа (1) [7]. При этом роль переменных в этих модельных системах могут играть концентрации среды, электрические потенциалы, концентрации микроорганизмы и т.д. Законы конкуренции одни и те же. На рис.4 показано конкурентное подавление в химической реакции Белоусова-Жаботинского. Более эффективный и более быстрый участник конкуренции подавляет более медленного. Участники активной среды с одинаковой эффективностью сосуществуют, объединяясь в группы, и являются источниками макроскопической активности. Этот же процесс приводит к образованию диссипативных структур.

Отметим одно общее свойство исследуемых систем. При использовании других близких математических моделей отдельных элементов системы качественные закономерности динамики конкуренции при соответствующем подборе параметров уравнения сохраняются.

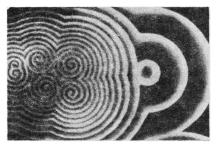


Рис. 4. Конкуренция двух конкурирующих процессов. Более быстрый процесс подавляет более медленный

## Литература

- 1. Сидорова В.В., Твердислов В.А. Социальные системы с точки зрения биофизики. Самоорганизация в социальных системах. Физико-химические и биоэкологические аналогии //Альманах центра общественных наук. ИТРК. 2003. Т. 3. № 27. С. 199–212.
- Твердислов В.А. Активная среда: от биофизики к экономике // Советский физик. №1 (20). 2001. С. 36–39.
- 3. Гранберг А. Г. Моделирование пространственного развития национальной и мировой экономики: эволюция подходов / А. Г. Гранберг // Экономика и социология. 2007. № 1. С. 87–107.
- 4. Макаров В.Л., Бахтизин А.Р. Социальное моделирование новый компьютерный прорыв (агент-ориентированные модели) // М.: Экономи-ка. 2013. 295 с.
- 5. Fitz Hugh R. Mathematical models of excitation and propagation in nerve// In Schwan, H.P. (ed.) Bioelectronics. New York. McGraw-Hill. 1968.

- 6. Мазуров М.Е., Калюжный И.М. О методе сканирования при решении пограничных задач для нелинейных уравнений параболического типа в гетерогенных областях сложной формы // САИТ. Третья международная конференция «Системный анализ и информационные технологии». М. 2009. С. 419–424.
- 7. Мазуров М. Е. О конкурентной динамике в распределенных экономических системах // «Экономика, статистика и информатика». Вестник УМО. №2. 2011. С. 191–195.

### References

- 1. Sidorova V. V., Tverdislov V. A. Social system from the point of view of Biophysics. Self-organization in social systems. Physicochemical and bio-ecological analogy //Almanac of the center for social Sciences. ITRC. 2003. Vol. 3. No. 27. With 199–212.
- 2. Tverdislov V. A. Active environment: from Biophysics to the economy // Soviet physicist. No. 1 (20). 2001. P. 36–39.

- 3. Granberg A. G. Modeling of spatial development of national and world economy: the evolution of approaches / A. G. Granberg // Economics and sociology. 2007. No. 1. P. 87–107.
- 4. Makarov V. L., Baptisin A. R. Social simulation a new breakthrough computer (agent-oriented models) // M.: Economics. 2013. 295 p.
- 5. Fitz Hugh R. Mathematical models of excitation and propagation in nerve// In Schwan, H. P. (ed.) Bioelectronics. New York. McGraw-Hill. 1968.
- 6. Mazurov M. E., I. M. Kalyuzhny About scanning method in solving boundary problems for nonlinear parabolic equations in heterogeneous areas of complex shape//SAIT. Third international conference "System analysis and information technologies". M. 2009. P. 419–424.
- 7. Mazurov M. E. the competitive dynamics in distributed economic systems.// "Economics, statistics and Informatics". Vestnik UMO. No. 2. 2011. P. 191–195.