

Оптимальные траектории движения ресурсов проекта

**Бублей Ирина Евгеньевна, магистрант кафедры Менеджмента ЮФУ,
кандидат технических наук**
Южный федеральный университет (г. Таганрог)

Приведена модель предварительного расчета оптимальных траекторий взаимосвязи ресурсов при выполнении проекта. Эта модель может быть применена и при расчете стоимости проекта, если учесть динамику качества исполнителя и конкурента. В основу модели положены: 1) аналитическое описание взаимосвязи стоимости сотрудников, капитала, кредита, протяженности работ, ширины фронта работ, соответствия квалификационного потенциала исполнителя требованиям заказа; 2) оптимальность траекторий и управляющих воздействий в модели достигается синергетическими методами аналитического конструирования агрегированных регуляторов.

Ключевые слова: технологии управления проектом, взаимодействие руководителей проекта, экономическая синергетика, метод аналитического конструирования агрегированных регуляторов АКАР, оптимальные траектории проекта, управляющие воздействия, экономика, производственный менеджмент, расход ресурсов, фазовые портреты, нелинейные системы, принятие решений.

Наличие математических и особенно графических моделей функционирования системы в виде фазовых портретов облегчает интерактивное управление нелинейной динамикой ресурсов предприятия.

Математическая запись взаимосвязи стоимости сотрудников – x_1 , кредита – x_2 и капитала – x_3 в [1] представлена следующей системой эволюционных уравнений:

$$\begin{cases} dx_1/dt = \alpha x_2 x_3 - \gamma x_1; \\ dx_2/dt = \mu(x_2 + x_3) - \beta x_1 x_3; \\ dx_3/dt = \delta x_2 - \lambda x_3. \end{cases} \quad (1)$$

Величины $\alpha, \gamma, \mu, \beta, \delta, \lambda$ входят в эту систему как постоянные и, согласно синергетическим представлениям, являются управляющими параметрами.

Данная система нелинейных уравнений по своей структуре подобна известной системе Лоренца, которая не имеет общего аналитического решения.

Аналогичную сложность аттрактора имеет и система уравнений Рёслера:

$$\begin{aligned} \dot{x}_1(t) &= -x_2 \cdot x_3; \\ \dot{x}_2(t) &= x_1 + x_1 \cdot x_2; \\ \dot{x}_3(t) &= x_5 \cdot x_1 + x_1 \cdot x_3 - x_6 \cdot x_3 \end{aligned} \quad (2)$$

Модель Рёслера имеет фазовое пространство притягивающего инвариантного многообразия с фрактальной размерностью – странного аттрактора рис. 1. Ее аттрактор чувствителен к заданию начальных условий $x_1(0), x_2(0), x_3(0)$. В фазовом портрете этой модели рассчитанном для $x_1=0,38, x_2=0,3, x_3=4,82$ виден хаос в виде гомоклинических траекторий.

Однако модель Рёслера приемлема для управления нелинейными системами конкурирующих ресурсов при введении в нее управляющих воздействий [2]: $u_1^* \neq 0, u_2^* \neq 0$, предотвращающих хаотические движения изображающей точки. В этом случае система уравнений (1) примет вид:

$$\begin{aligned} \dot{x}_1(t) &= -x_2 \cdot x_3; \\ \dot{x}_2(t) &= x_1 + x_1 \cdot x_2 + u_1^*; \\ \dot{x}_3(t) &= x_5 \cdot x_1 + x_1 \cdot x_3 - x_6 \cdot x_3 + u_2^*; \end{aligned} \quad (3)$$

Здесь управления $u_1^* \neq 0$, и $u_2^* \neq 0$, полученные методом аналитического конструирования агрегированных регуляторов

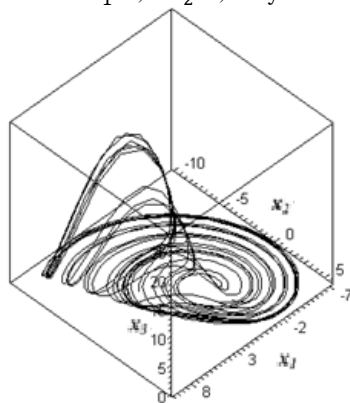


Рис.1. Фазовый портрет модели Рёслера (2) в [2] без введения управляющих воздействий. Показан хаотический режим движения в виде гомоклинических траекторий

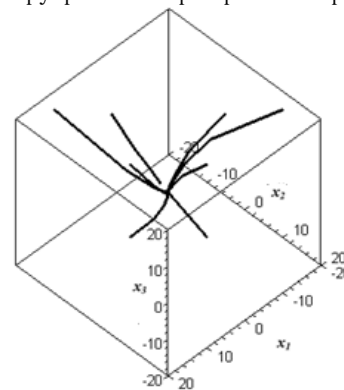


Рис.2. Фазовый портрет модели Рёслера (3), моделирования системы с управлениями, полученными в [2] методом аналитического конструирования агрегированных регуляторов

Параметры капитал – x_2 и кредит – x_3 принимаются «внутренними» управлениями. Неконкурирующие параметры представлены в виде: протяженности работ – x_6 , ширины фронта работ – x_4 и уровня конструктивно-технологических ограничений – x_5 , т.е. соответствия квалификационного потенциала производства техническому заданию заказа.

Результаты решения уравнений Рёслинга в виде (3) для различных инвариантов проекта представлены на рис. 2 незамкнутыми кривыми, что существенно облегчает принятия решений.

$$\begin{cases} \dot{x}_7(t) = b_7 x_9 x_8 \pi_r \sin x_{11} + a_7 u_7; \\ \dot{x}_8(t) = b_8 x_8 x_9 \pi_r \cos x_{11} + a_8 u_8; \\ \dot{x}_9(t) = a_9 u_9; \\ \dot{x}_{10}(t) = x_7 \sin x_5 + x_8 \cos x_{11}; \\ \dot{x}_{11}(t) = x_9; \\ \dot{x}_{12}(t) = x_7 \cos x_{11} + x_8 \sin x_{11}; \end{cases} \quad (4)$$

$$u_7 = P - F_{cl} - F_{(m+o)1} \quad (5)$$

$$P = \phi e \quad (6)$$

$$u_8 = P - F_{c2} - F_{(m+o)2} \quad (7)$$

$$u_9 = M_{c3} + M_{(m+o)3} \quad (8)$$

$$\phi_{11} = (1 + \lambda_1) \phi, \phi_{12} = (1 + \lambda_2) \phi \quad (9)$$

$$a_1 = \phi_{x1}^{-1}; a_2 = \phi_{x2}^{-1}; a_3 = (r_0 \phi)^{-1}; \quad (10)$$

$$b_1 = (\phi_{12} / \phi_{11}); b_2 = (\phi_{11} / \phi_{12}) \quad (11)$$

$$R = (s_1 N_1) = (s_2 N_2) \quad (12)$$

Здесь обозначено:

x_7 – проекция вектора скорости суммарного расхода потока ресурсов и мощностей производства, расходуемых при выполнении проекта, изменяющихся от нуля до скорости в серийном производстве (скорость расхода ресурсов на перемещение фронта работ);

x_8 – проекция вектора скорости расхода ресурсов расходуемых на расширение фронта работ;

x_9 – скорость поворота вектора потока ресурсов, расходуемых повышении квалификации сотрудников и разрешающей возможности оборудования до требований проекта;

x_{10} – проекция точки, изображающей фазовую траекторию изменения протяженности фронта работ на исследуемый момент времени календарного плана выполнения проекта;

x_{10max} – расход ресурсов на поддержание фронта работ в серийном производстве продукта проекта;

x_{11} – угол расположения вектора разрешающей способности предприятия к требованиям заказа (конструктивно-технологическим ограничениям технического задания) в серийном производстве;

x_{12} – проекция точки, изображающей фазовую траекторию перемещения фронта работ на исследуемый момент времени календарного плана выполнения проекта;

t – время в единицах календарного плана;

u_7 – управляющее воздействия достижения скорости освоения ресурсов, необходимой для серийного производства;

P – поток финансирования, преодолевающий затраты ресурсов при выполнении проекта; F – затраты на сотрудников при реализации планируемой скорости расхода потока ресурсов в серийном производстве продукта проекта;

$F_{(m+o)1}$ – затраты на материалы и оборудование при реализации планируемой скорости расхода потока ресурсов при освоении мощностей, запланированных для серийного производства;

ϕ – объем работ, мера инертности которого выражена в условных ресурсных единицах (например: безразличные деньги мощность их потока);

e – ускорение потока ресурсов r (например, стоимость в условных денежных единицах), назовем фондах и обозначим « ϕ_r »;

u_8 – управляющее воздействие достижения фронта работ, необходимого для серийного производства в соответствии с календарным планом;

F_{c2} – затраты на сотрудников, включающихся в работу при развитии фронта работ; $F_{(m+o)2}$ – затраты на материалы и оборудование при развитии фронта работ;

u_9 – управляющее воздействие доведения разрешающей способности производства требованиям проекта;

M_{c3} – момент поворота вектора финансирования, преодолевающий расходы ресурсов на приобретение необходимого квалификационного потенциала исполнителей;

$M_{(m+o)3}$ – момент поворота вектора финансирования, преодолевающий расходы ресурсов на приобретение оборудования и *сотрудников*, необходимых для повышения разрешающей способности предприятия (квалификационно-технологических ограничений);

ϕ_{11} и ϕ_{12} – «присоединенные» объемы работ (стоимость срывов работ из-за несвоевременного приобретения материалов, оборудования и др.);

λ_1 и λ_2 – коэффициенты, корректирующие возрастание стоимости работ, вызванные не запланированными командировками и представительскими расходами;

a_i – коэффициенты корректирующие пропорциональности расходов на сотрудников: привлечение, увольнение, пере-квалификацию;

b_i – коэффициенты пропорциональности расходов на имидж фирмы: внутренний (рост *зарботков* сотрудников) и внешний – включение студенческого и научного потенциала университетов в выполнение проектов;

r – ресурс;

s_1 и s_2 – стоимости работы сотрудников и эксплуатации оборудования в единицу времени, соответственно;
 n_i – накладные расходы;
 N_1 и N_2 – количества сотрудников и оборудования.

В результате применения указанной процедуры получен вектор внешних управлений вида:

$$u(x), x=[x_i]^T, i=1,6. \quad (13)$$

Этот вектор обеспечивает желаемое движение замкнутой системы: «проект – руководитель». Составляющие вектора управления u имеют вид:

$$u_7 = 1/a_1(-bx_8 + n_1 \sin x_{11} + (-x_7 + x_{7max})/T_1)$$

$$u_8 = Ax_7 + Bx_8 + Cx_9 + Dx_{11} + E;$$

$$u_9 = 1/(T_3 T_5 a_3) \cdot (-T_3 + T_5)x_9 - x_5 + x_{5max}$$

где обозначено:

$$A = -(b_2 x_9)/a_2 - \sin x_5 / (T_4 a_2 \cos x_5)$$

$$B = -(T_2 + T_4)/a_2 T_2 T_4$$

$$C = -(x_4 \sin x_5)/(a_2 T_4 \cos^2 x_5) + (T_2(x_{4max} \sin x_5 - T_4 x_{7max})) / (a_2 T_4 \cos^2 x_5)$$

$$D = 1/(a_2 T_2 T_4 \cos x_5)$$

$$E = (x_{4max} - T_4 x_{7max} \sin x_5) / (a_2 T_2 T_4 \cos x_5)$$

На рис. 3 — 8 приведены фазовые портреты соотношений (4–12).

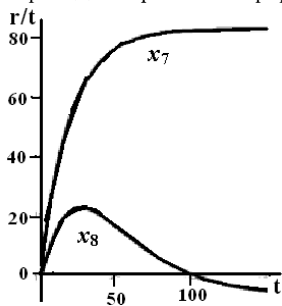


Рис. 3. Скорости расхода ресурсов на перемещение фронта работ – x_7 и расширение фронта работ – x_8

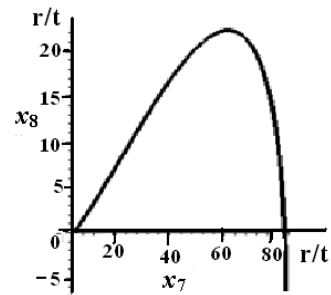


Рис.4. Взаимосвязь скоростей расхода ресурсов на развитие протяженности работ – x_7 и расширение фронта работ – x_8

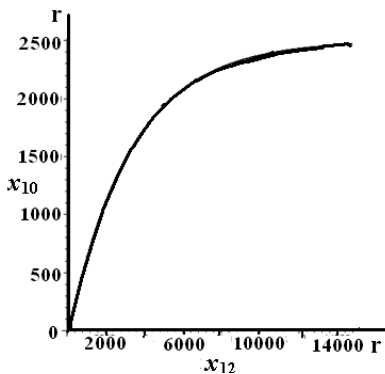


Рис.5. Взаимосвязь затрат на развитие фронта работ – x_{10} и перемещение фронта работ – x_{12}

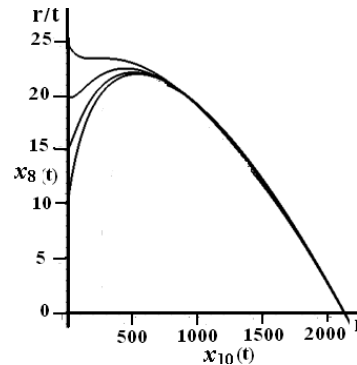


Рис.6. Взаимосвязь скорости расхода ресурсов развитие фронта работ – x_8 и развития ширины фронта работ – x_{10}

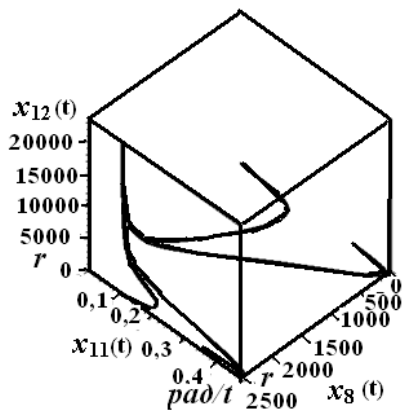


Рис.7. Взаимосвязь расхода ресурсов на развитие протяженности работ – x_{12} ; квалификационного потенциала – x_{11} и расширения фронта работ в предсерийной фазе x_8

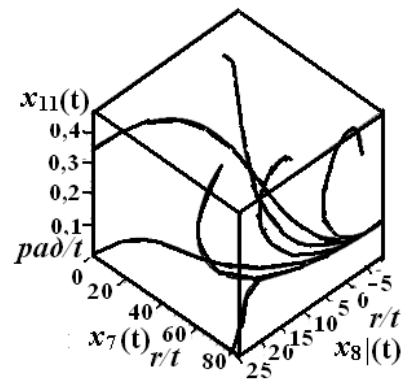


Рис.8. Взаимосвязь скорости – $x_7(t)$ расхода ресурсов на развитие протяженности работ, квалификационного потенциала – $x_{11}(t)$ и скорости – $x_8(t)$ расширения фронта работ в предсерийной фазе



Проведенные исследования позволили получить следующие результаты:

1. Выбраны операторы, позволяющие рассчитать управляющие воздействия многопараметрической модели изготовления опытного изделия в части актуаторов ресурсов.

2. Для каждого актуатора рассчитывается свой инвариант управляющих воздействий, которыми он может влиять на взаимосвязь параметров процесса выполнения заказа в ресурсном пространстве завода. Причем некоторые (различные) управляющие воздействия влияют на одни и те же актуаторы, и даже параметры заказа, т.е. существует перекрытие функций.

3. Каждая из подсистем описывает конкретный временной интервал.

4. Подобраны аналитические операторы стоимость сотрудников, капитал и кредит, отображающие ограничения расхода ресурсов.

5. Анализ прохождения продуктов проекта, в частности системы управления информацией предприятия, с помощью выше приведенной модели позволил установить зависимость качества менеджмента от квалификационного потенциала исполнителей и разрешающей способности оборудования, а получение фазового бассейна инвариантов для конкретного производственного подразделения создало возможность априорной оптимизации принимаемых решений.

Полученные результаты вошли в состав системы адаптивной технологии управления проектом (САТУП) разрабатываемой с учетом процессов нелинейного взаимодействия руководителей проекта и разрешающей способности фирмы.

Литература:

1. Шаповалов В.И. Устойчивость средней формы: приближение двух параметров // Тез. докл. конф. «Экономическая синергетика и антикризисное управление» (20–21 декабря 1999 г.) — Наб. Челны: Изд-во Камского политехнического института, 1999. С. 43.

2. Современная прикладная теория управления. Ч. III: Оптимизационный подход в теории управления / Под ред. А.А. Колесникова. — Москва — Таганрог: Изд. ТРТУ, 2000.