

УНИФИЦИРОВАННОЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ

UNIFIED MATHEMATICAL MODELING FOR ORGANIZATIONAL MANAGEMENT

S. Aksenov
N. Shaimuratova

Summary. The development of mathematical models for organization and resource management systems formulated as single-circuit dynamic discrete tracking systems is designed to obtain quantitative estimates of efficiency using dynamic analysis and parametric optimization methods. The goal is to create mathematical foundations for organization management systems structured in the form of unified dynamic tracking models that allow quantifying efficiency based on analytical methods and optimization approaches. The methodology develops from conceptual functional models to mathematical flowcharts, differential equations and, ultimately, to performance indicators.

Keywords: organization resource management, computer modeling, process rationalization, data-based assessment, indicator-based analysis.

Аксенов Сергей Геннадьевич

доктор экономических наук, профессор,
ФГБОУ ВО Уфимский университет науки и технологий
aks1959prof@gmail.com

Шаймуратова Наталья Игоревна

ФГБОУ ВО Уфимский университет науки и технологий
pavel1112w@mail.ru

Аннотация. Разработка математических моделей для систем управления организацией и ресурсами, сформулированных как одноконтурные динамические дискретные системы слежения, предназначена для получения количественных оценок эффективности с использованием методов динамического анализа и параметрической оптимизации. Цель состоит в создании математических основ для систем управления организацией, структурированных в виде унифицированных динамических моделей отслеживания, позволяющих количественно оценивать эффективность на основе аналитических методов и подходов к оптимизации. Методология развивается от концептуальных функциональных моделей к математическим блок-схемам, дифференциальным уравнениям и, в конечном счете, к показателям эффективности.

Ключевые слова: управление ресурсами организации, компьютерное моделирование, рационализация процессов, оценка на основе данных, анализ на основе показателей.

Математические модели необходимы для эффективного управления организациями и ресурсами. Эти модели должны основываться на одноконтурных динамических системах дискретного отслеживания. Динамически анализируя эти модели и оптимизируя их параметры, мы можем количественно оценить эффективность работы системы. Это важная проблема, требующая неотложного внимания. Решение этой проблемы позволит получить ценную информацию для улучшения организационного управления и управления ресурсами.

Задача решается с использованием следующего поэтапного подхода:

- разработка фрагментарных и обобщенных функциональных феноменологических моделей;
- создание фрагментарных и обобщенных блок-схем в качестве математического представления функциональных моделей;
- запись разностных уравнений для интересующих показателей эффективности;
- расчет оценок эффективности на основе разностных уравнений.

Ключевым принципом проектирования систем управления является подход, основанный на обратной

связи, который применяется в кибернетических системах. Эта модель измеряет разницу между желаемым поведением целевой функции и фактической реализацией системы, учитывая как априорные, так и апостериорные нарушения, влияющие на способность системы достигать намеченного целевого поведения.

Моделируя систему управления организацией, мы можем рассматривать ее как систему отслеживания, в которой желаемая траектория прибыли является ориентиром, которому следует система. Фактическая прибыль — это результат, и управленческие решения принимаются на основе измеренной разницы между желаемой и фактической прибылью, контролируя обратную связь, чтобы минимизировать расхождение.

Основные функциональные компоненты системы управления организацией включают стратегический маркетинг, менеджмент (принятие решений, координацию, мониторинг и корректирующие действия) и фактическое производство товаров/услуг, включая технологию и маркетинговую деятельность на рынке.

Систему управления организацией можно описать, используя классическую теорию менеджмента. Рынок — это управляемый объект, преобразующий товары

в деньги и прибыль. Маркетинговая программа — это исполнительная подсистема, влияющая на рыночные отношения. Программа управления — это подсистема управления. Производство преобразует деньги в товары/услуги. Программа финансирования, согласованная с желаемой траекторией получения прибыли, действует как «энергетический» носитель, связывающий несоответствие прибыли с общей динамикой организационной системы.

Учитывая свойства функционально необходимых элементов системы управления организацией, основное внимание в исследовании уделяется желаемому закону управления ресурсами. Этот желаемый закон определяет структуру управляющей подсистемы, необходимую для обеспечения отслеживания целевой прибыли с желаемой точностью (минимизации рассогласования). «Ошибка» в отслеживании, или степень несовпадения целей, служит ключевым критерием оценки качества и эффективности функционирования системы управления организацией.

Ключевым структурным отличием систем организационного управления от чисто технических систем управления является наличие человеческого фактора (интеллекта) в организационных системах. Этот человеческий фактор участвует в планировании, реализации функций управления и проведении измерений (помимо простого контроля, который чаще встречается в технических системах управления). В организационных системах планирование, управление и измерение требуют экспертных оценок, связанных с принятием решений.

Чтобы разработать эффективную математическую модель системы управления организацией, она должна отражать динамику преобразования измеренного целевого отклонения в реализуемый экономический показатель — выходную переменную системы $y(t)$. Перед моделированием системы в целом необходимо определить математические модели для каждого функционально необходимого элемента.

При описании преобразований в прямой цепочке с помощью дифференциальных уравнений динамика включает время, необходимое для реализации произ-

водственных, управленческих, маркетинговых и других процессов.

Когда организационная система функционирует оптимально и преобразования являются дискретными, каждый элемент и система в целом могут быть формализованы с помощью разностных уравнений, учитывающих заданные начальные условия и формализующих динамику дискретных процессов.

Ключевым отличием от формализации с непрерывным временем является возможность рекурсивного (алгебраического) описания динамики путем решения разностных уравнений, что не требует интегрирования. Кроме того, формализация с использованием разностных уравнений естественным образом согласуется с возможностью цифрового моделирования организационных и ресурсных систем без необходимости дальнейшего преобразования математической модели.

Разностные уравнения могут быть представлены в операторной форме, что позволяет сравнить функциональную схему организационной системы с математической моделью структурной схемы. Каждый функциональный элемент соответствует линейному или нелинейному оператору.

Чтобы упростить инерционные нелинейные преобразования, мы можем предположить, что нелинейность остается неизменной после завершения переходных процессов. Это позволяет разделить нелинейный элемент на инерционную нелинейную часть (нелинейное звено со статической характеристикой) и инерционную линейную часть (линейный оператор, представляющий динамику).

Если статическую характеристику измерителя рассогласования обозначить как f , статические характеристики остальных функционально необходимых элементов — как φ , а инерционные линейные операторы — как $K(z)$, то функциональная схема модели организационной системы соответствует общей нелинейной структурной схеме в виде системы слежения с единственной обратной связью (см. рис. 1). Структурная модель помимо визуальной нагрузки выполняет все функции математической

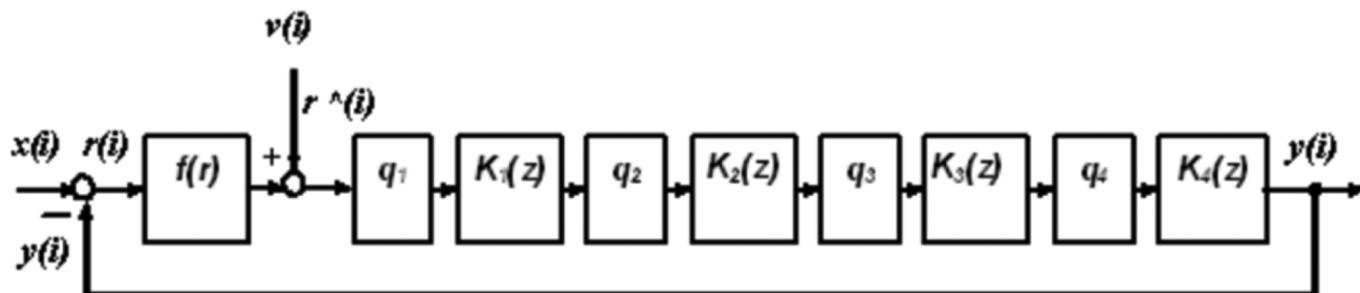


Рис. 1. Структурная схема модели системы организационного управления

модели экономики предприятия, учитывая динамический характер процессов, происходящих в системе.

Сначала мы определим параметры нелинейного преобразования и тип статической характеристики измерителя несоосности. Входными данными являются истинное значение несоосности $r = x - y$, которое может быть положительным или отрицательным. Если $r > 0$, реализованное значение y меньше желаемого значения x . Если $r < 0$, то y превышает x .

В сбалансированной экономической системе, как правило, существуют четко определенные пределы несбалансированности r . При превышении определенного порогового значения, обозначаемого как $\pm\Delta$, организационная система может считаться несбалансированной или находящейся на грани дисбаланса.

Таким образом, если величина рассогласования превышает пороговое значение $|r| > \Delta$, можно предположить, что организационная система не смогла выполнить свое предназначение.

Например, если x представляет собой желаемую прибыль, соотношенную с возможными инвестициями в производство, ограничение $r = \Delta$ означает, что реальная прибыль y меньше желаемой x на максимально допустимый предел. Это указывает на необходимость увеличения инвестиций для смягчения кризисной ситуации и обеспечения желаемой прибыли.

И наоборот, если несоответствие прибыли отрицательное и достигает предела $r = -\Delta$, что означает, что реальная прибыль y превышает желаемую x на максимальный предел, это может свидетельствовать о чрезмерных инвестициях в производство данного продукта.

Таким образом, достижение значений граничного смещения $\pm\Delta$ может свидетельствовать о дисбалансе в инвестиционной программе предприятия. Учет этих пределов смещения дает математической модели организационной системы возможность выбора на основе отслеживаемого показателя. Это подчеркивает еще одно преимущество формализации динамики организационной системы с использованием системного подхода с обратной связью.

Нелинейная статическая характеристика измерителя несоосности отражает избирательные свойства как организационной системы, так и ее модели. В классе характеристик статического измерителя это называется дискриминационной или разделительной характеристикой. Его можно аппроксимировать с помощью кусочно-линейной функции, как показано на рис. 2.

В дальнейшем мы будем называть нелинейное звено измерителя несоосности $f(r)$, представляющее собой характеристику дискриминационного типа.

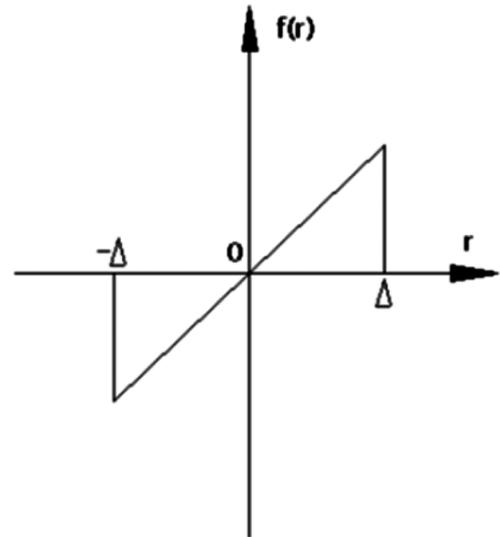


Рис. 2. Дискриминационная характеристика

Для остальных элементов организационной системы мы можем рассмотреть возможный тип нелинейности. Поскольку финансы (инвестиции) являются «энергетической» функцией, и существуют ограничения инвестиционной программы для производства, управления и маркетинга, соответствующие нелинейные преобразования могут быть аппроксимированы нелинейными ограничениями.

При графическом представлении нелинейной связи «ограничение» мы учитываем каждый функциональный элемент, преобразующий входные эффекты, связанные с несовпадениями различных знаков. Таким образом, статические характеристики можно считать симметричными, как показано на симметричной характеристике «ограничение» на рис. 3.

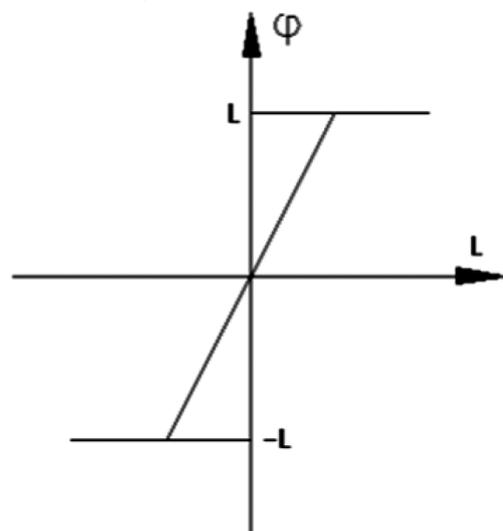


Рис. 3. Статическая характеристика «ограничения»

Уровень ограничений L для каждого функционально необходимого элемента определяется присущими ему

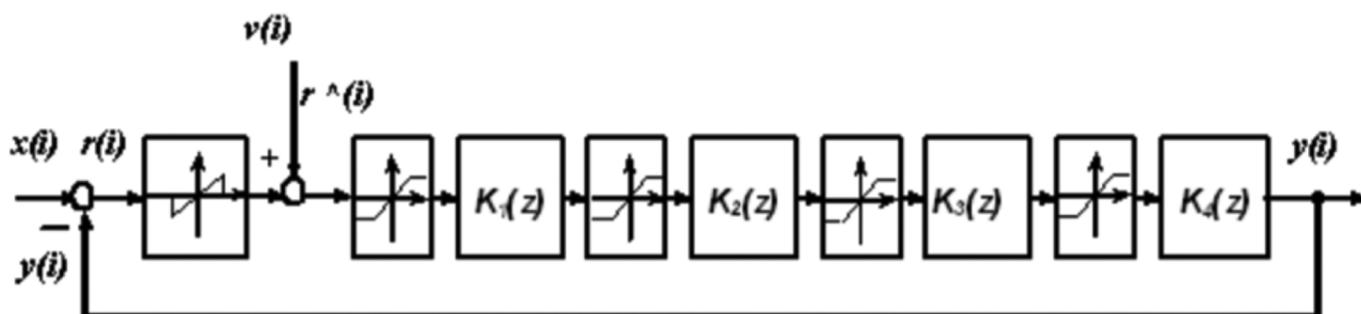


Рис. 4. Нелинейная структурная схема модели системы организационного управления

факторами и, как правило, различен. С учетом введенных статических характеристик функционально необходимых элементов структурная схема модели организационной системы задается так, как показано на рис. 4.

На основе интерпретации структурной схемы модели организационная система может быть формализована как класс нелинейных дискретных систем слежения. Структурная схема модели позволяет рассмотреть возможные режимы работы системы, которые затем могут быть использованы для формулирования соответствующих задач анализа и оптимизации.

Анализ статических характеристик нелинейных звеньев показывает, что они имеют четко выраженный линейный участок. Кроме того, при достаточно малых рассогласованиях, соответствующих номинальному (нормальному, безаварийному) режиму работы системы, входные воздействия на нелинейные звенья находятся в пределах линейных областей их статических характеристик.

В номинальном режиме линеаризованного отслеживания мы можем рассмотреть подходы к определению линеаризованной структурной схемы, учитывающей дискретизацию процесса с периодом T_n для вычисления целевого смещения, что намного меньше, чем время реализации программы. Таким образом, инерция оценки целевого смещения пренебрежимо мала по сравнению с инерцией других элементов. Угол наклона линейного участка статической характеристики измерителя смещения цели определяется оператором измерителя, графически определяется как тангенс угла наклона, обозначаемый K_r как коэффициент преобразования измерителя

смещения. Линейные операторы программ объединены в операторе исполнительной части $K_{py}(z)$.

Наиболее важной особенностью дискретной формализации организационно-ресурсной системы является то, что управленческие воздействия адекватно формируются на основе ранее измеренного целевого смещения. Это приводит к дискретному описанию организационной системы в режиме экстраполяции с задержкой в один или несколько периодов (T_n) между измерением целевого смещения и принятием управленческих решений.

Обозначим оператор этой однопериодной задержки формирования управляющих воздействий на исполнительную часть системы как $(z)^{-1}$. Предполагая, что процессы управления синхронизированы с однопериодной задержкой, структурная схема модели организационно-ресурсной системы в номинальном режиме работы принимает вид, показанный на рис. 5. На этой диаграмме все возмущения, действующие на различные элементы системы, объединены в один эквивалент, показанный на выходе измерителя целевого смещения. Это эквивалентное возмущение называется ошибкой (шумом) измерения целевого несоответствия, $v(i)$.

Для анализа качества системы организационных ресурсов с использованием математической модели в виде структурной схемы (рис. 6).

В системе организационного управления менеджмент следует рассматривать как управление всеми видами ресурсов, основанное на принципе отрицательной обратной связи с использованием информации об изме-

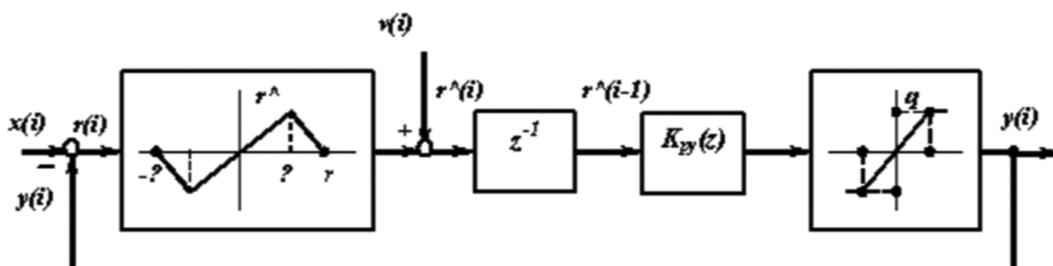


Рис. 5. Обобщенная структурная схема модели организационной системы

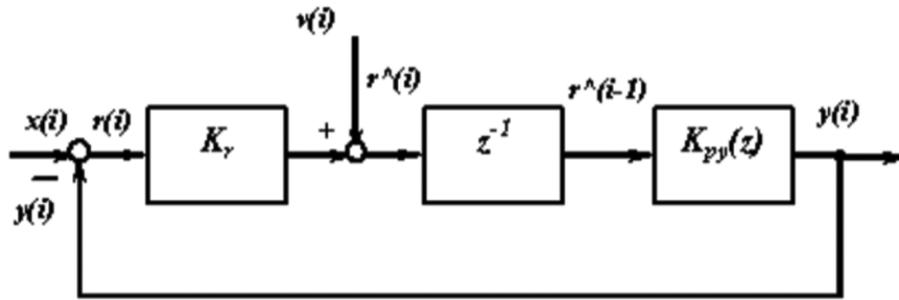


Рис. 6. Структурная схема как математическая модель СОУ

ренном целевом несоответствии между желаемым состоянием и реальным состоянием системы. Основными информационными модулями, позволяющими принимать адаптивные управленческие решения, являются программы динамического прогнозирования и контроля.

Переходная характеристика $h_{xy}(i)$ — это реакция модели $y(i)$ на один входной сигнал $x(i)=1(i)$ (где $1(i)=1$ при $i=0,1,2, 3...$) при нулевых начальных условиях $y(0) = h_{xy}(0)=0$. Это описывается разностным уравнением.

$$h_{xy}(i) + (K-1)h_{xy}(i-1) = K1(i-1), \quad (4)$$

Установившаяся целевая эффективность (несоответствие) для линейно возрастающей целевой функции.

$$r_x(i) = D_1VT_{II} = \frac{V}{K}T_{II} = const$$

Таким образом, представленные структурные и математические модели некоторых из них в виде разностных уравнений с заданными законами управления ресурсами позволяют аналитически и численно решать ключевые задачи управления.

Таблица 1.

Классификация типовых законов ресурсного управления (ТЗРУ)

Тип ЗРУ	ПФ — оператор ТЗРУ
Пропорционально измеренному целевому рассогласованию (управление СОУ с учетом положения – значения целевой функции)	$\frac{K_{py} [1 + \tau_2 (1 - z^{-1})]}{1 + \tau_1 (1 - z^{-1})}$
С интегрированным целевым рассогласованием (управление СОУ с учетом скорости изменения целевой функции)	$\frac{K_{py} [1 + \tau_2 (1 - z^{-1})]}{(1 - z^{-1}) [1 + \tau_1 (1 - z^{-1})]}$
С дважды интегрированным целевым рассогласованием (управление СОУ с учетом ускорения изменения целевой функции)	$\frac{K_{py} [1 + \tau_2 (1 - z^{-1})]}{(1 - z^{-1})^2 [1 + \tau_1 (1 - z^{-1})]}$

ЛИТЕРАТУРА

- Кузнецов А.П., Соловьева С.В.// Докл. БГУИР. 2005. № 1. С. 119–124.
- Ганэ В.А., Мацкевич А.Н. Аналитические методы анализа качества линейных непрерывных и дискретных следящих систем. Мн., 2000.
- Ганэ В.А., Соловьева С.В. Основы теории управления: теория систем и системного анализа. Мн., 2004.
- Лукьянова Л.М. Целеполагание, анализ и синтез целей в сложных системах: модели и методы моделирования. Известия Российской академии наук. Теория и системы управления, 2007, № 5, с. 100–113.
- Кушников В.А., Мурзин С.И. Разработка моделей целей управления сложными социальными и экономическими системами на основе знаковых оргграфов. Вестник СГТУ, 2009, № 2 (43), с. 202–204.
- Савченко Е.Ю., Белкин А.А. Целеобразование и целедостижение в организациях. Научно-практические исследования, 2017, № 7, с. 179–182.
- Еркин Д.А., Шабалина О.А. Декларативное описание структурных моделей систем. Известия Волгоградского государственного технического университета, 2016, № 3, с. 36–40.
- Давтян А.Г., Шабалина О.А., Садовникова Н.П. и др. Динамическое целеполагание в социально-экономических системах. Вестник компьютерных и информационных технологий, 2016, № 11, с. 46–53. DOI: <https://doi.org/10.14489/vkit.2016.11.pp.046-053>

© Аксенов Сергей Геннадьевич (aks1959prof@gmail.com); Шаймуратова Наталья Игоревна (pavel1112w@mail.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»