

УДК 681.14

В.А. ПОПОВ, Н.В. ЕРЕМЕНКО

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков

АПРОКСИМАЦИЯ И АНАЛИЗ ВЗАИМОСВЯЗИ СИСТЕМНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

Рассмотрены возможные случаи формального представления взаимосвязи системных потерь и издержек от информированности с применением аппроксимирующих элементарных функций. Проведен анализ системных взаимосвязей и определена точка оптимальной информированности, определяющая целесообразность автоматизации задач управления.

системные потери, системные издержки, точка оптимальной информированности

Введение

Совершенствование управления промышленным предприятием относится к числу важнейших научных и практических задач на современном этапе развития сферы производства. Широкие возможности для совершенствования управления, повышения его эффективности, оперативности и действенности открывают использование электронной вычислительной техники в сочетании с современными математическими и кибернетическими методами. В связи с этим важной является задача проведения системного анализа предприятия с целью выявления связей элементов и подсистем на свойства объекта в целом [1 – 3]. Обратная задача заключается в выборе элементов и подборе связей для получения требуемых свойств объекта. Информационная управляющая система (ИУС) является объектом такого уровня сложности, который требует системного исследования.

Задача системного анализа объектов различной физической природы и процессов в них требует выбора способа формализации системных показателей и их взаимосвязей. Такие взаимосвязи можно наблюдать в экономике, логистике, теории надежности и теории синтеза интегрированных ИУС.

В работе [4] рассматриваются традиционные взаимоотношения между постоянными и переменными

расходами и получаемыми доходами, которые представляются в виде линейных функций. Однако в этом случае можно обосновать применение для аппроксимации переменных расходов и суммарных затрат в виде нелинейных зависимостей, что позволяет более адекватно отразить взаимосвязи указанных системных показателей.

В работах по логистике [5, 6] также рассматривается целый ряд зависимостей между расходами определенного вида (например, расходы на транспортировку, хранение и др.), которые также могут быть аппроксимированы различными элементарными функциями, рациональный подбор которых может дать более качественную адекватность рассматриваемых логистических процессов. Более того, можно указать на потребность в логистическом анализе использования более чем двух системных показателей, которые отражают количественно определенные свойства систем. В таких случаях также требуется рассматривать и выбирать наиболее подходящие функциональные зависимости.

В работах по теории надежности [7] традиционно рассматриваются взаимосвязи между показателями надежности и издержками на их обеспечение. Здесь также возникает необходимость выбора наиболее подходящей аппроксимации с помощью функций, адекватно отражающих свойства систем с точ-

ки зрения взаимосвязи указанных показателей.

На основании вышеизложенного в данной работе ставится задача изучения указанных взаимосвязей между системными показателями сложных технических систем, для формализации которых предлагается использовать аппроксимирующие зависимости из класса элементарных функций [8 – 10].

Выделение нерешенных вопросов общей проблемы

На основе анализа системных представлений наиболее важных показателей для оценки работы сложных систем можно выделить следующие основные случаи применения двух показателей с соответствующими зависимостями между ними:

1) соотношение между надежностью системы и ее стоимостью в обеспечении надежности, что дает возможность найти некоторый оптимум между стоимостью системы и ее надежностью;

2) связь между стоимостью доставки товара и стоимостью его хранения в теории запасов, что дает формулу Вильсона [5, 6];

3) зависимость между стоимостью работ и временем их выполнения, что дает некоторое оптимальное соотношение для планирования работ при управлении проектами;

4) обобщенное представление системных показателей (полезность и затраты, потери от неинформированности и издержки на создание информационной системы) и т.д.

На основе вышесказанного будем использовать основные системные показатели в виде потерь от неинформированности (или пользы от информированности) и издержек (затрат) при привлечении средств для получения большей информированности.

Изложение основного материала исследования

Рассмотрим необходимость выбора наиболее эффективного перечня ситуаций, что требует оценки их значимости для качества функционирования

управляемого производства. Значимость оценивается в пространстве отчетных производственных показателей с учетом затрат на управление.

Общие принципы системного анализа алгоритмов взаимосвязи технологических параметров обработки информации в АСУ и экономических параметров функционирования автоматизированной производственной системы даны в [2]. При этом используется концепция системных потерь и издержек. Включение в ИУС дополнительных элементов ведет к росту информированности процесса управления, что вызывает две группы последствий. С одной стороны, появляется возможность включить в систему новые элементы и снизить потери, которые до внедрения АСУ были вызваны отсутствием возможности контроля этих ситуаций. Но с другой стороны, техническое и организационное обеспечение дополнительных элементов информатики вызывает адекватный рост системных издержек.

В связи с этим для определения целесообразности автоматизации был выбран аналитический способ [8 – 10]. В процессе исследования были рассмотрены возможные случаи формального представления системных потерь и системных издержек от информированности для различных элементарных функций, которые аппроксимируют потери (полезность) и издержки (затраты). Общий вид графиков системных издержек и полезности приведен на рис. 1. Так как системные издержки фактически являются приведенными затратами на эксплуатацию ИУС, а системные потери – недополученным в результате отсутствия автоматизированного управления доходом [2], то для получения кривой $O(x)$ необходимо просуммировать ординаты кривых системных издержек $I(x)$ и системных потерь $P(x)$ при определенных значениях информированности x .

Для решения указанной задачи был проведен анализ соответствующих системных показателей для оценки работы предприятия как сложной системы, в результате чего были выделены группы элементарных функций [8 – 10], аппроксимирующих

полезность и затраты. Для каждой группы в табл. 1 получено уравнение $O(x) = (I(x) + P(x))' = 0$, позволяющее получить точку оптимальной информированности, которая и определяет целесообразность автоматизации той или иной задачи. Все элементарные функции в табл. 1 обладают следующими свойствами:

- лежат в I квадранте;
- функция $I(x)$ – монотонно возрастающая;
- функция $P(x)$ – монотонно убывающая.

Кроме того, была рассмотрена зависимость системных потерь от системных издержек и наоборот (рис. 2). При этом может быть найдена точка оптимума, равная $\min [I(x) + P(x)] = \min [O(x)]$.

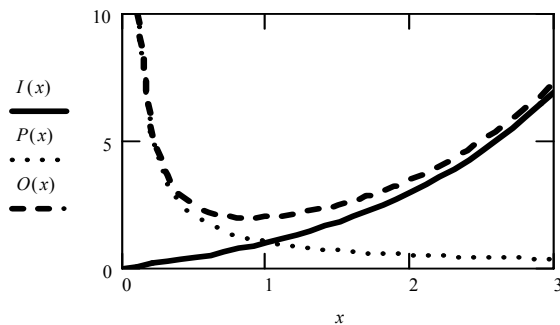


Рис. 1. Графики зависимостей системных издержек $I(x)$, системных потерь $P(x)$ и кривой $O(x)$ от информированности x

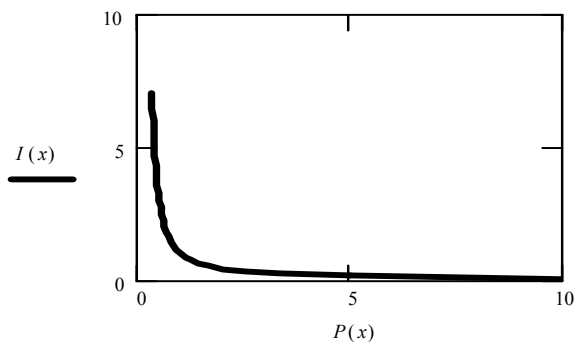


Рис. 2. Графики зависимости системных издержек $I(x)$ от системных потерь $P(x)$

Пример анализа взаимосвязи системных показателей

Рассмотрим пример построения вышеуказанных графиков и определим точку оптимальной информированности. Пусть $I(x) = kx^2 + qx + t$; $P(x) = dx + c$ при $k, q, t, c \geq 0$; $d < 0$.

Тогда $O(x) = kx^2 + qx + t + dx + c$ (находим путем суммирования соответствующих ординат $I(x)$ и $P(x)$) (рис. 3).

Далее определим точку оптимальной информированности. Для этого [8]:

- найдем первую производную $O'(x)$;
- найдем критические точки функции, для чего решаем уравнение $O'(x) = 0$;
- определяем действительные корни, а также те точки, в которых производная не существует.

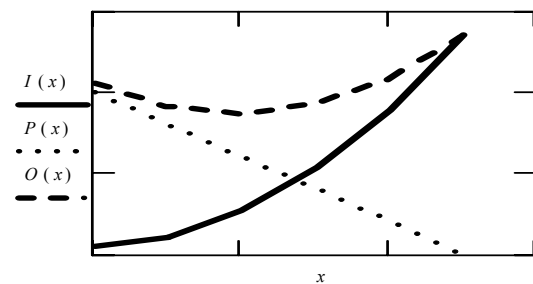


Рис. 3. Графики зависимостей системных издержек $I(x)$, системных потерь $P(x)$ и кривой $O(x)$ от информированности x

На основании вышесказанного:

$$O'(x) = 2kx + q + d; 2kx + q + d = 0.$$

Решив полученное уравнение, найдем точку оптимальной информированности: $x = -\frac{q + d}{2k}$.

Далее строим график зависимости $I(x)$ от $P(x)$ (рис. 4), для чего выразим $x = \frac{P(x) - c}{d}$ и подставим полученное выражение для x в формулу $I(x)$:

$$I(x) = k \left(\frac{P(x) - c}{d} \right)^2 + q \frac{P(x) - c}{d} + t.$$

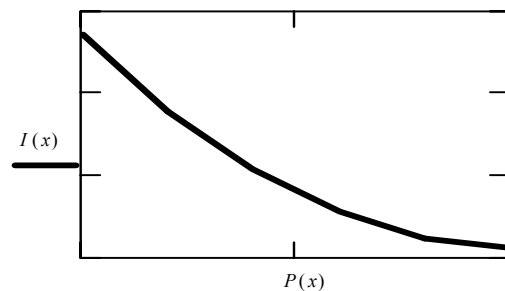


Рис. 4. Графики зависимости системных издержек $I(x)$ от системных потерь $P(x)$

Для определения оптимального соотношения между системными издержками $I(x)$ и системными потерями $P(x)$ необходимо найти $\min [I(x) + P(x)]$.

Заменяя в полученной формуле $I(x) = i$, $P(x) = p$, получим:

$$i + p = k \left(\frac{p-c}{d} \right)^2 + q \left(\frac{p-c}{d} \right) + t + p.$$

Найдем производную полученного выражения и приравняем ее к нулю:

$$\begin{cases} \frac{2kp - 2kc}{d^2} + \frac{q}{d} + 1 = 0; \\ p = c - \frac{d(d+q)}{2k}, \\ d > 0, k > 0, q > 0. \end{cases}$$

Таким образом, при

$$\begin{aligned} p &= c - \frac{d(d+q)}{2k}; \\ i &= \frac{d^2 - q^2}{4k} + t \end{aligned}$$

получим минимальное значение суммы системных потерь и издержек, что соответствует точке оптимальной информированности.

Полученный в примере результат можно интерпретировать как оптимальное соотношение между расходами на создание ИУС и пользой от нее для совершенствования управления.

Заключение

Предложенная аппроксимация взаимосвязи системных показателей сложной системы может быть полезной при решении задач системного анализа для конкретных предметных областей:

а) изучение зависимости недополученного дохода из-за недостаточной информированности от издержек на предприятии;

б) оптимизация системного управления запасами по транспортным издержкам и издержкам по хранению продукции;

в) оптимизация затрат на повышение надежности системы;

г) оптимизация сервиса удовлетворения по-

требительского спроса в логистике;

д) оптимизация точки безубыточности в финансовых и экономических расчетах.

Литература

1. Основы системного анализа и проектирования АСУ / Под ред. А.А. Павлова – К.: Вища шк., 1991. – 364 с.
2. Автоматизированные системы управления гибкими технологиями / В.И. Скурихин, А.А. Павлов, Э.П. Путилов. – К.: Техника, 1987. – 165 с.
3. Системный анализ в экономике и организации производства / Под ред. С.А. Валуева, В.Н. Волковой. – Л.: Политехника, 1991. – 398 с.
4. Ковалев В.В. Финансовый анализ: Управление капиталом. Выбор инвестиций. Анализ отчетности. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Финансы и статистика, 2000. – 512 с.
5. Логистика: управление в грузовых транспортно-логистических системах / Под ред. Л.Б. Миротина. – М.: Юристъ, 2002. – 414 с.
6. Чудаков А.Д. Логистика. – М.: Издательство РДЛ, 2003. – 480 с.
7. Гнеденко Б.В. Математические методы в теории надежности. Основные характеристики надежности и их статистический анализ. – М.: Наука, 1965. – 524 с.
8. Графики функций: Справочник / Н.А. Вирченко, И.И. Ляшко, К.И. Швецов. – К.: Наук. думка, 1979. – 320 с.
9. Гурский И.П. Функции и построение графиков. – М.: Просвещение, 1968. – 230 с.
10. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся Втузов. – М.: Гостехиздат, 1978. – 608 с.

Поступила в редакцию: 09.02.2007

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Е.А. Дружинин, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского “ХАИ”, Харьков.