УЧРЕЖДЕНИЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
Институт проблем управления
им. В.А. Трапезникова РАН

Международная научно-практическая мультиконференция «Управление большими системами – 2009»

CASC' 2009

КОГНИТИВНЫЙ АНАЛИЗ И УПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЕМ СИТУАЦИЙ

Труды Международной конференции (17-19 ноября 2009, г. Москва)

Москва 2009

УДК 15:519.876

Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций (CASC'2009): Труды Международной конференции (17-19 ноября 2009 г., Москва). – М.: ИПУ РАН, 2009. – 288 с.
ISBN 978-5-91450-045-7

Рецензенты: Абрамова Н.А., д.т.н.
Кузнецов О.П., д.т.н., проф.
Райков А.Н., д.т.н., проф.

Текст воспроизводится в том виде, в котором представлен авторами.
Утверждено к печати Программным комитетом конференции.

Конференция проведена при поддержке
Российского фонда фундаментальных исследований
(грант № 09-07-06062-г)

ISBN 978-5-91450-045-7

О ВЗАИМОСВЯЗИ МИКРО- И МАКРООПИСАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Пигнастый О.М., Заруба В.Я.
(*НТУ "ХПИ", Харьков*)
pom7@bk.ru, ekmm@kpi.kharkov.ru

Представлены основные элементы статистической теории производственно-технических систем.

Ключевые слова: производственно-техническая система

Моделирование производственно-технических систем (ПТС) является эффективным методом их исследования [2,3]. Распространенный класс образуют ПТС, где детерминированный характер технологических процессов сочетается с их стохастической природой. Закономерности функционирования ПТС во многом подобны тем, которые имеются в термодинамических системах. Они столь глубоки и полезны, что провозглашены в качестве общих принципов: Ле Шателье-Самуэльсона, Карно-Хикса и др.[2]. На основании этих принципов технологический процесс ПТС с серийным или массовым выпуском продукции может быть представлен в виде стохастического процесса [1,3].

1. Описание ПТС на микроуровне

Состояние ПТС определим как состояние числа N базовых продуктов. Под базовым продуктом (БП) или предметом труда понимается элемент ПТС, на который при выполнении технологической операции переходит стоимость труда, материалов и орудий труда в ходе воздействия оборудования. Поведение БП определяется закономерностями технологического процесса. Состояние БП будем описывать наблюдаемыми на микроуровне микропараметрами: суммой затрат S_j (грн) и затрат в единицу времени μ_j (грн/час), перенесенными оборудованием на j-й БП.

Состояние ПТС определено, если известны S_j, μ_j, а в любой другой момент времени может быть найдено из уравнений состояния БП:

(1) $dS_j / dt = \mu_j, \quad d\mu_j / dt = f_j(t,S), \quad 0<j<N,$

где $f_j(t,S)$ - производственная функция ПТС [2]. Если количество БП много больше единицы, то решить систему из 2*N*-уравнений практически невозможно, что требует перехода от микроописания ПТС к макроописанию с элементами вероятностной природы. Вместо рассмотрения состояния ПТС с микропараметрами S_j и μ_j, введем функцию распределения БП $\chi(t,S,\mu)$ в фазовом технологическом пространстве (ФТП)

(2) $$\int_0^\infty d\mathrm{S} \cdot \int_0^\infty d\mu \cdot \chi(t,S,\mu) = N .$$

Условие нормировки (2) представляет закон сохранения числа БП в производственном процессе.

2. Кинетическое уравнение ПТС

Разобьем ФТП (S,μ) на такое число ячеек, чтобы размеры ячейки $\Delta\mathrm{S}\cdot\Delta\mu$ были достаточно малы и содержали внутри себя большое число БП. Состояние БП задается точкой в ФТП. Вместо того, чтобы фиксировать точные значения микропараметров БП, будем приближенно характеризовать состояние ПТС числом БП в каждой ячейке $\Delta\mathrm{S}\cdot\Delta\mu$. Так как, величина $\chi\cdot d\mathrm{S}\cdot d\mu$ представляет число БП в бесконечно малой ячейке $\Delta\mathrm{S}\cdot\Delta\mu$, мы можем по изменению фазовой координаты S и фазовой скорости μ со временем судить об изменении самой функции χ [4]:

(3) $$\frac{\partial\chi}{\partial t} + \frac{\partial\chi}{\partial S}\cdot\mu + \frac{\partial\chi}{\partial\mu}\cdot f = J(t,S,\mu), \quad \frac{dS}{dt} = \mu, \quad \frac{d\mu}{dt} = f(t,S).$$

Генераторная функция $J(t,S,\mu)$ определяется характеристиками технологического процесса[4], стремится при $t\to\infty$

свести распределение БП в ФТП к равновесному. Производственная функция $f(t,S)$ есть аналог силы, перемещающий БП по технологической цепочки. При таком перемещении оборудование воздействует на БП, изменяя его качественно и количественно. Мы можем говорить о вероятности того, что после воздействия со стороны оборудования БП будет находиться в том или ином состоянии. Процесс воздействия оборудования на БП обозначим $\psi(\mu)$, где μ - скорость изменения затрат, которую принимает БП после воздействия. Функция $\psi(\mu)$ определяется паспортными данными оборудования. Свойства $\psi(\mu)$ могут быть получены из общих соображений, представляя вероятность перехода в любое состояние равную единице:

$$(4) \qquad \int_0^{\infty} \psi(\mu) \cdot d\mu = 1 .$$

Число БП, испытавших в единицу времени воздействие со стороны оборудования, есть произведение потока $\chi(t,S,\mu)\cdot\mu$ на вероятность для БП испытать воздействие в элементе $dS \cdot d\mu$. Вероятность испытания воздействия пропорциональна плотности расположения оборудования $\lambda(S)$ вдоль технологической цепочки. Число БП, испытавших в единицу времени воздействие со стороны оборудования и принявшие значения в пределах $(\tilde{\mu}; \tilde{\mu}+d\tilde{\mu})$ есть $\psi(\tilde{\mu})\cdot\lambda(S)\cdot\mu\cdot\chi(t,S,\mu)\cdot d\tilde{\mu}\cdot dS\cdot d\mu$. В элемент $dS\cdot d\mu$ поступают БП с $dS\cdot d\tilde{\mu}$ путем обратного перехода: $\psi(\mu)\cdot\lambda(S)\cdot\tilde{\mu}\cdot\chi(t,S,\tilde{\mu})\cdot d\tilde{\mu}\cdot dS\cdot d\mu$, а общее число БП в элементе $dS\cdot d\mu$ изменяется в единицу времени на величину $dS\cdot d\mu\cdot J$:

$$(5) \quad J = \lambda(S)\cdot\int_0^{\infty}\{\psi(\mu)\cdot\tilde{\mu}\cdot\chi(t,S,\tilde{\mu}) - \psi(\tilde{\mu})\cdot\mu\cdot\chi(t,S,\mu)\}d\tilde{\mu} .$$

В большинстве практических случаях функция $\psi(\mu)$ не зависит от состояния БП до испытания воздействия со стороны технологического оборудования, откуда с учетом свойства (4):

$$(6) \qquad \frac{\partial \chi}{\partial t}+\frac{\partial \chi}{\partial S}\cdot \mu+\frac{\partial \chi}{\partial \mu}\cdot f=\lambda(S)\cdot\{\psi(\mu)\cdot[\chi]_1-\mu\cdot\chi\}.$$

3. Описание ПТС на макроуровне

Нулевой $[\chi]_0$ и первый $[\chi]_1$ моменты функции распределения имеют производственную интерпретацию: заделы БП и их темп движения вдоль технологической цепочки. Умножив уравнение (6) на μ^k, $k=0,1,2....$ и проинтегрировав по всему диапазону μ, получим незамкнутые уравнения балансов ПТС [2]:

$$(7) \qquad \frac{\partial[\chi]_k}{\partial t}+\frac{\partial[\chi]_{k+1}}{\partial S}=k\cdot f\cdot[\chi]_{k-1}+\int_0^\infty d\mu\cdot\mu^k\cdot J\,,\quad \int_0^\infty \mu^k\cdot\chi\;d\mu=[\chi]_k\,.$$

Возможность получить замкнутую систему уравнений основана на свойствах функции $\psi(\mu)$ и наличии малого параметра $Kv << 1$ [1,2], характеризующих ПТС. В нулевом приближении по параметру $Kv << 1$ из уравнения балансов (7) может быть получена замкнутая многомоментная система уравнений ПТС

$$(8) \qquad \frac{\partial[\chi]_0}{\partial t}+\frac{\partial[\chi]_1}{\partial S}=0;\ \frac{\partial[\chi]_k}{\partial t}+\frac{\partial[\chi]_{k+1}}{\partial S}=k\cdot f\cdot[\chi]_{k-1}\,,\ k=1,2..$$

Уравнения балансов ПТС (8) в одномоментном описании представляют собой уравнения системной динамики [3].

Литература

1. ПИГНАСТЫЙ О.М. *Статистическая теория производственных систем*. Х.: ХНУ, 2007г. – 388 с.
2. РУШИЦКИЙ Я.Я., МИЛОВАНОВ Т. С. *Модифікована модель Філіпса-Лоренца для економічної системи.* / Доповіді НАНУ. 1997. №12, С.36-40
3. ФОРРЕСТЕР Д. *Основы кибернетики предприятия.* М.: Прогресс, 1961. – 341 с.

Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций (CASC'2009).
Труды Международной конференции

В печать от 05.11.2009
Формат бумаги 60×84/16. Уч.-изд.л. 12,0
Тираж 200. Заказ 94.
117997, Москва, Профсоюзная, 65
Учреждение Российской академии наук
Институт проблем управления
им. В.А. Трапезникова РАН

ISBN 978-5-91450-045-7

9 785914 500457