

УДК 663.2+665.2/002.3:681.513.6(043.3)

UDC 663.2+665.2/002.3:681.513.6(043.3)

**АЛГОРИТМ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ
ПЕРЕРАБОТКОЙ ПАРТИЙ СЫРЬЯ НА
МАСЛОЭКСТРАКЦИОННОМ ЗАВОДЕ****ALGORITHM OPERATIONAL
CONTROL OF PROCESSING OF LOT
OF RAW MATERIAL AT OIL
EXTRACTION PLANTS**

Асмаев Михаил Петрович
профессор кафедры автоматизации производственных
процессов
*Кубанский государственный технологический
университет, Краснодар, Россия*

Asmaev Michael Petrovich
professor of the Department of Automation of
production processes
*Kuban State Technological University,
Krasnodar, Russia*

В статье предлагается алгоритм оперативного
управления переработкой партий сырья на
маслоэкстракционном заводе

This article offers the logical probabilistic
approach of administrative decisions
acceptance in electronic libraries creation

Ключевые слова: СЫРЬЁ, УПРАВЛЕНИЕ,
ПРОИЗВОДСТВО, МОДЕЛЬ, ПЕРЕРАБОТКА,
ОПТИМИЗАЦИЯ, МАСЛОЭКСТРАКЦИОННОМ
ЗАВОД

Keywords: RAW, MANAGEMENT,
PRODUCTION, MODEL, PROCESSING,
OPTIMIZATION, AND OIL EXTRACTION
PLANT

В настоящее время особую актуальность приобретают задачи оптимизации сельскохозяйственного производства на различных этапах его функционирования [1,2]. Широким классом указанных задач являются многовариантные задачи управления технологическими процессами, характерной особенностью которых является необходимость перебора большого числа вариантов для определения оптимального графика технологического процесса. Поэтому процедура оптимального решения крайне трудоемка и практически не реализуема на современных ЭВМ для большинства многовариантных задач [1]. Это объясняется тем, что время реализации алгоритма растет экспоненциально с ростом размерности задачи.

Пищевая промышленность страны представляет собой одну из крупных и сложных отраслей в структуре экономики. Значительное место в общем объеме производства пищевой промышленности занимает переработка скоропортящегося сельскохозяйственного сырья.

Анализ большого числа производств, перерабатывающих скоропортящегося сельскохозяйственную продукцию, позволил

представить их обобщенную структуру в виде двухэлементной схемы: сырьевое отделение – цех переработки.

Объект хранения в сырьевом отделении – скоропортящееся сельскохозяйственное сырье – является сложной биологической системой, подверженной влиянию различных случайных факторов.

Исходя из сути протекающих при хранении превращений и методов организации контроля, процесс хранения скоропортящегося сырья рассматривается как последовательные переходы из начального состояния (момент поступления на предприятие) в конечное (момент подачи на промышленную переработку) под действием совокупности внешних и внутренних факторов. Сам процесс перехода носит устойчивый характер, протекает сравнительно медленно, в связи с чем может характеризоваться как квазистатический; параметры, определяющие процесс перехода носят случайный характер.

На основе общности закономерностей квазистатических процессов перехода для скоропортящегося сырья предлагается характеризовать их условными кинетическими характеристиками – изменением функции потерь во времени. Эти характеристики можно считать первыми приближенными аналогами процесса хранения при анализе и классификации их. Нестационарный случайный характер процессов хранения, отсутствие достаточно оперативной информации об изменении качественных и количественных характеристик сырья под влиянием как внешних, так и внутренних воздействий предопределяет использование адаптивных методов идентификации с прогнозированием. Для идентификации предлагается использовать два вида моделей с прогнозированием стохастический и детерминированный варианты.

В качестве алгоритмической основы прогнозирования используются рекуррентные соотношения, позволяющие проводить адаптацию в темпе с технологическим процессом.

Формализованное описание задачи идентификации представляется как движение точки (параметры сырья) внутри полосы, границами которой служат кинетические характеристики (предельные значения функции потерь). Положение точек внутри полосы ограничений определяется параметрами модели возмущений. Общая траектория такого перехода определяется условными кинетическими характеристиками, а вероятностные состояния объекта в каждый момент времени зависят от влияния неконтролируемых стохастических воздействий. Проведенные исследования показывают, что действующие на объект возмущения относительно малы и, следовательно, невелики отклонения траектории реального случайного процесса от эталонной траектории, которая является решением детерминированной модели. На основе этого случайный процесс рассматривается как линейная функция от соответствующих значений эталонной детерминированной траектории

$$П(\Delta t) = A(t) \cdot X^T + \zeta(t), \quad (1)$$

где $П(\Delta t)$ – потери сырья и ценного компонента в нем;

$A(t)$ – матрица параметров модели;

t -текущее время;

X^T – момент времени начала хранения;

ζ - значение возмущений в виде шума, некоррелированного с параметрами модели.

В свою очередь:

$$A(t) = [a_0(t), a_1(t), a_2(t)],$$

$$\Delta t = t - t^x,$$

$$X^T = (1, \Delta t, \Delta t^2),$$

где $П(\Delta t)$ – потери сырья и ценного компонента в нем;

$a_i(i=0,1,2)$ – параметры модели.

Задача идентификации параметров функции потерь в этом случае формулируется следующим образом [2]. В начальный момент t_0 известны значения элементов матрицы $A(t_0)$. По данным лабораторного анализа поступающим в момент времени $t_i (i=1, 2, \dots, n)$, n – число шагов идентификации в виде значений $\Pi_i = \Pi(t_i - t_i^x)$, можно спрогнозировать значение Π_{i+1} на момент времени t_{i+1} посредством идентификации элементов матрицы $A(t_i)$ так, чтобы погрешность между прогнозом Π_{i+1} была минимальной в смысле критерия J :

$$J = \sum_{i+1}^n (\Pi_{i+1} - \Pi_i) \rightarrow \min, \quad (2)$$

где $A(t_i)$ – матрица параметров идентифицированных в момент времени t_i .

В свою очередь:

$$\begin{aligned} \Pi_{i+1} &= A(t_i) X^T, \\ \Delta t &= t_{i+1} - t_i^x, \\ X^T &= (1, \Delta t, \Delta t^2). \end{aligned}$$

Для определения элементов матрицы $A_i = A(t_i)$ был использован метод обобщенных фиктивных помех для линейных моделей с независимым шумом.

Дискретные значения моментов времени t_i определялись из соотношения:

$$\begin{aligned} T_i &= t_0 - (i - 1)h, \\ t_0 &= 0, \\ i &= 1, \dots, n, \end{aligned} \quad (3)$$

где h – шаг идентификации;

n – номер шага.

Начало хранения сырья принимается равным времени начала процесса идентификации, т.е. $t^x=t_0=0$.

Анализ процесса хранения скоропортящегося сельскохозяйственного сырья позволил принять гипотезу, что шум η – случайная нормально-распределенная величина. В исследованиях η присваивали случайные значения из интервала (a,b), причем полагали

$$\begin{aligned} a &= 0, \\ b &= \Pi_i \times n \times 0,1, \\ h &\infty N(0,1). \end{aligned}$$

Проведенный анализ показывает, что для синтеза систем управления подобного класса объектов целесообразно использовать принцип детерминированной эквивалентности, основным преимуществом которого является возможность декомпозиции сложной стохастической задачи на две более простые – стохастического оценивания (прогнозирования) и детерминированного управления. Целевая функция задачи оптимального управления ТК, организованного по схеме однопродуктового потока имеет вид:

$$\Phi(T_{ij1}^n, T_{ij2}^n, \dots, T_s^n) = \sum_{i=1}^n C_{ij} [\Pi^x(\Delta T_{ij}^x) + \Pi^n(\Delta T_{ij}^n)], \quad (4)$$

$$\Pi^x(\Delta T_{ij}^x) = a_{0i} + a_{1i} \Delta T_{ij}^x + a_{2i} (\Delta T_{ij}^x)^2, \quad (5)$$

$$\Pi^n(\Delta T_{ij}^n) = b_{ij} + \exp\left(\frac{b_{1i} \cdot M_{ij}}{\Delta T_{ij}^n}\right), \quad (6)$$

$$\Delta T_{ij}^n = T_{ij}^n - T_{ij}^x, \quad (7)$$

где $\Delta T_{ij}^{\Pi}, T_{ij}^x$ – соответственно моменты времени начала переработки и хранения ij –й партии сырья;

ij - номер партии перерабатываемой в i –ю очередь;

n – общее число партий сырья в цехе хранения;

M_{ij} – масса ij –й партии сырья;

$a_{0i}, a_{1i}, a_{2i}, b_{0i}, b_{1i}$ – параметры модели;

C_{ij} – стоимость сырья и ценного компонента в нем.

Ограничения задачи вытекают из физической сути протекающих технологических процессов.

Задача управления ТК формулируется следующим образом: определить последовательность $\pi_j^* = j_1^*, j_2^*, \dots, j_n^*$ переработки партий сырья и соответствующую этой последовательности оптимальные моменты времени $T_{j_1^*}^{\Pi}, T_{j_2^*}^{\Pi}, \dots, T_{j_n^*}^{\Pi}$, чтобы

$$\begin{aligned} \Phi(T_{j_1^*}^n, T_{j_2^*}^n, \dots, T_{j_n^*}^n) &= \min \sum_{i=1}^n C_{ij} [P^x(\Delta T_{ij}^x) + P^n(\Delta T_{ij}^n)], \\ \langle P_j &= j_1, j_2, \dots, j_n \rangle, \\ \langle T_{i1}^n, T_{i2}^n, \dots, T_{in}^n \rangle, \\ t_{ij}^{\min} &\leq T_{ij}^n \leq t_{ij}^{\max}, \end{aligned} \tag{8}$$

где $\pi_j = j_1, j_2, \dots, j_n$ – некоторая произвольная последовательность подачи сырья в промышленную переработку (если $1, 2, \dots, n$ – номера партий, то j_1, j_2, \dots, j_n некоторая перестановка из элементов $1, n$).

Большая размерность задачи не позволяет использовать классические оптимизационные методы. В связи с этим разработан приближенный метод решения при условии, что параметры модели – детерминированные величины.

На первом шаге методом случайной направленной выборки генерируется последовательность π_j переработки партий сырья, для

формирования которой использовалась идея «цепного» метода. Определяется расстояние между перестановками как минимальное число транспозиций необходимое для перехода от одной перестановки к другой. K – окрестностью перестановки называется множество перестановок, для которых расстояние до заданной перестановки не больше K . Суть метода в следующем. Выбрав в качестве начальной последовательности некоторую перестановку π_0 в первой окрестности π_0 , ищем перестановку π_1 такую, чтобы $\Phi(\pi_1) < \Phi(\pi_0)$. Если такая перестановка отсутствует, то поиск ведем во второй окрестности π_0 . После определения последовательности π_1 осуществляем поиск перестановки π_2 в первой окрестности π_0 . Продолжая поиск нужное число раз, получим требуемую совокупность последовательностей $\{\pi_j\}$. Начальная последовательность π_0 формируется посредством ранжирования номеров партий в порядке убывания скорости порчи сырья.

Для оценки эффективности алгоритма предложено использовать коэффициент направленности

$$K_A = \frac{M_{\phi}}{M_{\phi}^-}, \quad (9)$$

где M_{ϕ}^- , M_{ϕ} – математическое ожидание соответственно величин $\bar{\Phi}(p_j)$, $\Phi(p_j)$, $j=1, k$.

При $K_A \neq 0$ алгоритм случайной выборки назовем алгоритмом случайной направленной выборки.

На втором шаге приближенным методом динамического программирования определяются оптимальные для данной последовательности π_j моменты времени T_{j1}^{II-} , T_{j2}^{II-} , ..., T_{js}^{II-} ,

минимизирующие целевую функцию (4) при заданной последовательности π_j . Прямой ход метода состоит в получении рекуррентных зависимостей φ_i :

$$T_{ji0}^n = j_i(T_{ji+1}^n), \quad (10)$$

где $i=1, n-1, T_{ij}^0$ – условно- оптимальные управления такие что

$$\Phi(T_{j10}^n, T_{j20}^n, \dots, T_{ji+1}^n) = \min \Phi(T_{j10}^n, T_{j20}^n, \dots, T_{ji0}^n, T_{ji+1}^n). \quad (11)$$

Неоднократная последовательность реализации шагов 1,2 позволяет из совокупности (как правило достаточно нескольких десятков) сгенерированных последовательностей $\{\pi_j\}$ выбрать лучшую $\pi_{j=j^*_1, j^*_2, \dots, j^*_n}$ – с меньшим значением целевой функции (4), При этом оценивается вероятность Ψ того, что найденное решение $\Phi(\pi_{j^*})$ окажется в v – окрестности оптимального Φ_{opt} , т.е.

$$\frac{\Phi(p_{j^*}) - \Phi_{opt}}{\Phi(p_0^*)} \leq v. \quad (12)$$

Значение v задается из практических соображений, а значение Ψ определяется из соотношения

$$\Psi = 1 - \left(\frac{1}{2}\right)^z, \quad (13)$$

где z – число значений целевой функции $\Phi(\pi_j)$, попавших в v – окрестность минимально из найденных $\Phi(\pi_{j^*})$.

Соотношение (13) следует из возможности аппроксимации закона распределения $\Phi(\pi_j)$ в области малых вероятностей равномерным. Справедливость такого решения подтверждена экспериментом.

Приближенные методы оптимизации позволили разработать алгоритм двухуровневой оптимизации процесса переработки и хранения сырья. На первом внешнем уровне алгоритм случайной направленной выборки определяет последовательность поступления партий сырья на промышленную переработку, на втором внутреннем – приближенным методом динамического программирования определяются моменты времени начала переработки каждой партии сырья.

Адаптивный алгоритм оперативного управления рассматриваемым классом объектов сводится к детерминированному поиску значений управления в квазистатических состояниях объекта. Однако, в отличие от известных задач вариационного исчисления, здесь в качестве искомым параметров, характеризующих управляющие воздействия, выбираются не моменты переключения, а абсолютные значения управлений на заданных интервалах. При этом расчет осуществляется после вычисления соответствующих траекторий предполагаемого движения объекта. Здесь предполагается использовать метод прогнозирующего управления как вычислительную процедуру для реализации адаптивных алгоритмов, состоящих из двух этапов.

На первом этапе осуществляется поиск детерминированного или стохастического оценивания (в зависимости от принятой модели процесса хранения) значения потерь сырья при хранении на каждый последующий шаг t_{i+1} по данным текущих измерений. На втором этапе определяются абсолютные значения оптимальных управлений для рассчитанных значений прогнозируемых потерь $\sum \Pi(t_{i+1}) \rightarrow \min$ в соответствии с описанными ранее алгоритмическими процедурами. Указанная вычислительная процедура повторяется всего интервала $[0, T]$ переработки очередной партии сырья. Для остальных партий, находящихся в очереди на переработку, с помощью адаптивных алгоритмов уточняются значения текущих потерь. В момент окончания переработки возникает

необходимость решения задачи по выбору очередной партии сырья. К этому времени за промежуток $[0, T]$ условия и ход процесса изменились. Управляющее устройство, имея информацию о величине потерь в каждой партии, решает эту задачу. Рассмотренная последовательность операций продолжается до окончания переработки всей массы сырья.

Литература

1 Опыт создания и эксплуатации АСУТП маслособывающего предприятия на базе Днепропетровского маслоэкстракционного завода / Я.М.Лесов [и др.]. ВНИИТЭИАгропром. Серия Масложировая промышленность. Вып. 5. М., 1987. 24 с.

2 Асмаев М.П., Пиотровский Д.Л. Автоматизированные информационно-управляющие системы. Краснодар, ГОУ ВПО КубГТУ, 2009. 192 с.