

664.012—52

**ВЫБОР КОНФИГУРАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЦИКЛА
ЛИНИИ ОБРАБОТКИ ПРОБ АСЭАК РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ****И. Е. ИЗВОЛЕНСКИЙ**

Киевский ордена Трудового Красного Знамени технологический институт
пищевой промышленности

При проектировании автоматизированных систем экспресс-анализа качества АСЭАК растительного сырья на выбор технологического цикла приемки и структуру линии обработки проб ЛОП наиболее влияет тип сырья [1, 2].

Поскольку растительное сырье поступает на заготовительные пункты в больших количествах в течение сравнительно короткого периода времени и многие его виды не подлежат длительной транспортировке и хранению, ставится вопрос о скорости определения параметров качества поступающего сырья. Кроме того, уменьшение времени

определения параметров качества поступающего сырья позволит сократить простой автотранспорта, используемого на заготовительных работах, повысит коэффициент использования рабочего времени на предприятиях пищевой промышленности.

Так как основные показатели качества сырья измеряются приборами, у которых в ряде случаев точность измерения является функцией времени (например, измерение массы пробы в воде — при определении крахмалистости картофеля), становится очевидным, что скорость определения параметров качества и точность — функции взаимосвязанные.

Можно заключить, что при указанных условиях увеличение скорости приемки сырья обратно пропорционально точности определения показателей качества. Если требуется увеличить скорость приемки, не снижая точности измерений, необходимо увеличить число приборов, входящих в состав ЛОП, работающих параллельно.

В простейшем случае увеличение пропускной способности предприятий, принимающих и оценивающих сырье, может быть достигнуто путем параллельного подключения нескольких ЛОП. Увеличение числа таких линий пропорционально повышает, с одной стороны, пропускную способность, с другой — стоимость технологического процесса приемки сырья.

Мы предприняли попытку вывести зависимость между противоречивыми требованиями технологического процесса приемки сырья: скоростью приемки и точностью определения параметров качества, скоростью приемки и стоимостью оборудования.

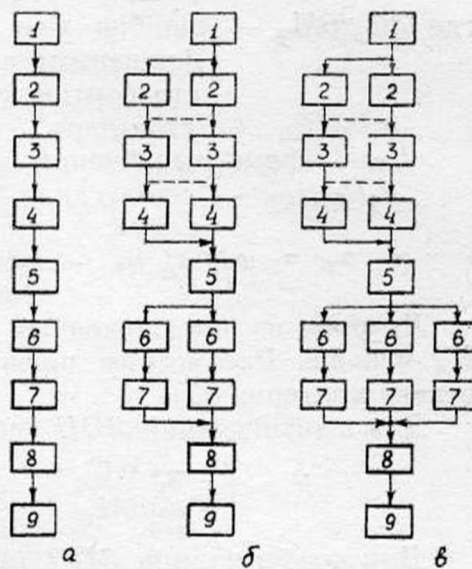
Весь процесс анализа качества сырья разбивается на элементарные операции Q_i , характеризующиеся временем выполнения t_{Q_i} , количеством оборудования P_{Q_i} и стоимостью C_{Q_i} .

Случай, когда t_{Q_i} и C_{Q_i} соответственно равны для различных Q_i , — условие оптимальной системы, которая будет иметь вид последовательно соединенных в одну линию элементов (рис. а).

В реальных системах разбить процесс на равноценные элементарные операции не представляется возможным из-за значительных отклонений в величинах t_{Q_i} и C_{Q_i} , вызванных различием самих операций, а также применяемого оборудования. В этом случае может ставиться задача построения оптимальной (необходимой) по пропускной способности, стоимости или другому параметру системы при определенных ограничениях.

Ввиду того, что максимальная пропускная способность при минимальном количестве элементов достигается, когда t_{Q_i} равны между собой, то становится очевидной целесообразность параллельного соединения элементов, характеризующихся большим временем выполнения операций или стоимостью и однотипностью для построения оптимальной системы.

Такое соединение однотипных элементарных операций будем на-



зывать промежуточной элементарной операцией Q_{ni} . Она характеризуется временем выполнения $t_{nQ_i} = t_{Q_i}/P_{Q_i}$, пропускной способностью элементарной технологической операции $N = a/t_{Q_i(max)}$ и пропускной способностью промежуточной технологической операции $N = a/t_{nQ_i(max)}$ при $t_{nQ_i(max)} > t_{Q_i(max)}$.

В качестве примера рассмотрим ЛОП АСЭАК картофеля [3], состоящую из ряда технологических операций (табл. 1), и несколько ва-

Таблица 1

Наименование оборудования	Время выполнения	Оборудование	
		наименование	цена
Измерение массы загрязненной пробы	t_1	электронные весы	S_1
Отмочка пробы	t_2	ковш отмочки	S_2
Мойка пробы	t_3	моющий барабан	S_3
Инспекционный контроль	t_4	инспекционный конвейер	S_4
Измерение массы некондиционного сырья	t_5	электронные весы	S_5
Измерение массы пробы в воде	t_6	электронные весы	S_6
Калибровка сырья	t_7	калибровочный конвейер	S_7
Измерение массы крупной фракции	t_8	электронные весы	S_8
Измерение суммарной массы отмытой пробы	t_9	электронные весы	S_9

риантов конфигурации технологического оборудования (рис. а, б, в). Представленные варианты конфигурации ЛОП будут характеризоваться параметрами, приведенными в табл. 2.

Сравнение приведенных вариантов проведем на основе критерия, представляющего собой линейную комбинацию:

$$K_k = \left| \alpha_1 \sum_{\gamma} \frac{\partial C_n}{\partial M_{\gamma}} \frac{r_{\gamma}}{t_{Q_{\gamma}}} \alpha_2 \sum_{i=1}^9 \frac{q_i P_{Q_i}}{t_{Q_i}} \alpha_3 \sum_{j=1}^9 \frac{a_j P_{Q_j}}{t_{Q_j}} \right|, \quad (1)$$

где $\partial C_n / \partial M_{\gamma}$ — ошибка γ -го взвешивания с соответствующим коэффициентом влияния на ошибку определения стоимости партии ΔC_n ;

$q_i P_{Q_i} / t_{Q_i}$ — стоимость i -того технологического устройства ЛОП;

t_{Q_i} — время выполнения i -той технологической операции;

$a_j P_{Q_j} / t_{Q_j}$ — пропускная способность j -той технологической операции;

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, r_{\gamma}, q_i, a_j$ — весовые коэффициенты, в частности константы.

Лучшим из предложенных окажется тот вариант, для которого K_k меньше. Рассмотрим различные варианты конфигурации ЛОП на основе критерия (1).

Для конфигурации ЛОП (рис. а) имеем:

$$K_1 = \left| \alpha_1 \sum_{\gamma=1}^9 \frac{\partial C_n}{\partial M_{\gamma}} \frac{r_{\gamma}}{t_{Q_{\gamma}}} - \alpha_2 \sum_{i=1}^9 \frac{q_i}{t_{Q_i}} + \alpha_3 \sum_{j=1}^9 \frac{a_j}{t_{Q_j}} \right| = |Q_1|. \quad (2)$$

Для конфигурации ЛОП (рис. б):

$$K_2 = \left| \alpha_1 \left[\frac{\partial C_n}{\partial M_1} \frac{r_1}{t_1} + \frac{\partial C_n}{\partial M_5} \frac{r_5}{t_5} + \frac{\partial C_n}{\partial M_8} \frac{r_8}{t_8} + \frac{\partial C_n}{\partial M_9} \frac{r_9}{t_9} + \right. \right. \\ \left. \left. + 2 \left(\sum_{\gamma=2}^4 \frac{\partial C_n}{\partial M_{\gamma_0}} \frac{r_{\gamma}}{t_{\gamma}} + \sum_{\gamma=6}^7 \frac{\partial C_n}{\partial M_{\gamma_0}} \frac{r_{\gamma}}{t_{\gamma}} \right) \right] - \right. \\ \left. - \alpha_2 \left[\frac{q_1}{t_1} + \frac{q_5}{t_5} + \frac{q_8}{t_8} + \frac{q_9}{t_9} + 2 \left(\sum_{i=2}^4 \frac{q_i}{t_{Q_i}} + \sum_{i=6}^7 \frac{q_i}{t_{Q_i}} \right) \right] + \right. \\ \left. + \alpha_3 \left[\frac{a_1}{t_1} + \frac{a_5}{t_5} + \frac{a_8}{t_8} + \frac{a_9}{t_9} + 2 \left(\sum_{j=2}^4 \frac{a_j}{t_{Q_j}} + \sum_{j=6}^7 \frac{a_j}{t_{Q_j}} \right) \right] \right| = |Q_2|. \quad (3)$$

И для конфигурации ЛОП (рис. в):

$$K_3 = \left| \alpha_1 \left[\frac{R_1}{t_1} + \frac{R_5}{t_5} + \frac{R_8}{t_8} + \frac{R_9}{t_9} + 2 \sum_{\chi=2}^4 \frac{R_\chi}{t_\chi} + 3 \sum_{\chi=6}^7 \frac{R_\chi}{t_\chi} \right] - \right. \\ \left. - \alpha_2 \left[\frac{q_1}{t_1} + \frac{q_5}{t_5} + \frac{q_8}{t_8} + \frac{q_9}{t_9} + 2 \sum_{i=2}^4 \frac{q_i}{t_{Qi}} + 3 \sum_{i=6}^7 \frac{q_i}{t_{Qi}} \right] + \right. \\ \left. + \alpha_3 \left[\frac{a_1}{t_1} + \frac{a_5}{t_5} + \frac{a_8}{t_8} + \frac{a_9}{t_9} + 2 \sum_{j=2}^4 \frac{a_j}{t_{Qj}} + 3 \sum_{j=6}^7 \frac{a_j}{t_{Qj}} \right] \right| = |Q_3|, \quad (4)$$

где $R = \partial C_n r_\chi / \partial M_\chi$.

Определим разности полученных значений:

$$Q_2 - Q_1 = \alpha_1 \left(\sum_{\chi=2}^4 \frac{R_\chi}{t_\chi} + \sum_{\chi=6}^7 \frac{R_\chi}{t_\chi} \right) + \alpha_2 \left(\sum_{i=2}^4 \frac{q_i}{t_{Qi}} + \sum_{i=6}^7 \frac{q_i}{t_{Qi}} \right) + \\ + \alpha_3 \left(\sum_{j=2}^4 \frac{a_j}{t_{Qj}} + \sum_{j=6}^7 \frac{a_j}{t_{Qj}} \right); \quad (5)$$

$$Q_3 - Q_1 = \alpha_1 \left(\sum_{\chi=2}^4 \frac{R_\chi}{t_\chi} + 2 \sum_{\chi=6}^7 \frac{R_\chi}{t_\chi} \right) + \alpha_2 \left(\sum_{i=2}^4 \frac{q_i}{t_{Qi}} + 2 \sum_{i=6}^7 \frac{q_i}{t_{Qi}} \right) + \\ + \alpha_3 \left(\sum_{j=2}^4 \frac{a_j}{t_{Qj}} + 2 \sum_{j=6}^7 \frac{a_j}{t_{Qj}} \right). \quad (6)$$

Приведенные разности представляют собой корректирующие влияния изменений конфигурации ЛОП на критерий K_k . Например, при $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = 1$ и равных n_i ($i=1, 2, \dots, 5$) имеем:

$$Q_2 - Q_1 = \sum_{\chi=2}^4 \frac{R_\chi - q_\chi + a_\chi}{t_\chi} + \sum_{\chi=6}^7 \frac{R_\chi - q_\chi + a_\chi}{t_\chi}. \quad (7)$$

Целесообразность изменения конфигурации зависит от численных значений $R_\chi - q_\chi + a_\chi$ ($\chi=2, 3, 4 \dots$).

Значения R_χ определяются как частные производные из выражения C_n — формула определения стоимости принятой партии сырья. Весовые коэффициенты q_χ , a_χ стоимости оборудования и пропускной способности задаются опытным путем или, при наличии большой статистики о параметрах ЛОП, определяются из алгоритмов обучения [4]. В

простейших случаях коэффициенты R_χ , q_χ , a_χ , также как и α_1 , α_2 , α_3 можно полагать равными 1 или некоторым целым числам. Если все упомянутые выше коэффициенты взяты равными единице, то это соответствует выводам типа: при увеличении стоимости оборудования для второй конфигурации во столько-то раз пропускная способность

Таблица 2

Конфигурация	а		б		в	
	время техн. операции	стоимость оборуд-я	время техн. операции	стоимость оборуд-я	время техн. операции	стоимость оборуд-я
1	t_1	S_1	t_1	S_1	t_1	S_1
2	t_2	S_2	$t_2/2$	$2S_2$	$t_2/2$	$2S_2$
3	t_3	S_3	$t_3/2$	$2S_3$	$t_3/2$	$2S_3$
4	t_4	S_4	$t_4/2$	$2S_4$	$t_4/2$	$2S_4$
5	t_5	S_5	t_5	S_5	t_5	S_5
6	t_6	S_6	$t_6/2$	$2S_6$	$t_6/3$	$3S_6$
7	t_7	S_7	$t_7/2$	$2S_7$	$t_7/3$	$3S_7$
8	t_8	S_8	t_8	S_8	t_8	S_8
9	t_9	S_9	t_9	S_9	t_9	S_9

увеличивается во столько-то, а точность измерений возрастает во столько-то. Например, в $5/t_x$ раз, т. е. $Q_2 - Q_1 = 5/t_x$.

ВЫВОД

Предложенная методика позволяет оценить точность определения параметров качества сырья, пропускную способность ЛОП и стоимость входящего в ее состав оборудования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Луцк В. И., Скобло Д. И. Автоматизация управления процессами пищевых производств по показателям качества сырья, полуфабрикатов и готовой продукции. — Изв. вузов СССР, Пищевая технология, 1980, № 3, с. 44.
2. Луцк В. И., Пивень Е. Н. Автоматизация определения показателей качества сырья, полуфабрикатов и готовой продукции в пищевой промышленности. — Киев: Знание, 1980. — 36 с.
3. А. с. 1030723 (СССР). Линия автоматизированного определения показателей качества картофеля/ Н. А. Архипович, Б. Е. Беленький, В. Т. Горяжа и др. — Оpubл. в Б. И., 1983, № 27.
4. Изволенский И. Е. Методика оптимизации параметров линии обработки проб в автоматизированных системах экспресс-анализа качества сырья. — Изв. вузов СССР, Пищевая технология, 1985, № 4, с. 89.

Кафедра автоматизации
производственных процессов

Поступила 28 IV 1985