

МОДЕЛИРОВАНИЕ И СРАВНЕНИЕ РАБОТ СИСТЕМ РАЗДЕЛИТЕЛЕЙ ПЕРВОГО И ВТОРОГО ПОРЯДКА

И. БУЧИ и И. КИШ

Политехнический Университет, Будапешт,

Кафедра химической технологии

(Поступило 31 октября 1963 г.)

Представлено зав. кафедрой профессором Л. Вайта

1. Введение. Описание и цель вычисления

В различных отраслях промышленности широко применяют такие разделяющие устройства, которые разделяют смеси на основе физического различия составляющих компонентов. Такими различиями могут быть: размер частиц, удельный вес, агрегатные состояния и т. д.

Для разделения одной смеси используют систему, состоящую из большого числа установок, включая классификаторы в ряд, а также применяя и обратное подключение. Цель: увеличение избирательной способности (например, при очистке газа-циклон, включенный перед электрическим уловителем пыли, включенные в ряд осадители).

Нашей целью была разработка простого и гибкого метода для описания действия системы, состоящей из большого числа разделяющих устройств, причем такой метод, который был бы пригоден для технических и экономических расчетов.

Во всех случаях наши расчеты осуществлялись с предположением линейной зависимости, поэтому в области обсуждаемой технологии этим методом можно достигнуть довольно точного приближения.

Для описания линейных связей использовали простое и числовое обозначение матричного вычисления, хотя каждый расчёт могли бы описать и системой линейных уравнений.

Описание или вычисление состоит из трёх следующих одна за другой стадий:

1. Описание тех связей, которые имеют место между устройствами (сборники, машины, аппараты) тогда, когда вещество перетекает из одного в другой.
2. Описание движения материи (или же движения энергии).
3. Экономические исследования.

2. Описание соединений аппаратов

Изложенный в следующем разделе метод пригоден не только для описания включения разделительной системы, но и для описания включения системы, осуществляющей любую технологическую задачу.

Установки, составляющие систему, обозначаем цифрами или другими значками, а на чертеже обозначаем в виде кружочков.

Все эти установки, из которых вещество перетекает в одну или несколько других установок, соединяем стрелкой, указывающей направление движения вещества. Таким образом, получается направленный граф. Теория графов уже нашла себе применение при вычислении системы электрических и гидравлических агрегатов. Рассматривая промышленное предприятие, как подобную сеть агрегатов, можно применять теорию графов и для химико-технологических вычислений.

Академик М. Корак вместе с автором уже несколько лет занимаются применением теории графов в химической технологии (1, 2), первые результаты теории применили при составлении учебного пособия по общей химической технологии (3).

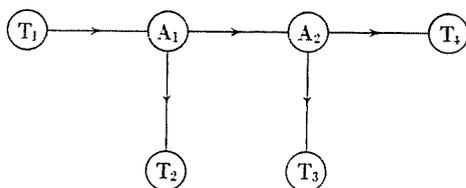


Рис. 1

Технологический процесс всегда является действующей сетью процессов, в которой:

1. Сборники (T_i), аллакторы (A_i) и реакторы (R_i) являются узловыми точками. (Аллактор — это такое устройство, в котором не происходит химического изменения, например, дробитель, классификатор, в большинстве случаев теплообменники.)

2. Последние соединены материальными потоками (S_i), движущимися с помощью транспортеров.

Если каждой узловой точке соответствуют одна угловая точка и каждому потоку вещества — одна дуга, тогда вся технология может быть описана графом $T = (K, s_i)$, где K аппарат, s_i материальный поток. Так называемая технологическая схема есть ничто иное, как менее абстрактная и менее схематичная форма графов.

Преимущество графо-подобного изображения: входящие и выходящие из процесса материальные потоки граф делает более наглядными, чем привычная технологическая схема построенная с помощью прямоугольных изломанных линий.

Граф включения простой классификационной системы видно на рис. 1.

Граф изображает действие следующей классификационной системы: сырье, втекающее из хранилища T_1 в классификатор A_1 , разделяется на два

потока. Один из потоков классификатор A_2 вновь разделяет на две части. Полученные таким путём три конечных продукта направляются в сборники T_2, T_3, T_4 .

3. Характеристика материальных потоков

Под технологическими материалами мы понимаем все проходящие или протекающие через систему вещества: например, воздух, воду, масло, газ и. т. п. Разделение веществ возможно на основе различий каких-либо физических, физико-химических или химических свойств, но всегда приспособливается к применяемой технологии.

Например, при фильтровании не можем разделить воду от растворённых в ней солей, однако при смягчении воды такое разделение необходимо.

При просеивании принимаем во внимание только размер частиц, а при осаждении кроме того и удельный вес и. т. д.

Материальный поток это сумма вещества, протекающего между двумя, связанными между собой аппаратами.

Материальный оборот это сумма материальных потоков. Количество и качество веществ, принимающих участие в материальном обороте, характеризуем с помощью количественного и качественного вектора:

Таблица 1

Номер фракции	Диаметр в μ	Весовой %	Компоненты вектора
1.	0— 5	10	0,1
2.	5— 15	40	0,4
3.	15— 60	30	0,3
4.	60—100	15	0,15
5.	100—	5	0,05

Качественный вектор: Вещества, образующие материальный поток (компоненты), которым даем порядковый номер и порядковые номера фиксируем. Компоненты могут обозначаться по желанию, относительное количество разделенных частей, но в зафиксированном состоянии на величину частиц к объему, молю и т. д. Однако в большинстве случаев целесообразно по весу.

Таким образом, изображаем n -мерный вектор и столбцовую матрицу:

Например: Характеристика по размеру частиц (Табл. 1).

Теперь фиксируем компоненты, принадлежащие к отдельным качествам:

$$\begin{bmatrix} 0,1 \\ 0,4 \\ 0,3 \\ 0,15 \\ 0,05 \end{bmatrix}$$

получаем 5-мерный вектор, который означает такое качество, в котором 1^{ая} фракция составляет 10 вес %, 2^{ая} фракция 40 вес %, 3^я — 30, 4^{ая} — 15 и 5^{ая} 5 вес %, соответственно.

Если эти числа относятся, например, к цементу, тогда в отдельных случаях, разделение фракции выше 60 μ излишне, так как с точки зрения применения они в одинаковой мере малоценны и поэтому, объединяя по последние фракции, предыдущий вектор можем записать следующим образом

$$\begin{bmatrix} 0,1 \\ 0,4 \\ 0,3 \\ 0,2 \end{bmatrix}$$

где четвертый компонент обозначает величину выше 60 μ частиц.

Однако при расчётах системы нужно оперировать веществами, охарактеризованными, по одному из возможных способов.

Количественный вектор

Вектор \bar{s}_i , описывающий поток вещества как качественно, так и количественно, получаем, умножением вышеохарактеризованного качественного вектора \bar{x}_i на скалярную величину σ , характеризующую количество материала.

Размерность σ получаем из частного, выраженного как фактор, взятый на основании сравнительного количества и какой-либо временной единицы. В предыдущем примере размерность σ может быть: кг/час; кг/сек; кг/сутки и т. д. Например $\sigma = 1500$ кг/час, тогда количественный вектор:

$$\bar{s} = \sigma \cdot \bar{x} \quad (1)$$

$$\bar{s} = 1500 \cdot \begin{bmatrix} 0,1 \\ 0,4 \\ 0,3 \\ 0,2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 150 \\ 600 \\ 450 \\ 300 \end{bmatrix} \quad (2)$$

где отдельные компоненты означают количество вещества, принимающего участие в материальном потоке в кг/час. Возникает вопрос: не означает ли такое определение неточности по сравнению с обычными непрерывными кривыми, применяемыми обычно для указания распределения размеров частиц.

Проанализируем, как мы снимаем эти кривые? Всегда изображаем результаты какого-либо классификатора (например: ситовой-анализ, осаждение и т. п.), и в этом случае всегда получаем дискретные результаты. Кривые же получаем экстраполяцией из этих дискретных данных, иногда их даже корригируем. Принимаем даже такие значения, которые непосредственно не получаем из измерения.

Однако качественный вектор, не только приблизительно, но и точно одинаков с данными разделительного измерения и не содержит прочих предположений, а следовательно является более пригодным для вычислительных целей.

4. Описание классификации

Классификацию описываем рядом матриц, пусть \bar{s}_0 означает входящий материальный поток (Матрица с числом элементов n , \bar{s}_1 и \bar{s}_2 — выходящие потоки т. е. n -мерный вектор).

$$\bar{s}_1 = A \cdot \bar{s}_0 \quad (2a)$$

$$\bar{s}_2 = (E - A) \cdot \bar{s}_0, \quad (2b)$$

A — квадратичная матрица, в которой $n \times n$ элементов.

E — единица матрицы, n -ного порядка.

То, что второй выходящий поток может быть описан или рассчитан вышеуказанным образом, может быть доказано следующим путём:

$$\bar{s}_1 + \bar{s}_2 = \bar{s}_0$$

$$A \cdot \bar{s}_0 + \bar{s}_2 = \bar{s}_0$$

$$\bar{s}_2 = \bar{s}_0 - A \cdot \bar{s}_0 = (E - A) \cdot \bar{s}_0.$$

Этой матрицей можно описать действие очень многих классификаторов. Классификаторы, действие которых описывается кривыми Тромпа, могут моделироваться с помощью диагональных матриц, дающих возможность самого простого вычисления; фильтры же могут быть описаны точно также, но более сложным образом. Этот метод моделирования не менее точен, чем, например непрерывные кривые Тромпа, по подобным причинам, как обсуждалось при определении распределения размеров частиц, так как эти кривые строятся также из дискретных значений.

Например, пусть вектор, характеризующий входящий поток, будет: $\bar{S}_0 = \begin{bmatrix} 0,6 \\ 0,4 \end{bmatrix}$, где первый компонент означает частицы размером 0—5 μ а второй компонент—частицы, размером выше 5 μ .

Матрица характеризующая классификацию

$$A = \begin{bmatrix} 0,8 & 0 \\ 0,1 & 0,3 \end{bmatrix}$$

в этом случае:

$$\begin{aligned} E - A &= \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,8 & 0 \\ 0,1 & 0,3 \end{bmatrix} \\ E - A &= \begin{bmatrix} 0,2 & 0 \\ -0,1 & 0,3 \end{bmatrix}. \end{aligned} \quad (3)$$

Первый выходящий материальный поток

$$\bar{s}_1 = A \cdot \bar{s}_0 = \begin{bmatrix} 0,8 & 0 \\ 0,1 & 0,3 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0,6 \\ 0,4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,8 \cdot 0,6 + 0,04 \\ 0,1 \cdot 0,6 + 0,3 \cdot 0,4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,48 \\ 0,18 \end{bmatrix}. \quad (4a)$$

Второй выходящий поток:

$$\begin{aligned} \bar{s}_2 &= (E - A) \cdot \bar{s}_0 = \begin{bmatrix} 0,2 & 0 \\ -0,1 & 0,7 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0,6 \\ 0,4 \end{bmatrix} = \\ &= \begin{bmatrix} 0,2 \cdot 0,6 + 0,04 \\ 0,1 \cdot 0,6 + 0,7 \cdot 0,4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,12 \\ 0,22 \end{bmatrix}. \end{aligned} \quad (4b)$$

5. Расчет оборота материалов

5.1. Изображение оборота материалов с помощью графов

Для графов мы теперь располагаем вектором, характеризующим поток материала, известным из предыдущего, поэтому изображение оборота материалов системы получаем следующим образом.

В дальнейшем для вычисления оборота материала применяемые технологические графы изображаем с помощью качественных векторов.

В целях единого математического обозначения уже не будем делать разницы между аппаратами различного характера, вектора изображаем двойными индексами, где \bar{x}_{ik} означает материал, вытекающий из i -того аппарата и втекающий в k -товой аппарат. Вектор, характеризующий количество, здесь также получаем умножением скаляра.

Обозначения: 1. сборник сырья,

2. и 3. классификаторы,

4., 5., 6. приемники готового материала.

Транспортирующие устройства системы не указываем. Теперь для каждого классификатора располагаем одной матрицей, с помощью графа можем написать два векорматричных уравнения. Решение системы уравнений, в знании входящего сырья, его качества и количества, даёт оборот материала системы.

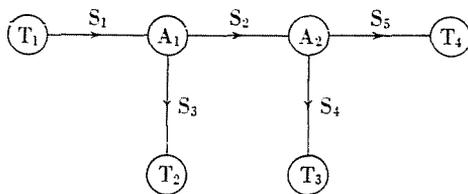


Рис. 2

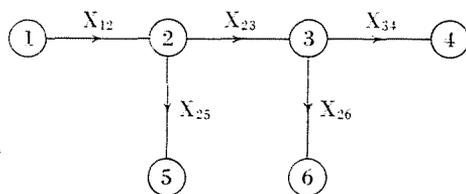


Рис. 3

5.2. Расчет оборота материала одного классификатора

Граф наглядно показывает, из какого аппарата (классификатора, хранилища сырья) поступает в классификатор поток материала. Суммируя векторы, характеризующие потоки материала, получаем вектор, характеризующий поступающий материал

$$\sum_{i=1}^l x_{ik} = \bar{x}_{ik} \tag{5}$$

где l — число аппаратов;

\bar{x}_{ik} — сумма втекающих в k -тый аппарат всех потоков материала (в 4-й главе вектор втекающего вещества обозначали через \bar{s}_0).

Большая часть векторов \bar{x}_{ik} это вектор 0 и граф показывает, какой нужно принять во внимание.

Наше описание предполагает, что поток материала в каждом классификаторе разделяется только на две части.

Действие оборудования, разделяющего на большее количество частей, описываем таким образом, чтобы представить все, разбив на несколько аппаратов.

Теперь выходящие потоки вещества получаем умножением матрицы из вектора \bar{x}_k . Надо обращать внимание на то, что поток веществ, полученный умножением матрицы A , или $E - A$ в какой аппарат втекает.

Пример: на рис. 3. обозначаем поток вещества, выходящий из хранилища сырья, обозначенного цифрой 1, и входящий в аппарат 2, который пусть характеризует вектор $\begin{bmatrix} 0,6 \\ 0,4 \end{bmatrix}$ преподнесенный нами как пример в 4-ой главе.

Действие классификатора, обозначаемого цифрой 2, также описывает встречающаяся в 4 главе матрица:

$$A = \begin{bmatrix} 0,8 & 0 \\ 0,1 & 0,3 \end{bmatrix}.$$

Необходимо отметить, что поток вещества, переправляемый в классификатор 3 получаем умножением матриц A . (Разумеется, что поток вещества, переправляемый в сборник готовой продукции 5, получаем умножением матрицы $E - A$.)

Тогда вектор, характеризующий втекающий поток материала, будет

$$\bar{x}_2 = \sum_{i=1}^6 \bar{x}_{12} = \bar{x}_{12}. \quad (6)$$

Граф показывает, что есть только один поток втекающего материала.

Вектор, обозначающий два вытекающих потока материала, вычисляется так:

$$\bar{x}_{23} = A \cdot \bar{x}_2 = \begin{bmatrix} 0,48 \\ 0,18 \end{bmatrix} \quad (3a)$$

$$\bar{x}_{25} = (E - A) \cdot \bar{x}_2 = \begin{bmatrix} 0,12 \\ 0,22 \end{bmatrix}. \quad (3b)$$

6. Системы классификаторов

6.1. Дефиниция. Ознакомление

Поскольку качество материала, полученного на основе классификации не соответствовало бы производству, так например с целью увеличения селективности в случае определенного типа классификаторов возможно включение в ряд других классификаторов, а также возможно обратное подключение одного или нескольких потоков материала. Эти системы, состоящие из нескольких классификаторов и содержащие иногда подключенные обратно потоки вещества, назовём *системой классификаторов*.

Число операций, проделанных классификаторами, в ветвях, содержащих самый длинный открытый поток материала, даёт порядок системы. Таким образом, мы можем говорить о системах классификаторов первого, второго и третьего порядка.

Например, рис. 2 является графом системы классификатора второго порядка. По сравнению с системой классификатора первого порядка (его

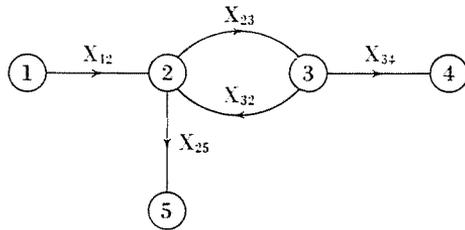


Рис. 4

граф см. на рис. 5) система классификатора второго порядка обладает тем недостатком, что в одной из ветвей извлечение уменьшается, и образуется три различных конечных продукта. Извлечение конечного продукта, образующегося согласно рис. 3 в системе классификатора второго порядка, можем исправлять возвращением потока вещества x_{36} в разделитель 2, так называемой системой циклических непрерывных классификаторов (рис. 4).

В этом случае система упрощается, извлечение возрастает, в то время, как загрузка двух классификаторов увеличивается. С применением трёх классификаторов селективность еще растёт, но система более усложняется.

Дальнейший случай системы классификаторов второго порядка симметричная циклическая система, состоящая из трёх классификаторов:

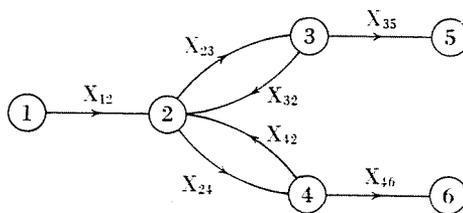


Рис. 5

Обозначения:

1. Хранилище сырья,
 2. 3. 4. классификаторы,
 5. первый сборник готовой продукции,
 6. второй сборник готовой продукции,
- x_{ik} — векторы, характеризующие качество потоков вещества.

Двойная стрелка показывает, какой вектор описывающий материальный поток получаем умножением матрицы A .

6.2. Расчёт оборота материала одной системы классификаторов

Рассмотрим действие системы классификаторов.

5.1. На основе соображений, высказанных в пункте 5.1, можем написать следующую систему уравнений:

$$\bar{x}_{35} = A_2 \cdot \bar{x}_{23} \quad (7)$$

$$\bar{x}_{16} = (E - A_3) \cdot \bar{x}_{24} \quad (8)$$

$$\bar{x}_{24} = (E - A_1) (\bar{x}_{12} + \bar{x}_{32} + \bar{x}_{42}) \quad (9)$$

$$\bar{x}_{23} = A_1 \cdot (\bar{x}_{12} + \bar{x}_{32} + \bar{x}_{42}) \quad (10)$$

$$\bar{x}_{42} = A_3 \cdot \bar{x}_{24} \quad (11)$$

$$\bar{x}_{32} = (E - A_2) \cdot \bar{x}_{23} \quad (12)$$

\bar{x}_{12} , A_1 , A_2 , A_3 — известные величины, и для шести неизвестных получаем шесть уравнений.

Решение векторно-матричной системы уравнений довольно усложняется.

Если линейные соотношения перепишем в систему уравнений со многими неизвестными, то можно решать эту систему обычными методами, однако большое количество неизвестных очень усложняет задачу, так в нашем примере надо решать такую систему уравнений, где имеется $6 \times$ неизвестных. В случае, где $n = 5$, это означает 30 уравнений с неизвестными. На практике могут возникать ещё более сложные системы уравнений.

Если работа классификаторов имеет одинаковый характер, то расчёт производить сравнительно легко.

$$\bar{x}_{32} = (E - A) \cdot \bar{x}_{23} = (E - A) \cdot A \cdot (\bar{x}_{12} + \bar{x}_{32} + \bar{x}_{42}) \quad \text{из} \quad (12-10)$$

$$\bar{x}_{42} = A \cdot \bar{x}_{24} = A \cdot (E - A) (\bar{x}_{12} + \bar{x}_{32} + \bar{x}_{42}) \quad \text{из} \quad (11-9)$$

Так как

$$(E - A) \cdot A = A \cdot (E - A)$$

$$\bar{x}_{32} = \bar{x}_{42}$$

Преобразуя уравнения 9 и 10:

$$\bar{x}_{24} = (E - A) \cdot (\bar{x}_{12} + 2\bar{x}_{42}) \quad (9a)$$

$$\bar{x}_{23} = A \cdot (\bar{x}_{12} + 2\bar{x}_{32}) \quad (10a)$$

Заменяя из ур. 11 и 12 значение \bar{x}_{42} и \bar{x}_{32} :

$$\bar{x}_{24} = (E - A) \cdot (\bar{x}_{12} + 2A \cdot \bar{x}_{24}) \quad (9b)$$

$$x_{23} = A(x_{12} + 2(E - A)x_{23}) \quad (10b)$$

Решая уравнения 9b на \bar{x}_{24} , имеем:

$$\begin{aligned} \bar{x}_{24} &= \bar{x}_{12} + 2 A \bar{x}_{24} - A \bar{x}_{12} - 2 A \bar{x}_{24} \\ \bar{x}_{24} - 2 A \bar{x}_{24} + 2 A^2 \bar{x}_{24} &= \bar{x}_{12} - A \bar{x}_{12} \\ (E - 2 A + 2 A^2) \bar{x}_{24} &= (E - A) \cdot \bar{x}_{12}. \end{aligned}$$

Умножим слева обратным значением $(E - 2A + 2A^2)$

$$\bar{x}_{24} = (E - 2 A + 2 A^2)^{-1} \cdot (E - A) \cdot \bar{x}_{12}.$$

Отсюда легко получить значение \bar{x}_{46} :

$$\bar{x}_{46} = (E - A) \cdot (E - 2 A + 2 A^2)^{-1} \cdot (E - A) \cdot \bar{x}_{12}.$$

Подобным образом получим и значения \bar{x}_{23} , \bar{x}_{35} , \bar{x}_{32} , \bar{x}_{42} .

$$\begin{aligned} \bar{x}_{23} &= (E - 2 A + 2 A^2)^{-1} \cdot A \cdot \bar{x}_{12} \\ \bar{x}_{35} &= A \cdot (E - 2 A + 2 A^2)^{-1} \cdot A \cdot \bar{x}_{12} \\ \bar{x}_{32} &= (E - A) \cdot (E - 2 A + 2 A^2)^{-1} \cdot A \cdot \bar{x}_{12} \\ \bar{x}_{42} &= A \cdot (E - 2 A + 2 A^2)^{-1} \cdot (E - A) \cdot \bar{x}_{12}. \end{aligned}$$

В общем случае, когда классификаторы работают не одинаково и порядок операций нельзя обменять математическое соответствие этому: умножение матриц не коммутативное и решение значительно сложнее.

7. Сравнение системы классификаторов первого и второго порядка

7. Описание системы

На основе общего решения более простые случаи можем легко выразить. С целью сравнения рассмотрим несколько простых примеров.

Ради простоты условимся на следующем:

1. Каждый классификатор пусть будет одного и того же типа.

2. Скалярные члены материальных потоков примем равными единице:

$\sigma = 1$, в этом случае потоки можем обозначить вектором x .

Тогда ради упрощения двухдизензионный вектор

$$x_{12} = \begin{bmatrix} 0,5 \\ 0,5 \end{bmatrix} \tag{14}$$

где $\sigma = 1$. (15)

И пусть классификаторы характеризует одна матрица:

$$A = \begin{bmatrix} 0,8 & 0 \\ 0 & 0,2 \end{bmatrix}. \tag{16}$$

Система классификаторов не выше второго порядка:
 I. Система классификаторов первого порядка:

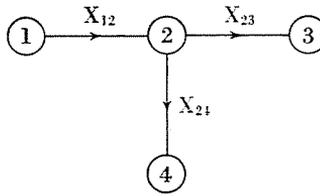


Рис. 6

II. Система классификаторов второго порядка:
 II/1. — открытый процесс:

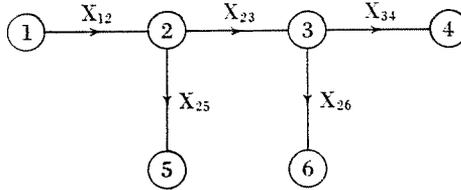


Рис. 7

II/2. Система с одним непрерывным циклом:

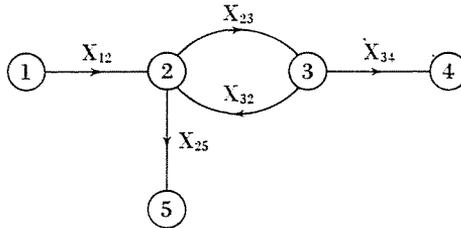


Рис. 8

II/3. Система с двумя непрерывными циклами:

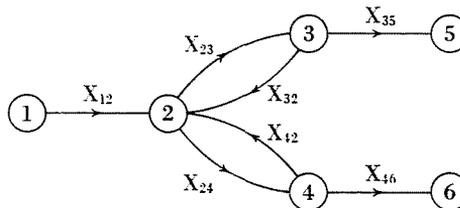


Рис. 9

Расчёт осуществляем методом, описанным в главе 6.2, здесь же приводим только конечный результат.

7.2. Сравнительная таблица

Благодаря системе различных классификаторов разделяемое вещество в зависимости от числа последовательных операций, а иногда от возвращения в цикл, может быть разделено с различным извлечением, потерей и степенью чистоты.

Под *извлечением* понимаем отношение классифицированной фракции и количества втекаемого в систему вещества.

Потеря — отношение количества материала данной фракции, поступающего к остальным фракциям, к общему количеству материала.

Чистота — отношение материала данной фракции к общему количеству.

Все три величины даём в весовых процентах. Сравнивая обсужденные четыре классификационные системы получаем следующую таблицу:

Таблица 2

Фракция		I	II/1	II/2	II/3
		вес. %			
Извлечение	1	50	34	40,5	50
	2	50	50	59,5	50
	3	—	16	—	—
Потеря	1	20	36	23,8	5,9
	2	20	20	4,8	5,9
Чистота	1	80	94,12	94,12	94,12
	2	80	80	80	94,12

7.3. Оценка

Из таблицы можно установить следующее:

а) Чистоту фракций можем исправлять числом классификаторов (разумеется только в случае таких классификаторов, которые могут быть моделированы матрицами определенного типа).

б) С увеличением числа классификаторов растет также и потеря. Цикл уменьшает потерю, но так, что его действие чувствуется сильнее всего не в той ветви, в которую включили круговой процесс.

с) Увеличение числа классификаторов увеличивает число аппаратов, циклы увеличивают загруженность аппаратов (необходимы большие размеры). Вопрос о том, какая система классификаторов наиболее подходящая, решают экономические исследования, где сравниваются преимущества, выигранные на чистоте и уменьшении потерь, с возрастающими расходами по капиталовложению и эксплуатации.

Этот вопрос будет рассматриваться в продолжении нашей статьи.

Резюме

1. Авторы моделируют технологические системы состоящие не более чем из трех одинаковых классификаторов, методом векторного-матричного расчета.

2. Материальный поток технологических систем изображают графами и выходящие потоки рассчитывают при помощи линейных уравнений.

3. В последствии сравнивают работу системы классификаторов второго порядка когда они связаны между собой различным образом.

Литература

1. BUCSY, I.: Vegyipari folyamatok leírása és ábrázolása. Előadás. Magyar Kémikusok Egyesülete, Budapest (1962).
2. KORACH, M.: Felszólalás az MTA ankétjén. Budapest (1962).
3. Prof. KORACH, M.—BUCSY, I.: Általános kémiai technológia III. Kézirat. Budapest (1962).
4. GÁSPÁR, Gy.: Mátrixszámítás műszaki alkalmazásokkal. Budapest (1962).
5. BROWN, R. L.: Brit. Chem. Eng. Vol. 4, 463 (1959).

Dr. Iván BUCSY, } István KISS, }	} Budapest XI. Gellért tér 4. } Budapest I. Csalogány u. 12. IV. 9.
--	--