МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ УССР

Донецкий Ордена Трудового Красного Знамени политехнический институт

Код рубрики 52.45 УДК 622.75.001.5

Ю.Д.Ариненков, В.Г.Самойлик

ПРОМЕНЕНИЕ ГИПЕРБОЛИЧЕСКОЙ АППРОКСИМАЦИИ ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБОГАЩЕНИЯ

Деп. в УкрНИИНТИ 22.12.87

Донецк - 1987

Выбор оптимальных технологических решений при проектировании обогатительных фабрик связан с множественными прогнозными расчетами отдельных технологических операций. Такие расчеты базируются на использовании интегральной функции Гаусса для описания закона распределения элементарных фракций в продуктах обогащения. Необходимая точность конечных результатов достигается делением исходной фракции на интервалы, равные по величине среднему вероятному отклонению E_{pm} / I / с последующим определением извлечений на этих интервалах. При такой организации вычислительного процесса осуществляется многократное обращение к сложному алгоритму нахождения интеграла вероятностей, что приводит к большим потерям рабочего времени.

С целью снижения трудоемкости расчета предлагается аппроксимировать функцию Гаусса более простой функцией, величина интеграла которой выражена в аналитической форме. Извлечение фракции в этом случае будет определяться как отношение интеграла аппроксимирующей функции на интервале изменения нормированного отклонения от x_1 до x_2 к величине этого интервала (рис. Iа).

Рассмотрим возможность применения для аппроксимации участка интегральной кривой Гаусса равносторонней гиперболы, уравнение которой выражается дробно-рациональной функцией :

$$y = (a_1 x + b_1)/(a_2 x + b_2). \qquad (I)$$

При сокращении числителя и знаменателя правой части уравнения (I) на величину $a_2 \neq 0$ функция принимает вид

$$y = (A_1 x + A_2)/(x + A_3), \qquad (2)$$

где $A_1 = a_1/a_2$; $A_2 = B_1/a_2$; $A_3 = B_2/a_2$ - постоянные коэффициенты.

Интегрирование выражения (2) осуществляется на основании табличных интегралов / 2 /. Полученная первообразная имеет вид

$$\int \frac{A_1 X + A_2}{X + A_3} dX = A_1 X + (A_2 - A_1 A_3) \ln (X + A_3) + C.$$

Определенный интеграл на участке изменения переменной от X_1 до X_2 запишется следующим образом:

$$\int_{X_1}^{X_2} \frac{A_1 X + A_2}{X + A_3} dX = A_1 (X_2 - X_1) + (A_2 - A_1 A_3) \ln \frac{X_2 + A_3}{X_1 + A_3}. \quad (3)$$

После деления выражения (3) на величину интервала $(x_2 - x_1)$ получим формулу для определения извлечения данной фракции

$$\mathcal{E} = A_1 + \frac{A_2 - A_1 A_3}{X_2 - X_1} \cdot \ln \frac{X_2 + A_3}{X_1 + A_3 + \Delta}, \quad (4)$$

где малая величина $\Delta = 10^{-5} \div 10^{-7}$ добавлена с целью исключения некорректных операций при расчете процессов разделения, близких к идеальным.

Для решения задачи остается найти коэффициенты A_1, A_2, A_3. Это можно сделать, т.к. уравнение (2) имеет линейную форму

$$yX = A_1 X + A_2 - y A_3.$$

Составим систему уравнений для трех точек (X_1, y_1), (X_2, y_2), (X_3, y_3), где y_1, y_2, y_3 - значения извлечения при абсцисах X_1, X_2, X_3; $X_3 = (X_1 + X_2)/2$.

Решение получим с помощью формул Крамера / 2 / :

$$A_1 = D_1/D; \quad A_2 = D_2/D; \quad A_3 = D_3/D.$$

Опуская промежуточные преобразования и приняв обозначения

$$C_1 = x_2^2 (y_2 - y_3),$$
$$C_2 = x_1^2 (y_3 - y_1),$$
$$C_3 = x_1 x_2 (y_1 - y_2),$$

получим определители:

$$D = (x_2 - x_1)(2y_3 - y_2 - y_1)/2,$$
$$D_1 = (x_2 - x_1)(y_1 y_3 + y_3 y_2 - 2 y_2 y_1)/2,$$
$$D_2 = (C_1 y_1 + C_2 y_2 + C_3 y_3)/2,$$
$$D_3 = (C_1 + C_2 + C_3)/2.$$

Следовательно, формула (4) достаточно легко реализуется последовательным вычислительным алгоритмом. Сложные операции определения интеграла вероятностей сведены к минимуму, причем значения извлечений элементарных фракций на концах интервала могут быть использованы повторно в дальнейших расчетах.

Блок-схема определения извлечения исходной фракции с использованием предложенной методики расчета приведена на рис.2.

Для проверки точности аппроксимации интегральной кривой Гаусса при помощи гиперболы было проведено сравнение значений извлечений, вычисленных с использованием данной методики и метода трапеций (в последнем случае число интервалов разбиения фракций составило n = 100). Предварительно было установлено, что для общепринятого ряда плотностей (ГОСТ 4790-80) интервал изменения нормированного отклонения в пределах одной фракции обычно не превышает двух единиц. В связи с этим, для определения извлечения был выбран участок кривой Гаусса при $0 \leq x \leq 2$, отличающийся наибольшей кривизной. Полученные результаты (для метода трапеций ε = 0,804768, для гиперболы - ε = 0,809829) показали, что относительная ошибка при вычисле-

нии фракции по предложенной методике не превышает 0,6 %. Учитывая, что интегральная кривая нормального распределения сама недостаточно точно отображает кривую распределения / 3 /, указанную погрешность можно считать несущественной.

Соответствие принятой аппроксимирующей функции интегралу вероятности Гаусса можно проверить на процессе разделения, близком к идеальному, когда $E_{pm} = 0$ (рис. Iб).

Тогда $x_1 = 0,\ y_1 = 0{,}5;\ x_2 = x,\ y_2 = 1;\ x_3 = x/2,\ y_3 = 1.$

Подставив эти значения в формулы для вычисления определителей, получим:

$$C_1 = C_2 = C_3 = 0;$$
$$D = D_1 = x/4;$$
$$D_2 = D_3 = 0.$$

Постоянные коэффициенты : $A_1 = D_1/D = 1;\ A_2 = A_3 = 0.$

Значение извлечения, вычисленное по формуле (4), будет равно I. Легко проверить, что в случае использования для аппроксимации параболы величина извлечения фракции составила бы II/I2, а для кусочно-линейной функции - только 7/8.

Таким образом, предложенная гиперболическая аппроксимация интегральной кривой Гаусса позволяет в аналитической форме записать интеграл функции указанной кривой и с достаточной для практики точностью определить извлечение фракций в продукты обогащения.

Учитывая сложность вычисления интеграла вероятностей и необходимость многократного к нему обращения при общепринятом способе расчета ожидаемых показателей разделения, можно сделать вывод, что предложенный алгоритм определения извлечения

значительно компактнее обычного. Использование его в машинных расчетах позволит более эффективно решать на ЭВМ задачи прогнозирования параметров обогатительных процессов.

Литература

I. Мушловин Л.Б. Определение и оценка результатов обогащения на углеобогатительных машинах.- М.: Госгортехиздат, 1963.-С.128.

2. Бронштейн И.Н.,Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов.- 13-е изд.,исправленное.-М.:Наука, 1986.-С.92.

3. Коткин А.М.,Ямпольский М.Н.,Геращенко К.Д. Оценка обогатимости угля и эффективности процессов обогащения.-М.:Недра, 1982.- С.112.

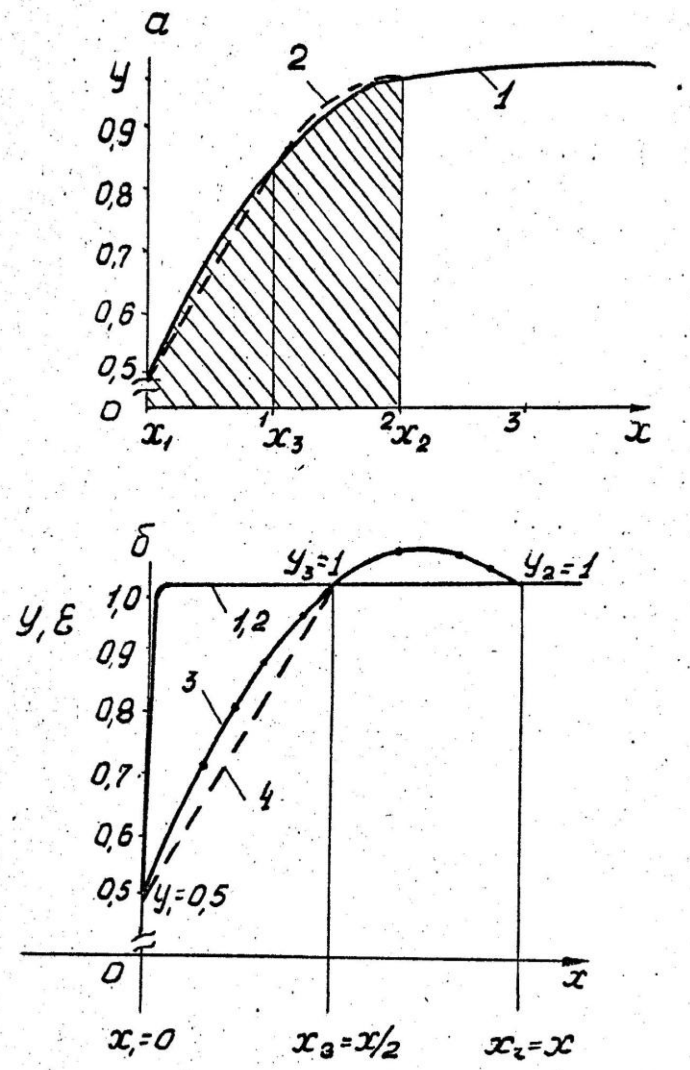

Рис. I. Аппроксимация интегральной кривой Гаусса (I) гиперболой (2), параболой (3) и кусочно-линейной функцией (4) при реальных (а) и идеальных (б) условиях разделения

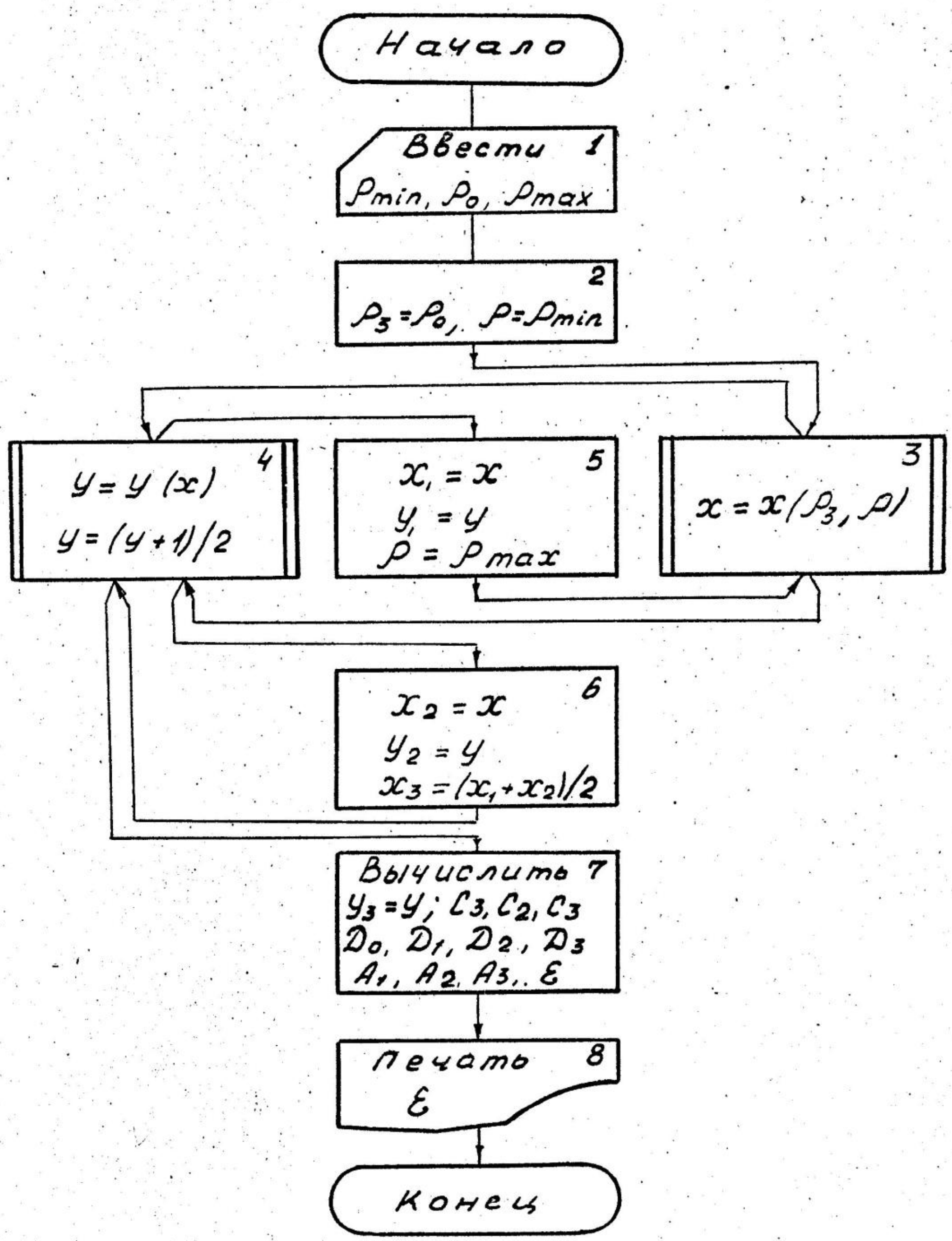

Рис.2. Блок-схема определения извлечения исходной фракции в продукт обогащения

Печатается в соответствии с решением Учёного Совета горноэлектромеханического факультета Донецкого политехнического института от 16 октября 1987 г.