
ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ І ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 681.511

РЕАЛИЗАЦИЯ ВЕРОЯТНОСТНОГО ВЫЧИТАНИЯ НА ОСНОВЕ ВЕРОЯТНОСТНОГО СЛОЖЕНИЯ

**Н.Е. Сапожников, д.т.н., проф., О.Д. Чужикова-Проскурнина, асп.,
Д.В. Моисеев, к.т.н.**

Севастопольский национальный университет ядерной энергии и промышленности

Рассмотрено выполнение операций сложения и вычитания при вероятностном представлении данных. Изложен метод реализации вероятностного вычитания через вероятностное сложение. Проведено моделирование, подтверждающее теоретические изложения.

Введение

Принцип представления значения любого параметра сигнала вероятностью не нов [1]. С развитием цифровой вычислительной техники и методов имитационного моделирования стал широко использоваться метод статистических испытаний, основная идея которого – связь между вероятностными характеристиками случайных процессов и величинами, являющимися решениями задач математического анализа.

В качестве преимуществ вероятностной формы представления данных можно выделить следующее:

- уменьшение аппаратного объема устройств и, следовательно, их линейных размеров и потребляемого питания;
- уменьшение себестоимости устройств за счет снижения аппаратных затрат;
- устойчивость при возникновении помех.

Однако существуют и недостатки, такие как:

- ограниченный диапазон измеряемых величин;
- работа только с положительными или только с отрицательными числами;
- зависимость точности вычислений от выбранного диапазона и количества статистических испытаний.

Таким образом, можно сделать вывод, что создание универсальных вероятностных устройств является сложной и трудоемкой задачей. Но эта форма представления данных особенно подходит для применения в измерительных системах, так как диапазон их измерения ограничен диапазоном сигналов, подаваемых с датчиков, что и позволяет использовать все преимущества вероятностной формы представления данных и создать на ее основе точные вероятностные устройства.

Постановка цели и задач исследования

Целью работы является усовершенствование метода выполнения арифметической операции вычитания при вероятностной форме представления данных.

Цель исследования определяет поставленные задачи:

1. Проанализировать представление данных в вероятностной форме.
2. Рассмотреть выполнение арифметических операций сложения и вычитания при вероятностной форме представления данных.
3. Учитывая недостатки существующего метода выполнения операции вероятностного вычитания, разработать усовершенствованный метод.
4. Промоделировать работу вероятностного вычитателя и проанализировать полученные результаты.

Вероятностная форма представления данных

В общем виде суть стохастического или вероятностного преобразования [2] заключается в том, что любому значению преобразуемой величины можно привести в соответствие некоторую вероятность. В наиболее простом случае процесс преобразования выполняется в соответствии с правилом

$$y_j = \begin{cases} 1 & \text{при } x > R_j \\ 0 & \text{при } x \leq R_j \end{cases}, \quad (1)$$

где x – значение преобразуемой величины из интервала $[0; X_{\max}]$;

R_j – j -й член последовательности псевдослучайных равномерно распределенных чисел, принимающих значения в интервале $[0; X_{\max}]$;

$\overline{j=1, K}$ – количество статистических испытаний вероятностного преобразования значения x ;

y_j – j -е значение вероятностного отображения величины x из ряда

$$Y = \{y_1; y_2; \dots; y_j; \dots; y_K\}.$$

Математическое ожидание от вероятностного отображения определяется через ряд распределения для дискретной случайной величины y_j :

$$\begin{array}{ccc} y_{j_l} & 1 & 0 \\ P_l & P(y_j = 1) & P(y_j = 0) \end{array}$$

Тогда

$$M[Y] = \sum_{l=1}^2 y_{j_l} P_l = P(y_j = 1) = F_x(R). \quad (2)$$

Таким образом, вероятность появления «1» в вероятностном отображении есть математическое ожидание от отображения и численно равняется значению интегрального закона распределения вспомогательной случайной величины R . В случае, когда вспомогательная случайная величина R подчиняется равномерному закону распределения, выражение (2) переписывается в виде

$$M[Y] = P(y_j = 1) = x. \quad (3)$$

Важнейшим следствием из выражения (3) является тот факт, что значение преобразуемой величины x поддается восстановлению из вероятностного отображения, то есть возможно обратное преобразование «вероятность - число».

Для получения исходного значения следует подсчитать количество единиц в вероятностном отображении и отнести его к количеству статистических испытаний (количеству членов вероятностного отображения):

$$x^* = \{M[Y]\}^* = \frac{X_{\max}}{K} \sum_{j=1}^K y_j, \quad (4)$$

где X_{\max} – верхняя граница интервала, в котором изменяется преобразуемая величина.

Вероятностное представление данных является непозиционной системой счисления, поскольку значение определяет не расположение единиц в вероятностной последовательности, а их количество.

Выполнение арифметических операций сложения и вычитания при вероятностной форме представления данных

Математическое ожидание случайной последовательности S можно рассматривать как сумму математических ожиданий вероятностных отображений ее членов [3], то есть

$$\begin{aligned} M[S] &= M[Y_1] + M[Y_2] + \dots + M[Y_N] = \\ &= \sum_{i=1}^N \sum_{l=1}^2 y_{ijl} P_{il} = \sum_{i=1}^N P(y_{ij} = 1) = \sum_{i=1}^N P[R_i < (r = x_i)] = \sum_{i=1}^N F_{x_i}(R). \end{aligned} \quad (5)$$

Для вспомогательной случайной величины R , распределенной равномерно, имеем

$$M[Y_i] = \sum_{l=1}^2 y_{ijl} P_l = P(y_{ij} = 1) = x_i \quad (6)$$

и далее получим

$$M[S] = \sum_{i=1}^N x_i. \quad (7)$$

В качестве оценки для суммы входных слагаемых получим

$$\left(\sum_{i=1}^N x_i \right)^* = \frac{X_{\max}}{K} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^K y_{ij}, \quad (8)$$

где y_{ij} – j -й член вероятностного отображения i -го операнда.

Таким образом, сумма вероятностно представленных значений будет равна сумме единиц, входящих в вероятностное отображение каждого из операндов, отнесенной к количеству статистических испытаний K и умноженной на значение верхней границы диапазона X_{\max} .

Исходя из вышеизложенного, вероятностный сумматор (рис. 1) может быть реализован на двоичном счетчике, на вход которого подаются вероятностные отображения операндов. При этом необходимо, чтобы значения вероятностного отображения второго операнда поступали через однотактный D-триггер, осуществляющий задержку на половину периода тактовой частоты устройства. Оценка суммы считывается на выход через блок переписи, реализованный группой вентилей, в виде позиционного двоичного кода.

Для выполнения операции вычитания, выполнив те же действия, что и для сложения двух слагаемых, второе из которых взято с противоположным знаком, из выражения (5) получим

$$M[S] = M[Y_1] - M[Y_2] = F_{x_1}(R) - F_{x_2}(R). \quad (9)$$

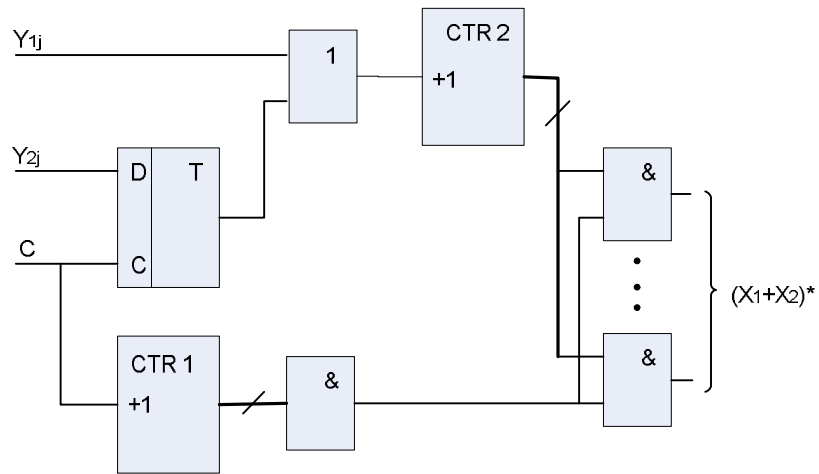


Рис. 1. Вероятностный сумматор

При равномерном распределении вспомогательной случайной последовательности R имеем выражение для вероятностного вычитания

$$(x_1 - x_2)^* = \frac{X_{\max}}{K} \sum_{j=1}^K (y_{1j} - y_{2j}). \quad (10)$$

Вероятностный вычитатель будет иметь вид, представленный на рис. 2.

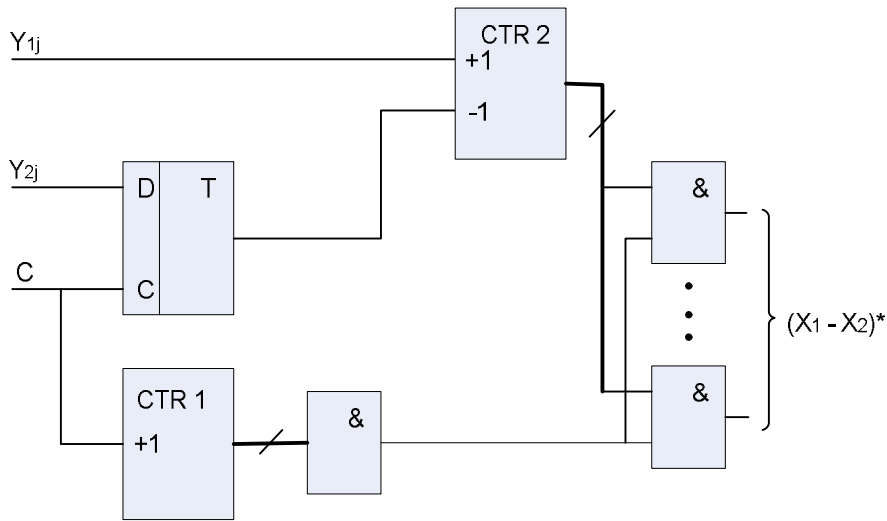


Рис. 2. Вероятностный вычитатель

Для аппаратной реализации вычитателя необходимо, чтобы значения y_{1j} вероятностного отображения уменьшаемого поступали на суммирующий вход реверсивного счетчика, а на вычитающий вход – значения y_{2j} через одноканальный D-триггер, осуществляющий задержку на половину периода тактовой частоты вероятностного отображения вычитаемого относительно вероятностного отображения уменьшаемого. Оценка разности считывается на выход через блок переписи, реализованный группой вентилей, в виде позиционного двоичного кода.

Сложность реализации вероятностного вычитателя в сравнении с вероятностным сумматором состоит в необходимости использования реверсивного счетчика. А при проектировании вероятностных вычислительных устройств потребуются введение дополнительного узла по сравнению с цифровыми устройствами, где операции вычитания и сложения выполняются на одном устройстве.

Усовершенствованный метод выполнения операции вероятностного вычитания

Как и в случае цифровой двоичной формы представления данных, при вероятностном представлении операция вычитания может быть реализована на основе сложения. В цифровой двоичной системе счисления для выполнения вычитания используется дополнительный и обратный код. В случае вероятностной формы представления данных можно использовать инверсию вероятностного отображения.

При инвертировании всех разрядов вероятностной последовательности получим

$$\bar{Y} = \{\bar{y}_1; \bar{y}_2; \dots; \bar{y}_j; \dots; \bar{y}_K\} = 1 - Y. \quad (11)$$

Применив это свойство к первому операнду при сложении двух чисел, получим

$$\bar{Y}_1 + Y_2 = (1 - Y_1) + Y_2 = 1 - (Y_1 - Y_2). \quad (12)$$

Проинвертируем выражение (12):

$$\overline{\bar{Y}_1 + Y_2} = 1 - (\bar{Y}_1 + Y_2) = 1 - ((1 - Y_1) + Y_2) = 1 - 1 + Y_1 - Y_2 = Y_1 - Y_2. \quad (13)$$

Из выражения (13) видно, что разницу двух вероятностно представленных чисел можно найти через сумму, проинвертировав первый операнд и результат операции.

При этом необходимо применять нормирование:

$$(x_1 - x_2)^* = X_{\max} \cdot \left(1 - \frac{\sum_{j=1}^K \bar{y}_{1j} + \sum_{j=1}^K y_{2j}}{K} \right) = \frac{X_{\max}}{K} \cdot \left(K - \left(\sum_{j=1}^K \bar{y}_{1j} + \sum_{j=1}^K y_{2j} \right) \right). \quad (14)$$

В соответствии с выражением (14) вероятностный вычитатель может быть реализован на двоичном вычитающем счетчике, в котором предварительно устанавливается значение K . При этом необходимо, чтобы значения вероятностного отображения первого операнда поступали через инвертор, а второго операнда - через одноканальный D-триггер, осуществляющий задержку на половину периода тактовой частоты устройства.

Преимущество усовершенствованного вероятностного вычитателя состоит в том, что реверсивный счетчик заменен вычитающим, аппаратная реализация которого значительно проще.

Математическая модель вероятностного сумматора и вычитателя

На рис. 3 представлена математическая модель вероятностного сумматора и усовершенствованного вычитателя, выполненная в среде Mathcad.

Представленная модель соответствует изложенным аналитическим расчетам и подтверждает их.

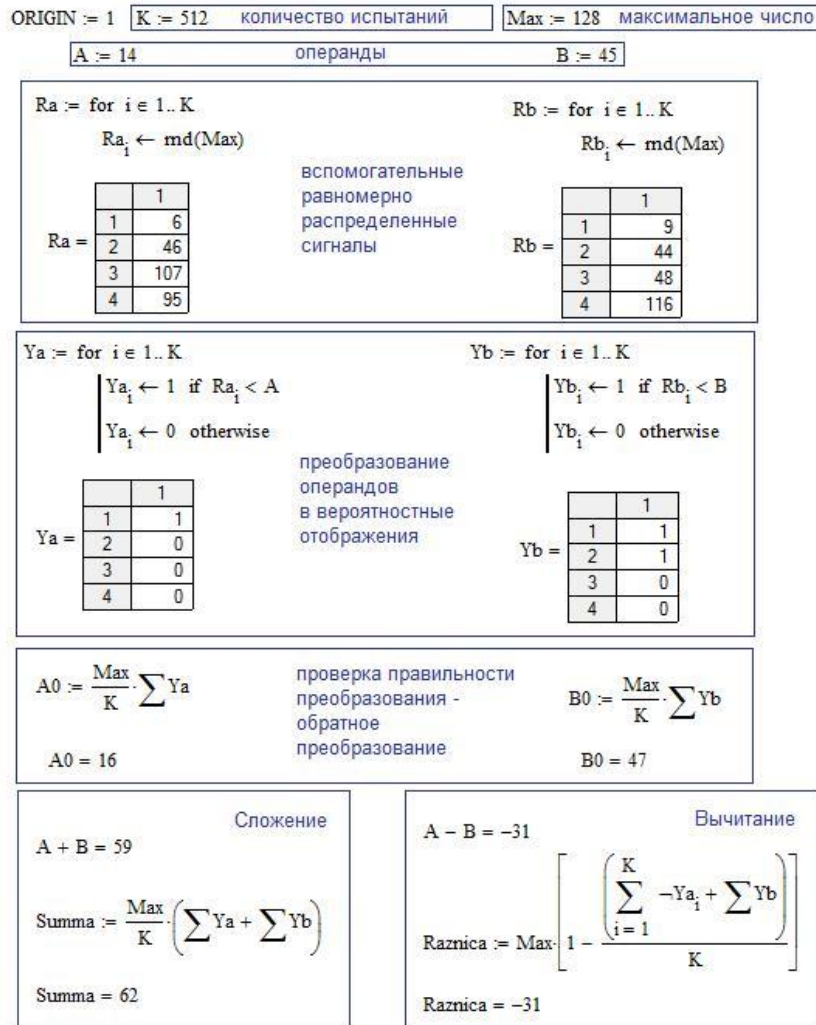


Рис. 3. Модель вероятностного сумматора и вычитателя

Выводы

В результате данной работы показана возможность реализации вероятностного вычитания через вероятностное сложение на основе инверсии вероятностного отображения. Это позволяет применять при проектировании измерительных систем устройства, содержащие вероятностный вычитатель, и использовать в нем вместо реверсивного счетчика – вычитающий, аппаратная реализация которого значительно проще.

Для проверки теоретических расчетов выполнено моделирование вероятностного сумматора и вычитателя в среде Mathcad. Теоретические расчеты подтверждены результатами моделирования.

РЕАЛІЗАЦІЯ ЙМОВІРНІСНОГО ВІДНІМАННЯ НА ОСНОВІ ЙМОВІРНІСНОГО ДОДАВАННЯ

М.Є. Сапожніков, О.Д. Чужикова-Проскурніна, Д.В. Моїсєєв

Розглянуто виконання операцій додавання і віднімання при ймовірнісному наданні даних. Запропоновано метод реалізації ймовірнісного віднімання через ймовірнісне додавання. Проведено моделювання, що підтверджує теоретичні виклади.

PROBABILISTIC SUBTRACTION REALIZATION on PROBABILISTIC ADDITION BASIS

N. Sapozhnikov, O. Chuzhikova-Proskurnina, D. Moiseev

Implementation of addition and subtraction operations at the probabilistic information presentation was considered. The probabilistic subtraction realization method by means of probabilistic addition was suggested. The modelling confirmed the theoretical statements was carried out.

Список использованных источников

1. *Гладкий В.С.* Вероятностные вычислительные модели / В.С. Гладкий. – М.: Наука, 1973. – 300 с.
2. *Сапожников Н.Е.* О вероятностном преобразовании информации / Н.Е. Сапожников // Приборостроение. – 1983. – Вып. 34. – С. 31 - 38.
3. *Сапожников Н.Е.* Сравнительная оценка методов суммирования вероятностно преобразованных сигналов / Н.Е. Сапожников // Вестник СевГТУ, Механика, энергетика, экология. – 1997. – № 6. – С. 89 - 95.

Надійшла до редакції 06.09.2013 р.

УДК 681.717:621.88

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ МНОГОШАГОВОЙ УПРАВЛЯЕМОЙ СЕЛЕКТИВНОЙ СБОРКИ (С ОГРАНИЧЕННЫМ ОБЪЕМОМ) ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Н.В. Серова-Нашева¹, к.т.н., В.Я. Копп², д.т.н., проф., Н.И. Кузнецова¹, доц. каф.

¹*Севастопольский университет ядерной энергии и промышленности*

²*Севастопольский национальный технический университет*

Разработана имитационная модель исследования многошаговой управляемой селективной сборки (МУСС с ограниченным объемом) энергетического оборудования. Осуществлена проверка правильности построенной аналитической модели по результатам машинного эксперимента.

Введение

Данная статья является продолжением ряда работ [2 - 5], посвященных управлению параметрами селективной сборки прецизионных изделий. Предложены модели для определения количества незавершенного производства при многошаговой управляемой селективной сборке с ограниченным объемом. Приведены результаты моделирования. По результатам машинного эксперимента подтверждена правильность разработанной аналитической модели процесса.