

МНОГОПРОЦЕССОРНАЯ ПАРАЛЛЕЛЬНО-КОНВЕЙЕРНАЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ СТРУКТУРА НА ОСНОВЕ БИКУБИЧЕСКИХ СПЛАЙНОВ

А.Э.Мирзаев

Узбекистан, Ташкент

Современный этап развития структур и алгоритмов функционирования вычислительных машин, комплексов и систем, входящих в состав оборудования испытательных стендов или расположенных на подвижных объектах характеризуется дальнейшим возрастанием требований к скорости обработки сигналов больших объемов в реальном времени, быстрого анализа сложных процессов и полей.

Применение бикубических сплайнов для вычисления функций двух переменных потребует 32-х цифровых умножителей и параллельного сумматора на 16 чисел. Для того, чтобы уменьшить количество арифметических блоков при незначительном снижении быстродействия, используем известное разложение сплайна $S_{3,3}(x,y)$ по системе бикубических В-сплайнов]:

$$\begin{aligned}
 f(x, y) \cong S_{3,3}(x, y) = & b_{11}B_{1x}B_{1y} + b_{12}B_{1x}B_{2y} + \\
 & + b_{13}B_{1x}B_{3y} + b_{14}B_{1x}B_{4y} + b_{21}B_{2x}B_{1y} + b_{22}B_{2x}B_{2y} + \\
 & + b_{23}B_{2x}B_{3y} + b_{24}B_{2x}B_{4y} + b_{31}B_{3x}B_{1y} + b_{32}B_{3x}B_{2y} + \\
 & + b_{33}B_{3x}B_{3y} + b_{34}B_{3x}B_{4y} + b_{41}B_{4x}B_{1y} + b_{42}B_{4x}B_{2y} + \\
 & + b_{43}B_{4x}B_{3y} + b_{44}B_{4x}B_{4y},
 \end{aligned} \tag{1}$$

Запишем выражение (1) в виде:

$$\begin{aligned}
 f(x, y) \cong & (b_{11}B_{1x} + b_{21}B_{2x})B_{1y} + (b_{12}B_{1x} + b_{22}B_{2x})B_{2y} + \\
 & + (b_{31}B_{3x} + b_{41}B_{4x})B_{1y} + (b_{32}B_{3x} + b_{42}B_{4x})B_{2y} + \\
 & + (b_{13}B_{1x} + b_{23}B_{2x})B_{3y} + (b_{14}B_{1x} + b_{24}B_{2x})B_{4y} + \\
 & + (b_{33}B_{3x} + b_{43}B_{4x})B_{3y} + (b_{34}B_{3x} + b_{44}B_{4x})B_{4y}
 \end{aligned} \tag{2}$$

и обозначим:

$$C_1 = b_{11}B_{1x} + b_{21}B_{2x}$$

$$C_2 = b_{12}B_{1x} + b_{22}B_{2x}$$

$$C_3 = b_{31}B_{3x} + b_{41}B_{4x}$$

$$C_4 = b_{32}B_{3x} + b_{42}B_{4x},$$

Тогда выражение (2) запишется в виде:

$$\begin{aligned}
 f(x, y) = & C_1B_{1y} + C_2B_{2y} + C_3B_{1y} + C_4B_{2y} + \\
 & + C_5B_{3y} + C_6B_{4y} + C_7B_{3y} + C_8B_{4y}
 \end{aligned} \tag{3}$$

В соответствии с ним можно построить структурную схему (рис.1.), содержащую два регистра аргументов (РгХ и РгУ), 3У сплайн-коэффициентов (ЗУК), два ЗУ значений

базисных сплайнов (ЗУ БС1 и ЗУ БС2), два сумматора ($\sum 1$ и $\sum 2$) и три умножителя (Умн1, Умн2 и Умн3).

Функционирование схемы поясняется временной диаграммой, приведенной на таблице 1. Полный цикл вычислений в соответствии с формулами (1) и (2) состоит из 12 тактов. В 1-м такте сомножители b_{11}, B_{1x}, b_{21} и B_{2x} поступают в параллельной форме из соответствующих блоков памяти на входы умножителей Умн1 и Умн2. Во втором такте образуются два произведения: b_{11}, B_{1x} и b_{21}, B_{2x} . В 3-м такте по операндам b_{31} и B_{3x} , b_{41} и B_{4x} формируются произведения b_{31}, B_{3x} и b_{41}, B_{4x} и т.д. В этом же такте на выходе $\sum 1$ (т.е. на входе Умн3) появляется C_1 , а на второй вход Умн3 поступает значение В-сплайна B_{1y} . В 4-м такте получается результат C_1, B_{1y} (1-е слагаемое выражения (3)), который в 5-м такте заносится в накапливающий сумматор $\sum 3$. Параллельно описанному процессу идет вычисление произведения C_1, B_{1y} , которое добавляется в сумматор на 6-м такте и т.д. Полный цикл вычислений по формуле (3) совершается за 12 тактов.

Таблица 1. Временная диаграмма функционирования вычислительной структуры для аппроксимации функции двух переменных с сокращенным числом умножителей и сумматоров

Такт	1	2	3	4	5	6
УМН 1	$b_{11}B_{1x}$	$b_{31}B_{3x}$	$b_{12}B_{2x}$	$b_{32}B_{3x}$	$b_{13}B_{1x}$	$b_{33}B_{3x}$
УМН2	$b_{21}B_{2x}$	$b_{41}B_{4x}$	$b_{22}B_{2x}$	$b_{42}B_{4x}$	$b_{23}B_{2x}$	$b_{43}B_{4x}$
УМН3			C_1B_{1y}	C_3B_{1y}	C_2B_{2y}	C_4B_{2y}

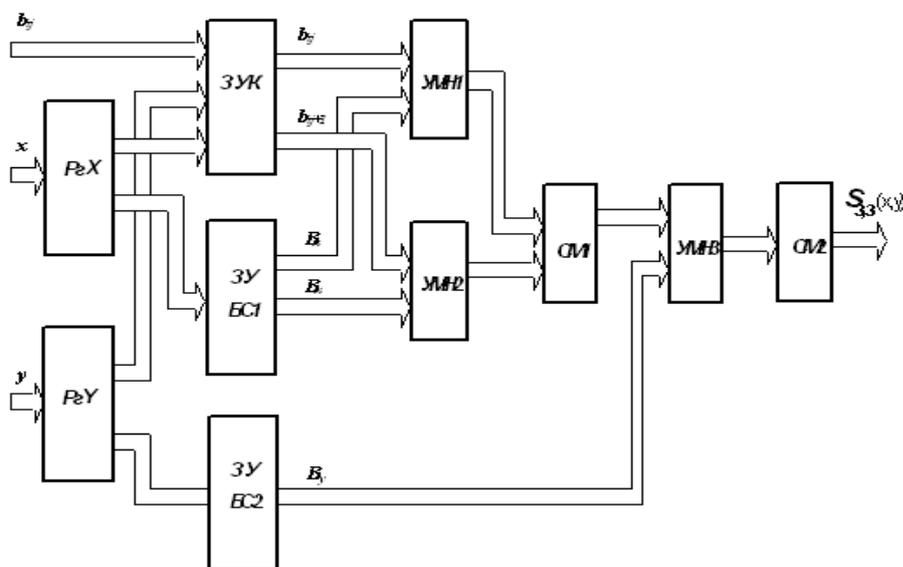


Рис 1. Вычислительная структура для вычисления функций двух переменных на основе бикубических сплайнов