

**ТЕОРИЯ ИЗБЫТОЧНЫХ И СВЕРХИЗБЫТОЧНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ:
 ФОРМАЛИЗОВАННОЕ ОПИСАНИЕ ТРЕТЬЕЙ ПОДГРУППЫ ТРЕТЬЕЙ
 ГРУППЫ ПРАВИЛ ВЫВОДА УРАВНЕНИЙ ИЗБЫТОЧНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ
 КРУТИЗНЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ
 СООБЩЕНИЕ 7.4.2**

В настоящем сообщении дальнейшее развитие получила теория избыточных и сверхизбыточных измерений в части разработки третьей подгруппы третьей группы правил вывода уравнений избыточных измерений крутизны преобразования. Продолжено рассмотрение правил вывода, в основу которых положены третья группа комбинаторных способов пространственно-временного усреднения результатов многократных измерительных преобразований m входных физических величин. Показано существование 729 комбинаторных способов усреднения выходных величин, входящих в состав базового комбинаторного уравнения величин. Эти способы обеспечивают получение сто шестидесяти шести тысяч четыреста сорока уравнений избыточных измерений крутизны преобразования.

Работа представляет интерес для ученых-метрологов, специалистов, магистров и аспирантов, изучающих избыточные и сверхизбыточные измерения.

Ключевые слова: правила вывода, уравнения избыточных измерений, формализованные описания, комбинаторные уравнения величин, комбинаторные способы усреднения.

V.T.KONDRATOV

V.M.Glushkov Institute of cybernetics of National academy of Science of Ukraine

**THE THEORY OF REDUNDANT AND SUPER-REDUNDANT MEASUREMENTS: THE FORMALIZED
 DESCRIPTION OF THE THIRD SUBGROUP OF THE THIRD GROUP OF DERIVATION RULES OF THE
 REDUNDANT MEASUREMENTS EQUATIONS OF THE STEEPNESS OF TRANSFORMATION
 THE MESSAGE 7.4.2**

Abstract — In the message the eight versions of the third group of combinatory ways of spatio-temporal averaging of output quantities, each of which consists of four groups of combinatory ways are described.

It is established, that the first version of the third group provides reception of 28500 formalized equations of redundant measurements of a steepness of transformation with averaging; the second — 22800, the third — 22800; the fourth — 18240; the fifth — 14592; the sixth — 18240; the seventh — 22800, and the eighth — 18468. Only 166440 not repeating formalized equations of redundant measurements of a steepness of transformation with averaging. Theoretically it gives the chance to receive result of redundant measurements with the random error reduced in 397,8 times.

The research problem of statistical properties of ensembles of the equations of redundant measurements of a steepness of the transformation is actual.

Введение

Метрологическая комбинаторика или комбинаторика уравнений величин стала составной частью теории сверхизбыточных измерений и направлена на получение и исследование свойств конечного множества ансамблей уравнений избыточных измерений.

В настоящей и ранее опубликованных статьях [1-6] изучается и доказывается возможность получения максимального числа уравнений избыточных измерений путем использования комбинаторных уравнений избыточных измерений и методов комбинаторного усреднения конечного числа выходных величин. Данные подходы описываются впервые. Приведение большого количества таблиц обусловлено тем, что большинство метрологов очень редко сталкиваются с комбинаторикой, а тем более с комбинаторикой уравнений величин, и не владеют соответствующими знаниями. Приводимые таблицы помогут быстрее ознакомиться с всевозможными путями получения ансамблей комбинаторных уравнений избыточных измерений.

Объект исследований — процессы вывода правил и уравнений избыточных измерений для решения метрологических задач с усреднением результатов многократных измерительных преобразований входных величин.

Предмет исследований — формализованное описание третьей группы комбинаторных способов пространственно-временного усреднения результатов многократных измерительных преобразований m входных физических величин, используемых в третьей подгруппе третьей группы правил вывода комбинаторных уравнений избыточных измерений крутизны преобразования при многократных измерительных преобразованиях m входных физических величинах и линейной функции преобразования измерительного канала.

Целью работы является ознакомление ученых и специалистов с третьей группой комбинаторных способов пространственно-временного усреднения выходных величин, входящих в базовое комбинаторное уравнение величин.

Конечной целью работы является получение максимально возможного количества распределенных в пространстве структур уравнений избыточных измерений крутизны преобразования при заданном числе входных величин $m = 6$ и общем числе измерительных преобразований каждой из них, не превышающем десяти.

Результаты исследований

Третья группа комбинаторных способов усреднения

Рассмотрим группу правил вывода уравнений избыточных измерений крутизны преобразования, основанных на усреднении только трех выходных величин, входящих в структуру базового комбинаторного уравнения величин, и состоящих из шестнадцати разновидностей. Они отличающихся между собой разными комбинаторными сочетаниями выходных величин. Для каждой подгруппы комбинаторных способов усреднения используются следующие восемь комбинаторных сочетаний выходных величин с четными и нечетными количествами усредняемых одноименных величин и их перестановками при количестве усредняемых одноименных величин равном 2 и 3: 1) 2, 2, 2; 2) 2, 2, 3; 3) 2, 3, 2; 4) 2, 3, 3; 5) 3, 3, 3; 6) 3, 3, 2; 7) 3, 2, 3; 8) 3, 2, 2. Они и составляют восемь разновидностей комбинаторных способов усреднения третьей группы. Все разновидности отличаются между собой только указанными совокупностями и последовательностями усредненных и неусредненных выходных величин.

В предыдущих работах установлено, что при измерениях шести входных физических величин возможно получение пятидесяти семи вариантов уравнений избыточных измерений крутизны преобразования (см. табл. 1), которые являются базовыми для дальнейшего формирования ансамблей уравнений избыточных измерений крутизны преобразования.

Таблица 1

Третья подгруппа формализованных уравнений избыточных измерений крутизны преобразования третьей группы правил вывода

Базовое комбинаторное уравнение величин $[(U'_{i1}+U'_{i2}+U'_{i3})-(k_3U'_{j1})]/x^*$ — третья подгруппа					
Группа закономерностей 1 (57 вариантов)					
1	$[(U'_1+U'_2+U'_3)-k_3U'_{i4}]/x^*$	20	$[(U'_1+U'_3+U'_6)-k_3U'_4]/x^*$	39	$[(U'_2+U'_3+U'_6)-k_3U'_5]/x^*$
2	$[(U'_1+U'_2+U'_3)-k_3U'_5]/x^*$	21	$[(U'_1+U'_3+U'_6)-k_3U'_5]/x^*$	40	$[(U'_2+U'_4+U'_5)-k_3U'_1]/x^*$
3	$[(U'_1+U'_2+U'_3)-k_3U'_6]/x^*$	22	$[(U'_1+U'_4+U'_5)-k_3U'_2]/x^*$	41	$[(U'_2+U'_4+U'_5)-k_3U'_3]/x^*$
4	$[(U'_1+U'_2+U'_{i4})-k_3U'_3]/x^*$	23	$[(U'_1+U'_4+U'_5)-k_3U'_3]/x^*$	42	$[(U'_2+U'_4+U'_5)-k_3U'_6]/x^*$
5	$[(U'_{i1}+U'_{i2}+U'_{i4})-k_3U'_5]/x^*$	24	$[(U'_1+U'_4+U'_5)-k_3U'_6]/x^*$	43	$[(U'_2+U'_4+U'_6)-k_3U'_1]/x^*$
6	$[(U'_1+U'_2+U'_4)-k_3U'_6]/x^*$	25	$[(U'_1+U'_4+U'_6)-k_3U'_2]/x^*$	44	$[(U'_2+U'_4+U'_6)-k_3U'_3]/x^*$
7	$[(U'_1+U'_2+U'_5)-k_3U'_3]/x^*$	26	$[(U'_1+U'_4+U'_6)-k_3U'_3]/x^*$	45	$[(U'_2+U'_4+U'_6)-k_3U'_5]/x^*$
8	$[(U'_1+U'_2+U'_5)-k_3U'_4]/x^*$	27	$[(U'_1+U'_4+U'_6)-k_3U'_5]/x^*$	46	$[(U'_2+U'_5+U'_6)-k_3U'_1]/x^*$
9	$[(U'_1+U'_2+U'_5)-k_3U'_6]/x^*$	28	$[(U'_1+U'_5+U'_6)-k_3U'_2]/x^*$	47	$[(U'_2+U'_5+U'_6)-k_3U'_3]/x^*$
10	$[(U'_1+U'_2+U'_6)-k_3U'_3]/x^*$	29	$[(U'_1+U'_5+U'_6)-k_3U'_3]/x^*$	48	$[(U'_2+U'_5+U'_6)-k_3U'_4]/x^*$
11	$[(U'_1+U'_2+U'_6)-k_3U'_4]/x^*$	30	$[(U'_1+U'_5+U'_6)-k_3U'_4]/x^*$	49	$[(U'_3+U'_4+U'_5)-k_3U'_1]/x^*$
12	$[(U'_1+U'_2+U'_6)-k_3U'_5]/x^*$	31	$[(U'_2+U'_3+U'_4)-k_3U'_1]/x^*$	50	$[(U'_3+U'_4+U'_5)-k_3U'_2]/x^*$
13	$[(U'_1+U'_3+U'_4)-k_3U'_{i2}]/x^*$	32	$[(U'_2+U'_3+U'_4)-k_3U'_5]/x^*$	51	$[(U'_3+U'_4+U'_5)-k_3U'_6]/x^*$
14	$[(U'_1+U'_3+U'_4)-k_3U'_5]/x^*$	33	$[(U'_2+U'_3+U'_4)-k_3U'_6]/x^*$	52	$[(U'_3+U'_5+U'_6)-k_3U'_1]/x^*$
15	$[(U'_1+U'_3+U'_4)-k_3U'_6]/x^*$	34	$[(U'_2+U'_3+U'_5)-k_3U'_1]/x^*$	53	$[(U'_3+U'_5+U'_6)-k_3U'_2]/x^*$
16	$[(U'_1+U'_3+U'_5)-k_3U'_2]/x^*$	35	$[(U'_2+U'_3+U'_5)-k_3U'_4]/x^*$	54	$[(U'_3+U'_5+U'_6)-k_3U'_4]/x^*$
17	$[(U'_1+U'_3+U'_5)-k_3U'_4]/x^*$	36	$[(U'_2+U'_3+U'_5)-k_3U'_6]/x^*$	55	$[(U'_4+U'_5+U'_6)-k_3U'_1]/x^*$
18	$[(U'_1+U'_3+U'_5)-k_3U'_6]/x^*$	37	$[(U'_2+U'_3+U'_6)-k_3U'_1]/x^*$	56	$[(U'_4+U'_5+U'_6)-k_3U'_2]/x^*$
19	$[(U'_1+U'_3+U'_6)-k_3U'_2]/x^*$	38	$[(U'_2+U'_3+U'_6)-k_3U'_4]/x^*$	57	$[(U'_4+U'_5+U'_6)-k_3U'_3]/x^*$

Первая разновидность третьей группы комбинаторных способов усреднения

Сущность первой разновидности третьей группы комбинаторных способов усреднения состоит в использовании всех комбинаторных вариантов перестановок трех четных выходных величин, входящие в структуру базового комбинаторного уравнения величин. Общее число одноименных величин ограничено десятью.

Формализовано сущность первой разновидности третьей группы комбинаторных способов усреднения поясняется с помощью табл. 2, согласно которой поочередное усреднение одноименных величин состоит из тринадцати этапов и осуществляется для каждой из четырех подгрупп комбинаторных способов пространственно-временного усреднения. При этом указанными способами усредняются все 57 формализованных комбинаторных уравнений величин, приведенных в табл. 1.

Каждый из приведенных комбинаторных способов обеспечивает получение 7125 вариантов ($57 \times 125 = 7125$) формализованных уравнений избыточных измерений крутизны преобразования. Здесь 57 — число

формализованных уравнений избыточных измерений крутизны преобразования (см. табл. 2), а 125 — количество всевозможных вариантов пространственно-временного усреднения выходных величин. Четыре способа первой разновидности третьей группы комбинаторных способов усреднения позволяют получить 28500 (7125 варианта × 4 способа = 28500) формализованных уравнений избыточных измерений.

Таблица 2

Формализованное представление первой разновидности третьей группы комбинаторных способов усреднения

Усредняемые последовательности выходных величин по третьей группе комбинаторных способов для $\left[(U'_{i1} + U'_{i2} + U'_{i3}) - (k_3 U'_{j1}) \right] / x^*$ при $m_2 = 1$									
Способ 1.1	Способ 1.2	Способ 1.3	Способ 1.4						
$U'_{i1}, \overline{U'_{i2}}, \overline{U'_{i3}}, \overline{U'_{j1}}$	$\overline{U'_{i1}}, U'_{i2}, \overline{U'_{i3}}, \overline{U'_{j1}}$	$\overline{U'_{i1}}, \overline{U'_{i2}}, U'_{i3}, \overline{U'_{j1}}$	$\overline{U'_{i1}}, \overline{U'_{i2}}, \overline{U'_{i3}}, U'_{j1}$						
Здесь t — четные количества одноименных величин									
<u>1-й этап</u>	<u>2-й этап</u>	<u>3-й этап</u>	<u>4-й этап</u>	<u>5-й этап</u>	<u>6-й этап</u>	<u>7-й этап</u>	<u>8-й этап</u>	<u>9-й этап</u>	<u>10-й этап</u>
1) 2, 2, 2;	1) 2, 6, 2;	1) 2, 10, 2;	1) 4, 4, 2;	1) 4, 8, 2;	1) 6, 2, 2;	1) 6, 6, 2;	1) 6, 10, 2;	1) 8, 4, 2;	1) 8, 8, 2;
2) 2, 2, 4;	2) 2, 6, 4;	2) 2, 10, 4;	2) 4, 4, 4;	2) 4, 8, 4;	2) 6, 2, 4;	2) 6, 6, 4;	2) 6, 10, 4;	2) 8, 4, 4;	2) 8, 8, 4;
3) 2, 2, 6;	3) 2, 6, 6;	3) 2, 10, 6;	3) 4, 4, 6;	3) 4, 8, 6;	3) 6, 2, 6;	3) 6, 6, 6;	3) 6, 10, 6;	3) 8, 4, 6;	3) 8, 8, 6;
4) 2, 2, 8;	4) 2, 6, 8;	4) 2, 10, 8;	4) 4, 4, 8;	4) 4, 8, 8;	4) 6, 2, 8;	4) 6, 6, 8;	4) 6, 10, 8;	4) 8, 4, 8;	4) 8, 8, 8;
5) 2, 2, 10;	5) 2, 6, 10;	5) 2, 10, 10;	5) 4, 10;	5) 4, 8, 10;	5) 6, 2, 10;	5) 6, 6, 10;	5) 6, 10, 10;	5) 8, 4, 10;	5) 8, 8, 10;
6) 2, 4, 2;	6) 2, 8, 2;	6) 4, 2, 2;	6) 4, 6, 2;	6) 4, 10, 2;	6) 6, 4, 2;	6) 6, 8, 2;	6) 8, 2, 2;	6) 8, 6, 2;	6) 8, 10, 2;
7) 2, 4, 4;	7) 2, 8, 4;	7) 4, 2, 4;	7) 4, 6, 4;	7) 4, 10, 4;	7) 6, 4, 4;	7) 6, 8, 4;	7) 8, 2, 4;	7) 8, 6, 4;	7) 8, 10, 4;
8) 2, 4, 6;	8) 2, 8, 6;	8) 4, 2, 6;	8) 4, 6, 6;	8) 4, 10, 6;	8) 6, 4, 6;	8) 6, 8, 6;	8) 8, 2, 6;	8) 8, 6, 6;	8) 8, 10, 6;
9) 2, 4, 8;	9) 2, 8, 8;	9) 4, 2, 8;	9) 4, 6, 8;	9) 4, 10, 8;	9) 6, 4, 8;	9) 6, 8, 8;	9) 8, 2, 8;	9) 8, 6, 8;	9) 8, 10, 8;
10) 2, 4, 10;	10) 2, 8, 10;	10) 4, 2, 10;	10) 4, 6, 10;	10) 4, 10, 10;	10) 6, 4, 10;	10) 6, 8, 10;	10) 8, 2, 10;	10) 8, 6, 10;	10) 8, 10, 10;
	<u>11-й этап</u>		<u>12-й этап</u>		<u>13-й этап</u>				
	1) 10, 2, 2;	6) 10, 4, 2;	1) 10, 6, 2;	6) 10, 8, 2;	1) 10, 10, 2;				
	2) 10, 2, 4;	7) 10, 4, 4;	2) 10, 6, 4;	7) 10, 8, 4;	2) 10, 10, 4;				
	3) 10, 2, 6;	8) 10, 4, 6;	3) 10, 6, 6;	8) 10, 8, 6;	3) 10, 10, 6;				
	4) 10, 2, 8;	9) 10, 4, 8;	4) 10, 6, 8;	9) 10, 8, 8;	4) 10, 10, 8;				
	5) 10, 2, 10;	10) 10, 4, 10;	5) 10, 6, 10;	10) 10, 8, 10;	5) 10, 10, 10;				

Формализовано первая разновидность третьей группы комбинаторных способов усреднения в общем виде описывается следующей системой комбинаторных уравнений величин:

$$\left. \begin{array}{l}
 \text{По первому способу — 7125 вариантов} \\
 \left[\left(U'_{i1} + \frac{1}{k_2} \sum_{t=1}^{t=2} U'_{i2} + \frac{1}{k_2} \sum_{t=1}^{t=2} U'_{i3} \right) - \frac{k_3}{k_2} \sum_{t=1}^{t=2} U'_{j1} \right] / x^*, \\
 \left[\left(U'_{i1} + \frac{1}{k_2} \sum_{t=1}^{t=2} U'_{i2} + \frac{1}{k_2} \sum_{t=1}^{t=2} U'_{i3} \right) - \frac{k_3}{k_4} \sum_{t=1}^{t=4} U'_{j1} \right] / x^*, \\
 \dots \\
 \left[\left(U'_{i1} + \frac{1}{k_{10}} \sum_{t=1}^{t=10} U'_{i2} + \frac{1}{k_{10}} \sum_{t=1}^{t=10} U'_{i3} \right) - \frac{k_3}{k_{10}} \sum_{t=1}^{t=10} U'_{j1} \right] / x^*.
 \end{array} \right\} \dots \left. \begin{array}{l}
 \text{По четвертому способу — 7125 вариантов} \\
 \left[\left(\frac{1}{k_2} \sum_{t=1}^{t=2} U'_{i1} + \frac{1}{k_2} \sum_{t=1}^{t=2} U'_{i2} + \frac{1}{k_2} \sum_{t=1}^{t=2} U'_{i3} \right) - k_3 U'_{j1} \right] / x^*, \\
 \left[\left(\frac{1}{k_2} \sum_{t=1}^{t=3} U'_{i1} + \frac{1}{k_2} \sum_{t=1}^{t=2} U'_{i2} + \frac{1}{k_4} \sum_{t=1}^{t=4} U'_{i3} \right) - k_3 U'_{j1} \right] / x^*, \\
 \dots \\
 \left[\left(\frac{1}{k_{10}} \sum_{t=1}^{t=10} U'_{i1} + \frac{1}{k_{10}} \sum_{t=1}^{t=10} U'_{i2} + \frac{1}{k_{10}} \sum_{t=1}^{t=10} U'_{i3} \right) - k_3 U'_{j1} \right] / x^*.
 \end{array} \right\} (1)$$

28500 формализованных уравнений избыточных измерений крутизны преобразования можно записать в виде 125 групп по 57 уравнений избыточных измерений в виде (57 × 125 = 7125):

$$\left. \begin{array}{l}
 \text{По первому способу — 7125 вариантов} \\
 1. [(U'_{11} + \overline{U'_{22}} + \overline{U'_{23}}) - k_3 \overline{U'_{24}}] / x^*, \\
 \dots \\
 57. [(U'_{14} + \overline{U'_{25}} + \overline{U'_{26}}) - k_3 \overline{U'_{23}}] / x^*, \\
 58. [(U'_{11} + \overline{U'_{22}} + \overline{U'_{23}}) - k_3 \overline{U'_{44}}] / x^*, \\
 \dots \\
 7125. [(U'_{14} + \overline{U'_{105}} + \overline{U'_{106}}) - k_3 \overline{U'_{103}}] / x^*
 \end{array} \right\} \dots \left. \begin{array}{l}
 \text{По четвертому способу — 7125 вариантов} \\
 1. [\overline{U'_{21}} + \overline{U'_{22}} + \overline{U'_{23}}) - k_3 U'_{14}] / x^*, \\
 \dots \\
 57. [\overline{U'_{24}} + \overline{U'_{25}} + \overline{U'_{26}}) - k_3 U'_{13}] / x^*, \\
 58. [\overline{U'_{21}} + \overline{U'_{22}} + \overline{U'_{43}}) - k_3 U'_{14}] / x^*, \\
 \dots \\
 7125. [\overline{U'_{104}} + \overline{U'_{105}} + \overline{U'_{106}}) - k_3 U'_{13}] / x^*
 \end{array} \right\} \quad (2)$$

В (2) первый горизонтальный ряд представляет формализованные уравнения избыточных измерений с усреднением одноименных выходных величин вида 2, 2, 2, второй — вида 2, 2, 4, а последний — вида 10, 10 и 10. Для первой разновидности третьей группы комбинаторных способов усреднения дадим обобщенное определение правил вывода уравнений избыточных измерений крутизны преобразования.

Определение

Вывод уравнений избыточных измерений крутизны преобразования осуществляется путем поочередного вычитания из суммы трех разноименных выходных величин, две из которых получены в результате усреднения четных количеств одноименных величин, утроенной (по значению) неповторяющейся и усредненной выходной величины, полученной только при четных количествах одноименных величин (неусредненной только в четвертом способе), с последующим делением полученной разности на измеряемые величины, — на одну или несколько, сочетанных определенным способом.

Вторая разновидность третьей группы комбинаторных способов усреднения

В структуре базового комбинаторного уравнения величин три выходных величины из четырех усредняются циклически в следующей априори установленной последовательности (закономерности): первая и третья усредняемые выходные величины содержат четное количество одноименных величин, а вторая — нечетное количество (см. табл. 2).

В пространственном представлении усреднение осуществляется, как и для предыдущих разновидностей третьей группы способов, слева направо по вертикали ансамбля комбинаторных уравнений величин, приведенных в табл. 1. Цикл усреднений каждой последовательности выходных величин, входящих в 57 комбинаторных уравнений величин, состоит из десяти этапов по десять вариантов усреднения в каждом. Всего 100 комбинаторных вариантов. Как видно из табл. 2, для каждого комбинаторного способа цикл усреднений по *t* одноименных выходных величин состоит из пятнадцати этапов.

Таблица 3

Формализованное представление второй разновидности третьей группы комбинаторных способов усреднения

Усредняемые последовательности выходных величин по третьей группе комбинаторных способов для $[(U'_{i1} + U'_{i2} + U'_{i3}) - (k_3 U'_{j1})] / x^*$ при $m_2 = 1$			
Способ 2.1	Способ 2.2	Способ 2.3	Способ 2.4
$U'_{i1}, \overline{U'_{i2}}, \overline{U'_{i3}}, \overline{U'_{j1}}$	$\overline{U'_{i1}}, U'_{i2}, \overline{U'_{i3}}, \overline{U'_{j1}}$	$\overline{U'_{i1}}, \overline{U'_{i2}}, U'_{i3}, \overline{U'_{j1}}$	$\overline{U'_{i1}}, \overline{U'_{i2}}, \overline{U'_{i3}}, U'_{j1}$
Здесь <i>t</i> — четные и нечетные количества одноименных величин			
<u>1-й этап</u>	<u>2-й этап</u>	<u>3-й этап</u>	<u>4-й этап</u>
1) 2,2,3;	1) 2,6,3;	1) 2,10,3;	1) 4,2,3;
2) 2,2,5;	2) 2,6,5;	2) 2,10,5;	2) 4,6,5;
3) 2,2,7;	3) 2,6,7;	3) 2,10,7;	3) 4,10,7;
4) 2,2,9;	4) 2,6,9;	4) 2,10,9;	4) 4,6,9;
5) 2,4,3;	5) 2,8,3;	5) 4,4,3;	5) 4,8,3;
6) 2,4,5;	6) 2,8,5;	6) 4,4,5;	6) 4,8,5;
7) 2,4,7;	7) 2,8,7;	7) 4,4,7;	7) 4,8,7;
8) 2,4,9;	8) 2,8,9;	8) 4,4,9;	8) 4,8,9;
<u>5-й этап</u>	<u>6-й этап</u>	<u>7-й этап</u>	<u>8-й этап</u>
1) 4,6,3;	1) 4,10,3;	1) 6,2,3;	1) 6,6,3;
2) 4,6,5;	2) 4,10,5;	2) 6,2,5;	2) 6,6,5;
3) 4,6,7;	3) 4,10,7;	3) 6,2,7;	3) 6,6,7;
4) 4,6,9;	4) 4,10,9;	4) 6,2,9;	4) 6,6,9;
5) 4,8,3;	5) 6,4,3;	5) 6,8,3;	5) 8,4,3;
6) 4,8,5;	6) 6,4,5;	6) 6,8,5;	6) 8,4,5;
7) 4,8,7;	7) 6,4,7;	7) 6,8,7;	7) 8,4,7;
8) 4,8,9;	8) 6,4,9;	8) 6,8,9;	8) 8,4,9;
<u>9-й этап</u>	<u>10-й этап</u>	<u>11-й этап</u>	
1) 6,10,3;	1) 8,2,3;	1) 8,6,3;	
2) 6,10,5;	2) 8,2,5;	2) 8,6,5;	
3) 6,10,7;	3) 8,2,7;	3) 8,6,7;	
4) 6,10,9;	4) 8,2,9;	4) 8,6,9;	
5) 6,8,3;	5) 8,8,3;	5) 8,8,3;	
6) 6,8,5;	6) 8,8,5;	6) 8,8,5;	
7) 6,8,7;	7) 8,8,7;	7) 8,8,7;	
8) 6,8,9;	8) 8,8,9;	8) 8,8,9;	
<u>12-й этап</u>	<u>13-й этап</u>	<u>14-й этап</u>	<u>15-й этап</u>
1) 8,10,3;	1) 10,2,3;	6) 10,4,3;	1) 10,6,3;
2) 8,10,5;	2) 10,2,5;	7) 10,4,5;	2) 10,6,5;
3) 8,10,7;	3) 10,2,7;	8) 10,4,7;	3) 10,6,7;
4) 8,10,9;	4) 10,2,9;	9) 10,4,9;	4) 10,6,9;
5) 10,8,3;	1) 10,10,3;		
6) 10,8,5;	2) 10,10,5;		
7) 10,8,7;	3) 10,10,7;		
8) 10,8,9;	4) 10,10,9;		

Сущность второй разновидности третьей группы комбинаторных способов усреднения формализо-

вано можно представить в виде таблицы с указанием базового комбинаторного уравнения величин, групп способов усреднения и соответствующих им последовательностей выходных величин, а также числа этапов комбинаторного усреднения и числа вариантов способов усреднения (см. табл. 3).

Четыре группы второй разновидности третьей группы комбинаторных способов усреднения обеспечивают получение 22800 неповторяющихся вариантов формализованные комбинаторных уравнений величин с усреднением (4 способа × 100 вариантов × 57 уравнений величин = 22800), а следовательно, и столько же уравнений избыточных измерений крутизны преобразования.

В качестве примера, формализовано запишем по восемь вариантов комбинаторных уравнений величин для способов 2.1 и способов 2.4. В первом случае используются десять вариантов усреднения по 1-му этапу, а во втором — восемь вариантов усреднения по 15-му этапу:

1-й этап для первой группы способов усреднения ... 15-й этап для четвертой группы способов усреднения

$$\left. \begin{array}{l} 1. \left[\left(U'_{i1} + \frac{1}{k_2} \sum_{t=1}^{t=2} U'_{ii2} + \frac{1}{k_2} \sum_{t=1}^{t=2} U'_{ii3} \right) - \sum_{t=1}^{t=3} U'_{ij1} \right] / x^*, \\ 2. \left[\left(U'_{i1} + \frac{1}{k_2} \sum_{t=1}^{t=2} U'_{ii2} + \frac{1}{k_2} \sum_{t=1}^{t=2} U'_{ii3} \right) - \frac{k_3}{k_5} \sum_{t=1}^{t=5} U'_{ij1} \right] / x^*, \\ \dots \\ 8. \left[\left(U'_{i1} + \frac{1}{k_2} \sum_{t=1}^{t=2} U'_{ii2} + \frac{1}{k_4} \sum_{t=1}^{t=4} U'_{ii3} \right) - \frac{1}{k_3} \sum_{t=1}^{t=9} U'_{ij1} \right] / x^* \end{array} \right\} \dots \left. \begin{array}{l} 1. \left[\left(\frac{1}{k_{10}} \sum_{t=1}^{t=10} U'_{ii1} + \frac{1}{k_{10}} \sum_{t=1}^{t=10} U'_{ii2} + \frac{1}{k_3} \sum_{t=1}^{t=3} U'_{ii3} \right) - k_3 U'_{ij1} \right] / x^*, \\ 2. \left[\left(\frac{1}{k_{10}} \sum_{t=1}^{t=10} U'_{ii1} + \frac{1}{k_{10}} \sum_{t=1}^{t=10} U'_{ii2} + \frac{1}{k_5} \sum_{t=1}^{t=5} U'_{ii3} \right) - k_3 U'_{ij1} \right] / x^*, \\ \dots \\ 4. \left[\left(\frac{1}{k_{10}} \sum_{t=1}^{t=10} U'_{ii1} + \frac{1}{k_{10}} \sum_{t=1}^{t=10} U'_{ii2} + \frac{1}{k_9} \sum_{t=1}^{t=9} U'_{ii3} \right) - k_3 U'_{ij1} \right] / x^*. \end{array} \right\} (3)$$

Уравнения величин в системе (3) наглядно представляют собой структуру математических операций для каждого комбинаторного уравнения величин. Это способствует сокращению времени на обработку ансамбля данных.

Для третьей разновидности комбинаторных способов усреднения формализовано может быть записан ансамбль комбинаторных уравнений величин, например для способа 2.1, 1-й этап, 1-й вариант (см. табл. 4).

Таблица 4

Формализованные уравнения избыточных измерений крутизны преобразования с усреднением разного количества одноименных выходных величин

Базовое комбинаторное уравнение величин с усреднением — $\left[(U'_{i1} + \overline{U'_{ii2}} + \overline{U'_{ii3}}) - (k_3 \overline{U'_{ij1}}) \right] / x^*$ для первого варианта первого этапа первой подгруппы комбинаторных способов 2.1 ($t = 2, 3, 2$)					
Группа закономерностей 2 (57 вариантов)					
1	$\left[(U'_{i1} + \overline{U'_{ii2}} + \overline{U'_{ii3}}) - k_3 \overline{U'_{ij1}} \right] / x^*$	20	$\left[(U'_{i1} + \overline{U'_{ii2}} + \overline{U'_{ii3}}) - k_3 \overline{U'_{ij1}} \right] / x^*$	39	$\left[(U'_{i2} + \overline{U'_{ii2}} + \overline{U'_{ii3}}) - k_3 \overline{U'_{ij1}} \right] / x^*$
2	$\left[(U'_{i1} + \overline{U'_{ii2}} + \overline{U'_{ii3}}) - k_3 \overline{U'_{ij1}} \right] / x^*$	21	$\left[(U'_{i1} + \overline{U'_{ii2}} + \overline{U'_{ii3}}) - k_3 \overline{U'_{ij1}} \right] / x^*$	40	$\left[(U'_{i2} + \overline{U'_{ii2}} + \overline{U'_{ii3}}) - k_3 \overline{U'_{ij1}} \right] / x^*$
...
19	$\left[(U'_{i1} + \overline{U'_{ii2}} + \overline{U'_{ii3}}) - k_3 \overline{U'_{ij1}} \right] / x^*$	38	$\left[(U'_{i2} + \overline{U'_{ii2}} + \overline{U'_{ii3}}) - k_3 \overline{U'_{ij1}} \right] / x^*$	57	$\left[(U'_{i3} + \overline{U'_{ii2}} + \overline{U'_{ii3}}) - k_3 \overline{U'_{ij1}} \right] / x^*$

Приведем обобщенное определение правил вывода уравнений избыточных измерений крутизны преобразования для второй разновидности третьей группы комбинаторных способов усреднения.

Определение

Вывод уравнений избыточных измерений крутизны преобразования осуществляется путем поочередного вычитания из суммы трех разноименных выходных величин, две из которых получены в результате усреднения четных количеств одноименных величин, утроенной (по значению) неповторяющейся выходной величины, полученной путем усреднения только нечетных количеств одноименных величин (неусредненной только в четвертом способе), с последующим делением полученной разности на измеряемые величины, — на одну или несколько, сочетанных определенным способом.

Третья разновидность третьей группы комбинаторных способов усреднения

В структуре базового комбинаторного уравнения величин три выходных величины из четырех усредняются циклически в следующей априори установленной последовательности (закономерности): первая и третья усредняемые выходные величины содержат четное количество одноименных величин, а вторая — нечетное количество (см. табл. 5).

Образно усреднение осуществляется, как и для предыдущих разновидностей третьей группы способов, слева направо по вертикали ансамбля комбинаторных уравнений величин, приведенных в табл. 1. Цикл усреднений каждой последовательности выходных величин, входящих в 57 комбинаторных уравнений вели-

чин, состоит из десяти этапов по десять вариантов усреднения в каждом (см. табл. 5).

Сущность третьей разновидности третьей группы комбинаторных способов усреднения формализовано можно представить в виде таблицы с указанием базового комбинаторного уравнения величин, групп способов усреднения и соответствующих им последовательностей выходных величин, а также числа этапов комбинаторного усреднения и числа вариантов способов усреднения (см. табл. 5).

Как видно из табл. 5, для каждого комбинаторного способа цикл усреднений по t одноименных выходных величин состоит из десяти этапов по десять вариантов способов усреднения на каждом этапе (всего 100 вариантов).

Таблица 5

Формализованное представление второй разновидности третьей группы комбинаторных способов усреднения

Усредняемые последовательности выходных величин по третьей группе комбинаторных способов для $\left[(U'_{i1} + U'_{i2} + U'_{i3}) - (k_3 U'_{j1}) \right] / x^*$ при $m_2 = 1$									
Способ 3.1	Способ 3.2	Способ 3.3	Способ 3.4						
$U'_{i1}, \overline{U'_{i2}}, \overline{U'_{i3}}, \overline{U'_{j1}}$	$\overline{U'_{i1}}, U'_{i2}, \overline{U'_{i3}}, \overline{U'_{j1}}$	$\overline{U'_{i1}}, \overline{U'_{i2}}, U'_{i3}, \overline{U'_{j1}}$	$\overline{U'_{i1}}, U'_{i2}, \overline{U'_{i3}}, U'_{j1}$						
Здесь t — четные, нечетные и четные количества одноименных величин соответственно									
<u>1-й этап</u>	<u>2-й этап</u>	<u>3-й этап</u>	<u>4-й этап</u>	<u>5-й этап</u>	<u>6-й этап</u>	<u>7-й этап</u>	<u>8-й этап</u>	<u>9-й этап</u>	<u>10-й этап</u>
1) 2, 3, 2;	1) 2, 7, 2;	1) 4, 3, 2;	1) 4, 7, 2;	1) 6, 3, 2;	1) 6, 7, 2;	1) 8, 3, 2;	1) 8, 7, 2;	1) 10, 3, 2;	1) 10, 7, 2;
2) 2, 3, 4;	2) 2, 7, 4;	2) 4, 3, 4;	2) 4, 7, 4;	2) 6, 3, 4;	2) 6, 7, 4;	2) 8, 3, 4;	2) 8, 7, 4;	2) 10, 3, 4;	2) 10, 7, 4;
3) 2, 3, 6;	3) 2, 7, 6;	3) 4, 3, 6;	3) 4, 7, 6;	3) 6, 3, 6;	3) 6, 7, 6;	3) 8, 3, 6;	3) 8, 7, 6;	3) 10, 3, 6;	3) 10, 7, 6;
4) 2, 3, 8;	4) 2, 7, 8;	4) 4, 3, 8;	4) 4, 7, 8;	4) 6, 3, 8;	4) 6, 7, 8;	4) 8, 3, 8;	4) 8, 7, 8;	4) 10, 3, 8;	4) 10, 7, 8;
5) 2, 3, 10;	5) 2, 7, 10;	5) 4, 3, 10;	5) 4, 7, 10;	5) 6, 3, 10;	5) 6, 7, 10;	5) 8, 3, 10;	5) 8, 7, 10;	5) 10, 3, 10;	5) 10, 7, 10;
6) 2, 5, 2;	6) 2, 9, 2;	6) 4, 5, 2;	6) 4, 9, 2;	6) 6, 5, 2;	6) 6, 9, 2;	6) 8, 5, 2;	6) 8, 9, 2;	6) 10, 5, 2;	6) 10, 9, 2;
7) 2, 5, 4;	7) 2, 9, 4;	7) 4, 5, 4;	7) 4, 9, 4;	7) 6, 5, 4;	7) 6, 9, 4;	7) 8, 5, 4;	7) 8, 9, 4;	7) 10, 5, 4;	7) 10, 9, 4;
8) 2, 5, 6;	8) 2, 9, 6;	8) 4, 5, 6;	8) 4, 9, 6;	8) 6, 5, 6;	8) 6, 9, 6;	8) 8, 5, 6;	8) 8, 9, 6;	8) 10, 5, 6;	8) 10, 9, 6;
9) 2, 5, 8;	9) 2, 9, 8;	9) 4, 5, 8;	9) 4, 9, 8;	9) 6, 5, 8;	9) 6, 9, 8;	9) 8, 5, 8;	9) 8, 9, 8;	9) 10, 5, 8;	9) 10, 9, 8;
10) 2, 5, 10;	10) 2, 9, 10;	10) 4, 5, 10;	10) 4, 9, 10;	10) 6, 5, 10;	10) 6, 9, 10;	10) 8, 5, 10;	10) 8, 9, 10;	10) 10, 5, 10;	10) 10, 9, 10;

В качестве примера, формализовано запишем по десять вариантов комбинаторных уравнений величин для способов 3.1 и способов 3.4. В первом случае используются десять вариантов усреднения по 1-му этапу, а во втором — восемь вариантов усреднения по 10-му этапу:

1-й этап для первой группы способов усреднения ... 10-й этап для четвертой группы способов усреднения

$$\left. \begin{aligned}
 & 1. \left[\left(U'_{i1} + \frac{1}{k_2} \sum_{t=1}^{t=2} U'_{i2} + \frac{1}{k_3} \sum_{t=1}^{t=3} U'_{i3} \right) - \frac{k_3}{k_2} \sum_{t=1}^{t=2} U'_{j1} \right] / x^*, & 1. \left[\left(\frac{1}{k_{10}} \sum_{t=1}^{t=10} U'_{i1} + \frac{1}{k_7} \sum_{t=1}^{t=7} U'_{i2} + \frac{1}{k_2} \sum_{t=1}^{t=2} U'_{i3} \right) - k_3 U'_{j1} \right] / x^*, \\
 & 2. \left[\left(U'_{i1} + \frac{1}{k_2} \sum_{t=1}^{t=2} U'_{i2} + \frac{1}{k_3} \sum_{t=1}^{t=3} U'_{i3} \right) - \frac{k_3}{k_4} \sum_{t=1}^{t=4} U'_{j1} \right] / x^*, & 2. \left[\left(\frac{1}{k_{10}} \sum_{t=1}^{t=10} U'_{i1} + \frac{1}{k_7} \sum_{t=1}^{t=7} U'_{i2} + \frac{1}{k_4} \sum_{t=1}^{t=4} U'_{i3} \right) - k_3 U'_{j1} \right] / x^*, \\
 & \dots & \dots \\
 & 10. \left[\left(U'_{i1} + \frac{1}{k_2} \sum_{t=1}^{t=2} U'_{i2} + \frac{1}{k_5} \sum_{t=1}^{t=5} U'_{i3} \right) - \frac{k_3}{k_{10}} \sum_{t=1}^{t=10} U'_{j1} \right] / x^* & 10. \left[\left(\frac{1}{k_{10}} \sum_{t=1}^{t=10} U'_{i1} + \frac{1}{k_9} \sum_{t=1}^{t=9} U'_{i2} + \frac{1}{k_{10}} \sum_{t=1}^{t=10} U'_{i3} \right) - k_3 U'_{j1} \right] / x^*.
 \end{aligned} \right\} (4)$$

Четыре группы третьей разновидности третьей группы комбинаторных способов усреднения обеспечивают получение 22800 неповторяющихся вариантов формализованные комбинаторных уравнений величин с усреднением (4 способа \times 10 этапов \times 10 вариантов \times 57 уравнений величин = 22800), а следовательно, и столько же уравнений избыточных измерений крутизны преобразования.

Уравнения величин в системе (4) наглядно представляют собой структуру математических операций для каждого комбинаторного уравнения величин, что способствует сокращению времени на обработку ансамбля данных.

Для первого варианта первого этапа третьей разновидности комбинаторного способа 3.1 усреднения, формализовано запишем ансамбль комбинаторных уравнений величин (см. табл. 6). В результате получают 57 комбинаторных уравнений величин.

Приведем обобщенное определение правил вывода уравнений избыточных измерений крутизны преобразования для третьей разновидности третьей группы комбинаторных способов усреднения.

Формализованные уравнения избыточных измерений крутизны преобразования с усреднением разного количества одноименных выходных величин

Базовое комбинаторное уравнение величин с усреднением — $[(U'_{i1} + \overline{U'_{i2}} + \overline{U'_{i3}}) - (k_3 U'_{ij1})] / x^*$ для первого варианта первого этапа первой подгруппы комбинаторных способов 3.1 ($t = 2, 3, 2$)					
Группа закономерностей 3 (57 вариантов)					
1	$[(U'_{11} + \overline{U'_{22}} + \overline{U'_{33}}) - k_3 \overline{U'_{24}}] / x^*$	20	$[(U'_{11} + \overline{U'_{23}} + \overline{U'_{36}}) - k_3 \overline{U'_{24}}] / x^*$	39	$[(U'_{12} + \overline{U'_{23}} + \overline{U'_{36}}) - k_3 \overline{U'_{25}}] / x^*$
2	$[(U'_{11} + \overline{U'_{22}} + \overline{U'_{33}}) - k_3 \overline{U'_{25}}] / x^*$	21	$[(U'_{11} + \overline{U'_{23}} + \overline{U'_{36}}) - k_3 \overline{U'_{25}}] / x^*$	40	$[(U'_{12} + \overline{U'_{24}} + \overline{U'_{35}}) - k_3 \overline{U'_{21}}] / x^*$
...
19	$[(U'_{11} + \overline{U'_{23}} + \overline{U'_{36}}) - k_3 \overline{U'_{22}}] / x^*$	38	$[(U'_{12} + \overline{U'_{23}} + \overline{U'_{36}}) - k_3 \overline{U'_{24}}] / x^*$	57	$[(U'_{13} + \overline{U'_{25}} + \overline{U'_{36}}) - k_3 \overline{U'_{23}}] / x^*$

Определение

Вывод уравнений избыточных измерений крутизны преобразования осуществляется путем поочередного вычитания из суммы трех разноименных выходных величин, две из которых получены в результате усреднения четных и нечетных количеств одноименных величин, утроенной (по значению) неповторяющейся выходной величины, полученной путем усреднения только четных количеств одноименных величин (неусредненной только в четвертом способе), с последующим делением полученной разности на измеряемые величины, — на одну или несколько, сочетанных определенным способом.

Четвертая разновидность третьей группы комбинаторных способов усреднения

Сущность четвертой разновидности третьей группы комбинаторных способов усреднения состоит в том, что для каждого из четырех комбинаторных групп способов усреднения в структуре базового комбинаторного уравнения величин из четырех только три выходных величины усредняются циклически в априори установленной последовательности (закономерности), причем первая усредняемая выходная величина содержат четное количество одноименных величин, а вторая и третья — нечетное количество (см. табл. 7).

Формализовано сущность данной разновидности третьей группы комбинаторных способов усреднения можно представить в виде таблицы с указанием базового комбинаторного уравнения величин, четырех способов усреднения и соответствующих им последовательностей выходных величин, а также 9-и этапов комбинаторного усреднения по 8 вариантов способов усреднения (см. табл. 7).

Для наглядности, в качестве примера, формализовано запишем по восемь вариантов комбинаторных уравнений величин для способов 4.1 и способов 4.4. Причем, в первом случае используем восемь вариантов усреднения по 1-му этапу, а во втором — восемь вариантов усреднения по 10-му этапу:

$$\left. \begin{array}{l}
 \text{1-й этап для первой группы способов усреднения} \quad \dots \quad \text{10-й этап для четвертой группы способов усреднения} \\
 1. \left[\left(U'_{11} + \frac{1}{k_2} \sum_{t=1}^{t=2} U'_{i12} + \frac{1}{k_3} \sum_{t=1}^{t=3} U'_{i13} \right) - \sum_{t=1}^{t=3} U'_{ij1} \right] / x^*, \\
 2. \left[\left(U'_{11} + \frac{1}{k_2} \sum_{t=1}^{t=2} U'_{i12} + \frac{1}{k_3} \sum_{t=1}^{t=3} U'_{i13} \right) - \frac{k_3}{k_5} \sum_{t=1}^{t=5} U'_{ij1} \right] / x^*, \\
 \dots \\
 8. \left[\left(U'_{11} + \frac{1}{k_2} \sum_{t=1}^{t=2} U'_{i12} + \frac{1}{k_5} \sum_{t=1}^{t=5} U'_{i13} \right) - \frac{1}{k_3} \sum_{t=1}^{t=9} U'_{ij1} \right] / x^*
 \end{array} \right\} \dots \left\{ \begin{array}{l}
 1. \left[\left(\frac{1}{k_{10}} \sum_{t=1}^{t=10} U'_{i11} + \frac{1}{k_7} \sum_{t=1}^{t=2} U'_{i12} + \frac{1}{k_3} \sum_{t=1}^{t=3} U'_{i13} \right) - k_3 U'_{1j1} \right] / x^*, \\
 2. \left[\left(\frac{1}{k_{10}} \sum_{t=1}^{t=10} U'_{i11} + \frac{1}{k_7} \sum_{t=1}^{t=7} U'_{i12} + \frac{1}{k_5} \sum_{t=1}^{t=5} U'_{i13} \right) - k_3 U'_{1j1} \right] / x^*, \\
 \dots \\
 8. \left[\left(\frac{1}{k_{10}} \sum_{t=1}^{t=10} U'_{i11} + \frac{1}{k_9} \sum_{t=1}^{t=9} U'_{i12} + \frac{1}{k_9} \sum_{t=1}^{t=9} U'_{i13} \right) - k_3 U'_{1j1} \right] / x^*.
 \end{array} \right\} \quad (5)$$

В пространственном представлении усреднение осуществляется слева направо по вертикали ансамбля комбинаторных уравнений величин, приведенных в табл. 1.

Весь цикл усреднений каждой последовательности выходных величин, входящих в 57 комбинаторных уравнений величин, состоит из 10 этапов по 8 вариантов усреднения на каждом этапе (всего 80 вариантов) (см. табл. 8).

Все четыре комбинаторных способа усреднения обеспечивают получение 18240 неповторяющихся вариантов ($4 \times 10 \times 8 \times 57 = 18240$) формализованных комбинаторных уравнений величин с усреднением, а следовательно, и столько же уравнений избыточных измерений крутизны преобразования.

Особенностью данной формы записи является наглядность структуры математических операций для каждого комбинаторного уравнения величин, по которым устанавливается целесообразность выполнения или не выполнения операций усреднения разных совокупностей одноименных выходных величин измерительного канала. А это способствует сокращению времени на обработку ансамбля данных.

Приведенная система наглядно описывает структуру математических операций для каждого комбинаторного уравнения величин. Именно по ним устанавливается целесообразность выполнения или не выпол-

нения операций усреднения разных совокупностей одноименных выходных величин измерительного канала. Все это способствует сокращению времени на обработку ансамбля данных.

Таблица 7

Формализованное представление четвертой разновидности третьей группы комбинаторных способов усреднения

Усредняемые последовательности выходных величин по четвертой группе комбинаторных способов для $\left[(U'_{i1} + U'_{i2} + U'_{i3}) - (k_3 U'_{j1}) \right] / x^*$ при $m_2 = 1$									
Способ 4.1	Способ 4.2	Способ 4.3	Способ 4.4						
$U'_{i1}, \overline{U'_{i2}}, \overline{U'_{i3}}, \overline{U'_{j1}}$	$\overline{U'_{i1}}, U'_{i2}, \overline{U'_{i3}}, \overline{U'_{j1}}$	$\overline{U'_{i1}}, \overline{U'_{i2}}, U'_{i3}, \overline{U'_{j1}}$	$\overline{U'_{i1}}, \overline{U'_{i2}}, \overline{U'_{i3}}, U'_{j1}$						
Здесь t — четные и нечетные количества одноименных величин									
<u>1-й этап</u>	<u>2-й этап</u>	<u>3-й этап</u>	<u>4-й этап</u>	<u>5-й этап</u>	<u>6-й этап</u>	<u>7-й этап</u>	<u>8-й этап</u>	<u>9-й этап</u>	<u>10-й этап</u>
1) 2,3,3;	1) 2,7,3;	1) 4,3,3;	1) 4,7,3;	1) 6,3,3;	1) 6,7,3;	1) 8,3,3;	1) 8,7,3;	1) 10,3,3;	1) 10,7,3;
2) 2,3,5;	2) 2,7,5;	2) 4,3,5;	2) 4,7,5;	2) 6,3,5;	2) 6,7,5;	2) 8,3,5;	2) 8,7,5;	2) 10,3,5;	2) 10,7,5;
3) 2,3,7;	3) 2,7,7;	3) 4,3,7;	3) 4,7,7;	3) 6,3,7;	3) 6,7,7;	3) 8,3,7;	3) 8,7,7;	3) 10,3,7;	3) 10,7,7;
4) 2,3,9;	4) 2,7,9;	4) 4,3,9;	4) 4,7,9;	4) 6,3,9;	4) 6,7,9;	4) 8,3,9;	4) 8,7,9;	4) 10,3,9;	4) 10,7,9;
5) 2,5,3;	5) 2,9,3;	5) 4,5,3;	5) 4,9,3;	5) 6,5,3;	5) 6,9,3;	5) 8,5,3;	5) 8,9,3;	5) 10,5,3;	5) 10,9,3;
6) 2,5,5;	6) 2,9,5;	6) 4,5,5;	6) 4,9,5;	6) 6,5,5;	6) 6,9,5;	6) 8,5,5;	6) 8,9,5;	6) 10,5,5;	6) 10,9,5;
7) 2,5,7;	7) 2,9,7;	7) 4,5,7;	7) 4,9,7;	7) 6,5,7;	7) 6,9,7;	7) 8,5,7;	7) 8,9,7;	7) 10,5,7;	7) 10,9,7;
8) 2,5,9;	8) 2,9,9;	8) 4,5,9;	8) 4,9,9;	8) 6,5,9;	8) 6,9,9;	8) 8,5,9;	8) 8,9,9;	8) 10,5,9;	8) 10,9,9;

Приведенная система (5) комбинаторных уравнений величин дают возможность корректно составлять программы обработки данных результатов определения значений крутизны преобразования.

В качестве примера в табл. 8 приведены 57 формализованных уравнений избыточных измерений с пространственно-временным усреднением одноименных величин в соответствие с первым вариантом первого этапа первой группы комбинаторных способов.

Таблица 7

Формализованные уравнения избыточных измерений крутизны преобразования с усреднением разного количества одноименных выходных величин

Базовое комбинаторное уравнение величин с усреднением $\left[(U'_{i1} + \overline{U'_{i2}} + \overline{U'_{i3}}) - (k_3 \overline{U'_{j1}}) \right] / x^*$ — для первого варианта первого этапа первой группы комбинаторных способов 4.1 ($t = 2, 3, 3$)					
Группа закономерностей 4 (57 вариантов)					
1	$\left[(U'_{i1} + \overline{U'_{i2}} + \overline{U'_{i3}}) - k_3 \overline{U'_{j1}} \right] / x^*$	20	$\left[(U'_{i1} + \overline{U'_{i2}} + \overline{U'_{i3}}) - k_3 \overline{U'_{j1}} \right] / x^*$	39	$\left[(U'_{i1} + \overline{U'_{i2}} + \overline{U'_{i3}}) - k_3 \overline{U'_{j1}} \right] / x^*$
2	$\left[(U'_{i1} + \overline{U'_{i2}} + \overline{U'_{i3}}) - k_3 \overline{U'_{j1}} \right] / x^*$	21	$\left[(U'_{i1} + \overline{U'_{i2}} + \overline{U'_{i3}}) - k_3 \overline{U'_{j1}} \right] / x^*$	40	$\left[(U'_{i1} + \overline{U'_{i2}} + \overline{U'_{i3}}) - k_3 \overline{U'_{j1}} \right] / x^*$
...
19	$\left[(U'_{i1} + \overline{U'_{i2}} + \overline{U'_{i3}}) - k_3 \overline{U'_{j1}} \right] / x^*$	38	$\left[(U'_{i1} + \overline{U'_{i2}} + \overline{U'_{i3}}) - k_3 \overline{U'_{j1}} \right] / x^*$	57	$\left[(U'_{i1} + \overline{U'_{i2}} + \overline{U'_{i3}}) - k_3 \overline{U'_{j1}} \right] / x^*$

Установлено, что для четвертой разновидности третьей группы комбинаторных способов усреднения может быть записан ансамбль комбинаторных уравнений величин состоящий из 18240 вариантов формализованных уравнений избыточных измерений крутизны преобразования (4 группы способов × 10 этапов × 8 вариантов × × 57 комбинаторных вариантов уравнений величин = 18240).

Приведем обобщенное определение правил вывода уравнений избыточных измерений крутизны преобразования для третьей разновидности третьей группы комбинаторных способов усреднения.

Определение

Вывод уравнений избыточных измерений крутизны преобразования осуществляется путем поочередного вычитания из суммы трех разноименных выходных величин, две из которых получены в результате усреднения, соответственно, четных и нечетных количеств одноименных величин, утроенной (по значению) неповторяющейся выходной величины, полученной путем усреднения только нечетных количеств одноименных величин (неусредненной только в четвертом способе), с последующим делением полученной разности на измеряемые величины, — на одну или несколько, сочетанных определенным способом.

Пятая разновидность третьей группы комбинаторных способов усреднения

Сущность пятой разновидности третьей группы комбинаторных способов усреднения состоит в том, что три из четырех выходных величин, входящих в структуру базового комбинаторного уравнения величин, представляют собой комбинаторные варианты перестановок нечетных количеств одноименных величин.

Формализовано сущность пятой разновидности поясняется с помощью табл. 9, согласно которой поочередное закономерное усреднение по нечетным количествам одноименных величин состоит из восьми этапов (по восемь вариантов) способов пространственно-временного усреднения и осуществляется для каждой из четырех групп комбинаторных способов.

Как и в предыдущих разновидностях, пространственно-временному усреднению подлежат все 57 формализованных комбинаторных уравнений величин, приведенных в табл. 1. Образно усреднение осуществляется слева направо по вертикали ансамбля комбинаторных уравнений величин, приведенных в табл. 1.

Цикл усреднений каждой последовательности выходных величин, входящих в 57 комбинаторных уравнений величин, состоит из восьми этапов по восемь вариантов усреднения в каждом (см. табл. 9).

Сущность пятой разновидности третьей группы комбинаторных способов усреднения формализовано можно представить в виде таблицы с указанием базового комбинаторного уравнения величин, четырех способов усреднения и соответствующих им последовательностей выходных величин, а также восьми этапов комбинаторного усреднения по восемь вариантов комбинаторных способов усреднения (см. табл. 9).

Таблица 9

Формализованное представление четвертой разновидности третьей группы комбинаторных способов усреднения

Усредняемые последовательности выходных величин по пятой группе комбинаторных способов для $\left[(U'_{i1} + U'_{i2} + U'_{i3}) - (k_3 U'_{j1}) \right] / x^* \text{ при } m_2 = 1$							
Способ 5.1	Способ 5.2	Способ 5.3	Способ 5.4				
$U'_{i1}, \overline{U'_{i2}}, \overline{U'_{i3}}, \overline{U'_{j1}}$	$\overline{U'_{i1}}, U'_{i2}, \overline{U'_{i3}}, \overline{U'_{j1}}$	$\overline{U'_{i1}}, \overline{U'_{i2}}, U'_{i3}, \overline{U'_{j1}}$	$\overline{U'_{i1}}, \overline{U'_{i2}}, \overline{U'_{i3}}, U'_{j1}$				
Здесь t — нечетные количества одноименных величин							
<u>1-й этап</u>	<u>2-й этап</u>	<u>3-й этап</u>	<u>4-й этап</u>	<u>5-й этап</u>	<u>6-й этап</u>	<u>7-й этап</u>	<u>8-й этап</u>
1) 3,3,3;	1) 3,7,3;	1) 5,3,3;	1) 5,7,3;	1) 7,3,3;	1) 7,7,3;	1) 9,3,3;	1) 9,7,3;
2) 3,3,5;	2) 3,7,5;	2) 5,3,5;	2) 5,7,5;	2) 7,3,5;	2) 7,7,5;	2) 9,3,5;	2) 9,7,5;
3) 3,3,7;	3) 3,7,7;	3) 5,3,7;	3) 5,7,7;	3) 7,3,7;	3) 7,7,7;	3) 9,3,7;	3) 9,7,7;
4) 3,3,9;	4) 3,7,9;	4) 5,3,9;	4) 5,7,9;	4) 7,3,9;	4) 7,7,9;	4) 9,3,9;	4) 9,7,9;
5) 3,5,3;	5) 3,9,3;	5) 5,5,3;	5) 5,9,3;	5) 7,5,3;	5) 7,9,3;	5) 9,5,3;	5) 9,9,3;
6) 3,5,5;	6) 3,9,5;	6) 5,5,5;	6) 5,9,5;	6) 7,5,5;	6) 7,9,5;	6) 9,5,5;	6) 9,9,5;
7) 3,5,7;	7) 3,9,7;	7) 5,5,7;	7) 5,9,7;	7) 7,5,7;	7) 7,9,7;	7) 9,5,7;	7) 9,9,7;
8) 3,5,9;	8) 3,9,9;	8) 5,5,9;	8) 5,9,9;	8) 7,5,9;	8) 7,9,9;	8) 9,5,9;	8) 9,9,9;

Четыре группы комбинаторных способа усреднения пятой разновидности обеспечивают получение 14592 неповторяющихся варианта ($4 \times 8 \times 8 \times 57 = 14592$) формализованных комбинаторных уравнений избыточных измерений крутизны преобразования с усреднением. В качестве примера, формализовано запишем по восемь вариантов комбинаторных уравнений величин для способов 5.1 и способов 5.4. Причем, в первом случае используем восемь вариантов усреднения по 1-му этапу, а во втором — восемь вариантов усреднения по 8-му этапу:

$$\left. \begin{array}{l}
 \text{1-й этап для первой группы способов усреднения} \quad \dots \quad \text{8-й этап для четвертой группы способов усреднения} \\
 1. \left[\left(U'_{i1} + \frac{1}{k_3} \sum_{t=1}^{t=3} U'_{ii2} + \frac{1}{k_3} \sum_{t=1}^{t=3} U'_{ii3} \right) - \sum_{t=1}^{t=3} U'_{ij1} \right] / x^*, \\
 2. \left[\left(U'_{i1} + \frac{1}{k_3} \sum_{t=1}^{t=3} U'_{ii2} + \frac{1}{k_3} \sum_{t=1}^{t=3} U'_{ii3} \right) - \frac{k_3}{k_5} \sum_{t=1}^{t=5} U'_{ij1} \right] / x^*, \\
 \dots \\
 8. \left[\left(U'_{i1} + \frac{1}{k_3} \sum_{t=1}^{t=3} U'_{ii2} + \frac{1}{k_5} \sum_{t=1}^{t=5} U'_{ii3} \right) - \frac{1}{k_3} \sum_{t=1}^{t=9} U'_{ij1} \right] / x^*
 \end{array} \right\} \dots \left\{ \begin{array}{l}
 1. \left[\left(\frac{1}{k_9} \sum_{t=1}^{t=9} U'_{ii1} + \frac{1}{k_7} \sum_{t=1}^{t=7} U'_{ii2} + \frac{1}{k_3} \sum_{t=1}^{t=3} U'_{ii3} \right) - k_3 U'_{1j1} \right] / x^*, \\
 2. \left[\left(\frac{1}{k_9} \sum_{t=1}^{t=9} U'_{ii1} + \frac{1}{k_7} \sum_{t=1}^{t=7} U'_{ii2} + \frac{1}{k_5} \sum_{t=1}^{t=5} U'_{ii3} \right) - k_3 U'_{1j1} \right] / x^*, \\
 \dots \\
 7. \left[\left(\frac{1}{k_9} \sum_{t=1}^{t=9} U'_{ii1} + \frac{1}{k_9} \sum_{t=1}^{t=9} U'_{ii2} + \frac{1}{k_9} \sum_{t=1}^{t=9} U'_{ii3} \right) - k_3 U'_{1j1} \right] / x^*.
 \end{array} \right\} \quad (6)$$

Система (6) наглядно описывает структуру математических операций для каждого комбинаторного уравнения величин и даёт возможность корректно составлять программы обработки данных результатов

определения значений крутизны преобразования.

В качестве примера в табл. 10 приведены 57 формализованных уравнений избыточных измерений с пространственно-временным усреднением нечетных количеств одноименных величин в соответствие с первым вариантом первого этапа первой группы комбинаторных способов.

Таблица 10

Формализованные уравнения избыточных измерений крутизны преобразования с усреднением разного количества одноименных выходных величин

Базовое комбинаторное уравнение величин с усреднением — $\left[(U'_{i1} + \overline{U'_{i2}} + \overline{U'_{i3}}) - (k_3 \overline{U'_{j1}}) \right] / x^*$ для первого варианта первого этапа первой группы комбинаторных способов 5.1 ($t = 2, 3, 3$)					
Группа закономерностей 5 (57 вариантов)					
1	$\left[(U'_{11} + \overline{U'_{32}} + \overline{U'_{33}}) - k_3 \overline{U'_{34}} \right] / x^*$	20	$\left[(U'_{11} + \overline{U'_{33}} + \overline{U'_{36}}) - k_3 \overline{U'_{34}} \right] / x^*$	39	$\left[(U'_{12} + \overline{U'_{33}} + \overline{U'_{36}}) - k_3 \overline{U'_{35}} \right] / x^*$
2	$\left[(U'_{11} + \overline{U'_{32}} + \overline{U'_{33}}) - k_3 \overline{U'_{35}} \right] / x^*$	21	$\left[(U'_{11} + \overline{U'_{33}} + \overline{U'_{36}}) - k_3 \overline{U'_{35}} \right] / x^*$	40	$\left[(U'_{12} + \overline{U'_{34}} + \overline{U'_{35}}) - k_3 \overline{U'_{31}} \right] / x^*$
...
19	$\left[(U'_{11} + \overline{U'_{23}} + \overline{U'_{36}}) - k_3 \overline{U'_{32}} \right] / x^*$	38	$\left[(U'_{12} + \overline{U'_{23}} + \overline{U'_{36}}) - k_3 \overline{U'_{34}} \right] / x^*$	57	$\left[(U'_{13} + \overline{U'_{25}} + \overline{U'_{36}}) - k_3 \overline{U'_{33}} \right] / x^*$

Приведем обобщенное определение правил вывода уравнений избыточных измерений крутизны преобразования для пятой разновидности третьей группы комбинаторных способов усреднения .

Определение

Вывод уравнений избыточных измерений крутизны преобразования осуществляется путем поочередного вычитания из суммы трех разноименных выходных величин, две из которых получены в результате усреднения нечетных количеств одноименных величин, утроенной (по значению) неповторяющейся выходной величины, полученной путем усреднения нечетных количеств одноименных величин (неусредненной только в четвертом способе), с последующим делением полученной разности на измеряемые величины, — на одну или несколько, сочетанных определенным способом.

Шестая разновидность третьей группы комбинаторных способов усреднения

Сущность шестой разновидности третьей группы комбинаторных способов усреднения состоит в том, что из четырех только три выходных величины в структуре базового комбинаторного уравнения величин усредняются циклически в априори установленной последовательности (закономерности), приведенной в табл. 11 для каждой из четырех комбинаторных групп способов усреднения.

Формализовано сущность шестой разновидности третьей группы комбинаторных способов усреднения можно представить в виде табл. 11 с указанием базового комбинаторного уравнения величин, количества способов усреднения, соответствующих им последовательностей выходных величин и числа этапов усреднения с соответствующими вариантами комбинаторных способов усреднения.

В качестве примера формализовано запишем по десять вариантов комбинаторных уравнений величин для способов 6.1 и способов 6.4. Причем, в первом случае используем десять вариантов усреднения по первому этапу, а во втором — десять вариантов усреднения по восьмому этапу :

$$\left. \begin{array}{l}
 \text{1-й этап для первой группы способов усреднения} \quad \dots \quad \text{21-й этап для четвертой группы способов усреднения} \\
 1. \left[\left(U'_{11} + \frac{1}{k_3} \sum_{t=1}^{t=3} U'_{ii2} + \frac{1}{k_3} \sum_{t=1}^{t=3} U'_{ii3} \right) - \frac{k_3}{k_2} \sum_{t=1}^{t=2} U'_{ij1} \right] / x^*, \quad 1. \left[\left(\frac{1}{k_9} \sum_{t=1}^{t=9} U'_{ii1} + \frac{1}{k_7} \sum_{t=1}^{t=7} U'_{ii2} + \frac{1}{k_2} \sum_{t=1}^{t=2} U'_{ii3} \right) - k_3 U'_{1j1} \right] / x^*, \\
 2. \left[\left(U'_{11} + \frac{1}{k_3} \sum_{t=1}^{t=3} U'_{ii2} + \frac{1}{k_3} \sum_{t=1}^{t=3} U'_{ii3} \right) - \frac{k_3}{k_4} \sum_{t=1}^{t=4} U'_{ij1} \right] / x^*, \quad 2. \left[\left(\frac{1}{k_9} \sum_{t=1}^{t=9} U'_{ii1} + \frac{1}{k_7} \sum_{t=1}^{t=7} U'_{ii2} + \frac{1}{k_4} \sum_{t=1}^{t=4} U'_{ii3} \right) - k_3 U'_{1j1} \right] / x^*, \\
 \dots \dots \dots \quad \dots \dots \dots \\
 10. \left[\left(U'_{11} + \frac{1}{k_3} \sum_{t=1}^{t=3} U'_{ii2} + \frac{1}{k_5} \sum_{t=1}^{t=5} U'_{ii3} \right) - \frac{k_3}{k_{10}} \sum_{t=1}^{t=10} U'_{ij1} \right] / x^* \quad 10. \left[\left(\frac{1}{k_9} \sum_{t=1}^{t=9} U'_{ii1} + \frac{1}{k_9} \sum_{t=1}^{t=9} U'_{ii2} + \frac{1}{k_{10}} \sum_{t=1}^{t=10} U'_{ii3} \right) - k_3 U'_{1j1} \right] / x^*.
 \end{array} \right\} (7)$$

Приведенная система (7) наглядно описывает структуру математических операций для каждого комбинаторного уравнения величин. Она даёт возможность корректно составлять программы обработки данных результатов определения значений крутизны преобразования.

Цикл усреднений каждой последовательности выходных величин, входящих в 57 комбинаторных уравнений величин, состоит из восьми этапов по восемь вариантов усреднения в каждом. Всего 80 вариантов комбинаторных способов усреднения (см. табл. 11). Причем первые две выходные величины формируются при перестановках и усреднениях нечетных количеств одноименных величин, а третья — путем усреднения четных количеств одноименных величин.

Таблица 11

Формализованное представление пятой разновидности третьей группы комбинаторных способов усреднения

Усредняемые последовательности выходных величин по пятой группе комбинаторных способов для $\left[(U'_{i1} + U'_{i2} + U'_{i3}) - (k_3 U'_{j1}) \right] / x^*$ при $m_2 = 1$							
Способ 6.1	Способ 6.2	Способ 6.3	Способ 6.4				
$U'_{i1}, \overline{U'_{i2}}, \overline{U'_{i3}}, \overline{U'_{j1}}$	$\overline{U'_{i1}}, U'_{i2}, \overline{U'_{i3}}, \overline{U'_{j1}}$	$\overline{U'_{i1}}, \overline{U'_{i2}}, U'_{i3}, \overline{U'_{j1}}$	$\overline{U'_{i1}}, \overline{U'_{i2}}, \overline{U'_{i3}}, U'_{j1}$				
Здесь t — нечетные и четные количества одноименных величин							
<u>1-й этап</u>	<u>2-й этап</u>	<u>3-й этап</u>	<u>4-й этап</u>	<u>5-й этап</u>	<u>6-й этап</u>	<u>7-й этап</u>	<u>8-й этап</u>
1) 3, 3, 2;	1) 3, 7, 2;	1) 5, 3, 2;	1) 5, 7, 2;	1) 7, 3, 2;	1) 7, 7, 2;	1) 9, 3, 2;	1) 9, 7, 2;
2) 3, 3, 4;	2) 3, 7, 4;	2) 5, 3, 4;	2) 5, 7, 4;	2) 7, 3, 4;	2) 7, 7, 4;	2) 9, 3, 4;	2) 9, 7, 4;
3) 3, 3, 6;	3) 3, 7, 6;	3) 5, 3, 6;	3) 5, 7, 6;	3) 7, 3, 6;	3) 7, 7, 6;	3) 9, 3, 6;	3) 9, 7, 6;
4) 3, 3, 8;	4) 3, 7, 8;	4) 5, 3, 8;	4) 5, 7, 8;	4) 7, 3, 8;	4) 7, 7, 8;	4) 9, 3, 8;	4) 9, 7, 8;
5) 3, 3, 10;	5) 3, 7, 10;	5) 5, 3, 10;	5) 5, 7, 10;	5) 7, 3, 10;	5) 7, 7, 10;	5) 9, 3, 10;	5) 9, 7, 10;
6) 3, 5, 2;	6) 3, 9, 2;	6) 5, 5, 2;	5) 5, 9, 2;	6) 7, 5, 2;	6) 7, 9, 2;	6) 9, 5, 2.	6) 9, 9, 2;
7) 3, 5, 4;	7) 3, 9, 4;	7) 5, 5, 4;	7) 5, 9, 4;	7) 7, 5, 4;	7) 7, 9, 4;	7) 9, 5, 4;	7) 9, 9, 4;
8) 3, 5, 6;	8) 3, 9, 6;	8) 5, 5, 6;	8) 5, 9, 6;	8) 7, 5, 6;	8) 7, 9, 6;	8) 9, 5, 6;	8) 9, 9, 6;
9) 3, 5, 8;	9) 3, 9, 8;	9) 5, 5, 8;	9) 5, 9, 8;	9) 7, 5, 8;	9) 7, 9, 8;	9) 9, 5, 8;	9) 9, 9, 8;
10) 3, 5, 10.	10) 3, 9, 10.	10) 5, 5, 10.	10) 5, 9, 10.	10) 7, 5, 10.	10) 7, 9, 10.	10) 9, 5, 10.	10) 9, 9, 10.

Все четыре комбинаторных способа усреднения обеспечивают получение 18240 неповторяющихся вариантов ($4 \times 8 \times 10 \times 57 = 18240$) формализованных комбинаторных уравнений избыточных измерений крутизны преобразования с усреднением.

В качестве примера в табл. 12 приведены 57 формализованных уравнений избыточных измерений с пространственно-временным усреднением нечетных и четных количеств одноименных величин в соответствии с первым вариантом первого этапа первой группы комбинаторных способов.

Таблица 12

Формализованные уравнения избыточных измерений крутизны преобразования с усреднением разного количества одноименных выходных величин

Базовое комбинаторное уравнение величин с усреднением — $\left[(U'_{i1} + \overline{U'_{i2}} + \overline{U'_{i3}}) - (k_3 \overline{U'_{j1}}) \right] / x^*$ для шестого варианта первого этапа первой подгруппы комбинаторных способов 6.1 ($t = 3, 2, 2$)					
Группа закономерностей 6 (57 вариантов)					
1	$\left[(U'_{i1} + \overline{U'_{i2}} + \overline{U'_{i3}}) - k_3 \overline{U'_{j1}} \right] / x^*$	20	$\left[(U'_{i1} + \overline{U'_{i2}} + \overline{U'_{i3}}) - k_3 \overline{U'_{j1}} \right] / x^*$	39	$\left[(U'_{i2} + \overline{U'_{i3}} + \overline{U'_{i1}}) - k_3 \overline{U'_{j1}} \right] / x^*$
...
19	$\left[(U'_{i1} + \overline{U'_{i2}} + \overline{U'_{i3}}) - k_3 \overline{U'_{j1}} \right] / x^*$	38	$\left[(U'_{i2} + \overline{U'_{i3}} + \overline{U'_{i1}}) - k_3 \overline{U'_{j1}} \right] / x^*$	57	$\left[(U'_{i3} + \overline{U'_{i1}} + \overline{U'_{i2}}) - k_3 \overline{U'_{j1}} \right] / x^*$

Приведем обобщенное определение правил вывода уравнений избыточных измерений крутизны преобразования для шестой разновидности третьей группы комбинаторных способов усреднения.

Определение

Вывод уравнений избыточных измерений крутизны преобразования осуществляется путем поочередного вычитания из суммы трех разноименных выходных величин, две из которых получены в результате усреднения нечетных количеств одноименных величин, утроенной (по значению) неповторяющейся выходной величины, полученной путем усреднения четных количеств одноименных величин (неусредненной только в четвертом способе), с последующим делением полученной разности на измеряемые величины, — на одну или несколько, сочетанных определенным способом.

Седьмая разновидность третьей группы комбинаторных способов усреднения

Сущность седьмой разновидности третьей группы комбинаторных способов усреднения состоит в том, что три из четырех выходных величин, входящих в структуру базового комбинаторного уравнения величин, усредняются циклически в априори установленной последовательности (закономерности) и представляют собой комбинаторные варианты перестановок и усреднений для первой выходной величины — нечетных количеств одноименных величин, а для двух других — четных количеств, причем для каждой из четырех комбинаторных подгрупп способов усреднения (табл. 13).

Формализованное представление шестой разновидности третьей группы комбинаторных способов усреднения

Усредняемые последовательности выходных величин по пятой группе комбинаторных способов для $\left[(U'_{i1} + U'_{i2} + U'_{i3}) - (k_3 U'_{j1}) \right] / x^*$ при $m_2 = 1$									
Способ 7.1		Способ 7.2			Способ 7.3			Способ 7.4	
$U'_{i1}, \overline{U'_{i2}}, \overline{U'_{i3}}, \overline{U'_{j1}}$		$\overline{U'_{i1}}, U'_{i2}, \overline{U'_{i3}}, \overline{U'_{j1}}$			$\overline{U'_{i1}}, \overline{U'_{i2}}, U'_{i3}, \overline{U'_{j1}}$			$\overline{U'_{i1}}, \overline{U'_{i2}}, \overline{U'_{i3}}, U'_{j1}$	
Здесь t — новые нечетные и четные сочетания количеств одноименных величин									
1-й этап	2-й этап	3-й этап	4-й этап	5-й этап	6-й этап	7-й этап	8-й этап	9-й этап	10-й этап
1) 3, 2, 2;	1) 3, 6, 2;	1) 3, 10, 2;	1) 5, 4, 2;	1) 5, 8, 2;	1) 7, 2, 2;	1) 7, 6, 2;	1) 7, 10, 2;	1) 9, 4, 2;	1) 9, 8, 2;
2) 3, 2, 4;	2) 3, 6, 4;	2) 3, 10, 4;	2) 5, 4, 4;	2) 5, 8, 4;	2) 7, 2, 4;	2) 7, 6, 4;	2) 7, 10, 4;	2) 9, 4, 4;	2) 9, 8, 4;
3) 3, 2, 6;	3) 3, 6, 6;	3) 3, 10, 6;	3) 5, 4, 6;	3) 5, 8, 6;	3) 7, 2, 6;	3) 7, 6, 6;	3) 7, 10, 6;	3) 9, 4, 6;	3) 9, 8, 6;
4) 3, 2, 8;	4) 3, 6, 8;	4) 3, 10, 8;	4) 5, 4, 8;	4) 5, 8, 8;	4) 7, 2, 8;	4) 7, 6, 8;	4) 7, 10, 8;	4) 9, 4, 8;	4) 9, 8, 8;
5) 3, 2, 10;	5) 3, 6, 10;	5) 3, 10, 10;	5) 5, 4, 10;	5) 5, 8, 10;	5) 7, 2, 10;	5) 7, 6, 10;	5) 7, 10, 10;	5) 9, 4, 10;	5) 9, 10, 10;
6) 3, 4, 2;	6) 5, 3, 8, 2;	6) 5, 2, 2;	6) 5, 6, 2;	6) 5, 10, 2;	6) 7, 4, 2;	6) 7, 8, 2;	6) 9, 2, 2;	6) 9, 6, 2;	6) 9, 10, 2;
7) 3, 4, 4;	7) 3, 8, 4;	7) 5, 2, 4;	7) 5, 6, 4;	7) 5, 10, 4;	7) 7, 4, 4;	7) 7, 8, 4;	7) 9, 2, 4;	7) 9, 6, 4;	7) 9, 10, 4;
8) 3, 4, 6;	8) 3, 8, 6;	8) 5, 2, 6;	8) 5, 6, 6;	8) 5, 10, 6;	8) 7, 4, 6;	8) 7, 8, 6;	8) 9, 2, 6;	8) 9, 6, 6;	8) 9, 10, 6;
9) 3, 4, 8;	9) 3, 8, 8;	9) 5, 2, 8;	9) 5, 6, 8;	9) 3, 5, 10, 8;	9) 7, 4, 8;	9) 7, 8, 8;	9) 9, 2, 8;	9) 9, 6, 8;	9) 9, 10, 8;
10) 3, 4, 10;	10) 3, 8, 10;	10) 5, 2, 10;	10) 5, 6, 10;	10) 5, 10, 10;	10) 7, 4, 10;	10) 7, 8, 10;	10) 9, 2, 10;	10) 9, 6, 10;	10) 9, 10, 10;

Сущность седьмой разновидности третьей группы комбинаторных способов усреднения формализовано можно представить в виде табл. 13 с указанием базового комбинаторного уравнения величин, четырех способов усреднения и соответствующих им последовательностей выходных величин, а также десяти этапов комбинаторного усреднения по десять вариантов способов усреднения.

В пространственном представлении усреднение осуществляется слева на право по вертикали ансамбля комбинаторных уравнений величин, приведенных в табл. 1. Цикл комбинаторных усреднений каждой последовательности выходных величин, входящих в 57 комбинаторных уравнений величин, состоит из десяти этапов по десять вариантов, включающие разные кодичества усредняемых одноименных величин (см. табл. 13). Данное направление обеспечивает получение 100 вариантов комбинаторных способов усреднения.

Приведенные четыре подгруппы комбинаторных способов усреднения обеспечивают получение 22800 неповторяющихся вариантов формализованных комбинаторных уравнений избыточных измерений крутизны преобразования с усреднением ($4 \times 10 \times 10 \times 57 = 22800$).

В качестве примера, формализовано запишем по десять вариантов комбинаторных уравнений величин для групп способов 7.1 и способов 7.4. Причем, для способов 7.1 используем первый этап усреднения, а для способов 7.4 — десятый этап:

$$\left. \begin{array}{l}
 \text{1-й этап для первой группы способов усреднения} \quad \dots \quad \text{10-й этап для четвертой группы способов усреднения} \\
 1. \left[\left(U'_{i1} + \frac{1}{k_3} \sum_{t=1}^{t=3} U'_{i2} + \frac{1}{k_2} \sum_{t=1}^{t=2} U'_{i3} \right) - \frac{k_3}{k_2} \sum_{t=1}^{t=2} U'_{j1} \right] / x^*, \quad 1. \left[\left(\frac{1}{k_9} \sum_{t=1}^{t=9} U'_{i1} + \frac{1}{k_8} \sum_{t=1}^{t=8} U'_{i2} + \frac{1}{k_2} \sum_{t=1}^{t=2} U'_{i3} \right) - k_3 U'_{j1} \right] / x^*, \\
 2. \left[\left(U'_{i1} + \frac{1}{k_3} \sum_{t=1}^{t=3} U'_{i2} + \frac{1}{k_2} \sum_{t=1}^{t=2} U'_{i3} \right) - \frac{k_3}{k_4} \sum_{t=1}^{t=4} U'_{j1} \right] / x^*, \quad 2. \left[\left(\frac{1}{k_9} \sum_{t=1}^{t=9} U'_{i1} + \frac{1}{k_8} \sum_{t=1}^{t=8} U'_{i2} + \frac{1}{k_4} \sum_{t=1}^{t=4} U'_{i3} \right) - k_3 U'_{j1} \right] / x^*, \\
 \dots \\
 10. \left[\left(U'_{i1} + \frac{1}{k_3} \sum_{t=1}^{t=3} U'_{i2} + \frac{1}{k_4} \sum_{t=1}^{t=4} U'_{i3} \right) - \frac{k_3}{k_{10}} \sum_{t=1}^{t=10} U'_{j1} \right] / x^* \quad 10. \left[\left(\frac{1}{k_9} \sum_{t=1}^{t=9} U'_{i1} + \frac{1}{k_{10}} \sum_{t=1}^{t=10} U'_{i2} + \frac{1}{k_{10}} \sum_{t=1}^{t=10} U'_{i3} \right) - k_3 U'_{j1} \right] / x^*.
 \end{array} \right\} (8)$$

Благодаря наглядности структуры математических операций для каждого комбинаторного уравнения величин (8), возможен не сложный анализ и синтез этапов проведения однотипных операций усреднения разных количеств одноименных величин программно-техническими средствами. Это способствует сокращению времени на решение практических задач обработки данных.

В качестве примера в табл. 14 приведены 57 формализованных уравнений избыточных измерений с пространственно-временным усреднением нечетных и четных количеств одноименных величин в соответствии с первым вариантом первого этапа первой группы комбинаторных способов.

Таблица 14

Формализованные уравнения избыточных измерений крутизны преобразования с усреднением разного количества одноименных выходных величин

Базовое комбинаторное уравнение величин с усреднением — $[(U'_{i1} + \overline{U'_{i2}} + \overline{U'_{i3}}) - (k_3 \overline{U'_{j1}})] / x^*$ для первого варианта первого этапа первой подгруппы комбинаторных способов 7.1 ($t = 3, 2, 2$)					
Группа закономерностей 7 (57 вариантов)					
1	$[(U'_{11} + \overline{U'_{32}} + \overline{U'_{23}}) - k_3 \overline{U'_{24}}] / x^*$	20	$[(U'_{11} + \overline{U'_{33}} + \overline{U'_{26}}) - k_3 \overline{U'_{24}}] / x^*$	39	$[(U'_{12} + \overline{U'_{33}} + \overline{U'_{26}}) - k_3 \overline{U'_{25}}] / x^*$
2	$[(U'_{11} + \overline{U'_{32}} + \overline{U'_{23}}) - k_3 \overline{U'_{25}}] / x^*$	21	$[(U'_{11} + \overline{U'_{33}} + \overline{U'_{26}}) - k_3 \overline{U'_{25}}] / x^*$	40	$[(U'_{12} + \overline{U'_{34}} + \overline{U'_{25}}) - k_3 \overline{U'_{21}}] / x^*$
...
19	$[(U'_{11} + \overline{U'_{33}} + \overline{U'_{26}}) - k_3 \overline{U'_{22}}] / x^*$	38	$[(U'_{12} + \overline{U'_{33}} + \overline{U'_{26}}) - k_3 \overline{U'_{24}}] / x^*$	57	$[(U'_{13} + \overline{U'_{35}} + \overline{U'_{26}}) - k_3 \overline{U'_{23}}] / x^*$

Приведем обобщенное определение правил вывода уравнений избыточных измерений крутизны преобразования для шестой разновидности третьей группы комбинаторных способов усреднения.

Определение

Вывод уравнений избыточных измерений крутизны преобразования осуществляется путем поочередного вычитания из суммы трех разноименных выходных величин, две из которых получены в результате усреднения, соответственно, нечетных и четных количеств одноименных величин, утроенной (по значению) неповторяющейся выходной величины, полученной путем усреднения четных количеств одноименных величин (неусредненной только в четвертом способе), с последующим делением полученной разности на измеряемые величины, — на одну или несколько, сочетанных определенным способом.

Восьмая разновидность третьей группы комбинаторных способов усреднения

В восьмой разновидности третьей группы комбинаторных способов усреднения из четырех три выходных величины, входящие в структуру базового комбинаторного уравнения величин, усредняются циклически в априори установленной последовательности (закономерности) для каждого из четырех комбинаторных подгрупп способов усреднения. Причем первая и третья выходные величины последовательности усредняются при нечетных количествах одноименных величин, а вторая — при четных количествах одноименных величин.

Образно усреднение осуществляется слева на право по вертикали ансамбля комбинаторных уравнений величин, приведенных в табл. 1. Цикл усреднений каждой последовательности выходных величин, входящих в 57 комбинаторных уравнений величин, состоит из десяти этапов по восемь комбинаторных способов усреднения (см. табл. 15).

Формализовано сущность восьмой разновидности третьей группы комбинаторных способов усреднения можно представить в виде таблицы (см. табл. 16) с указанием базового комбинаторного уравнения величин, способов усреднения, этапов комбинаторного усреднения и возможных вариантов комбинаторных способов усреднения заданной последовательностей выходных величин.

Согласно табл. 15, для каждой группы комбинаторных способов усреднения цикл усреднений состоит из десяти этапов по восемь вариантов комбинаторного усреднения. Они образуют 80 вариантов способов пространственно-временного усреднения.

Таблица 15

Формализованное представление седьмой разновидности пятой группы комбинаторных способов усреднения

Усредняемые последовательности выходных величин по третьей группе комбинаторных способов для $[(U'_{i1} + U'_{i2} + U'_{i3}) - (k_3 U'_{j1})] / x^*$ при $m_2 = 1$									
Способ 8.1		Способ 8.2			Способ 8.3			Способ 8.4	
$U'_{i1}, \overline{U'_{i2}}, \overline{U'_{i3}}, \overline{U'_{j1}}$		$\overline{U'_{i1}}, U'_{i2}, \overline{U'_{i3}}, \overline{U'_{j1}}$			$\overline{U'_{i1}}, \overline{U'_{i2}}, U'_{i3}, \overline{U'_{j1}}$			$\overline{U'_{i1}}, \overline{U'_{i2}}, \overline{U'_{i3}}, U'_{j1}$	
Здесь t — нечетные и четные сочетания количеств одноименных величин									
<u>1-й этап</u>	<u>2-й этап</u>	<u>3-й этап</u>	<u>4-й этап</u>	<u>5-й этап</u>	<u>6-й этап</u>	<u>7-й этап</u>	<u>8-й этап</u>	<u>9-й этап</u>	<u>10-й этап</u>
1) 3,2,3;	1) 7,2,3;	1) 3,4,3;	1) 7,4,3;	1) 3,6,3;	1) 7,6,3;	1) 3,8,3;	1) 7,8,3;	1) 3,10,3;	1) 7,10,3;
2) 3,2,5;	2) 7,2,5;	2) 3,4,5;	2) 7,4,5;	2) 3,6,5;	2) 7,6,5;	2) 3,8,5;	2) 7,8,5;	2) 3,10,5;	2) 7,10,5;
3) 3,2,7;	3) 7,2,7;	3) 3,4,7;	3) 7,4,7;	3) 3,6,7;	3) 7,6,7;	3) 3,8,7;	3) 7,8,7;	3) 3,10,7;	3) 7,10,7;
4) 3,2,9;	4) 7,2,9;	4) 3,4,9;	4) 7,4,9;	4) 3,6,9;	4) 7,6,9;	4) 3,8,9;	4) 7,8,9;	4) 3,10,9;	4) 7,10,9;
5) 5,2,3;	5) 9,2,3;	5) 5,4,3;	5) 9,4,3;	5) 5,6,3;	5) 9,6,3;	5) 5,8,3;	5) 9,8,3;	5) 5,10,3;	5) 9,10,3;
6) 5,2,5;	6) 9,2,5;	6) 5,4,5;	6) 9,4,5;	6) 5,6,5;	6) 9,6,5;	6) 5,8,5;	6) 9,8,5;	6) 5,10,5;	6) 9,10,5;
7) 5,2,7;	7) 9,2,7;	7) 5,4,7;	7) 9,4,7;	7) 5,6,7;	7) 9,6,7;	7) 5,8,7;	7) 9,8,7;	7) 5,10,7;	7) 9,10,7;
8) 5,2,9;	8) 9,2,9;	8) 5,4,9;	8) 9,4,9;	8) 5,6,9;	8) 9,6,9;	8) 5,8,9;	8) 9,8,9;	8) 5,10,9;	8) 9,10,9;

Все четыре комбинаторных способа усреднения обеспечивают получение 18468 неповторяющихся ва-

риантов ($4 \times 10 \times 8 \times 57 = 18468$) формализованных комбинаторных уравнений избыточных измерений крутизны преобразования с усреднением.

В качестве примера, формализовано запишем по десять вариантов комбинаторных уравнений величин для групп способов 8.1 и способов 8.4. Причем, для способов 8.1 используем первый этап усреднения, а для способов 8.4 — десятый этап:

$$\left. \begin{array}{l}
 \text{1-й этап для первой группы способов усреднения} \quad \dots \quad \text{10-й этап для четвертой группы способов усреднения} \\
 1. \left[\left(U'_{i1} + \frac{1}{k_3} \sum_{t=1}^{t=3} U'_{ii2} + \frac{1}{k_2} \sum_{t=1}^{t=2} U'_{ii3} \right) - \sum_{t=1}^{t=3} U'_{ij1} \right] / x^*, \\
 2. \left[\left(U'_{i1} + \frac{1}{k_3} \sum_{t=1}^{t=3} U'_{ii2} + \frac{1}{k_2} \sum_{t=1}^{t=2} U'_{ii3} \right) - \frac{k_3}{k_5} \sum_{t=1}^{t=5} U'_{ij1} \right] / x^*, \\
 \dots \\
 10. \left[\left(U'_{i1} + \frac{1}{k_5} \sum_{t=1}^{t=5} U'_{ii2} + \frac{1}{k_2} \sum_{t=1}^{t=2} U'_{ii3} \right) - \frac{1}{k_3} \sum_{t=1}^{t=9} U'_{ij1} \right] / x^*
 \end{array} \right\} \dots \left\{ \begin{array}{l}
 1. \left[\left(\frac{1}{k_7} \sum_{t=1}^{t=7} U'_{ii1} + \frac{1}{k_{10}} \sum_{t=1}^{t=10} U'_{ii2} + \frac{1}{k_3} \sum_{t=1}^{t=3} U'_{ii3} \right) - k_3 U'_{ij1} \right] / x^*, \\
 2. \left[\left(\frac{1}{k_7} \sum_{t=1}^{t=7} U'_{ii1} + \frac{1}{k_{10}} \sum_{t=1}^{t=10} U'_{ii2} + \frac{1}{k_5} \sum_{t=1}^{t=5} U'_{ii3} \right) - k_3 U'_{ij1} \right] / x^*, \\
 \dots \\
 10. \left[\left(\frac{1}{k_9} \sum_{t=1}^{t=9} U'_{ii1} + \frac{1}{k_{10}} \sum_{t=1}^{t=10} U'_{ii2} + \frac{1}{k_{10}} \sum_{t=1}^{t=10} U'_{ii3} \right) - k_3 U'_{ij1} \right] / x^*.
 \end{array} \right\} \quad (9)$$

Благодаря наглядности структуры математических операций для каждого комбинаторного уравнения величин (9), устанавливаются оптимальные варианты проведения однотипных операций усреднения разных количеств одноименных величин. Это способствует сокращению времени на обработку ансамбля данных с помощью программно-технических средств.

Приведенная система (9) наглядно описывает структуру математических операций для каждого комбинаторного уравнения величин. Она дает возможность корректно составлять программы обработки данных результатов определения значений крутизны преобразования.

В качестве примера в табл. 16 приведены 57 формализованных уравнений избыточных измерений с пространственно-временным усреднением нечетных и четных количеств одноименных величин в соответствии с первым вариантом первого этапа первой группы комбинаторных способов.

Таблица 16

Формализованные уравнения избыточных измерений крутизны преобразования с усреднением разного количества одноименных выходных величин

Базовое комбинаторное уравнение величин с усреднением — $\left[(U'_{i1} + \overline{U'_{ii2}} + \overline{U'_{ii3}}) - (k_3 \overline{U'_{ij1}}) \right] / x^*$ для первого варианта первого этапа первой подгруппы комбинаторных способов 8.1 ($t = 2, 3, 2$)					
Группа закономерностей 8 (57 вариантов)					
1	$\left[(U'_{i1} + \overline{U'_{32}} + \overline{U'_{23}}) - k_3 \overline{U'_{34}} \right] / x^*$	20	$\left[(U'_{i1} + \overline{U'_{33}} + \overline{U'_{26}}) - k_3 \overline{U'_{34}} \right] / x^*$	39	$\left[(U'_{i2} + \overline{U'_{33}} + \overline{U'_{26}}) - k_3 \overline{U'_{35}} \right] / x^*$
2	$\left[(U'_{i1} + \overline{U'_{32}} + \overline{U'_{33}}) - k_3 \overline{U'_{25}} \right] / x^*$	21	$\left[(U'_{i1} + \overline{U'_{33}} + \overline{U'_{26}}) - k_3 \overline{U'_{35}} \right] / x^*$	40	$\left[(U'_{i2} + \overline{U'_{34}} + \overline{U'_{25}}) - k_3 \overline{U'_{31}} \right] / x^*$
...
19	$\left[(U'_{i1} + \overline{U'_{33}} + \overline{U'_{26}}) - k_3 \overline{U'_{32}} \right] / x^*$	38	$\left[(U'_{i2} + \overline{U'_{33}} + \overline{U'_{26}}) - k_3 \overline{U'_{34}} \right] / x^*$	57	$\left[(U'_{i3} + \overline{U'_{35}} + \overline{U'_{26}}) - k_3 \overline{U'_{33}} \right] / x^*$

Приведем обобщенное определение правил вывода уравнений избыточных измерений крутизны преобразования для восьмой разновидности третьей группы комбинаторных способов усреднения .

Определение

Вывод уравнений избыточных измерений крутизны преобразования осуществляется путем поочередного вычитания из суммы трех разноименных выходных величин, две из которых получены в результате усреднения, соответственно, нечетных и четных количеств одноименных величин, утроенной (по значению) неповторяющейся выходной величины, полученной путем усреднения нечетных количеств одноименных величин (неусредненной только в четвертом способе), с последующим делением полученной разности на измеряемые величины, — на одну или несколько, сочетанных определенным способом.

Таким образом, третья группа комбинаторных способов усреднения, состоящая из восьми комбинаторных разновидностей, обеспечивает получение ансамбля из 166440 формализованных уравнений избыточных измерений крутизны преобразования.

Выводы

Формализовано описано восемь разновидностей третьей группы комбинаторных способов пространственно-временного усреднения выходных величин, каждая из которых состоит из четырех групп комбинаторных способов.

Установлено, что первая разновидность третьей группы обеспечивает получение 28500 формализованных уравнений избыточных измерений крутизны преобразования с усреднением; вторая — 22800, третья — 22800; четвертая — 18240; пятая — 14592; шестая — 18240; седьмая — 22800, а восьмая — 18468.

Всего восемь разновидностей третьей группы комбинаторных способов пространственно-временного усред-

нения выходных величин обеспечивают получение 166440 неповторяющихся формализованных уравнений избыточных измерений крутизны преобразования с усреднением. Теоретически это дает возможность получить результат избыточных измерений со случайной погрешностью, уменьшенной в 397,8 раза.

Актуальной является задача исследований статистических свойств ансамблей уравнений избыточных измерений крутизны преобразования, выведенных с использованием описанных разновидностей третьей группы комбинаторных способов пространственно-временного усреднения выходных величин.

Литература

1. Кондратов В.Т. Теория избыточных и сверхизбыточных измерений: формализованное описание общих правил вывода уравнений избыточных измерений крутизны преобразования. Сообщение 4 / В. Т. Кондратов // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. — 2013. — № 4. — С. 3-17.

2. Кондратов В.Т. Теория избыточных и сверхизбыточных измерений: формализованное описание первой группы правил вывода уравнений избыточных измерений крутизны преобразования. Сообщение 5 / В. Т. Кондратов // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. — 2013. — № 4. — С. 115-128.

3. Кондратов В.Т. Теория избыточных и сверхизбыточных измерений: формализованное описание второй группы правил вывода уравнений избыточных измерений крутизны преобразования. Сообщение 6 / В. Т. Кондратов // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. — 2013. — № 4. — С. 134-147.

4. Кондратов В.Т. Теория избыточных и сверхизбыточных измерений: формализованное описание третьей группы правил вывода уравнений избыточных измерений крутизны преобразования. Сообщение 7.1 / В. Т. Кондратов // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. — 2014. — № 1. — С. 165-178.

5. Кондратов В.Т. Теория избыточных и сверхизбыточных измерений: формализованное описание третьей группы правил вывода уравнений избыточных измерений крутизны преобразования. Сообщение 7.2 / В. Т. Кондратов // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. — 2014. — № 1. — С. 3-17.

6. Кондратов В.Т. Теория избыточных и сверхизбыточных измерений: формализованное описание третьей группы правил вывода уравнений избыточных измерений крутизны преобразования. Сообщение 7.3 / В. Т. Кондратов // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. — 2014. — № 1. — С. 7-23.

References

1. Kondratov V.T. Teorija izbytochnykh i sverkhizbytochnykh izmerenij: formalizovannoe opisanie obschikh pravil vyvoda uravnenij izbytochnykh izmerenij krutizny preobrazovanij. Soobshhenie 4 / V. T. Kondratov // Vymiruvalna ta obchysluvna tekhnika v tekhnologichnykh protcesakh. — 2013. — № 4. — С. 3-17.

2. Kondratov V.T. Teorija izbytochnykh i sverkhizbytochnykh izmerenij: formalizovannoe opisanie pervoj grupy pravil vyvoda uravnenij izbytochnykh izmerenij krutizny preobrazovanij. Soobshhenie 5 / V. T. Kondratov // Vymiruvalna ta obchysluvna tekhnika v tekhnologichnykh protcesakh. — 2013. — № 4. — С. 115-128.

3. Kondratov V.T. Teorija izbytochnykh i sverkhizbytochnykh izmerenij: formalizovannoe opisanie vtoroj grupy pravil vyvoda uravnenij izbytochnykh izmerenij krutizny preobrazovanij. Soobshhenie 6 / V. T. Kondratov // Vymiruvalna ta obchysluvna tekhnika v tekhnologichnykh protcesakh. — 2013. — № 4. — С. 134-147.

4. Kondratov V.T. Teorija izbytochnykh i sverkhizbytochnykh izmerenij: formalizovannoe opisanie tretej grupy pravil vyvoda uravnenij izbytochnykh izmerenij krutizny preobrazovanij. Soobshhenie 7.1 / V. T. Kondratov // Visnyk Khmelniczkiego nacjonalnogo universitetu. Tekhnichni nauky. — 2014. — № 1. — С. 165-178.

5. Kondratov V.T. Teorija izbytochnykh i sverkhizbytochnykh izmerenij: formalizovannoe opisanie tretej grupy pravil vyvoda uravnenij izbytochnykh izmerenij krutizny preobrazovanij. Soobshhenie 7.2 / V. T. Kondratov // Vymiruvalna ta obchysluvna tekhnika v tekhnologichnykh protcesakh. — 2014. — № 1. — С. 3-17.

6. Kondratov V.T. Teorija izbytochnykh i sverkhizbytochnykh izmerenij: formalizovannoe opisanie tretej grupy pravil vyvoda uravnenij izbytochnykh izmerenij krutizny preobrazovanij. Soobshhenie 7.3 / V. T. Kondratov // Vymiruvalna ta obchysluvna tekhnika v tekhnologichnykh protcesakh. — 2014. — № 1. — С. 7-23.

Рецензія/Peer review : 21.4.2014 р.

Надрукована/Printed : 18.5.2014 р.