

# МЕТОД ИДЕНТИФИКАЦИИ И ЛОКАЛИЗАЦИИ МАСШТАБИРОВАНИЯ В ЦИФРОВОМ ИЗОБРАЖЕНИИ

**Е.А. Трифонова**

Одесский национальный политехнический университет,  
просп. Шевченко, 1, Одесса, 65044, Украина; e-mail: katikkatik@gmail.com

На основании общего подхода, который предоставляет возможность для решения задачи обнаружения несанкционированного вмешательства в цифровой сигнал, предлагается новый метод идентификации и локализации масштабирования в цифровом изображении.

**Ключевые слова:** цифровое изображение, несанкционированное вмешательство, интерполяция, сингулярные числа

## Введение

С развитием цифровых и IT-технологий в целом, а также благодаря разработанному богатому инструментарию различных графических редакторов, добиться реалистичной графической фальсификации стало значительно проще, а значит существенно сложнее стала задача доказательства подлинности и идентификации несанкционированного вмешательства в цифровой сигнал, решение которой во многих областях, таких как судебная экспертиза, медицинская диагностика, военная разведка, электронный документооборот и др. имеет определяющее значение. В связи с этим активно разрабатываются методы детектирования фальсификации цифровых сигналов, основной упор в которых направлен на обнаружение и локализацию основных геометрических преобразований цифрового сигнала. Наибольшее внимание уделено кадрированию как наиболее простому и самому распространенному способу фальсификации.

Следующим по распространенности использования среди преднамеренных геометрических модификаций цифровых сигналов считается масштабирование. Методы детектирования данного типа несанкционированного вмешательства, которые находятся в открытом доступе, не лишены значительных недостатков. Метод, предложенный в [1], осуществляет детектирование исключительно масштабирования, которое было построено на основании линейной или кубической интерполяции, при этом примененное ко всему изображению целиком. В [2–4] проводится исследование нормализованной энергии цифрового сигнала для детектирования масштабирования аналогично предыдущему методу – на ограниченном наборе ядер интерполяции.

Таким образом, актуальной остается проблема не просто детектирования, а построения метода локализации и идентификации масштабирования среди других геометрических преобразований, представляющих собой несанкционированное вмешательство в цифровой сигнал.

## Цель исследования и постановка задачи

В [5] на основе теории возмущений и матричного анализа был разработан общий подход, который предоставляет возможность для решения задачи обнаружения и идентификации несанкционированного вмешательства в цифровой сигнал.

В соответствии с данными основами определены математические параметры, несущие в себе информацию о состоянии, а их возмущения – информацию об изменении состояния цифрового сигнала. Различные способы возмущения (в частности, различные способы несанкционированного вмешательства) цифрового сигнала приводят к различным характерным возмущениям математических параметров, которые сигнализируют о соответствующем возмущающем воздействии.

*Целью* данной работы является проведение анализа математических параметров и их возмущений для установления свойств, характеризующих локацию и способ возмущающего воздействия (несанкционированного вмешательства) на цифровой сигнал.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие *задачи*:

1) Установить свойства, определяющие информационную структуру математических параметров, позволяющие обнаружить несанкционированное вмешательство в цифровой сигнал;

2) Установить свойства, определяющие информационную структуру математических параметров, позволяющие идентифицировать несанкционированное вмешательство в цифровой сигнал.

### Основная часть

Масштабирование цифрового сигнала можно рассматривать как несанкционированное вмешательство, являющееся возмущением, основанным на замещении части основного сигнала (ОС), сигналом (ЗО) с измененными размерами (рис. 1).



**Рис. 1.** Цифровое изображение: а – основной сигнал; б – результирующий сигнал с ЗО

Изменение размера дискретизированного сигнала производится за счет изменения количества элементов, приходящихся на обрабатываемую зону сигнала, и размещение их во времени и в пространстве в соответствии с первоначальной частотой дискретизации. При этом происходит увеличение или уменьшение размеров этого сигнала в зависимости от того, увеличивается или уменьшается количество его элементов. Поэтому процесс изменения количества элементов, составляющих обрабатываемый сигнал, может быть рассмотрен как процедура вторичной дискретизации этого сигнала. Как известно, вторичная дискретизация – это преобразование первичного дискретного сигнала во вторичный дискретный сигнал с использованием промежуточного сглаживания интерполяцией.

Сущность проблемы интерполяции состоит в отыскании значений сигнала в некоторых промежуточных точках между известными его элементами с целью сохранения, а иногда и улучшения качества исходного сигнала при осуществлении преобразований. Поскольку изменение размеров дискретизированного сигнала осуществляется

на основании интерполяции, следовательно, необходимо провести исследование ее влияния на свойства математических параметров для решения задачи обнаружения и идентификации данного типа несанкционированного вмешательства.

### **Влияние интерполяции, используемой для изменения размера, на сингулярные числа блоков матрицы цифрового сигнала**

Интерполянт чаще всего ищут в виде свертки дискретного сигнала с ядром интерполяции. Наиболее распространенными и реализованными для использования являются следующие ядра интерполяции:

- прямоугольное ядро;
- треугольное ядро;
- кубическое ядро;
- ядра Ланцоша.

После применения любого ядра интерполяции для изменения размеров исходного цифрового сигнала будем рассматривать, аналогично случаю сжатия, два возможных способа получения сигнала: частичное интерполирование, которое не предполагает округление и введения во множество допустимых значений элементов интерполянта, в отличие от полного интерполирования.

Построение интерполянта в условиях отсутствия информации о ядре интерполирования и коэффициенте масштабирования является необратимой процедурой для исходного цифрового сигнала и приводит к некоторым закономерным особенностям сингулярных чисел (СНЧ) блоков, полученных после предварительного стандартного разбиения матриц цифрового сигнала.

Для иллюстрации этих особенностей в среде *MathWorks* MATLAB был проведен вычислительный эксперимент, в котором обработке подвергались различные цифровые сигналы, для которых были применены различные алгоритмы интерполяции.

Согласно ранее проведенному эксперименту [5], лишь малая часть общего числа блоков (ОЧБ) матриц, соответствующих цифровым изображениям и цифровым аудио, хранимым без потерь, имеет нулевые СНЧ.

Пусть цифровой сигнал подвергся частичной интерполяции, то есть после применения некоторого алгоритма интерполирования с целью изменения размеров цифрового сигнала не проведены округления и введения во множество допустимых значений. Как показывает результат проведенного эксперимента, у полученных матриц цифровых сигналов все блоки содержат нулевые СНЧ. Такая ситуация закономерна, поскольку в результате применения любого алгоритма интерполирования элементы интерполянта представляют собой линейные комбинации исходных значений матрицы для сохранения того же самого значения ранга матрицы при увеличении ее размера.

Таким образом, проведенный вычислительный эксперимент для анализа СНЧ блоков цифровых сигналов показал, что количество нулевых СНЧ блоков является свойством, которое предоставляет возможность различать, а именно локализовать, блоки цифрового сигнала исходного и подвергнутого интерполяции.

### **Восстановление влияния частичной интерполяции на сингулярные числа блоков матрицы цифрового сигнала**

Пусть исходный цифровой сигнал подвергся частичной интерполяции, но в результате сохранения значения его отсчетов неизбежно, для соответствия определенному формату, будут округлены и введены в определенный диапазон, то есть будет осуществлена полная интерполяция.

Несмотря на то, что операция округления, применимая к значениям цифрового сигнала, представляет собой незначительное возмущение матрицы, и СНЧ являются нечувствительными к возмущающим воздействиям, но значения СНЧ станут все же ненулевыми. Поэтому для отличия исходного от цифрового сигнала, полученного в результате интерполяции, имеет смысл анализировать матрицу, соответствующую частично интерполированной.

Пусть для некоторого блока матрицы  $A$  размером  $8 \times 8$ , например, цифрового изображения, проведена процедура частичной интерполяции с некоторым интерполяционным ядром для масштабирования в  $k$  раз. Получена матрица  $I$  размером  $8k \times 8k$ . Тогда матрица после полной интерполяции  $II$  такая что

$$I = II + \Delta, \quad (1)$$

где  $\Delta$  — действительная матрица  $8k \times 8k$ , значения которой из  $[-0.5; 0.5]$ , т.е.

$$\max |II - I| \leq 0.5. \quad (2)$$

Рассмотрим сингулярное разложение  $I$

$$I = U \Sigma V^T = \sum_{i=1}^{8k} \sigma_i u_i v_i^T, \quad (3)$$

где

$U$  и  $V$  — ортогональные матрицы левых и правых сингулярных векторов соответственно,

$\Sigma$  — диагональная матрица СНЧ [6].

Поскольку матрица получена в результате частичного интерполирования, то содержит нулевые СНЧ. Тогда вектора левого и правого сингулярных базисов, соответствующие нулевым СНЧ, не вносят своего вклада при построении матрицы  $I$ :

$$I = \sum_{i=1}^{8k-r} \sigma_i u_i v_i^T, \quad (4)$$

где  $r$  — количество нулевых СНЧ.

Сингулярное разложение матрицы  $II$ , полученной после полного интерполирования, не содержит нулевых СНЧ, все вектора правого и левого сингулярных базисов вносят свой вклад в формирование матрицы  $II$

$$II = \overline{U} \overline{\Sigma} \overline{V}^T = \sum_{i=1}^{8k} \overline{\sigma}_i \overline{u}_i \overline{v}_i^T. \quad (5)$$

Тогда неравенство (2), учитывая (4) и (5) можно представить

$$\max \left| \sum_{i=1}^{8k} \overline{\sigma}_i \overline{u}_i \overline{v}_i^T - \sum_{i=1}^{8k-r} \sigma_i u_i v_i^T \right| \leq 0.5. \quad (6)$$

Для выяснения влияния округления на изменение сингулярного спектра и изменения левого (правого) сингулярного базиса в среде *MathWorks* MATLAB был проведен вычислительный эксперимент. Рассмотрению подвергались левые (правые) сингулярные базисы матриц  $I$  и  $II$ , полученные в результате частичной и полной

интерполяции  $U$  и  $\bar{U}$ . Для определения изменения вычислен косинус угла между советующими векторами  $U$  и  $\bar{U}$ .

Согласно результатам эксперимента, изменение после округления претерпевают сингулярные вектора, соответствующие нулевым СНЧ. Остальные вектора остаются без изменений, составляя

$$\cos(u_i, \bar{u}_i) = 1, \quad i = [1; 8k],$$

лишь в редких случаях образуя

$$\cos(u_i, \bar{u}_i) = -1, \quad i = [1; 8k].$$

Сингулярный спектр в результате округления больше не содержит нулевых значений. Следовательно, неравенство (6), можно представить в следующем виде:

$$\max_{i=8k-r+1}^{8k} \left| \sum \sigma_i u_i v_i \right| \leq 0.5. \quad (7)$$

На основании полученного неравенства можно определить максимальное количество СНЧ, обнуление которых не приводит к изменению матрицы, полученной в результате полной интерполяции.

Основные шаги метода определения максимального количества нулевых сингулярных чисел:

1) Построение для блока размером  $n \times n$  сингулярного разложения матрицы  $H = \bar{U} \bar{\Sigma} \bar{V}^T$ ,  $t = n$ .

2) Предположение, что  $t$ -е СНЧ не является нулевым вследствие округления.

3) Обнуление  $t$ -го СНЧ, т.е.  $\sigma_t = 0$ .

4) Вычисление  $\Delta = \max_{i=t}^n \left| \sum \sigma_i u_i v_i \right|$ .

5) Сравнение:

*если*  $\Delta \leq 0.5$ ,

*то*  $t = t - 1$  и переход на шаг 2,

*иначе*  $t$  — максимальное количество нулевых СНЧ.

Рассмотрим матрицу  $A$  изображения размером  $64 \times 64$  (рис. 2), которая не содержит нулевых СНЧ. В результате частичного интерполирования получим действительную матрицу  $I$  изображения размером  $128 \times 128$ . Она содержит 64 нулевых СНЧ. После применения полного интерполирования матрица  $II$  (изображение на рис. 3) не содержит ни одного нулевого СНЧ.



**Рис. 2.** Тестируемое цифровое изображение  $64 \times 64$  пикселя

Для определения максимального количества нулевых СНЧ воспользуемся методом, предложенным выше. Результаты всех шагов представлены в таблице 1. На каждом шаге последовательно обнулялось  $\sigma_t$ , значение сингулярного спектра и вычислялось  $\Delta$ .

**Таблица 1.**  
Результаты работы метода определения максимального количества нулевых СНЧ

$t$	$\Delta$	$t$	$\Delta$	$t$	$\Delta$	$t$	$\Delta$	$t$	$\Delta$	$t$	$\Delta$	$t$	$\Delta$
1	0.0009	21	0.1112	41	0.2900	61	0.4642	81	2.9928	101	15.2839	121	67.8800
2	0.0034	22	0.1070	42	0.2907	62	0.4632	82	3.0628	102	15.6700	122	81.2210
3	0.0078	23	0.1095	43	0.2906	63	0.4644	83	3.1125	103	17.5803	123	86.0424
4	0.0079	24	0.1256	44	0.2942	64	0.4801	84	3.5059	104	21.6161	124	95.3361
5	0.0117	25	0.1350	45	0.3080	65	0.5049	85	4.3512	105	19.5070	125	101.383
6	0.0192	26	0.1335	46	0.3088	66	0.5067	86	4.2971	106	20.2455	126	101.047
7	0.0252	27	0.1337	47	0.3090	67	0.4998	87	4.3563	107	22.1476	127	115.119
8	0.0340	28	0.1388	48	0.3253	68	0.6279	88	6.2148	108	23.1458	128	164.000
9	0.0365	29	0.1742	49	0.3577	69	0.6718	89	6.2961	109	24.6010		
10	0.0367	30	0.1732	50	0.3580	70	0.7379	90	7.5489	110	25.8038		
11	0.0462	31	0.1702	51	0.3779	71	1.0105	91	8.4585	111	34.5827		
12	0.0601	32	0.1985	52	0.3741	72	1.2732	92	9.1461	112	34.6749		
13	0.0566	33	0.2156	53	0.3833	73	1.2855	93	11.2848	113	34.1513		
14	0.0608	34	0.2021	54	0.3974	74	1.5047	94	12.0659	114	39.0169		
15	0.0660	35	0.2145	55	0.3994	75	1.5215	95	12.1474	115	40.5433		
16	0.0685	36	0.2785	56	0.4033	76	1.8387	96	13.2470	116	47.3842		
17	0.0797	37	0.2788	57	0.4336	77	1.8932	97	13.2246	117	55.4794		
18	0.0828	38	0.2627	58	0.4396	78	1.9767	98	13.4397	118	58.8119		
19	0.0868	39	0.2846	59	0.4238	79	2.5708	99	13.9699	119	59.2001		
20	0.1051	40	0.3022	60	0.4680	80	2.8014	100	14.1332	120	59.2362		

При обнулении  $\sigma_{65}$  значение  $\Delta > 0.5$ , являющееся сигналом, что обнуление  $\sigma_{65}$  приводит к изменению исследуемой матрицы. Следовательно, максимальное количество нулевых СНЧ для данной матрицы 64, что совпадает с количеством нулевых СНЧ данной матрицы, полученной при частичной интерполяции.



**Рис. 3.** Изображение  $128 \times 128$ , полученное в результате полной интерполяции

**Замечание.** Необходимо подчеркнуть особенности, связанные с применением интерполяции, возникающие в частотной области.

Рассмотрим матрицу изображения (рис. 2), но для наглядности только ее часть. Построим соответствующие матрицы с помощью частичной билинейной интерполяции и полной интерполяции. Для каждой из них определим их частотное представление.

Для матрицы частичной интерполяции характерно возникновение нулевых строк и нулевых столбцов, образующих так называемую решетку, которая становится регулярной в случаях увеличения коэффициента масштабирования (табл. 2), и совершенно пропадает для матрицы полной интерполяции (табл. 3), не оставляя даже намека, по сравнению с матрицей нулевых СНЧ блоков (МНСЧБ), на применение несанкционированного вмешательства.

### **Исследование свойств СНЧ блоков, полученных при различных способах разбиения цифрового сигнала, подвергшегося интерполяции с целью изменения размеров**

На основании проведенных выше исследований установлено, что количество нулевых СНЧ является свойством, которое локализует и сигнализирует о применении несанкционированного вмешательства.

Для идентификации несанкционированного вмешательства, основанного на интерполяции с целью изменения размеров цифрового сигнала, необходимо установить отличительные свойства, определяющие информационную структуру математических параметров.

Рассмотрим блок матрицы  $A$  размером  $64 \times 64$ . После применения интерполяции, например, с ядром Ланцоша получена матрица размером  $256 \times 256$  (рис. 4(а)). Для матрицы применена последовательно разбивка на блоки  $8 \times 8$ ,  $16 \times 16$ ,  $32 \times 32$ , и построены соответствующие МНСЧБ (рис. 4(б-г)), каждый элемент которой, определялся как максимальное количество нулевых СНЧ блока, на основании метода, полученного выше.



**а**





**Таблица 2.**

Частотное представление матрицы цифрового изображения, полученной в результате частичной интерполяции

0.0573984	-0.0018369	-0.3002841	0.1541174	0.1445389	-0.2144409	1.672219	-2.00E-14	-3.0253353	0.7188361	-0.9464867	-2.1685964	10.75758	0.2333964	-60.076537	472.75
0.0010706	-0.1200685	0.0052254	0.8229028	-0.1086945	-1.1688831	0.2826934	3.05E-15	-0.5114415	3.9182606	0.7117659	-11.579122	-0.1871969	15.256112	-1.1205079	-13.641808
-0.0014926	-0.0012384	0.1879083	-0.0518122	-0.5710025	0.0690461	1.7290214	-3.36E-15	-3.1281009	-0.2314524	3.7391058	0.7290536	-6.7317535	0.1573507	1.5622404	-0.413919
-0.0005678	-0.0042237	-0.0317706	-0.0856768	0.1617245	0.4440755	-1.3343298	4.40E-16	2.4140349	-1.4886037	-1.0590236	1.2055639	1.1381701	0.5366702	0.5942956	-1.71587
-0.0011673	-0.0001359	0.01149	-0.0994369	0.1339906	0.2574451	-0.5798022	1.40E-15	1.0489631	-0.8629923	-0.8774131	1.3991832	-0.4116238	0.0172707	1.221782	-0.1971451
0.0011902	0.0048234	0.0201541	-0.0718949	-0.1283018	0.1464145	0.0396038	1.42E-15	-0.0716501	-0.490802	0.8401607	1.0116381	-0.7220128	-0.6128691	-1.2457617	-1.2391708
0.0006027	-0.0003125	0.0236635	-0.013076	-0.0161261	0.0174253	0.0842611	-3.57E-16	-0.152443	-0.0584122	0.1055987	0.1839929	-0.8477365	0.039711	-0.6308598	-0.9843728
-0.0001902	0.0030685	-0.0097331	-0.0134033	0.0163571	0.1148763	-0.1044485	-2.53E-16	0.1889655	-0.3850814	-0.1071115	0.188599	0.3486855	-0.3898933	0.1990773	-0.1346894
6.67E-16	-2.34E-15	-1.69E-15	7.77E-16	2.92E-15	-2.73E-15	-1.33E-15	2.22E-15	-5.55E-16	3.00E-15	7.49E-16	-1.22E-15	3.03E-15	-5.11E-15	-4.00E-15	-7.11E-15
0.0001051	-0.0016961	0.0053799	0.0074085	-0.0090412	-0.0634965	0.0577327	7.81E-16	-0.1044485	0.2128493	0.0592046	-0.1042459	-0.1927318	0.215509	-0.1100377	0.074448
-0.0001798	9.32E-05	-0.0070592	0.0039008	0.0048107	-0.0051983	-0.0251365	-4.60E-16	0.0454763	0.0174253	-0.0315019	-0.0548882	0.2528941	-0.0118464	0.1881961	0.293655
-0.0001818	-0.0007366	-0.0030777	0.0109791	0.0195931	-0.0223591	-0.0060479	-7.28E-16	0.0109418	0.0749509	-0.1283018	-0.1544882	0.1102593	0.0935918	0.1902415	0.189235
8.30E-05	9.66E-06	-0.0008166	0.0070668	-0.0095224	-0.0182961	0.0412053	-9.96E-17	-0.0745475	0.061331	0.0623558	-0.0994369	0.0292532	-0.0012274	-0.0868294	0.0140107
1.58E-05	0.0001179	0.0008868	0.0023916	-0.0045143	-0.0123958	0.0372461	1.00E-15	-0.0673847	0.0415525	0.0295613	-0.0336518	-0.0317706	-0.0149805	-0.016589	0.0478963
1.17E-05	9.75E-06	-0.0014789	0.0004078	0.0044939	-0.0005434	-0.0136077	4.24E-16	0.0246188	0.0018216	-0.0294275	-0.0057378	0.0529802	-0.0012384	-0.0122951	0.0032576
-1.02E-06	0.0001147	-4.99E-06	-0.0007862	0.0001038	0.0011168	-0.0002701	6.98E-16	0.0004886	-0.0037436	-0.00068	0.0110629	0.0001789	-0.014576	0.0010706	0.0130337

Таблица 3.

Частотное представление матрицы цифрового изображения, полученной в результате полной интерполяции

0.6025719	0.6729244	-0.671272	0.0386325	1.0040881	0.0381725	1.6975908	0.4375	-3.40751	0.0185264	-0.718823	-2.216432	11.020629	-0.351422	-60.60318	473.6875
-0.233181	-0.055762	0.50445	0.6452143	0.3993378	-0.8412637	-0.6276938	0.4848859	-0.5141748	4.1514467	0.6259714	-12.510681	0.378684	15.501493	-1.378428	-13.73713
-0.2408	0.0011163	0.8431782	0.3144622	-0.3286613	-0.3735298	1.8155516	0.1774259	-3.1593948	-0.3909813	3.893537	0.54161	-6.945363	0.1306119	1.1933141	0.047292
-0.531184	-0.123297	0.1291306	-0.3653816	-0.1350312	0.8996655	-1.6551975	-0.0999273	2.4913774	-1.3788598	-0.9114939	1.2048759	1.0982676	0.6192826	0.9617878	-2.110194
-0.247604	0.3560922	-0.17094	-0.1584709	-0.0681466	0.2441448	0.0884707	-0.1971451	0.8559373	-1.0540189	-0.8909929	1.6780777	-0.54161	0.1158911	1.3521073	-0.197145
0.22232	0.0139676	-0.096511	-0.2225949	-0.1404607	-0.0185959	-0.0157446	-0.1204595	-0.0920755	-0.0162109	0.7539069	0.988077	-0.516591	-0.642712	-1.663585	-1.787157
0.3749095	0.084709	0.00968	0.0427323	-0.0232246	-0.1098731	0.4936457	0.0071426	-0.5160329	-0.0394366	0.1665789	0.2094686	-0.968871	-0.225004	-1.209394	-0.968903
0.1586997	0.0106678	-0.139418	-0.0841124	-0.08816	0.5152759	-0.0102481	0.0730244	-0.0368472	-0.7832067	0.060161	0.2637561	0.6813575	-0.882453	0.2712688	0.0295308
0.0947235	-0.080968	-0.141601	0.1294956	0.2165275	-0.124274	-0.2883073	0.0625	0.324122	0.0390048	-0.3009234	-0.1493097	0.2136236	0.2336744	-0.077306	-0.1875
-0.006937	0.0390631	0.0658861	-0.0091681	0.0251503	-0.381189	0.1351185	0.0351431	-0.165502	0.3567846	0.197395	0.2207633	-0.784308	0.2200741	-0.129187	0.3413374
-0.203936	-0.121451	0.0001792	0.0117023	0.0139302	-0.0760483	-0.4008396	0.0359082	0.4136189	-0.0732614	-0.0405295	-0.130843	0.4606781	0.3635143	0.9109275	0.4102956
-0.166105	-0.057053	0.1938568	0.0795813	-0.0561744	0.1155595	0.0034545	0.0448345	0.063764	-0.1331754	-0.1900049	-0.4841156	-0.113678	0.6470671	1.092487	0.5994663
-0.006171	-0.088429	0.2095927	-0.1780777	0.0586532	0.2298089	-0.4026556	0.0140107	0.1208644	0.1004015	0.1993844	-0.2834709	0.0408545	-0.157298	-0.413398	0.0140107
0.029885	0.0782993	0.0449902	-0.115665	0.2622017	0.0583888	-0.1997474	-0.0602782	0.138849	0.1354951	-0.2884042	-0.0553953	-0.243637	-0.142158	-0.241123	0.4456686
-0.1091614	0.0827765	0.2231567	-0.325179	-0.514774	0.4107954	0.2617017	-0.1185522	-0.0942768	-0.2300236	0.172168	0.3087404	0.4302423	-0.212272	0.1790756	0.0048782
-0.060834	-0.298209	0.1052355	0.3139758	-0.2019511	-0.1392752	0.1492218	-0.0971006	-0.034395	0.0396066	0.1603446	0.1918304	-0.348119	0.1369295	0.288342	-0.019337

Полученные МНСЧБ, не зависимо от алгоритма интерполяции, коэффициента масштабирования и способа построения разбиения на блоки, характеризуются одинаковой информационной структурой. Элементы МНСЧБ последней и первой строки, последнего и первого столбца всегда принимают значения, большие по сравнению с остальными элементами, образуя пограничный контур.

### **Метод обнаружения возмущения цифрового сигнала, основанного на интерполяции, используемой для изменения размера цифрового сигнала**

На основании полученных результатов построим практический метод обнаружения и идентификации несанкционированного вмешательства в цифровой сигнал возмущением, основанным на интерполяции, которая используется для изменения размера цифрового сигнала. Рассмотрим цифровые сигналы, полученные современными цифровыми фотокамерами, диктофонами и др. Среди них как сигналы с измененными размерами, полученными в результате интерполяции, так и не подвергшиеся масштабированию. Пусть часть ОС, заменяется ЗО с измененными размерами (для большей наглядности получаемых ниже выводов никакая последующая обработка сигнала не производится). Такое возмущение цифрового сигнала, основанное на интерполяции, пример которого на основе изображения (рис. 5(а)) демонстрирует несанкционированное вмешательство, представлено на (рис. 5(б)), сохраняется без потерь. Графическое представление МНСЧБ результирующего цифрового изображения наглядно демонстрирует подобласти несанкционированного вмешательства данного типа при разбиении на блоки  $16 \times 16$  (рис. 5(в)) и при разбиении на  $32 \times 32$  (рис. 5(г)).

Таким образом, основные шаги метода, обнаружения и идентификации несанкционированного вмешательства интерполяцией с целью изменения размеров, следующие:

- 1) Построение матрицы цифрового сигнала.
- 2) Разбиение полученной матрицы стандартным образом на блоки  $8 \times 8$ .
- 3) Построение для  $I$  МНСЧБ  $M$ , на основании метода определения максимального количества нулевых СНЧ.
- 4) Обнаружение: выделение в  $M$  прямоугольных областей, таких что:
  - $O_1, O_2, \dots, O_m$  — большинство элементов, которых имеют нулевое значение;
  - $Z_1, Z_2, \dots, Z_p$  — большинство элементов, которых имеют ненулевое значение.
- 5) Идентификация:
  - $O_1, O_2, \dots, O_m$  — являются результатом «copy-paste» из цифрового сигнала;
  - области из  $Z_1, Z_2, \dots, Z_p$ , которые содержат пограничный контур, являются результатом несанкционированного вмешательства интерполяцией с целью изменения размеров.



основании которого осуществляется локализация, а наличие пограничного контура идентифицирует данный тип несанкционированного вмешательства. Результатом проделанной работы стало создание практического метода для обнаружения и идентификации несанкционированного вмешательства, основанного на интерполяции с целью изменения размеров цифрового сигнала.

### Список литературы

1. Gallagher, A.C. Detection of Linear and Cubic Interpolation in JPEG Compressed Images / A.C. Gallagher // Proceedings of the 2<sup>nd</sup> Canadian conference on Computer and Robot Vision, May 9–11, 2005. — 2005. — PP. 65–72.
2. Feng, X. An energy-based method for the forensic detection of re-sampled images / X. Feng, G. Doërr, I.J. Cox // 2011 IEEE International Conference on Multimedia and Expo (ICME), July 11–15, Barcelona, Spain. — 2011. — PP. 1–6.
3. Uccheddu, F. Detection of Resampled Images: Performance Analysis and Practical Challenges / F. Uccheddu, *et al.* // Proceedings of the 18<sup>th</sup> European Signal Processing Conference (EUSIPCO-2010), August 23–27, 2010. — 2010. — PP. 1675–1679.
4. Yamasaki, T. Detecting Resized JPEG Images by Analyzing High Frequency Elements in DCT Coefficients / T. Yamasaki, T. Matsunami, K. Aizawa // 2010 Sixth International Conference on Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing, October 15–17, Darmstadt, Germany. — 2010. — PP. 567–570
5. Кобозева, А.А. Матричный анализ – основа общего подхода к обнаружению фальсификации цифрового сигнала / А.А. Кобозева, О.В. Рыбальский, Е.А. Трифонова // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. — 2008. — № 8(126), Ч. 1. — С. 62–72.
6. Деммель, Д. Вычислительная линейная алгебра [Текст] : теория и приложения / Д. Деммель; Пер. с англ. Х.Д. Икрамова. — М. : Мир, 2001. — 430 с.

### МЕТОД ЛОКАЛІЗАЦІЇ ТА ІДЕНТИФІКАЦІЇ МАСШТАБУВАННЯ В ЦИФРОВОМУ ЗОБРАЖЕННІ

К.О. Трифонова

Одеський національний політехнічний університет,  
просп. Шевченка, 1, Одеса, 65044, Україна; e-mail: katikkatik@gmail.com

На підставі загального підходу, який надає можливість для вирішення задачі виявлення та ідентифікації несанкціонованого втручання в цифровий сигнал, пропонується новий метод локалізації і ідентифікації масштабування в цифровому зображенні.

**Ключові слова:** несанкціоноване втручання, інтерполяція, сингулярні числа

### METHOD OF LOCATION AND IDENTIFICATION SCALING IN DIGITAL IMAGE

Ekaterina A. Trifonova

Odessa National Polytechnic University,  
1 Shevchenko Ave., Odessa, 65044, Ukraine; e-mail: katikkatik@gmail.com

In this paper, based on a common approach, which provides an opportunity to address the problem of detection and identification of digital signal tampering, a new method for localization and identification of scale in a digital image is proposed.

**Keywords:** unauthorized alteration, interpolation, the singular values