

ФОРМИРОВАНИЕ ОБРАЗОВ ОШИБОК ДЛЯ ДЕКОДИРОВАНИЯ ИТЕРАТИВНЫХ КОДОВ

С.Х. ЖЭНЬ, И.М. ЧЭНЬ, В.К. КОНОПЕЛЬКО, В.Ю. ЦВЕТКОВ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Республика Беларусь

Поступила в редакцию 28 февраля 2022

Аннотация. Рассматривается формирование библиотек образов ошибок при двумерном кодировании информации на основе анализа известных библиотек образов ошибок. В статье показано, что образы ошибок можно разделять на три подмножества: нетранспонированные, транспонированные и транспонированные сами в себя.

Ключевые слова: формирование образов ошибок, транспонированные образы, нетранспонированные образы, транспонированные образы сами в себя.

Введение

Двумерное (итеративное) кодирование применяется для борьбы с ошибками, возникающими при передаче, обработке и хранении информации в радиотехнических системах, инфокоммуникационных сетях [1, 2]. При двумерном кодировании кодовое слово представляется в виде таблицы и кодируется по строкам и столбцам соответствующими кодами $C_1(n_1, k_1, d_1)$ и $C_2(n_2, k_2, d_2)$, где n – длина кода, k – число информационных символов, $d = d_1 \cdot d_2 \geq 2t + 1$ – кодовое расстояние кода произведения, где t – кратность корректируемых ошибок в таблице данных [3]. Местоположение ошибок в кодовой матрице представляется образом ошибок – бинарной матрицей, в которой единичные элементы соответствуют ошибочным символам [4].

Для формирования библиотеки образов ошибок декодировании итеративных кодов в [5] предложен ранговый метод, основанный на синтезе исходного множества всех возможных матриц с заданным числом единиц, определяющим кратность ошибок, и прореживании исходного множества с помощью четырех параметров минимизации, учитывающих ранг и распределение единиц в строках и столбцах исходной матрицы. Из-за большого объема исходного множества и числа операций по его минимизации ранговый метод имеет высокую временную и пространственную сложность. Позиционный подход к формированию библиотеки образов ошибок [6], использующий меньший размер исходного множества и упрощенные условия минимизации, не позволяет существенно снизить вычислительную сложность.

Ниже рассматривается формирование библиотек образов ошибок на основе анализа известных библиотек.

Анализ известных библиотек образов ошибок

В [5, 6] исследованы методы формирования библиотек образов ошибок, основанные на обработке таблиц размерности $t \times t$, преобразованных в одномерные векторы длины, распределение этих векторов по группам, классам, типичным и нетипичным образам. Это позволяет проводить поиск образов ошибок, устранять избыточные, формировать отличающиеся друг от друга образы. Благодаря этому существенно сокращается время необходимое на проведение соответствующего анализа. Однако уже для $t \geq 4 \div 8$ время вычисления образов составляет десятки минут и часов и стремительно растет с дальнейшим увеличением кратности

ошибок. При применении позиционного и рангового методов наблюдаются высокие временные затраты для нахождения библиотек ошибок (табл. 1).

Табл. 1. Преобразованная библиотека образов для $t=4$ из [5]

Нетранспонированная (A) ↔ Транспонированная (A ^T)																																																																						
<table border="1" style="border-collapse: collapse; width: 40px; height: 40px;"> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> <p>T4-01</p>	1	1	1	1													↔	<table border="1" style="border-collapse: collapse; width: 40px; height: 40px;"> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> <p>T4-12</p>	1				1				1				1				↔	<table border="1" style="border-collapse: collapse; width: 40px; height: 40px;"> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> <p>T4-03</p>	1	1	1		1												↔	<table border="1" style="border-collapse: collapse; width: 40px; height: 40px;"> <tr><td>1</td><td>1</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> <p>T4-07</p>	1	1			1				1							
1	1	1	1																																																																			
1																																																																						
1																																																																						
1																																																																						
1																																																																						
1	1	1																																																																				
1																																																																						
1	1																																																																					
1																																																																						
1																																																																						
<table border="1" style="border-collapse: collapse; width: 40px; height: 40px;"> <tr><td>1</td><td>1</td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>1</td><td>1</td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> <p>T4-04</p>	1	1				1	1										↔	<table border="1" style="border-collapse: collapse; width: 40px; height: 40px;"> <tr><td>1</td><td>1</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>1</td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> <p>T4-08</p>	1	1			1					1							↔	<table border="1" style="border-collapse: collapse; width: 40px; height: 40px;"> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td>1</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> <p>T4-05</p>	1	1	1					1									↔	<table border="1" style="border-collapse: collapse; width: 40px; height: 40px;"> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>1</td><td></td><td></td></tr> </table> <p>T4-13</p>	1				1				1					1		
1	1																																																																					
	1	1																																																																				
1	1																																																																					
1																																																																						
	1																																																																					
1	1	1																																																																				
			1																																																																			
1																																																																						
1																																																																						
1																																																																						
	1																																																																					
<table border="1" style="border-collapse: collapse; width: 40px; height: 40px;"> <tr><td>1</td><td>1</td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> <p>T4-06</p>	1	1					1	1									↔	<table border="1" style="border-collapse: collapse; width: 40px; height: 40px;"> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>1</td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>1</td><td></td><td></td></tr> </table> <p>T4-14</p>	1				1					1				1			↔	<table border="1" style="border-collapse: collapse; width: 40px; height: 40px;"> <tr><td>1</td><td>1</td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td>1</td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td>1</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> <p>T4-11</p>	1	1					1					1					↔	<table border="1" style="border-collapse: collapse; width: 40px; height: 40px;"> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>1</td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td>1</td><td></td></tr> </table> <p>T4-12</p>	1				1					1					1	
1	1																																																																					
		1	1																																																																			
1																																																																						
1																																																																						
	1																																																																					
	1																																																																					
1	1																																																																					
		1																																																																				
			1																																																																			
1																																																																						
1																																																																						
	1																																																																					
		1																																																																				
Транспонированная сама в себя (A = A ^T)																																																																						
<table border="1" style="border-collapse: collapse; width: 40px; height: 40px;"> <tr><td>1</td><td>1</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> <p>T4-02</p>	1	1			1	1											<table border="1" style="border-collapse: collapse; width: 40px; height: 40px;"> <tr><td>1</td><td>1</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td>1</td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> <p>T4-09</p>	1	1			1						1						<table border="1" style="border-collapse: collapse; width: 40px; height: 40px;"> <tr><td></td><td>1</td><td>1</td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> <p>T4-10</p>		1	1		1				1								<table border="1" style="border-collapse: collapse; width: 40px; height: 40px;"> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>1</td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td>1</td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td>1</td></tr> </table> <p>T4-16</p>	1					1					1					1			
1	1																																																																					
1	1																																																																					
1	1																																																																					
1																																																																						
		1																																																																				
	1	1																																																																				
1																																																																						
1																																																																						
1																																																																						
	1																																																																					
		1																																																																				
			1																																																																			

В табл. 2 приведен анализ библиотек образов ошибок для $t=4$ [6].

Табл. 2. Преобразованная библиотека образов для $t=4$ из [6]

Нетранспонированная (A) ↔ Транспонированная (A ^T)																																																																						
<table border="1" style="border-collapse: collapse; width: 40px; height: 40px;"> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> <p>T4-01</p>	1	1	1	1													↔	<table border="1" style="border-collapse: collapse; width: 40px; height: 40px;"> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> <p>T4-03</p>	1				1				1				1				↔	<table border="1" style="border-collapse: collapse; width: 40px; height: 40px;"> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> <p>T4-04</p>	1	1	1		1												↔	<table border="1" style="border-collapse: collapse; width: 40px; height: 40px;"> <tr><td>1</td><td>1</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> <p>T4-08</p>	1	1			1				1							
1	1	1	1																																																																			
1																																																																						
1																																																																						
1																																																																						
1																																																																						
1	1	1																																																																				
1																																																																						
1	1																																																																					
1																																																																						
1																																																																						
<table border="1" style="border-collapse: collapse; width: 40px; height: 40px;"> <tr><td></td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> <p>T4-05</p>		1	1	1	1												↔	<table border="1" style="border-collapse: collapse; width: 40px; height: 40px;"> <tr><td></td><td>1</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> <p>T4-11</p>		1			1				1				1				↔	<table border="1" style="border-collapse: collapse; width: 40px; height: 40px;"> <tr><td>1</td><td>1</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td></td><td>1</td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> <p>T4-06</p>	1	1			1		1										↔	<table border="1" style="border-collapse: collapse; width: 40px; height: 40px;"> <tr><td>1</td><td>1</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>1</td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> <p>T4-10</p>	1	1			1					1						
	1	1	1																																																																			
1																																																																						
	1																																																																					
1																																																																						
1																																																																						
1																																																																						
1	1																																																																					
1		1																																																																				
1	1																																																																					
1																																																																						
	1																																																																					
<table border="1" style="border-collapse: collapse; width: 40px; height: 40px;"> <tr><td>1</td><td>1</td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> <p>T4-07</p>	1	1					1	1									↔	<table border="1" style="border-collapse: collapse; width: 40px; height: 40px;"> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>1</td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>1</td><td></td><td></td></tr> </table> <p>T4-12</p>	1				1					1				1			↔	<table border="1" style="border-collapse: collapse; width: 40px; height: 40px;"> <tr><td>1</td><td>1</td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td>1</td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td>1</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> <p>T4-14</p>	1	1					1					1					↔	<table border="1" style="border-collapse: collapse; width: 40px; height: 40px;"> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>1</td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td>1</td><td></td></tr> </table> <p>T4-15</p>	1				1					1					1	
1	1																																																																					
		1	1																																																																			
1																																																																						
1																																																																						
	1																																																																					
	1																																																																					
1	1																																																																					
		1																																																																				
			1																																																																			
1																																																																						
1																																																																						
	1																																																																					
		1																																																																				
Транспонированная сама в себя (A = A ^T)																																																																						
<table border="1" style="border-collapse: collapse; width: 40px; height: 40px;"> <tr><td>1</td><td>1</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> <p>T4-02</p>	1	1			1	1											<table border="1" style="border-collapse: collapse; width: 40px; height: 40px;"> <tr><td></td><td>1</td><td>1</td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> <p>T4-09</p>		1	1		1				1								<table border="1" style="border-collapse: collapse; width: 40px; height: 40px;"> <tr><td>1</td><td></td><td>1</td><td></td></tr> <tr><td></td><td>1</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> <p>T4-13</p>	1		1			1			1								<table border="1" style="border-collapse: collapse; width: 40px; height: 40px;"> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>1</td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td>1</td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td>1</td></tr> </table> <p>T4-16</p>	1					1					1					1			
1	1																																																																					
1	1																																																																					
	1	1																																																																				
1																																																																						
1																																																																						
1		1																																																																				
	1																																																																					
1																																																																						
1																																																																						
	1																																																																					
		1																																																																				
			1																																																																			

Анализ библиотек [5, 6] образов ошибок кратностью $t \geq 2$ показал, что все эти образы можно разделить на три соответствующие подмножества: транспонированное, нетранспонированное и транспонированное сами в себя. В табл. 1 и 2 представлены библиотеки образов для $t = 4$ разбитые на три подмножества.

Установлено, что при создании библиотек образов ошибок не требуется производить поиск транспонированного подмножества (достаточно протранспонировать вычисленное нетранспонированное подмножество). Это позволит снизить вычислительные затраты на формирование библиотек образов ошибок в два раза. Благодаря использованию образов, которые переходят сами в себя при транспонировании для ошибок кратности $t = 2$ в качестве базового образа достаточно использовать только матрицы $\begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$ и $\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$.

Для уменьшения вычислительной сложности формирования образов ошибок предлагается метод, основанный на итерационном расширении матриц базовых образов ошибок [7]. На рис. 1 приведена структура синтезированного генератора, в которой формирование подмножества образов ошибок производится для каждого предыдущего образа t путем последовательного увеличения размера матрицы образа и кратности ошибок до $t+1$, исключения составляют совпадающие матрицы для $t+1$. В качестве базовой матрицы, не исключенной из рассмотрения, можно выбирать любую из подмножества, которая и будет последующим образом ошибок. Таким образом, выбранное подмножество образов будет базовым для формирования последующих образов ошибок кратности $t+1$ [7].

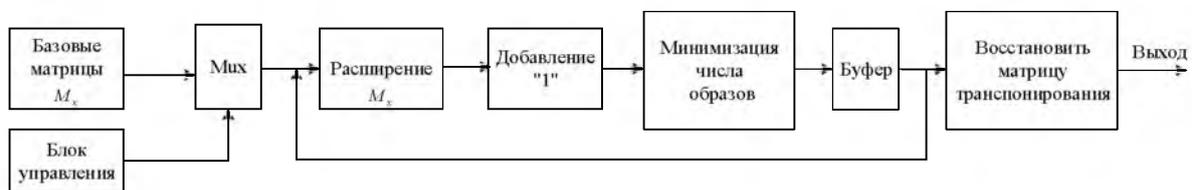


Рис. 1. Структурная схема генератора образов ошибок для итерационного метода

Из этого базового образа можно вычислять образы для $t = 3$ которые в свою очередь будут базовыми при синтезе образов ошибок кратности $t = 4$ и т.д. Это можно представить в виде графа (рис. 2).

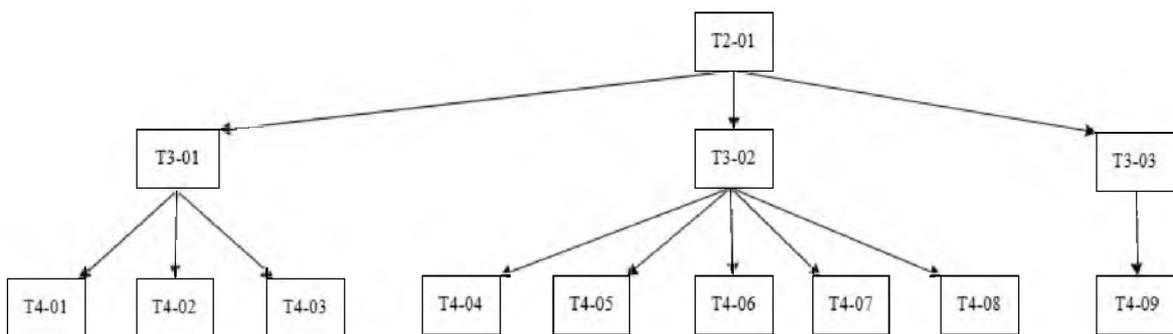


Рис. 2. Граф вычисления нетранспонированных подмножеств библиотек образов ошибок для $t = 2..4$

Предложенный метод отличается от известных рангового и позиционного методов итерационным формированием библиотеки образов ошибок в результате увеличения на каждой итерации размера предыдущей матрицы образа ошибок на единицу и деления образов ошибок на подмножества. В табл. 3 приведены библиотеки образов ошибок для $t = 4$ и их транспонированные множества при использовании предлагаемого решения.

Табл. 3. Результат формирования библиотек образов ошибок при $t=4$

Нетранспонированная (A)				Транспонированная (A ^T)																																																															
<table border="1"><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table> T4-01	1	1	1	1													<table border="1"><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td>1</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table> T4-02	1	1	1					1									<table border="1"><tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td></tr></table> T4-01 ^T	1				1				1				1				<table border="1"><tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td>1</td><td></td><td></td></tr></table> T4-02 ^T	1				1				1					1		
1	1	1	1																																																																
1	1	1																																																																	
			1																																																																
1																																																																			
1																																																																			
1																																																																			
1																																																																			
1																																																																			
1																																																																			
1																																																																			
	1																																																																		
<table border="1"><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td>1</td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table> T4-03	1	1	1				1										<table border="1"><tr><td>1</td><td>1</td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table> T4-04	1	1					1	1									<table border="1"><tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table> T4-03 ^T	1				1				1	1							<table border="1"><tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td>1</td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td>1</td><td></td><td></td></tr></table> T4-04 ^T	1				1					1				1		
1	1	1																																																																	
		1																																																																	
1	1																																																																		
		1	1																																																																
1																																																																			
1																																																																			
1	1																																																																		
1																																																																			
1																																																																			
	1																																																																		
	1																																																																		
<table border="1"><tr><td>1</td><td>1</td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td>1</td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td>1</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table> T4-05	1	1					1					1					<table border="1"><tr><td>1</td><td>1</td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td>1</td><td>1</td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table> T4-06	1	1				1	1										<table border="1"><tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td>1</td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td>1</td><td></td></tr></table> T4-05 ^T	1				1					1					1		<table border="1"><tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td>1</td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table> T4-06 ^T	1				1	1				1						
1	1																																																																		
		1																																																																	
			1																																																																
1	1																																																																		
	1	1																																																																	
1																																																																			
1																																																																			
	1																																																																		
		1																																																																	
1																																																																			
1	1																																																																		
	1																																																																		
Транспонированная сама в себя (A = A ^T)																																																																			
<table border="1"><tr><td>1</td><td>1</td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td>1</td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td>1</td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table> T4-07	1	1					1				1						<table border="1"><tr><td>1</td><td>1</td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td>1</td><td></td></tr><tr><td></td><td>1</td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table> T4-08	1	1					1			1							<table border="1"><tr><td>1</td><td>1</td><td></td><td></td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table> T4-09	1	1			1	1											<table border="1"><tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td>1</td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td>1</td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td>1</td></tr></table> T4-10	1					1					1					1
1	1																																																																		
		1																																																																	
		1																																																																	
1	1																																																																		
		1																																																																	
	1																																																																		
1	1																																																																		
1	1																																																																		
1																																																																			
	1																																																																		
		1																																																																	
			1																																																																

Заключение

Анализ библиотек образов показал, что все образы ошибок известных библиотек можно разделить на три подмножества: нетранспонированные, транспонированные и транспонированные сами в себя. Это позволяет при создании библиотек образов ошибок уменьшить число анализируемых образов в 2 раза.

CLASSIFY ERROR PATTERNS FOR DECODING PRODUCT CODES

X.H. REN, Y.M. CHEN, V.K. KONOPELKO, V.Yu. TSVIATKOU

Abstract. The formation of libraries of error patterns in two-dimensional encoding of information based on the analysis of known libraries of error patterns is considered. The article shows that error patterns can be divided into asymmetric and symmetric, meanwhile the asymmetric patterns conclude two subsets: untransposed and transposed patterns.

Keywords: classification of error patterns, symmetric patterns, asymmetric patterns, untransposed patterns, transposed patterns.

Список литературы

1. Elias P. // In Transactions of the IRE Professional Group on Information Theory. 1954. Vol. 4. P. 29–37.
2. Конопелько В.К. [и др.]. Теория прикладного кодирования. Минск, БГУИР, 2004.
3. Lin. S., Costello D.J. Error Control Coding, 2nd edition. USA, 2004.
4. Смолякова О.Г., Конопелько В.К. // Докл. БГУИР. 2008. С. 19–28.
5. Смолякова О.Г., Конопелько В.К., Аль-Алем Ахмед Саид. // Материалы науч.-техн. конф. «ТСЗИ-2009». 2009. С. 71–72.
6. Конопелько В.К., Липницкий В.А., Спичекова Н.В. // Докл. БГУИР. 2010. №6. С. 127–131.
7. Ren X H., Konopelko V.K. // Материалы науч.-техн. конф. «Кодирование и цифровая обработка сигналов в инфокоммуникациях». Минск: БГУИР. 2020. С. 12–14.