



УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

Ковшаров Антон Павлович

«Исследование зависимости вероятности ошибки  
на блок от спектра графа Таннера для  
МППЧ-кодов»

Научный руководитель:

докт. техн. наук, проф. Кудряшов Борис Давидович

Кафедра КТ

## Оглавление

1. Цели работы
2. Общие понятия
3. Алгоритм подсчета спектра
4. Экспериментальные исследования
5. Выводы

- ▶ Проверить гипотезу зависимости эффективности итеративного декодирования от числа коротких циклов
- ▶ Разработать алгоритм подсчета спектра (числа циклов определенной длины) графа Таннера

Линейный  $(n, k)$  код

$G$  – порождающая матрица

$H$  – проверочная матрица



$G \cdot H^T = 0$  – проверка на четность

МППЧ-код – код с малой плотностью проверок на четность  
(мало единиц в  $H$ )

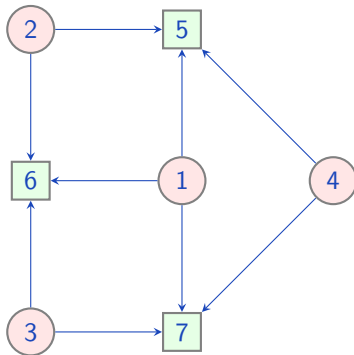
Пример

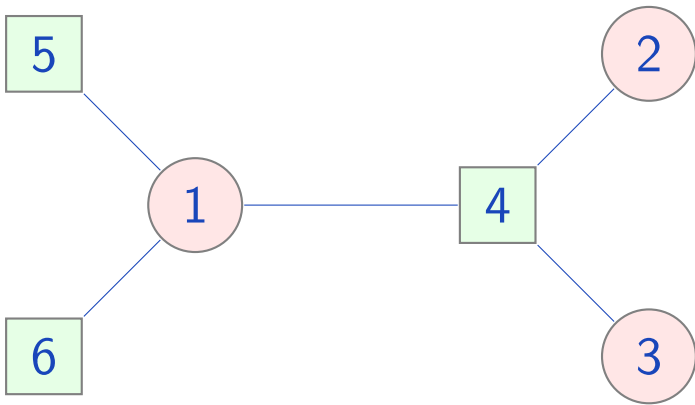
$$G = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

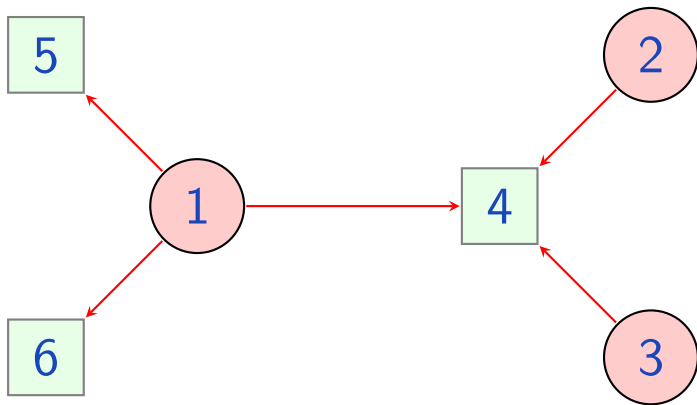
$$H = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

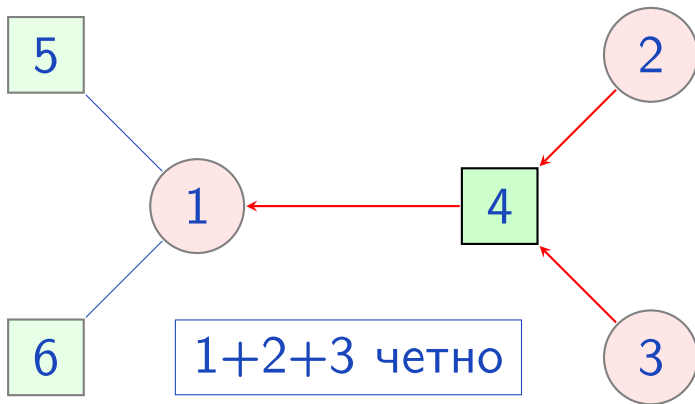
- ▶ Символьный узел – кодовый символ 
- ▶ Проверочный узел – проверка на четность 
- ▶ Линия между если символ состоит в проверке

1	2	3	4	
1	1	0	1	5
1	1	1	0	6
1	0	1	1	7

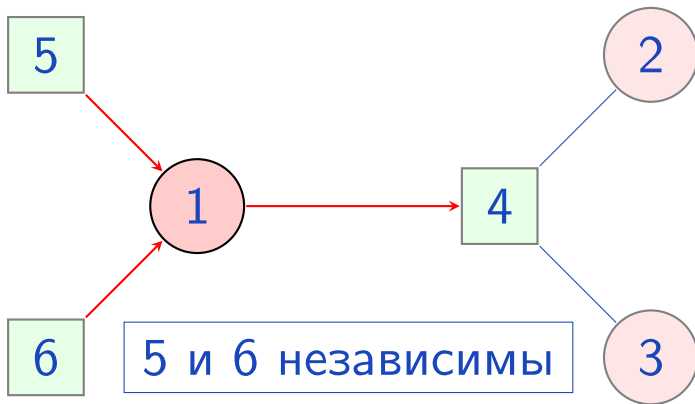


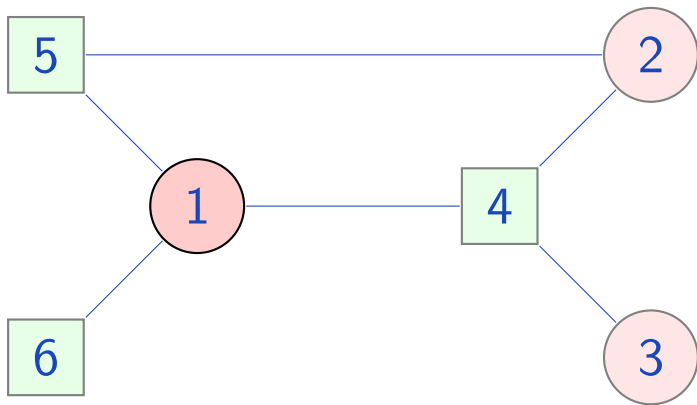


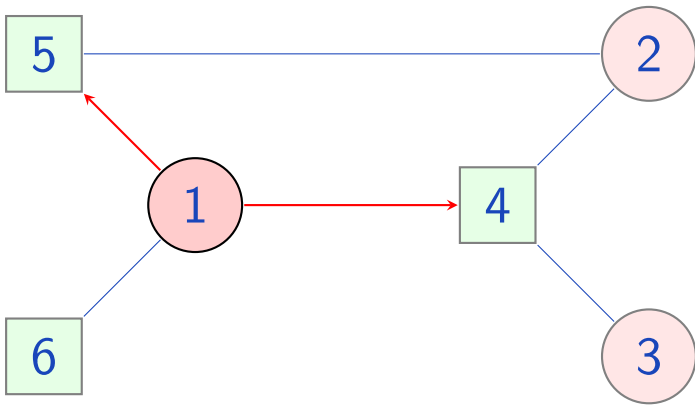


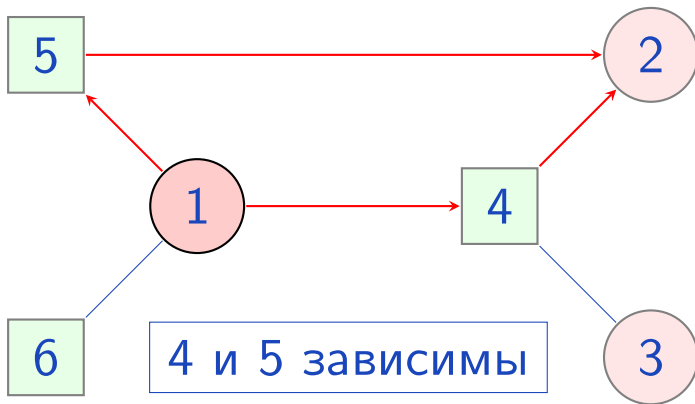


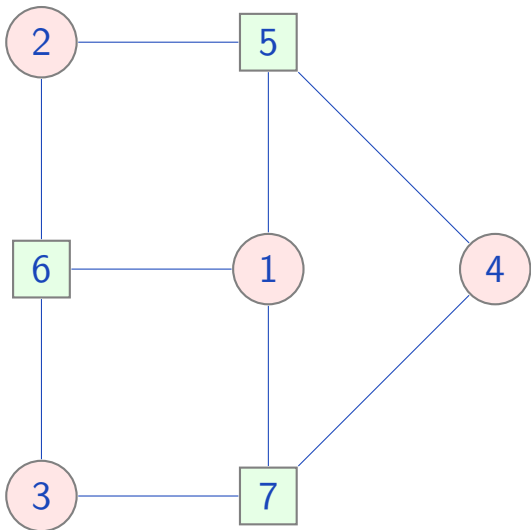




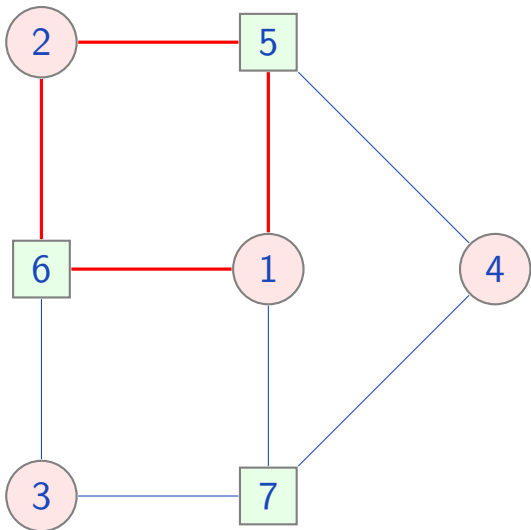




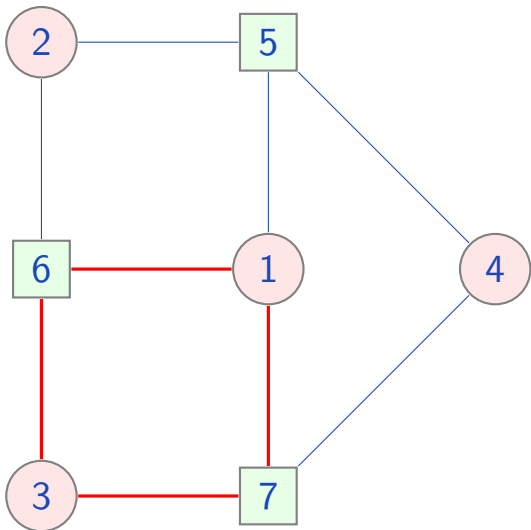




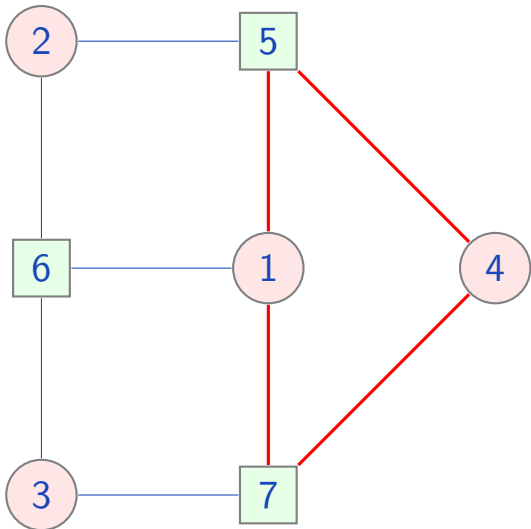
4: 0  
6: 0  
8: 0  
10: 0  
12: 0  
14: 0  
....



4: 1  
6: 0  
8: 0  
10: 0  
12: 0  
14: 0  
....

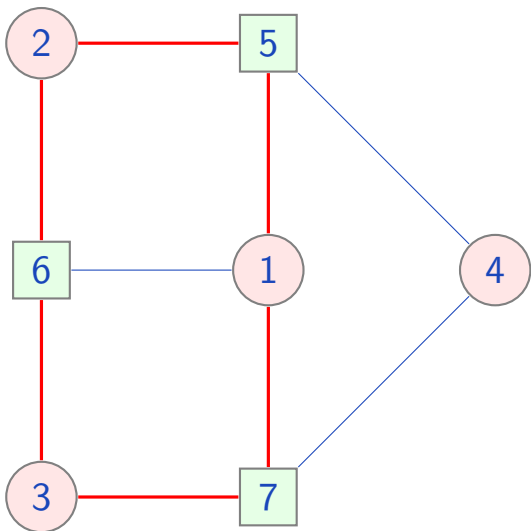


4: 2  
6: 0  
8: 0  
10: 0  
12: 0  
14: 0  
....

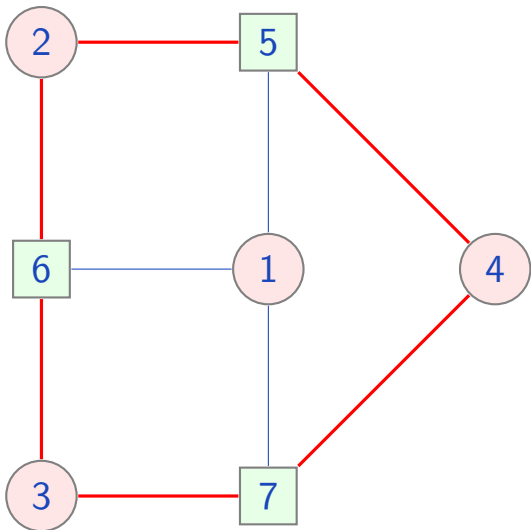


4: 3  
6: 0  
8: 0  
10: 0  
12: 0  
14: 0  
....

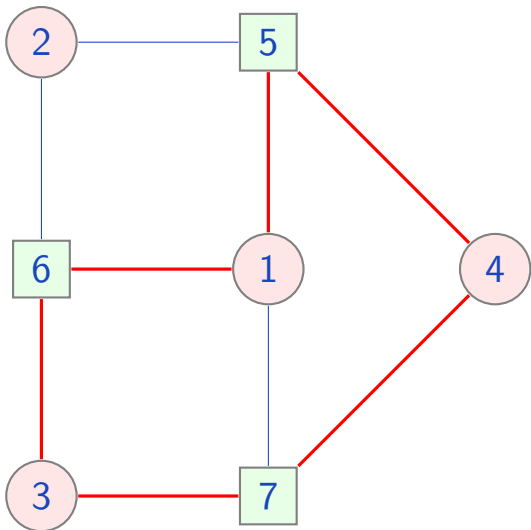




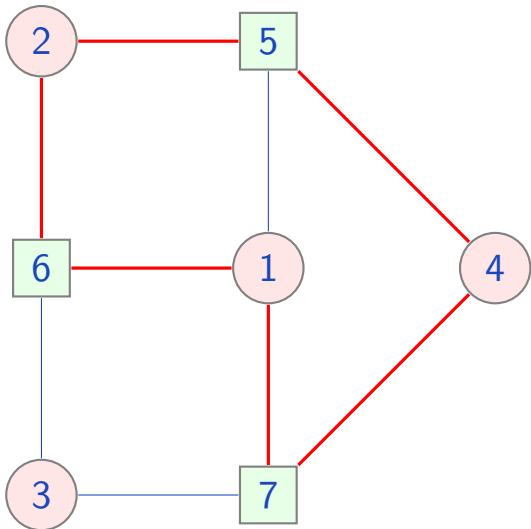
4: 3  
 6: 1  
 8: 0  
 10: 0  
 12: 0  
 14: 0  
 ....



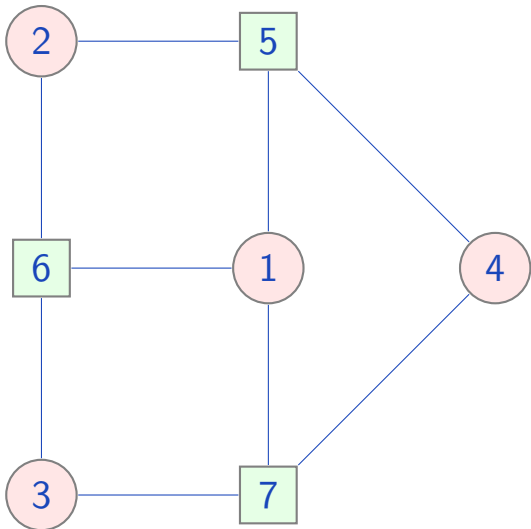
4: 3  
6: 2  
8: 0  
10: 0  
12: 0  
14: 0  
....



4: 3  
6: 3  
8: 0  
10: 0  
12: 0  
14: 0  
....

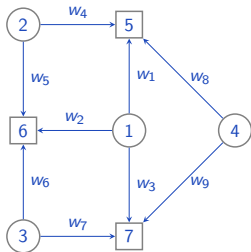


4: 3  
6: 4  
8: 0  
10: 0  
12: 0  
14: 0  
....



4: 3  
6: 4  
8: 6  
10: 12  
12: 29  
14: 48  
....

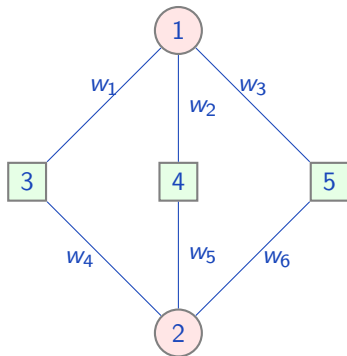
Состояние - направленное ребро  $w_i$



$$A = A_+ A_- = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & \omega_{45} & 0 & 0 & 0 & \omega_{89} \\ 0 & 0 & 0 & \omega_{54} & 0 & 0 & \omega_{67} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \omega_{76} & 0 & \omega_{98} & 0 \\ 0 & \omega_{12} & \omega_{13} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \omega_{89} \\ \omega_{21} & 0 & \omega_{23} & 0 & 0 & 0 & \omega_{67} & 0 & 0 \\ \omega_{21} & 0 & \omega_{23} & \omega_{54} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \omega_{31} & \omega_{32} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \omega_{98} & 0 \\ 0 & \omega_{12} & \omega_{13} & 0 & \omega_{45} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \omega_{31} & \omega_{32} & 0 & 0 & 0 & \omega_{76} & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

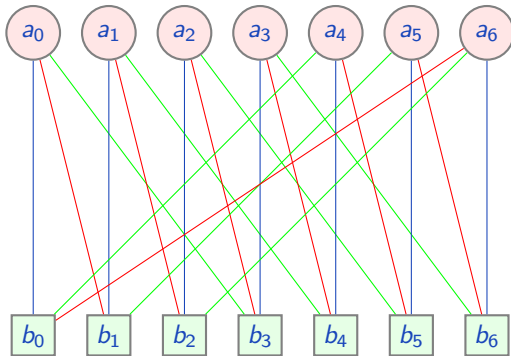
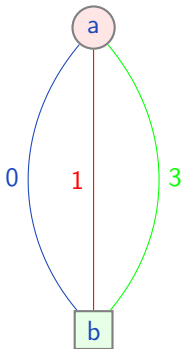
$$a_0^i = (\underbrace{0, 0, \dots, 0}_{i \text{ раз}}, 1, 0, \dots, 0)$$

$$a_{2L}^i = a_0^i \cdot A^L$$



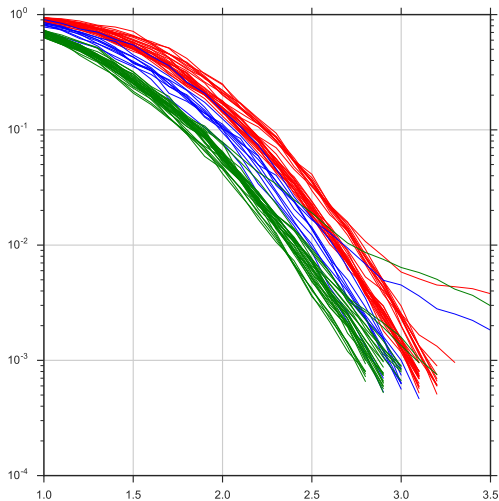
$w_1 w_4 w_5 w_2 w_1 w_4 w_5 w_2$  - 4 раза

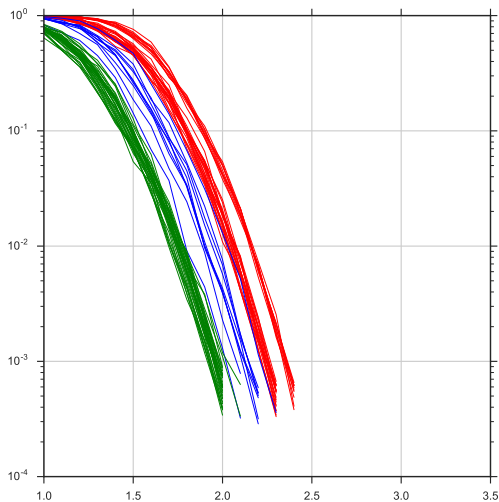
$w_1 w_4 w_5 w_2 w_1 w_4 w_6 w_3$  - 8 раз

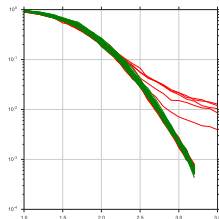
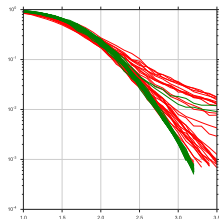
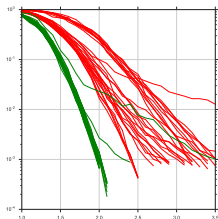
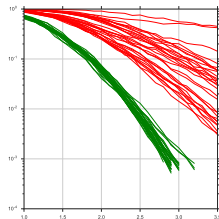
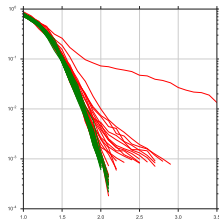
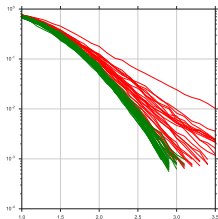


$$O(M \cdot S \cdot E^3)$$









- ▶ Получены экспериментальные доказательства обратной зависимости между количеством коротких циклов и вероятностью ошибки на блок для различных ансамблей кодов
- ▶ Разработан вычислительно эффективный алгоритм подсчета спектра графа Таннера, который может быть использован для ускорения отбора кодов