

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені Ігоря СІКОРСЬКОГО»  
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ФІЗИКО-ТЕХНІЧНИЙ  
ІНСТИТУТ  
Кафедра математичних методів захисту інформації

Комп'ютерний практикум №1  
з курсу  
Методи криптоаналізу 1

Підготували:  
студенти 5 курсу  
групи ФІ-22мн  
*Ковальчук О.М.*  
*Коломієць А.Ю.*

# БАЄСІВСЬКИЙ ПІДХІД В КРИПТОАНАЛІЗІ: ПОБУДОВА І ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕТЕРМІНІСТИЧНОЇ ТА СТОХАСТИЧНОЇ ВИРІШУЮЧИХ ФУНКЦІЙ<sup>2</sup>

## Мета лабораторної роботи

Ознайомлення з принципами баєсівського підходу в криптоаналізі, побудова детерміністичної та стохастичної вирішуючих функцій для моделей схем шифрування та криптоаналіз моделей шифрів за допомогою програмної реалізації, зокрема здійснення порівняльного аналізу вирішуючих функцій.

## Постановка задачі

Реалізувати алгоритми програмно і подати результати побудови детерміністичної та стохастичної вирішуючих функцій у вигляді таблиць. Для цього необхідно:

- 1) порахувати розподіли  $P(C)$  та  $P(M, C)$ ;
- 2) ґрунтуючись на цих розподілах обчислити  $P(M|C)$ ;
- 3) побудова оптимальних детерміністичної та стохастичної вирішуючих функцій зводиться до максимізації  $P(M|C)$ .

Обчислити середні втрати, провести порівняльний аналіз вирішуючих функцій.



*Для варіанту №6*

**Таблиця 3** – Таблиця шифрування.

	$M_0$	$M_1$	$M_2$	$M_3$	$M_4$	$M_5$	$M_6$	$M_7$	$M_8$	$M_9$	$M_{10}$	$M_{11}$	$M_{12}$	$M_{13}$	$M_{14}$	$M_{15}$	$M_{16}$	$M_{17}$	$M_{18}$	$M_{19}$
$K_0$	14	12	1	2	8	17	7	0	9	18	4	19	15	3	13	10	11	6	16	5
$K_1$	13	12	11	0	15	10	5	4	16	17	7	18	19	2	8	1	6	3	14	9
$K_2$	17	12	19	8	11	1	5	0	16	3	15	6	13	10	9	2	18	14	4	7
$K_3$	18	6	7	19	13	0	4	10	9	17	16	14	2	8	1	5	15	12	3	11
$K_4$	6	0	16	14	3	4	11	2	10	18	15	17	5	9	13	19	1	8	7	12
$K_5$	17	9	11	10	7	3	5	8	16	4	18	13	15	0	19	1	14	12	2	6
$K_6$	7	18	15	10	11	8	9	13	1	14	4	2	17	12	3	5	6	19	0	16
$K_7$	11	10	14	19	8	1	4	5	7	16	12	9	0	2	6	17	18	3	15	13
$K_8$	11	7	3	1	19	10	9	6	4	12	0	15	18	14	5	8	13	16	17	2
$K_9$	3	16	15	13	19	18	11	1	9	2	8	10	4	14	6	17	12	5	7	0
$K_{10}$	15	9	3	18	8	10	5	14	6	0	16	12	2	19	13	11	7	4	17	1
$K_{11}$	6	4	19	12	15	17	10	14	3	11	18	8	7	9	2	13	0	1	5	16
$K_{12}$	19	13	18	1	10	3	9	2	17	14	12	7	16	15	0	6	11	4	5	8
$K_{13}$	12	18	3	17	11	15	9	6	14	1	4	13	2	0	16	8	19	7	5	10
$K_{14}$	11	19	18	16	2	12	4	15	1	6	7	5	13	9	17	0	8	3	14	10
$K_{15}$	2	10	4	14	7	19	18	3	15	11	17	0	6	9	5	1	13	12	16	8
$K_{16}$	6	10	3	9	13	7	16	19	5	18	4	17	11	15	8	2	1	14	12	0
$K_{17}$	17	12	7	11	15	13	18	3	0	4	19	9	8	2	16	1	6	10	5	14
$K_{18}$	10	5	9	2	13	19	1	15	6	16	3	18	17	11	8	12	14	4	0	7
$K_{19}$	5	2	18	11	10	17	15	1	12	19	14	0	4	3	7	9	6	8	16	13

*Для варіанту №11*

**Таблиця 4** – Таблиця шифрування.

	$M_0$	$M_1$	$M_2$	$M_3$	$M_4$	$M_5$	$M_6$	$M_7$	$M_8$	$M_9$	$M_{10}$	$M_{11}$	$M_{12}$	$M_{13}$	$M_{14}$	$M_{15}$	$M_{16}$	$M_{17}$	$M_{18}$	$M_{19}$
$K_0$	2	17	3	19	12	4	0	8	1	6	15	14	7	9	10	5	18	16	13	11
$K_1$	18	19	11	16	8	0	5	10	15	7	17	14	1	3	13	12	4	6	2	9
$K_2$	10	12	15	5	13	11	8	2	0	3	17	14	7	1	6	16	18	19	9	4
$K_3$	4	15	8	0	12	9	19	18	1	14	17	16	7	2	6	10	5	11	13	3
$K_4$	15	9	5	1	16	0	8	18	2	17	3	10	4	6	12	14	11	7	19	13
$K_5$	1	7	5	11	19	8	17	18	14	0	15	12	10	6	9	16	2	4	13	3
$K_6$	18	10	13	12	19	1	2	5	14	17	11	9	15	0	6	8	7	3	4	16
$K_7$	3	13	1	14	12	11	2	9	18	10	0	19	5	16	15	4	8	6	7	17
$K_8$	5	9	0	15	10	12	18	13	19	14	3	4	17	11	16	8	6	7	2	1
$K_9$	14	8	12	16	17	2	7	18	6	11	15	13	4	19	9	5	1	0	10	3
$K_{10}$	16	6	0	14	13	15	5	12	11	18	1	2	3	8	9	19	17	10	4	7
$K_{11}$	9	18	4	0	8	13	11	17	5	15	7	10	14	12	3	6	19	16	2	1
$K_{12}$	9	6	19	12	3	15	7	16	14	18	4	0	17	1	13	10	5	2	8	11
$K_{13}$	12	4	9	19	2	18	14	6	0	5	7	8	17	16	11	1	10	3	13	15
$K_{14}$	13	17	19	1	12	8	11	3	16	10	18	15	6	2	0	5	9	4	14	7
$K_{15}$	16	3	15	11	18	8	13	1	4	12	19	2	14	5	10	6	7	9	17	0
$K_{16}$	17	2	13	12	16	3	8	0	7	6	18	1	14	10	15	11	5	19	9	4
$K_{17}$	14	18	12	6	1	8	9	2	17	5	3	7	4	10	13	0	19	11	16	15
$K_{18}$	4	11	19	6	3	16	10	9	14	13	1	7	5	15	18	12	8	0	2	17
$K_{19}$	9	7	12	8	0	10	3	6	14	19	17	4	18	5	2	1	13	11	16	15

## Хід роботи

### *Опис алгоритму побудови детерміністичної вирішуючої функції*

Баєсівською вирішуючою функцією називається така детерміністична вирішуюча функція  $\delta_B$  для якої виконується умова:

$$P(\delta_B|C) = \max_{M \in \mathcal{M}} P(M|C)$$

Баєсівською  $\delta_B$  розв'язувальною функцією називається послідовність відображень:

$$\delta_B = \{\delta_B^{(n)} : Z_m^n \rightarrow Z_m^n, n = 1, 2, \dots\},$$

де  $\forall C$  значення функції  $M = \delta_B^{(n)}(C)$  визначається як таке  $M$ , для якого максимізується ймовірність

$$P(\delta_B^{(n)}(C)/C) = \max_{M \in Z_m^n} P(M/C).$$

.

Детерміністична вирішуюча функція є оптимальною тоді і лише тоді, коли вона є баєсівською. Детерміністична розв'язувальна функція буде оптимальною тоді і тільки тоді, якщо для кожного  $C$  значенням функції  $\delta_B^{(n)}(C)$  буде такий відкритий текст  $M$ , при якому  $P(M, C)$  і  $P(M|C)$  досягають максимального значення, тобто

$$P(\delta_B^{(n)}(C)/C) = \max_{M \in Z^n} P(M/C) = P(\delta_B^{(n)}(C)/C)$$

### *Опис алгоритму побудови стохастичної вирішуючої функції*

Для кожного ШТ  $C_k$  будемо послідовність  $P(M_i | C_k)$ ,  $i = 1, 2, \dots, m^n$ . Для таких  $M_i$ , для яких

$$P(M_i|C_k) = \max_{M'} P(M'|C_k).$$

покладаємо  $\delta_c^{(n)}(C_k, M_i) = \frac{1}{s}$ , де  $s$  – число таких ВТ для даного  $C_k$ , на яких досягається максимум. Іншим елементам  $\delta_c^{(n)}(C_k, M_i) = 0$   $k$ -го рядку матриці (що відповідає ШТ  $C_k$ ) приписуємо значення нуль.

## Опис труднощів, що виникали, та шляхи їх розв'язання

Найбільші труднощі, що виникли під час виконання комп'ютерного практикуму – нестача знань володінням GitHub репозитрієм з терміналу Linux. Але дана перепона була подолана шляхом тренування в інтерактивному веб-середовищі. Також було важко працювати з об'єктами мови програмування Python3 такими, як DataFrame та Arrays. Були неоднозначності, щодо індексування комірок матриці таблиці, що призводили до постійного пошуку помилок у коді в індексації елементів.

## Таблиці ймовірностей $P(M/C)$

### Для варіанту №6

	$M_0$	$M_1$	$M_2$	$M_3$	$M_4$	$M_5$	$M_6$	$M_7$	$M_8$	$M_9$	$M_{10}$	$M_{11}$	$M_{12}$	$M_{13}$	$M_{14}$	$M_{15}$	$M_{16}$	$M_{17}$	$M_{18}$	$M_{19}$
$C_0$	0.0000	0.0016	0.0000	0.0016	0.0000	0.0016	0.0000	0.0112	0.0016	0.0016	0.0016	0.0032	0.0016	0.0032	0.0016	0.0016	0.0016	0.0000	0.0032	0.0032
$C_1$	0.0000	0.0000	0.0096	0.0032	0.0000	0.0032	0.0016	0.0032	0.0032	0.0016	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0016	0.0064	0.0032	0.0016	0.0000	0.0016
$C_2$	0.0096	0.0016	0.0000	0.0112	0.0016	0.0000	0.0000	0.0032	0.0000	0.0016	0.0000	0.0016	0.0048	0.0048	0.0016	0.0032	0.0000	0.0000	0.0016	0.0016
$C_3$	0.0096	0.0000	0.0064	0.0000	0.0016	0.0032	0.0000	0.0032	0.0016	0.0016	0.0016	0.0000	0.0000	0.0112	0.0016	0.0000	0.0000	0.0048	0.0016	0.0000
$C_4$	0.0000	0.0016	0.0016	0.0000	0.0000	0.0016	0.0048	0.0016	0.0016	0.0032	0.0144	0.0000	0.0032	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0048	0.0016	0.0000
$C_5$	0.0096	0.0016	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0064	0.0016	0.0016	0.0000	0.0000	0.0016	0.0016	0.0000	0.0032	0.0032	0.0000	0.0016	0.0064	0.0096
$C_6$	0.0288	0.0016	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0032	0.0032	0.0016	0.0000	0.0016	0.0016	0.0000	0.0032	0.0016	0.0064	0.0096	0.0000	0.0016
$C_7$	0.0096	0.0016	0.0032	0.0000	0.0032	0.0016	0.0096	0.0000	0.0016	0.0000	0.0032	0.0016	0.0016	0.0000	0.0016	0.0000	0.0016	0.0016	0.0032	0.0032
$C_8$	0.0000	0.0000	0.0000	0.0016	0.0128	0.0016	0.0000	0.0016	0.0000	0.0000	0.0016	0.0016	0.0016	0.0016	0.0048	0.0032	0.0016	0.0032	0.0000	0.0032
$C_9$	0.0000	0.0032	0.0016	0.0016	0.0000	0.0000	0.0064	0.0000	0.0128	0.0000	0.0000	0.0032	0.0000	0.0064	0.0016	0.0016	0.0000	0.0000	0.0000	0.0016
$C_{10}$	0.0096	0.0048	0.0000	0.0032	0.0032	0.0048	0.0016	0.0016	0.0016	0.0000	0.0000	0.0016	0.0000	0.0016	0.0000	0.0096	0.0000	0.0016	0.0000	0.0032
$C_{11}$	0.0288	0.0000	0.0032	0.0032	0.0048	0.0000	0.0032	0.0000	0.0000	0.0032	0.0000	0.0000	0.0016	0.0016	0.0000	0.0016	0.0112	0.0000	0.0000	0.0016
$C_{12}$	0.0096	0.0144	0.0000	0.0016	0.0000	0.0016	0.0000	0.0000	0.0016	0.0016	0.0032	0.0016	0.0000	0.0016	0.0000	0.0016	0.0016	0.0048	0.0016	0.0016
$C_{13}$	0.0096	0.0016	0.0000	0.0016	0.0048	0.0016	0.0000	0.0016	0.0000	0.0000	0.0000	0.0032	0.0032	0.0000	0.0128	0.0016	0.0032	0.0000	0.0000	0.0032
$C_{14}$	0.0576	0.0000	0.0016	0.0032	0.0000	0.0000	0.0000	0.0032	0.0016	0.0032	0.0016	0.0016	0.0000	0.0032	0.0000	0.0000	0.0032	0.0032	0.0032	0.0016
$C_{15}$	0.0096	0.0000	0.0032	0.0000	0.0048	0.0016	0.0016	0.0032	0.0016	0.0000	0.0032	0.0016	0.0112	0.0032	0.0000	0.0000	0.0016	0.0000	0.0016	0.0000
$C_{16}$	0.0000	0.0016	0.0016	0.0016	0.0000	0.0000	0.0016	0.0000	0.0048	0.0032	0.0032	0.0000	0.0016	0.0000	0.0032	0.0000	0.0000	0.0016	0.0128	0.0032
$C_{17}$	0.0288	0.0000	0.0000	0.0016	0.0000	0.0128	0.0000	0.0000	0.0016	0.0032	0.0016	0.0032	0.0032	0.0000	0.0016	0.0032	0.0000	0.0000	0.0032	0.0000
$C_{18}$	0.0096	0.0032	0.0048	0.0016	0.0000	0.0016	0.0032	0.0000	0.0000	0.0128	0.0032	0.0032	0.0016	0.0000	0.0000	0.0000	0.0032	0.0000	0.0000	0.0000
$C_{19}$	0.0096	0.0016	0.0032	0.0032	0.0032	0.0032	0.0000	0.0016	0.0000	0.0016	0.0016	0.0096	0.0016	0.0016	0.0016	0.0016	0.0016	0.0016	0.0000	0.0000

### Для варіанту №11

	$M_0$	$M_1$	$M_2$	$M_3$	$M_4$	$M_5$	$M_6$	$M_7$	$M_8$	$M_9$	$M_{10}$	$M_{11}$	$M_{12}$	$M_{13}$	$M_{14}$	$M_{15}$	$M_{16}$	$M_{17}$	$M_{18}$	$M_{19}$
$C_0$	0.0000	0.0000	0.0032	0.0032	0.0016	0.0072	0.0056	0.0016	0.0032	0.0016	0.0016	0.0016	0.0000	0.0016	0.0016	0.0016	0.0000	0.0032	0.0000	0.0016
$C_1$	0.0096	0.0000	0.0016	0.0032	0.0016	0.0016	0.0000	0.0016	0.0072	0.0000	0.0032	0.0016	0.0056	0.0032	0.0000	0.0032	0.0016	0.0000	0.0000	0.0032
$C_2$	0.0336	0.0016	0.0000	0.0000	0.0016	0.0016	0.0032	0.0032	0.0016	0.0000	0.0000	0.0032	0.0000	0.0032	0.0016	0.0000	0.0016	0.0016	0.0104	0.0000
$C_3$	0.0096	0.0016	0.0056	0.0000	0.0032	0.0016	0.0016	0.0016	0.0000	0.0016	0.0048	0.0000	0.0016	0.0056	0.0016	0.0000	0.0000	0.0032	0.0000	0.0048
$C_4$	0.0192	0.0016	0.0016	0.0000	0.0000	0.0056	0.0000	0.0000	0.0016	0.0000	0.0016	0.0032	0.0048	0.0000	0.0000	0.0016	0.0056	0.0032	0.0032	0.0032
$C_5$	0.0096	0.0000	0.0032	0.0016	0.0000	0.0000	0.0072	0.0016	0.0016	0.0032	0.0000	0.0000	0.0032	0.0032	0.0000	0.0088	0.0048	0.0000	0.0000	0.0000
$C_6$	0.0000	0.0032	0.0000	0.0032	0.0000	0.0000	0.0000	0.0032	0.0016	0.0072	0.0000	0.0000	0.0016	0.0032	0.0048	0.0032	0.0016	0.0072	0.0000	0.0000
$C_7$	0.0000	0.0032	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0032	0.0000	0.0016	0.0056	0.0032	0.0032	0.0088	0.0000	0.0000	0.0000	0.0032	0.0032	0.0016	0.0032
$C_8$	0.0000	0.0016	0.0016	0.0016	0.0072	0.0064	0.0048	0.0056	0.0000	0.0000	0.0000	0.0016	0.0000	0.0016	0.0000	0.0032	0.0032	0.0000	0.0016	0.0000
$C_9$	0.0288	0.0032	0.0016	0.0000	0.0000	0.0016	0.0016	0.0032	0.0000	0.0000	0.0000	0.0016	0.0000	0.0056	0.0048	0.0000	0.0016	0.0016	0.0032	0.0056
$C_{10}$	0.0096	0.0016	0.0000	0.0000	0.0016	0.0016	0.0016	0.0056	0.0000	0.0032	0.0000	0.0032	0.0016	0.0032	0.0072	0.0032	0.0016	0.0016	0.0016	0.0000
$C_{11}$	0.0000	0.0016	0.0056	0.0032	0.0000	0.0032	0.0000	0.0016	0.0016	0.0016	0.0016	0.0000	0.0000	0.0016	0.0016	0.0016	0.0016	0.0048	0.0000	0.0072
$C_{12}$	0.0096	0.0016	0.0048	0.0048	0.0104	0.0016	0.0000	0.0016	0.0000	0.0016	0.0000	0.0016	0.0000	0.0016	0.0016	0.0072	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
$C_{13}$	0.0096	0.0016	0.0032	0.0000	0.0032	0.0016	0.0016	0.0016	0.0000	0.0016	0.0000	0.0016	0.0000	0.0000	0.0088	0.0000	0.0016	0.0000	0.0104	0.0016
$C_{14}$	0.0192	0.0000	0.0000	0.0032	0.0000	0.0000	0.0016	0.0000	0.0080	0.0032	0.0000	0.0128	0.0048	0.0000	0.0000	0.0016	0.0000	0.0000	0.0016	0.0000
$C_{15}$	0.0096	0.0016	0.0032	0.0016	0.0000	0.0032	0.0000	0.0000	0.0056	0.0016	0.0088	0.0016	0.0016	0.0016	0.0032	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0048
$C_{16}$	0.0192	0.0000	0.0000	0.0072	0.0032	0.0016	0.0000	0.0016	0.0016	0.0000	0.0000	0.0016	0.0000	0.0032	0.0016	0.0032	0.0000	0.0072	0.0032	0.0016
$C_{17}$	0.0096	0.0072	0.0000	0.0000	0.0016	0.0000	0.0016	0.0016	0.0016	0.0032	0.0104	0.0000	0.0048	0.0000	0.0000	0.0000	0.0016	0.0000	0.0016	0.0032
$C_{18}$	0.0432	0.0032	0.0000	0.0000	0.0016	0.0016	0.0064	0.0016	0.0032	0.0032	0.0000	0.0016	0.0000	0.0016	0.0000	0.0000	0.0072	0.0000	0.0000	0.0000
$C_{19}$	0.0000	0.0056	0.0048	0.0072	0.0032	0.0000	0.0016	0.0000	0.0016	0.0016	0.0016	0.0016	0.0000	0.0016	0.0000	0.0016	0.0032	0.0032	0.0016	0.0000

**Знайдені детерміністична та стохастична функції у вигляді таблиць**

Для варианту №6

**Таблиця 5** – Детерміністична функція.

	$C_0$	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	$C_5$	$C_6$	$C_7$	$C_8$	$C_9$	$C_{10}$	$C_{11}$	$C_{12}$	$C_{13}$	$C_{14}$	$C_{15}$	$C_{16}$	$C_{17}$	$C_{18}$	$C_{19}$
<i>Deterministic function</i>	7	2	3	13	10	0	0	0	4	8	0	0	1	14	0	12	18	0	9	0

*Для варіанту №11*

**Таблиця 6 – Детерміністична функція.**

	$C_0$	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	$C_5$	$C_6$	$C_7$	$C_8$	$C_9$	$C_{10}$	$C_{11}$	$C_{12}$	$C_{13}$	$C_{14}$	$C_{15}$	$C_{16}$	$C_{17}$	$C_{18}$	$C_{19}$
<i>Deterministic function</i>	5	0	0	0	0	0	9	12	4	0	0	19	4	18	0	0	0	10	0	3

*Для варіанту №6*

**Таблиця 7 – Стохастична функція.**

[illegible]

*Для варіанту №11*

Таблиця 8 – Стохастична функція.

	$M_0$	$M_1$	$M_2$	$M_3$	$M_4$	$M_5$	$M_6$	$M_7$	$M_8$	$M_9$	$M_{10}$	$M_{11}$	$M_{12}$	$M_{13}$	$M_{14}$	$M_{15}$	$M_{16}$	$M_{17}$	$M_{18}$	$M_{19}$
$C_0$	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
$C_1$	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
$C_2$	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
$C_3$	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
$C_4$	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
$C_5$	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
$C_6$	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
$C_7$	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
$C_8$	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
$C_9$	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
$C_{10}$	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
$C_{11}$	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
$C_{12}$	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
$C_{13}$	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0
$C_{14}$	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
$C_{15}$	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
$C_{16}$	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
$C_{17}$	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
$C_{18}$	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
$C_{19}$	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Середні втрати для вирішуючих функцій

*Для варіанту №6*

Детерміністична вирішуюча функція: 0.6703999999999999

Стохастична вирішуюча функція: 0.6703999999999999

*Для варіанту №11*

Детерміністична вирішуюча функція: 0.7128

Стохастична вирішуюча функція: 0.7128



## ВИСНОВКИ

Аналізуючи значення середніх втрат для детерміністичної та стохастичної вирішуючих функцій можемо прийти до висновку, що вони дають однакову точність. Тому при виборі яку ж функцію застосувати треба дивитися на те, яку із них простіше реалізувати. Отже, найкраще використовувати детерміністичну функцію.