

# Теория Вероятностей

## Семинары

Савва Чубий, БПИ233

2024–2025

2024-09-09	
Введение	2
2024-09-16	
Условная вероятность	2
Гипотезы	2
Задачи	2
2024-09-23	
Задачи	5
2024-09-30	
Формула Пуанкаре	6
Задачи	7
2024-10-07	
Распределения	9
Задачи	9
2024-10-14	
Задачи	10
2024-11-11	
Задачи	13

2024-09-09

## Введение

Наталья Васильевна Сизых

Таблица 1. Облако

Link:	mega.nz/login
Login:	tv.24-25@yandex.ru
Pass:	tv.24-25

$$\text{Итог} = 0.1 \cdot \text{ИДЗ} + 0.25 \cdot \text{КР} + 0.15 \cdot \text{Сем} + 0.5 \cdot \text{Экз}$$

2024-09-16

## Условная вероятность

Обозначение  $A$  при  $B$ :  $P(A|B)$  или  $P_B(A)$

$$P(A)P(B|A) = P(AB) = P(B)P(A|B)$$

## Гипотезы

Формула полной вероятности:

$$P(A) = \sum_{j=1}^n P(H_j)P(A|H_j)$$

Формула Баеса:

$$P(H_i|A) = \frac{P(H_i)P(A|H_i)}{\sum_{j=1}^n P(H_j)P(A|H_j)} = \frac{P(H_i)P(A|H_i)}{P(A)}$$

$H_i$  — гипотезы

$A$  — событие

## Задачи

### Задача

Два стрелка

$$P_1 = 0.8 \quad P_2 = 0.7$$

$A$  — поражение цели хотя бы одним  $A_1$  — поражение цели первым  $A_2$  — поражение цели вторым

Методы:

- $P(A) = P(A_1) + P(A_2) - \underbrace{P(A_1 A_2)}_{P(A_1)P(A_2)}$
- $P(A) = P(A_1)P(\overline{A_2}) + P(A_2)P(\overline{A_1}) + P(A_1)P(A_2)$
- $P(A) = 1 - P(\overline{A_1})P(\overline{A_2})$

——— Задача про Золушку ———

$A$  — достала хрустальную

$H_i$  — выбрала  $i$ -ую коробку

$D_1$  — утеряна хрустальная,  $D_2$  — утеряна серебряная

$$P(D_1) = \frac{3}{5}, P(D_2) = \frac{2}{5}$$

$$P(A|H_1) = P(D_1) \cdot \frac{2}{4} + P(D_2) \cdot \frac{3}{4} = \frac{3}{5} \cdot \frac{2}{4} + \frac{2}{5} \cdot \frac{3}{4} = \frac{3}{5}$$

$$P(A|H_2) = \frac{2}{6}$$

$$P(A|H_3) = 1$$

$$P(A) = \sum_{i=1}^3 P(H_i)P(A|H_i) = \frac{1}{3} \cdot \left( \frac{3}{5} + \frac{1}{3} + 1 \right) = \frac{29}{45}$$

——— Задача про Завод ———

$$P(A) = 0.05$$

$$P(B|A) = 0.1$$

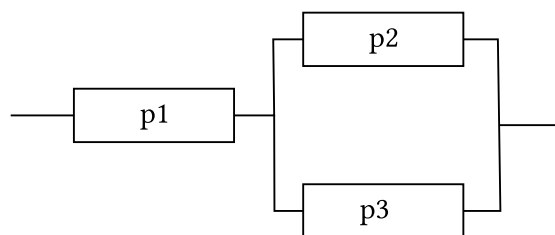
$$P(B|\bar{A}) = 0.01$$

$$P(\bar{B}) = ?$$

$$P(B) = P(A)P(B|A) + P(\bar{A})P(B|\bar{A}) = 0.05 \cdot 0.1 + 0.95 \cdot 0.01 = 0.0145$$

$$P(\bar{B}) = 1 - P(B) = 0.9855$$

——— Задача про схему ———



$$P_1 = 0.8$$

$$P_2 = 0.7$$

$$P_3 = 0.6$$

$$P(A_1) = P_1$$

$$P(A) = P(A_1) \cdot [1 - (1 - P(A_2)) \cdot (1 - P(A_3))]$$

——— Задача 31 ———

$A, B$  — независимы

$$P(AB) = P(B) = \frac{1}{4}$$

$$P(A + B) = ?$$

$$P(A)P(B) \stackrel{\text{т.к. независимы}}{=} = P(AB) = \frac{1}{4}$$

$$P(A + B) = P(A) + P(B) - P(AB) = \dots$$

——— Задача 32 ———

$$P(A) = \frac{1}{2}, P(B) = \frac{2}{3}, P(A + B) \stackrel{?}{\geq} \frac{1}{6}$$

$$P(A + B) = P(A) + P(B) - P(AB) = \frac{7}{6} - \underbrace{P(AB)}_{\leq 1} \geq \frac{1}{6}$$

——— Задача 22 ———

$$1 - (1 - p)^n \geq 0.95$$

$$1 - 0.99^n \geq 0.95$$

$$0.05 \geq 0.99^n$$

$$\ln(0.05) \geq n \ln(0.99)$$

$$\frac{\ln(0.05)}{\ln(0.99)} \leq n$$

$$298.07... \leq n$$

$$n = 299$$

——— Задача 23 ———

$$1 - (1 - 0.9)^n \geq 0.999$$

$$0.001 \geq 0.1^n$$

$$\frac{\ln(0.001)}{\ln(0.1)} \leq n$$

$$3 \leq n$$

$$n = 3$$

---

2024-09-23

---

Пусть  $A_1, A_2, \dots, A_k$  — полная группа событий. Делаем  $n$  испытаний, хотим  $m_i$  событий  $A_i$ , где  $m_1 + m_2 + \dots + m_k = n$ :

---

$$P = n! \cdot \frac{p_1^{m_1} p_2^{m_2} \dots p_k^{m_k}}{m_1! m_2! \dots m_k!}$$

## ————— Задачи —————

### ————— Задача 10 —————

$$P(A) = P_3(2) + P_3(3) = 3 \cdot 0.7^2 \cdot 0.3 + 0.7^3 = 0.784$$

### ————— Задача 11 —————

8-ой выстрел — обязательно промах

В первых семи — два промаха

$$P = P_7(5) \cdot 0.2 = C_7^5 \cdot 0.8^5 \cdot 0.2^2 \cdot 0.2 = 0.058$$

### ————— Задача 18 —————

См. 11

$$P_{20(9)} \cdot p = C_{19}^9 p_9 q_{10} \cdot p = 0.001$$

### ————— Задача 25 —————

$$n = 3$$

$$p = 0.05$$

$$p(n+1) = 0.05(3+1) = 0.2$$

$$\lfloor 0.2 \rfloor = 0$$

### ————— Задача 2 —————

$$P(A) = p + (1-p)^2 p + (1-p)^4 p$$

$$P(B) = (1-p)p + (1-p)^3 p + (1-p)^5 p$$

$$P(C) = (1-p)^6$$

$$P(D) = (1-p)^6 + (1-p)^5 p$$

### ————— Задача 4 —————

$$P(A - B - A) = P(A)P(B) + (1 - P(A))P(B)P(A)$$

$$P(B - A - B) = P(A)P(B) + (1 - P(B))P(A)P(B)$$

### ————— Задача —————

20 мячей:

- 12 новых
- 8 иггранных
- извлекают 2, играют, потом возвращают

- потом снова извлекают 2 — они новые
- с какой вероятностью первые два тоже были новые?

$H_1$  — первые два оба новые  $H_2$  — новый – старый  $H_3$  — оба старые

$$P(H_1) = \frac{C_{12}^2}{C_{20}^2} = \frac{33}{95}$$

$$P(H_2) = \frac{C_{12}^1 C_8^1}{C_{20}^2} = \frac{48}{95}$$

$$P(H_3) = \frac{C_8^2}{C_{20}^2} = \frac{14}{95}$$

$A$  — вторые два мяча новые

$$P(A | H_1) = \frac{C_{10}^2}{C_{20}^2} = \frac{9}{38}$$

$$P(A | H_2) = \frac{C_{10}^1 C_{10}^1}{C_{20}^2} = \frac{11}{38}$$

$$P(A | H_3) = \frac{C_{12}^2}{C_{20}^2} = \frac{11}{38}$$

$$P(H_1 | A) = \frac{P(H_1)P(A | H_1)}{\sum_{i=1}^3 P(H_i)P(A | H_i)}$$

——— Задача ———

4 кубика:

- 3 правильных
- 1 фальшивый  $P(6) = \frac{1}{2}$ ;  $P(i) = 0.1$

$H_1$  — выбрали правильный  $H_2$  — выбрали фальшивый

$A$  — выпала шестерка

$$P(A | H_1) = \frac{1}{6}$$

$$P(A | H_2) = \frac{1}{2}$$

$$P(H_2 | A) = \frac{P(A | H_2)P(H_2)}{P(A | H_2)P(H_2) + P(A | H_1)P(H_1)}$$

---

2024-09-30

---

## ——— Формула Пуанкаре ———

Пять человек подбросили шляпы в воздух и каждый поймал одну случайную.

Всего  $5! = 120$  перестановок

---

Никто не получил свою шляпу:

$$120 - 5 \cdot (5-1)! + 10 \cdot (5-2)! - 10 \cdot (5-3)! + 5 \cdot 1 - 1 = 44$$

Общая формула:

$$n(A_1 + A_2 + \dots + A_n) = \sum_{s=1}^n (-1)^{s-1} C_n^s (n-s)! = n! \sum_{s=1}^n \frac{(-1)^s}{s!}$$

$A_i$  —  $i$  человек получили свои шляпы

$$P(A) = \sum_{s=0}^n \frac{(-1)^s}{s!}$$

## ———— Задачи ————

### ——— Задача ———

Отрезок длина 5 на две части: 2 и 3. Десять точек бросают случайным образом. Найти вероятность того, что на отрезок длины 2 попадет не менее 9 точек

$A$  - случайная точка попадет на отрезок длины 2.  $p = P(A) = 0.4$

$$P_{10(\geq 9)} = P_{10(9)} + P_{10(10)} = \dots$$

### ——— Задача<sup>1</sup> ———

Есть 3 шара. Шары бывают или черными, или белыми. Было проведено 4 опыта. Найти апостериорные вероятности всех цветовых составов урн  
Результат: бчбб

$A$  - выпало бчбб

$$H_1 = H_{\text{ччч}}$$

$$H_2 = H_{\text{ччб}}$$

$$H_3 = H_{\text{чбб}}$$

$$H_4 = H_{\text{ббб}}$$

$$P(H_i) = 0.25$$

$$P(A | H_1) = 0$$

$$P(A | H_2) = \left(\frac{1}{3}\right)^3 \cdot \left(\frac{2}{3}\right) = \frac{2}{81}$$

$$P(A | H_3) = \left(\frac{1}{3}\right) \cdot \left(\frac{2}{3}\right)^3 = \frac{8}{81}$$

$$P(A | H_4) = 0$$

$$P(A) = \sum_{i=1}^4 P(H_i) \cdot P(A|H_i)$$

---

<sup>1</sup>Спасибо Агилю за конспектирование этой и следующей задач.

$$P(H_2 | A) = P(A | H_2) \cdot \frac{P(H_2)}{P(A)}$$

$$P(H_3 | A) = P(A | H_3) \cdot \frac{P(H_3)}{P(A)}$$

——— Задача ———

В группе учатся 30 студентов. На каждом из 14 семинаров проводится рубежный контроль случайным образом выбирает 6 студентов, чьи работы проверяются.

Найти вероятность того, что работы первого студента:

1. Ни разу не попадут на проверку
2. Попадут на проверку не менее 2 раз
3. Найти среднее количество проверенных работ

$A$  — работа первого студента попадет на проверку.

$$P(A) = \frac{6}{30} = 0.2$$

$$1. P_0(14) = C_{14}^0 \cdot p^0 \cdot q^{14} = 1 \cdot 1 \cdot (0.8)^{14} = 0.04398$$

$$2. P_{14}(\geq 2) = 1 - P_{14}(0) - P_{14}(1) = 0.802$$

$$3. M(x) = np = 14 \cdot \frac{1}{5} = 2.8$$

——— Задача ———

$$p = 0.8$$

Цель поражена, если не менее трех попаданий.  $A$  — цель поражена

$$P_n(\geq 3) = P_4(3) + P_4(4) = \dots$$

——— Задача ———

Два контролера проверяют деталь.

$H_i$  — деталь попадет к  $i$ -ому контролеру

$A$  — деталь одобрена

Таблица 2. Условие

$i$	$P(H_i)$	$P(A   H_i)$
1	0.4	0.95
2	0.6	0.98

\*Формула Баеса\*

——— Задача ———

Фирма участвует в проектах. Вероятность победы в проектах соответственно: 0.9, 0.4, 0.8, 0.2

Вероятность, что фирма выиграет хотя бы в двух проектах?

$$1 - 0.1 \cdot 0.6 \cdot 0.2 \cdot 0.8 - \text{*по два*} + \dots$$



## Распределения

Рис. 2. Плотность распределения

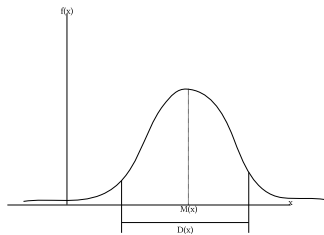
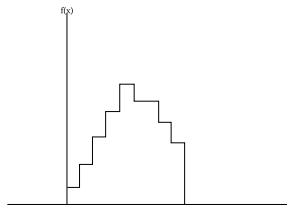


Рис. 3. Гистограмма



## Задачи

### Задача

В этой задаче я, видимо, неправильно переписал табличку с условием, но матожидание считается по-обычному:  $M(x) = \sum x_i p_i$ .

Ежедневные расходы 100'000 рублей. Число машин, проданных за день ( $x$ ):

$x$	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$p$	0.25	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.05	0.025	0.025

Цена машины 150'000

$$\Pi = 150x - 100$$

$$M(\Pi) = M(150x - 100) = 150M(x) - 100$$

$$M(x) = 0.025 + 1 \cdot 0.2 + \dots = 2.675$$

$$M(\Pi) = 301'100$$

### Задача

$\xi$	0	1	2	3	4	5
$p$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{32}$	$\frac{1}{32}$

$$M(\xi) = 0 + \frac{1}{4} + \frac{1}{4} + \frac{3}{16} + \dots = \frac{31}{32}$$

### Задача

$X$	$a$	$-a$
$P$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$

$$M(x) = 0$$

$$D(x) = M(x^2) - (M(x))^2 = a^2 - 0 = a^2$$

——— Задача ———

$$n = 10'000; p = 0.2$$

$$x \sim \text{Bi}(n, p) = \text{Bi}(10'000, 0.2)$$

$$M(x) = np = 2'000$$

$$D(x) = npq = 1'600$$

$$\sigma(x) = 40$$

——— Задача 11 ———

$$x \sim \text{Bi}\left(1; \frac{1}{2}\right)$$

$$(M(x))^2 = (np)^2 = \left(1 \cdot \frac{1}{2}\right)^2 = \frac{1}{4}$$

$$D(x) = npq = 1 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$$

$$D(x) - (M(x))^2 = 0$$

——— Задача 28 (а) ———

$$p = 0.3$$

$$n = 200$$

$$x \sim \text{Bi}(200, 0.3)$$

$$M(x) = np = 200 \cdot 0.3 = 60$$

$$D(x) = npq = 42$$

2024-10-14

---

——— **Задачи** ———

——— Задача 1 ———

$$F(x) = \begin{cases} 0.0, & x \leq 3 \\ 0.2, & -3 < x \leq 1 \\ 0.4, & 1 < x \leq 2 \\ 1.0, & x > 2 \end{cases}$$

Таблица 6. Ряд распределения

$x$	-3	1	2
$p$	0.2	0.2	0.2

——— Задача 2 ———

Таблица 7. ряд распределения

$x$	0	1	2	3
$P$	$C_7^0 \cdot \frac{C_8^3}{C_{15}^3} = \frac{56}{455}$	$\dots = \frac{196}{455}$	$\dots = \frac{168}{455}$	$\dots = \frac{35}{455}$

$$E(x) = 0 \cdot \frac{56}{455} + 1 \cdot \frac{196}{455} + 2 \cdot \frac{168}{455} + 3 \cdot \frac{35}{455} = 1.4$$

$$D(x) = 3 \cdot \frac{7}{15} \cdot \left(1 - \frac{7}{15}\right) \cdot \left(1 - 7 - \frac{1}{15} - 1\right) = 0.64$$

Общий вид (напоминание):

$$p = C_M^m \cdot C^n - m_N - \frac{m}{C_N^n}$$

$$M(x) = n \cdot \frac{M}{N}$$

$$D(x) = n \cdot \frac{M}{N} \cdot \left(1 - \frac{M}{N}\right) \cdot \left(1 - n - \frac{1}{N} - 1\right)$$

——— Задача 3 ———

$$N = 7, M = 4, n = 4$$

Таблица 8. ряд распределения

$x$	1	2	3	4
$P$	$\frac{4}{35}$	$\frac{18}{35}$	$\frac{12}{35}$	$\frac{1}{35}$

ВАЖНО: здесь нельзя использовать формулу гипергеометрической вероятности, тк наше распределение начинается с 1 (не с 0)

$$M = 1 \cdot \frac{4}{35} + 2 \cdot \frac{18}{35} + 3 \cdot \frac{12}{35} + 4 \cdot \frac{1}{35} = 2.217$$

$$D = 0.49$$

——— Задача 4 ———

$$P(x > 3) = \frac{1}{3}$$

$$F_{x(3)} - ?$$

$$P(x < 3) + P(x = 3) + P(x > 3) = 1$$

$$F_x(3) = P(x < 3) = 1 - P(x > 3) = \frac{2}{3}$$

——— Задача ———

$$p = 0.8$$

Таблица 9. ряд распределения

$x$	2	3
$P$	$p$	$1 - p$

$$M(x) = 2p + 3(1 - p) = 2.2$$

TODO: complete the graph

$$M(x^2) = 4 \cdot 0.8 + 9 \cdot 0.2 = 5$$

$$D(x) = M(x^2) - (M(x))^2 = 5 - 4.84 = 0.16$$

$$\sigma(x) = 0.4$$

——— Задача ———

	Вклад	Годовых	Вероятность банкротства
$A$	20	40%	0.3
$B$	18	30%	0.2

$X$  — сумма вклада

Через год:

$x_1 = 0$  — оба банкрота

$x_2 = 28$  — банкрот  $B$

$x_3 = 23.4$  — банкрот  $A$

$x_4 = 51.4$  — нет банкрота

$X$	0	23.4	28	51.4
$p$	0.05	0.24	0.14	0.56

$$M(x) = 38.32$$

$$M(x^2) = 1720.672$$

$$D(x) = 252.2496$$

——— Задача ———

$$N = 2000, p = 0.001$$

$$\Pi(a) = \Pi(1)$$

$$P(x = 2) = \frac{1}{2!e} = 0.184$$

$$P(x \geq 2) = 1 - P(0) - P(1) = 1 - \frac{1}{e} - \frac{1}{e} = 0.264$$

——— Задача ———

$$N = 1000$$

— всего деталей

$$n > 2$$

— система работает, пока

$$q = 0.998$$

— безотказная работа одной детали

$$p = 0.002$$

$$x \sim \Pi(2)$$

$$E(x) = \dots$$

2024-11-11

---

——— Задачи ———

——— Задача ———

$$x \sim N(0; 1)$$

- $F_0(x) = \Phi_0(x) + \frac{1}{2}$

$$P(x > \varepsilon) = 2\Phi_0(x)$$

$$\Phi_0(1.29) = 0.4074$$

$$2\Phi_0(1.29) \geq 0.8$$

- ...

——— Задача ———

1. Вероятность **не** заболеть 0.9998
2. Из 10000 не менее четырех = ?
3. Матожидание и дисперсия числа заболевших = ?

$$q = 1 - 0.9998 = 0.0002$$

$$a = nq = 2$$

$$x \sim \Pi(q) = \Pi(2)$$

$$P(x = k) = \frac{a^k}{k!} e^{-a}$$

$$P(0) = e^{-q} = \exp(0.0002) = 0.135$$

$$P(1) = a \cdot e^{-a} = 0.274$$

$$P(2) = \frac{a^2}{2} \cdot e^{-a} = 0.27$$

$$P(3) = \frac{a^3}{6} \cdot e^{-a} = 0.183$$

$$P(A) = 1 - P(0) - P(1) - P(2) - P(3) = \dots$$

——— Задача ———

$$f(x) = \begin{cases} \frac{c}{x}, x \in (1, 3) \\ 0, x \notin (1, 3) \end{cases}$$

$$\int_1^3 f(x) dx = c \int_1^3 \frac{1}{x} dx = c \ln x \Big|_1^3 = c(\ln 3 - \ln 1) = 1$$

$$c = \frac{1}{\ln 3}$$

$$Ex = \int_1^3 x \cdot \frac{c}{x} dx = c \int_1^3 dx = \frac{2}{\ln 3}$$

$$Ex^2 = \int_1^3 x^2 \frac{c}{x} dx = c \int_1^3 x dx = \frac{1}{\ln 3} \left( \frac{x^2}{2} \Big|_1^3 \right) = \frac{4}{\ln 3}$$

$$Dx = Ex^2 - (Ex)^2 = \frac{4}{\ln 3} - \frac{4}{(\ln 3)^2}$$

$$P(x > 2) = c \int_2^3 \frac{1}{x} dx = \frac{\ln 3 - \ln 2}{\ln 3}$$

——— Задача ———

•

$$x \sim N(500, \sigma^2)$$

•

$$P(|x - 500| \leq 9.8) = 0.95$$

•

$$P(x < 480) = ?$$

•

$$P(|x - 500| \leq 9.8) = 2\Phi_0\left(\frac{9.8}{\sigma}\right)$$

$$\Phi_0\left(\frac{9.8}{\sigma}\right) = \frac{1}{2} \cdot 0.95 = 0.475$$

По таблице:

$$\frac{9.8}{\sigma} = 1.95$$

$$\sigma = 5$$

$$P(-\infty < x < 480) = \Phi\left(\frac{480 - 500}{\sigma}\right) - \Phi(-\infty) = \Phi(-4) + \Phi(\infty) = \dots$$

——— Задача ———

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{\pi}} e^{-(x+5)^2}$$

$$E(3 - 2x + 4x^2) = ?$$

· Решение ·

$$\sigma = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$E = -5$$

$$Ex^2 = D + (Ex)^2$$

$$E(3) - 2E(x) + 4E(x^2) = 115$$

——— Задача ———

$$x \sim N(0; 1)$$

$$P = 0.7$$

$$x_{0.25}$$

· Решение ·

$$P(|x - a| < \varepsilon) = 2\Phi\left(\frac{\varepsilon}{\sigma}\right) = 0.7$$

$$\Phi(\varepsilon) = 0.35$$

Ищем  $\varepsilon$  из таблицы

...

——— Задача ———

Отрезок  $L = 35$  поделили на части по 25 и 10. Бросают три точки.

$x$  — число точек, попавших на 10.

Построить график  $F(x)$ , найти  $M(x)$ ,  $D(x)$ .

· Решение ·

$$x \sim \text{Ber}\left(\frac{5}{7}\right)$$

$x$	0	1	2	3
$p$	0.364	0.437	0.1749	0.0233

——— Задача ———

Вероятность ошибки  $p = 0.21$

Наименьшее число измерений  $N_{\min}$ , чтобы с  $P > 0.92$  хотя бы один результат неверный

· Решение ·

$$1 - P_{\text{все верные}} = 1 - 0.79^2 > 0.92$$

$$0.08 \geq 0.79^n$$

$$n \geq \log_{0.79} 0.08 \approx 10.5$$

$$n \geq 11$$