

# Промежуточный экзамен 2016-2017

Алексей Сек, БЭК182

30 мая 2020 г.

## Промежуточный экзамен 2016-2017

Ответы: **BCAAE DBDBD AACA? ?EESB ?ABAB DAEDA CD**

1. Некоторые события  $A$  и  $B$  независимы, если выполняется такое условие:  $\mathbb{P}(A \cap B) = \mathbb{P}(A) \cdot \mathbb{P}(B)$ , верно и обратное: если данное условие не выполняется — события являются зависимыми. Исходя из этого, решим задачу:

**Посчитаем вероятности каждого из событий отдельно:**

Троек в колоде ровно 4, тогда по классическому определению вероятности:

$$\mathbb{P}(A) = \frac{4}{52} = \frac{1}{13}$$

Семерок в колоде ровно 4, но так как событие заключается в вытаскивании второй карты, вероятность будет иной. Примем во внимание, что первой картой могла быть как семерка, так и не семерка. Вычислим вероятность события  $B$ :

$$\mathbb{P}(B) = \frac{4}{52} \cdot \frac{3}{51} + \frac{48}{52} \cdot \frac{4}{51}$$

Если третья карта — дама пик, то первые две карты — не дамы пик, а дама пик в колоде всего одна, следовательно:

$$\mathbb{P}(C) = \frac{51}{52} \cdot \frac{50}{51} \cdot \frac{1}{50}$$

**Посчитаем все произведения пар событий (от перестановок множителей сумма не меняется — поэтому считаем только 3 пары):**

$$\mathbb{P}(A) \cdot \mathbb{P}(B) = \frac{4}{52} \cdot \left( \frac{4}{52} \cdot \frac{3}{51} + \frac{48}{52} \cdot \frac{4}{51} \right)$$

$$\mathbb{P}(A) \cdot \mathbb{P}(C) = \frac{4}{52} \cdot \frac{51}{52} \cdot \frac{50}{51} \cdot \frac{1}{50}$$

$$\mathbb{P}(B) \cdot \mathbb{P}(C) = \left( \frac{4}{52} \cdot \frac{3}{51} + \frac{48}{52} \cdot \frac{4}{51} \right) \cdot \frac{51}{52} \cdot \frac{50}{51} \cdot \frac{1}{50}$$

**Теперь посчитаем пересечения рассмотренных событий:**

$$\mathbb{P}(A \cap B) = \frac{4}{52} \cdot \frac{4}{51}$$

$$\mathbb{P}(A \cap C) = \frac{4}{52} \cdot \frac{50}{51} \cdot \frac{1}{50}$$

Во второй части мы считаем, что первая карта не семерка и не дама пик, таких карт  $52 - 4 - 1 = 47$ :

$$\mathbb{P}(B \cap C) = \frac{4}{52} \cdot \frac{3}{51} \cdot \frac{1}{50} + \frac{47}{52} \cdot \frac{4}{51} \cdot \frac{1}{50}$$

**Сравним вероятности пересечений событий и произведения вероятностей этих событий:**

$\mathbb{P}(A) \cdot \mathbb{P}(B) \neq \mathbb{P}(A \cap B)$ , следовательно  $A$  и  $B$  — зависимые события

$\mathbb{P}(A) \cdot \mathbb{P}(C) \neq \mathbb{P}(A \cap C)$ , следовательно  $A$  и  $C$  — зависимые события

$\mathbb{P}(B) \cdot \mathbb{P}(C) \neq \mathbb{P}(B \cap C)$ , следовательно  $B$  и  $C$  — зависимые события

**Ответ:** В.

2. Функция плотности  $f(x)$  обладает следующими свойствами:

- $f(x) \geq 0$ , для  $\forall x$  — вероятность не может быть отрицательной
- $f(x)$  — непрерывна в области определения
- $\int_{-\infty}^{+\infty} f(x)dx = 1$  — условие нормировки (вероятность от 0 до 1)

**Рассмотрим каждую из функций на выполнение указанных свойств:**

А.  $f(x) = -1 \leq 0$ , следовательно, не подходит

В.  $f(x) \leq 0$  например, при  $x = 0$ , следовательно, не подходит

С.  $\int_{-\infty}^{+\infty} f(x)dx = \int_{-1}^{+\infty} dx/x^2 = 1$ , следовательно, все свойства соблюдаются

Д. Данная функция похожа на функцию плотности для нормального распределения, но из-за отсутствия делителя в степени экспоненты — интеграл нельзя посчитать, следовательно, не подходит

Е.  $\int_{-\infty}^{+\infty} f(x)dx = \int_0^2 x^2 dx = \frac{8}{3} \neq 1$ , следовательно, не подходит

**Ответ:** С.

3. Известно, что:

$$\mathbb{E}(XY) = \text{Cov}(X, Y) + \mathbb{E}(X) \mathbb{E}(Y)$$

Следовательно:

$$\mathbb{E}(XY) = 2 + 3 \cdot 2 = 8$$

**Ответ:** А.

4. Известно, что:

$$\text{Corr}(X, Y) = \frac{\text{Cov}(X, Y)}{\sqrt{\text{Var}(X)} \sqrt{\text{Var}(Y)}}$$

Следовательно:

$$\text{Corr}(X, Y) = \frac{2}{\sqrt{12} \sqrt{1}} = \frac{1}{\sqrt{3}}$$

**Ответ:** А.

5. Известно, что, если  $a, b, c$  — некоторые константы,  $X, Y$  — некоторые случайные величины:

$$\text{Var}(aX + bY + c) = a^2 \text{Var}(X) + b^2 \text{Var}(Y) + 2ab \text{Cov}(X, Y)$$

Следовательно:

$$\text{Var}(2X - Y + 4) = 2^2 \cdot 12 + 1 \cdot 1 - 4 \cdot 2 = 48 + 1 - 8 = 41$$

**Ответ:** E.

6. Известно, что в ковариационной матрице на главной диагонали стоят дисперсии случайных величин, а на побочной — ковариации данных случайных величин друг с другом

Если матрица единичная, то на главной диагонали стоят единицы:  $\text{Var}(X) = 1$  и  $\text{Var}(Y) = 1$ , а на побочной — нули:  $\text{Cov}(X, Y) = 0$

Если ковариация равна нулю, то случайные величины независимы, что и утверждается в варианте D.

**Ответ:** D.

7. Для решения вспомним свойства корреляции и ковариации:

$$\begin{aligned} \text{Corr}(X + Y, 2Y - 7) &= \frac{\text{Cov}(X + Y, 2Y - 7)}{\sqrt{\text{Var}(X + Y)}\sqrt{\text{Var}(2Y - 7)}} = \\ &= \frac{\frac{\text{Cov}(X, 2Y) + 2 \text{Var}(Y)}{\sqrt{\text{Var}(X)}\sqrt{\text{Var}(Y)}}}{\frac{\sqrt{\text{Var}(X) + \text{Var}(Y) + 2 \text{Cov}(X, Y)}\sqrt{4 \text{Var}(Y)}}{\sqrt{\text{Var}(X)}\sqrt{\text{Var}(Y)}}} = \\ &= \frac{\frac{2 \text{Cov}(X, Y)}{\text{Var}(X) + \text{Var}(Y)} + \frac{2 \text{Var}(Y)}{\text{Var}(X) + \text{Var}(Y)}}{2\sqrt{1 + \frac{\text{Var}(Y)}{\text{Var}(X)}} + \frac{2 \text{Cov}(X, Y)}{\text{Var}(X)}} = \\ &= \frac{2 \cdot 0.5 + 2 \cdot \sqrt{\frac{\text{Var}(Y)}{\text{Var}(X)}}}{2\sqrt{1 + 1 + 1}} = \frac{1 + 2}{2\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{3}}{2} \end{aligned}$$

Промежуточные подсчеты:

$$\text{Corr}(X, Y) = 0.5; \text{Var}(X) = \text{Var}(Y)$$

Следовательно:

$$\text{Cov}(X, Y) = \frac{\sqrt{\text{Var}(X)}\sqrt{\text{Var}(Y)}}{2}$$

**Ответ:** B.

8. И так несложная задача сильно упростится, если представить отрезок от 0 до 1, на котором случайная величина  $\xi$  равномерно распределена. С какой же вероятностью она попадет в часть этого отрезка, ограниченную точками 0.2 и 0.7?

Длина такой части отрезка равна 0.5, когда длина всего отрезка от 0 и 1 равна 1, следовательно:

$$\mathbb{P}(0.2 < \xi < 0.7) = \frac{0.7 - 0.2}{1 - 0} = 0.5$$

**Ответ:** D.

9. Согласно центральной предельной теореме, указанное распределение сходится к стандартному нормальному распределению  $\mathcal{N}(0,1)$  при  $n \rightarrow \infty$

Нам известна функция плотности стандартной нормальной случайной величины, а вероятность, как известно, находится как определенный интеграл от функции плотности.

Пределы интегрирования равны: 1 и  $+\infty$ , так как исходя из условия нам интересны значения  $x > 1$

Поэтому подойти может только ответ В, который представляет интеграл с правильными пределами интегрирования от правильной функции плотности

**Ответ:** В.

10. **Известно из условия, что  $n = 100$ :**

Используем свойство математического ожидания суммы:

$$\mathbb{E}(S_n) = \mathbb{E}(X_i) \cdot n = 400 \cdot 100 = 40000$$

Так как случайные величины независимые:

$$\text{Var}(S_n) = \text{Var}\left(\sum X_i\right) = n \cdot \text{Var}(X_i) = 40000$$

Применим центральную предельную теорему:

$$\begin{aligned} \mathbb{P}(S_n > 40400) &= \mathbb{P}\left(\frac{S_n - \mathbb{E}(S_n)}{\sqrt{\text{Var}(S_n)}} > \frac{40400 - 40000}{\sqrt{40000}}\right) = \mathbb{P}(\mathcal{N}(0,1) > 2) = \\ &= 1 - \mathbb{P}(\mathcal{N}(0,1) < 2) = 1 - 0.9772 = 0.0228 \end{aligned}$$

В ответах указать приближенный ответ, 0.0227 подходит

**Ответ:** D.

11. По условию дано:  $\mathbb{E}(X) = 10000$

Неравенство Маркова:

$$\mathbb{P}(|X| > a) \leq \frac{\mathbb{E}(X)}{a}$$

В нашем случае:

$$\mathbb{P}(|X| > 50000) \leq \frac{10000}{50000} = 0.2$$

**Ответ:** А.

12. Несовместные события — это такие события, которые не могут произойти вместе

**Всего 3 подбрасывания монеты:**

Событие  $A$ : хотя бы 1 раз решка

Событие  $B$ : хотя бы 1 раз орел

Событие  $C$ : все три раза орел

**Применим здравый смысл:**

$A$  и  $B$  одновременно произойти могут: например, 1 орел, 2 решки, следовательно, события совместны

$A$  и  $C$  одновременно произойти не могут: если 3 орла из 3, то решек 0, следовательно, события несовместны

$B$  и  $C$  одновременно произойти могут: например, если 3 раза орел, то хотя бы 1 орел точно есть, следовательно, события совместны

**Ответ: А.**

13. По условию математическое ожидание:

$$\mathbb{E}(X) = 5 \cdot 10^4$$

Дано стандартное отклонение, а нужна дисперсия:

$$\text{Var}(X) = \sigma^2 = (10^4)^2 = 10^8$$

Неравенство Чебышёва:

$$\mathbb{P}(|X - \mathbb{E}(X)| > a) \leq \frac{\text{Var}(X)}{a^2}$$

В нашем случае:

$$\begin{aligned} \mathbb{P}(|X - 5 \cdot 10^4| \leq 2 \cdot 10^4) &= 1 - \mathbb{P}(|X - 5 \cdot 10^4| > 2 \cdot 10^4) = \\ &= 1 - \frac{10^8}{(2 \cdot 10^4)^2} = 1 - 0.25 = 0.75 \end{aligned}$$

**Ответ: С.**

14. Математическое ожидание биномиального распределения:

$$\mathbb{E}((\xi_1)^{2016}) = 0.6$$

Согласно закону больших чисел:

$$\text{plim}_{n \rightarrow \infty} \frac{(\xi_1)^{2016} + \dots + (\xi_n)^{2016}}{n} = \mathbb{E}((\xi_1)^{2016}) = 0.6$$

**Ответ: А.**

15. Ровно 2 раза шестерка, следовательно, 2 раза шестерка и 3 раза не шестерка

События независимые, поэтому можем взять их произведение

Пусть  $X$  — это количество выпавших шестерок, тогда из функции вероятности биномиального распределения:

$$\mathbb{P}(X = 2) = C_5^2 \cdot \left(\frac{1}{6}\right)^2 \cdot \left(\frac{5}{6}\right)^3 = \frac{5^4}{2^4 \cdot 3^5}$$

**Ответ:** Нет верного ответа.

16. Несложно найти математическое ожидание для одного броска:

$$\mathbb{E}(X) = \frac{1}{6} \cdot 1 + \frac{5}{6} \cdot 0 = \frac{1}{6}$$

Посчитаем математическое ожидание 5 бросков:

$$Y = \sum_{i=1}^5 X_i$$

Следовательно:

$$\mathbb{E}(Y) = 5 \mathbb{E}(X) = \frac{5}{6}$$

Биномиальное распределение, поэтому:

$$\text{Var}(Y) = np(1-p) = 5 \cdot \frac{1}{6} \cdot \frac{5}{6} = \frac{25}{36}$$

**Ответ:** Нет верного ответа.

17. Биномиальное распределение, поэтому:

$$np - q \leq \text{moda} \leq np + p$$

В нашем случае:

$$5 \cdot \frac{1}{6} - \frac{5}{6} \leq \text{moda} \leq 5 \cdot \frac{1}{6} + \frac{1}{6}$$

То есть моды две — это 0 и 1:

$$0 \leq \text{moda} \leq 1$$

**Ответ:** Е.

18. Несложно найти математическое ожидание для одного броска:

$$\mathbb{E}(X) = \frac{1}{6} \cdot (1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6) = \frac{21}{6}$$

Посчитаем математическое ожидание 5 бросков:

$$Y = \sum_{i=1}^5 X_i$$

Следовательно:

$$\mathbb{E}(Y) = 5 \mathbb{E}(X) = \frac{105}{6} = 17.5$$

**Ответ:** Е.

19. Математические ожидания случайных величин  $\xi, \eta$  даны в условии :

$$\mathbb{E}(\xi) = \mathbb{E}(\eta) = 0$$

На главной диагонали ковариационной матрицы расположены дисперсии случайных величин  $\xi, \eta$ :

$$\text{Var}(\xi) = \text{Var}(\eta) = 1$$

На побочной диагонали — их ковариация:

$$\text{Cov}(\xi, \eta) = 0.5$$

Теперь можем найти корреляцию:

$$r = \text{Corr}(\xi, \eta) = \frac{\text{Cov}(\xi, \eta)}{\sqrt{\text{Var}(\xi)}\sqrt{\text{Var}(\eta)}} = \frac{0.5}{1} = 0.5$$

Вспомним функцию плотности нормального двумерного распределения:

$$f_{\xi, \eta}(x, y) = \frac{1}{2\pi\sqrt{\text{Var}(\xi)\text{Var}(\eta)(1-r^2)}} \times \\ \times \exp\left\{\frac{-1}{2(1-r^2)}\left(\frac{(x-\mathbb{E}(\xi))^2}{\text{Var}(\xi)} - \frac{2r(x-\mathbb{E}(\xi))(y-\mathbb{E}(\eta))}{\sqrt{\text{Var}(\xi)\text{Var}(\eta)}} + \frac{(y-\mathbb{E}(\eta))^2}{\text{Var}(\eta)}\right)\right\}$$

Подставим наши параметры:

$$f_{\xi, \eta}(x, y) = \frac{1}{2\pi\sqrt{(1-0.5^2)}} \exp\left\{\frac{-1}{1.5}(x^2 - xy + y^2)\right\}$$

Откуда  $a$  можно найти из знаменателя первого множителя,  $b = 1$ , так как в степени экспоненты не стоит множителя перед  $xy$ :

$$a = \sqrt{(1-0.5^2)} = \sqrt{0.75} = \frac{\sqrt{3}}{2}, b = 1$$

**Ответ:** С.

20. **Уточнить**

Заметим, что случайные величины  $\xi, \eta$  — стандартные нормальные, так как их параметры:  $\text{Var}(\xi) = \text{Var}(\eta) = 1$  и  $\mathbb{E}(\xi) = \mathbb{E}(\eta) = 0$

**Попробуем решить методом исключения:**

А) Хи-квадрат закон распределения случайной величины предполагает случайную величину, равную сумме квадратов стандартных нормальных случайных величин.

$\eta$  — стандартная нормальная случайная величина, но  $2\eta$  уже не будет являться стандартной, хотя и останется нормальной случайной величиной, следовательно, ответ А не подходит

С) D) ответы С и D эквивалентны, но здесь ответ единственный, следовательно, ответы С и D не подходят

Е)  $\xi$  — стандартная нормальная случайная величина, но если вычесть из нее некоторую другую случайную величину, то стандартной  $\xi$  уже не будет, следовательно, ответ Е не подходит

Остался ответ В) — его и выбираем

**Если решать не методом исключения,** то ответ В) также окажется верным:  $z = (\xi - 0.5\eta, \eta)^T$  второй элемент случайного вектора — стандартная нормальная случайная величина (известно из условия), первый элемент случайного вектора — также нормальная случайная величина, так как представляет собой линейную комбинацию нормальных случайных величин

**Ответ:** В.

21. **Уточнить**

22. Найдем условное математическое ожидание:

$$\mathbb{E}(X \mid Y = 0) = 0 \cdot \mathbb{P}(X = 0 \mid Y = 0) + 2 \cdot \mathbb{P}(X = 2 \mid Y = 0) = 0 \cdot \frac{1}{2} + 2 \cdot \frac{1}{2} = 1$$

**Ответ:** А.

23. Найдем условную вероятность:

$$\mathbb{P}(X = 0 \mid Y < 1) = \frac{\mathbb{P}(X = 0 \cap Y < 1)}{\mathbb{P}(Y < 1)} = \frac{\frac{1}{6}}{\frac{1}{3} + \frac{1}{6} + \frac{1}{6}} = 0.25$$

**Ответ:** В.

24. Известно, что дисперсию можно найти по формуле:

$$\text{Var}(Y) = \mathbb{E}(Y^2) - \mathbb{E}^2(Y)$$

Найдем квадрат математического ожидания случайной величины:

$$\mathbb{E}(Y) = \frac{1}{3} \cdot (-1) + \frac{1}{3} \cdot 0 + \frac{1}{3} \cdot 1 = 0$$

Следовательно:

$$\mathbb{E}^2(Y) = 0$$

Найдем математическое ожидание квадрата случайной величины:

$$\mathbb{E}(Y^2) = \frac{1}{3} \cdot (-1)^2 + \frac{1}{3} \cdot 0^2 + \frac{1}{3} \cdot 1^2 = \frac{2}{3}$$



Найдем искомую дисперсию:

$$\text{Var}(Y) = \mathbb{E}(Y^2) - \mathbb{E}^2(Y) = \frac{2}{3} - 0 = \frac{2}{3}$$

**Ответ:** А.

25. Ковариация может быть найдена по следующей формуле:

$$\text{Cov}(XY) = \mathbb{E}(XY) - \mathbb{E}(X) \mathbb{E}(Y)$$

Найдем математическое ожидание произведения случайных величин  $X$  и  $Y$ :

$$\mathbb{E}(XY) = 0 \cdot (-1) \cdot 0 + 2 \cdot (-1) \cdot \frac{1}{3} + 0 \cdot 0 \cdot \frac{1}{6} + 0 \cdot 0 \cdot \frac{1}{6} + 0 \cdot 1 \cdot \frac{1}{6} + 2 \cdot 1 \cdot \frac{1}{6} = -\frac{1}{3}$$

Найдем математическое ожидание случайной величины  $X$ :

$$\mathbb{E}(X) = 0 \cdot \frac{1}{3} + 2 \cdot \frac{2}{3} = \frac{4}{3}$$

Найдем математическое ожидание случайной величины  $Y$ :

$$\mathbb{E}(Y) = \frac{1}{3} \cdot (-1) + \frac{1}{3} \cdot 0 + \frac{1}{3} \cdot 1 = 0$$

Найдем искомую ковариацию:

$$\text{Cov}(XY) = -\frac{1}{3} - \frac{4}{3} \cdot 0 = -\frac{1}{3}$$

**Ответ:** В.

26. Известно, что вероятность может быть найдена как интеграл по заданной области:

$$\mathbb{P}(X < 0.5, Y < 0.5) = \int_0^{0.5} \int_0^{0.5} 9x^2 y^2 dx dy = \int_0^{0.5} \frac{3}{8} y^2 dy = \frac{1}{64}$$

**Ответ:** D.

27. Известно, что условная функция плотности может быть найдена по следующей формуле:

$$f_{x|y=1} = \frac{f_{xy}}{f_y}$$

Найдем функцию плотности случайной величины  $Y$  из совместной функции плотности:

$$f_y = \int_0^1 9x^2 y^2 dx = 3y^2$$

Найдем искомую условную функцию плотности:

$$f_{x|y=1} = \frac{9x^2 y^2}{3y^2} = 3x^2$$

**Ответ:** А.

28. Пусть  $X = 1$  — событие «в классе есть отличник»

Сначала выбирается класс (вероятность выбрать любой из классов равна  $\frac{1}{3}$ ), затем в зависимости от класса вероятности будут отличаться, так как в них разная концентрация отличников:

Искомая вероятность может быть вычислена таким образом:

$$\mathbb{P}(X = 1) = 0.5 \cdot \frac{1}{3} + 0.3 \cdot \frac{1}{3} + 0.4 \cdot \frac{1}{3} = 0.4$$

**Ответ:** E.

29. По формуле условной вероятности:

$$\mathbb{P}(A | B) = \frac{\mathbb{P}(A \cap B)}{\mathbb{P}(B)}$$

Или в другом виде:

$$\mathbb{P}(A \cap B) = \mathbb{P}(A | B) \mathbb{P}(B) = 0.3 \cdot 0.5 = 0.15$$

Вероятность объединения событий:

$$\mathbb{P}(A \cup B) = \mathbb{P}(A) + \mathbb{P}(B) - \mathbb{P}(A \cap B) = 0.2 + 0.5 - 0.15 = 0.55$$

**Ответ:** D.

30. Из формулы вероятности для биномиального распределения:

$$\mathbb{P}(X \geq 2) = C_{10}^1 \cdot 0.2^1 \cdot 0.8^9$$

**Ответ:** A.

31. Пусть  $W = 1$  — событие «покупатель женщина»,  $M$  — случайная величина, показывающая сумму в чеке. Покупка была совершена на 1234 рубля, то есть  $M > 1000$

Вероятность покупки женицной при условии  $M > 1000$ :

$$\mathbb{P}(W = 1 | M > 1000) = \frac{\mathbb{P}(W = 1 \cap M > 1000)}{\mathbb{P}(M > 1000)}$$

Вероятность объединения событий  $(W = 1)$  и  $M > 1000$ :

$$\mathbb{P}(W = 1 \cap M > 1000) = 0.5 \cdot 0.6 = 0.3$$

Доли женщин и мужчин одинаковы, вычислим  $\mathbb{P}(M > 1000)$ :

$$\mathbb{P}(M > 1000) = 0.5 \cdot 0.6 + 0.5 \cdot 0.3 = 0.45$$

Следовательно, искомая вероятность равна:

$$\mathbb{P}(W = 1 | M > 1000) = \frac{0.3}{0.45} = \frac{2}{3}$$

**Ответ:** C.

32. Известно, что функция распределения обладает следующими свойствами:

(a) существует для непрерывных случайных величин

(b)  $F_X \in [0; 1]$

(c) при  $x \rightarrow -\infty$   $F_X = 0$

(d) при  $x \rightarrow +\infty$   $F_X = 1$

(e)  $\mathbb{P}(X \in (a; b]) = F_X(b) - F_X(a)$

Проверим каждый из вариантов на соответствие свойствам функции распределения: подходит только вариант D.

**Ответ:** D.