Теория вероятности 1 модуль.

Андрей Тищенко БПИ231 @AndrewTGk

2024/2025

Лекция 6 сентября.

Формула оценки

$random()\%11$
Накоп = 0.1ИДЗ + 0.15РС + 0.25КР + 0.5Экзамен
ИДЗ = индивидуальное домашнее задание (выдаётся через вики курса).
РС = работа на семинарах.
КР = контрольные работы.

Учебник:

Кибзун А. К., Горяинова Е. Р., Наумов А. В. "Теория вероятности и математическая статистика. Базовый курс с примерами и задачами" 2013 или 2014 года.

История

Наука появилась из-за азартных игр. Кавалер Демире захотел составить математическую базу для расчётов в азартных играх. Перечесление многих известных математиков, работавших в этой области. Колмогоров легенда теорвера, придумал определение вероятности, основал СУНЦ, ездил на лыжах.

Основные понятия

Определения

Теория вероятности - раздел математики, изучающий математические модели массовых случайных явлений.
Массовость - за n повторений эксперимента, вероятность каждого исхода стабилизируется возле какого-то значения p_i.
Всякое случайное событие обладает массовостью.

Обозначения

$\omega_1, \dots, \omega_n$ - элементарные случайные события.
$\Omega = \{\omega_1, \dots, \omega_n\}$ - пространство элементарных событий.
$\forall\Omega\ \forall A \quad A \subset \Omega \Leftrightarrow A$ - случайное событие.
$\forall A\ \forall\Omega \quad \Omega \subseteq A \Leftrightarrow A$ - достоверное событие.
$\forall A\ \forall\Omega \quad \Omega \cap A = \varnothing \Leftrightarrow A$ - невозможное событие.

Операции с событиями

$$A,\ B \subset \Omega$$

Произведение

Произведением случайных событий $A,\ B$ называется событие $A \cdot B = A \cap B$

Сумма

Сумма $A + B$ есть событие $A \cup B$.

Разность

Разность множеств $A \backslash B$.

Дополнение

$\overline{A} = \Omega \backslash A$.

Свойства операций

1. $A + A = A$
2. $A \cdot A = A$
3. $A \cdot \Omega = A$
4. $A + \Omega = \Omega$
5. $A + B = B + A$
6. $A \cdot B = B \cdot A$
7. $A + (B + C) = (A + B) + C$
8. $\overline{\overline{A}} = A$
9. $\overline{\overline{\overline{A}}} = \overline{A}$
10. $\overline{A + B} = \overline{A} \cdot \overline{B}$

Определение

Класс подможнеств $\mathcal{A}$ на пространстве событий Ω называется <u>σ-алгеброй</u> событий, если:

1. $\Omega \in \mathcal{A}$
2. $\forall A \subset \Omega \quad A \in \mathcal{A} \Rightarrow \overline{A} \in \mathcal{A}$
3. $\forall A_i \ A_1, \ldots, \ A_n, \cdots \in \mathcal{A} \Rightarrow \sum\limits_{i=1}^{\infty} A_i \in \mathcal{A} \wedge \prod\limits_{i=1}^{\infty} A_i \in \mathcal{A}$

Классическое определение вероятности

Исход = элементарное случайное событие.

1. Конечное число исходов эксперимента.
2. Исходы взаимно исключающие.
3. Исходы равновозможны.

Тогда $P(A) = \frac{|A|}{|\Omega|}$
$|A|$ - мощность множества исходов, принадлежащих A.

1. $P(A) \geqslant 0$

2. $P(\Omega) = 1$

3. $A \cdot B = \varnothing \Rightarrow P(A + B) = P(A) + P(B)$

Задача

В коробке 10 красных и 20 чёрных шаров.
Событие $A = \{\text{вытащить красный шар}\} \Rightarrow P(A) = \frac{|A|}{|\Omega|} = \frac{10}{30} = \frac{1}{3}$

Лекция 13 сентября.

Геометрическое определение вероятности

Ω является подмножеством конечной меры в $\mathbb{R}$ или $\mathbb{R}^2$, или ... или $\mathbb{R}^n$.
$P(A) = \frac{\mu(A)}{\mu(\Omega)}$, μ - мера (длина, площадь, n-мерный объём).
Свойства:

1. $P(A) \geqslant 0 \quad \forall A \subseteq \Omega$

2. $P(\Omega) = 1$

3. $A \cdot B = \varnothing \Rightarrow P(A + B) = P(A) + P(B)$

Задача

Ромео и Джульетта хотят встретиться между полуночью и часом ночи, но не могут договориться о времени, поэтому они приходят в произвольный момент времени на этом отрезке и ждут 15 минут, после чего уходят. С какой вероятностью они не встретятся? x - время прихода Дж.
y - время прихода Ромео.
Тут должен быть балдёжный график, но писать это долго.
$x,\ y \in [0,\ 1]$, в часах.
$|x \cdot y| \leqslant \frac{1}{4}$
$P(\overline{A}) = \frac{\frac{3}{4} \cdot \frac{3}{4}}{1} = \frac{9}{16} \Rightarrow P(A) = 1 - \frac{9}{16} = \frac{7}{16}$.
В этом определении мы избавились от конечности множества исходов.

Частотное (статистическое) определение вероятности

Определение

Пусть опыт проведён N раз, а событие A произошло n_A раз. Тогда $\frac{n_A}{N}$ называется частотой события A.
Тогда вероятность $P(A) = \lim\limits_{N\to\infty} \frac{n_A}{N}$

Аксиоматическое определение А. Н. Колмогорова (легенды, миллионера, плейбоя и филантропа)

Определение

Пусть $\mathcal{A} - \sigma$ алгебра событий на пространстве Ω. Назовём вероятностью числовую функцию $P : \mathcal{A} \to \mathbb{R}^1$, удовлетворяющую следующим аксиомам:

1. $\forall A \in \mathcal{A} \quad P(A) \geqslant 0$
2. $P(\Omega) = 1$
3. $\forall A_1, \ldots, \ A_n \in \mathcal{A} \quad (\forall i, \ j \in \mathbb{N} \ A_i \cap A_j \neq \varnothing \Rightarrow i = j) \Rightarrow P\left(\sum\limits_{i=1}^{\infty} A_i\right) =$
   $= \sum\limits_{i=1}^{\infty} P(A_i)$

Определение

Число $P(A), \ A \in \mathcal{A}$ называется вероятностью события A.

Определение

$(\Omega, \mathcal{A}, P)$ называется вероятностным пространством.

Свойства P(A)

1. $P(A) = 1 - P(\overline{A})$.
   $\Omega = A + \overline{A} \wedge A \cap \overline{A} = \varnothing$
   $P(\Omega) = P(A + \overline{A}) = P(A) + P(\overline{A}) \Rightarrow P(A) = 1 - P(\overline{A})$
2. $P(\varnothing) = 0$
   $\overline{\Omega} = \varnothing \Rightarrow P(\Omega) + P(\varnothing) = 1 \Rightarrow P(\varnothing) = 1 - 1 = 0$

3. $A \subseteq \Omega \wedge B \subseteq \Omega \wedge A \subseteq B \Rightarrow P(A) \leqslant P(B)$
   $B = A + (B \backslash A) \Rightarrow P(B) = P\big(A + (B \backslash A)\big) = P(A) + \underbrace{P(B \backslash A)}_{\geqslant 0} \Rightarrow$
   $\Rightarrow P(A) \leqslant P(B)$

4. $0 \leqslant P(A) \leqslant 1$
   По первой аксиоме $P(A) \geqslant 0$
   Из третьего $A \subseteq \Omega \wedge \Omega \subseteq \Omega \wedge A \subseteq \Omega \Rightarrow P(A) \leqslant P(\Omega) = 1$

5. Формула (теорема) сложения вероятностей:
   $$P(A + B) = P(A) + P(B) - P(A \cdot B)$$
   $$\begin{cases} A = A \cdot \Omega = A \cdot (B + \overline{B}) = AB + A\overline{B} \Rightarrow P(A\overline{B}) = P(A) - P(AB) \\ B = B \cdot \Omega = B \cdot (A + \overline{A}) = BA + B\overline{A} \Rightarrow P(B\overline{A}) = P(B) - P(AB) \end{cases} \Rightarrow$$
   $\Rightarrow A + B = AB + A\overline{B} + B\overline{A} \Rightarrow P(A + B) =$
   $= P(AB) + P(A) - P(AB) + P(B) - P(AB) = P(A) + P(B) - P(AB)$
   Замечание: тут не было $2(AB)$, потому что сложение по определению есть объединение, поэтому одного экземпляра достаточно.
   Для трёх слагаемых:
   $P((A + B) + C) = P(A + B) + P(C) - P\big((A + B) \cdot C\big) =$
   $= P(A) + P(B) - P(AB) + P(C) - P(AC) - P(BC) + P(ABC)$
   $P(A_1 + \dots + A_n) = \sum\limits_{i=1}^{n} P(A_i) - \sum\limits_{i \leqslant j} P(A_i A_j) + \sum\limits_{i \leqslant j \leqslant k} P(A_i A_j A_k) + \dots$
   $\dots + (-1)^{n-1} P(A_1, \dots,\ A_n)$

Задача

$A_1 = \{\text{Решка при 1-ом броске}\},\ A_2 = \{\text{Решка при 2-ом броске}\}$
$P(A_1 + A_2) = P(A_1) + P(A_2) - P(A_1 A_2) = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} - \frac{1}{4} = \frac{3}{4}$

Определение

Пусть $P(B) \neq 0$, тогда условная вероятность события A при условии B

$$P(A/B) = \frac{P(AB)}{P(B)}$$

Определение

События $A,\ B$ называются независимыми, если $P(A/B) = P(A)$
Отсюда следует: $\frac{P(AB)}{P(B)} = P(A) \Rightarrow P(AB) = P(A)P(B)$

Определение

События $A_1,\ A_2, \dots,\ A_n$ называются независимы в совокупности, если:

$$\forall k = 2, \dots,\ n\, \forall i_1, \dots,\ i_k \quad (1 \leqslant i_1 \leqslant \dots \leqslant i_k \leqslant n) \Rightarrow P(A_{i_1}, \dots,\ A_{i_k}) = P(A_{i_1}) \cdot_{\dots P(A_{i_k})}$$