

УДК 51:372.851

Ю. С. Бухарова,

факультет «Информатика и вычислительная техника»,
Уральский государственный университет им. первого Президента
России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург
Научный руководитель: ст. преподаватель А. А. Кныш

Применение формулы Бернулли в тестировании программного обеспечения

Аннотация. Статья посвящена применению формулы Бернулли в тестировании программного обеспечения для оценки стабильности, прогнозирования сбоев и определения объема тестирования. Рассмотрены примеры задач, которые способствуют формированию у будущих специалистов навыков критической оценки математических моделей.

Ключевые слова: формула Бернулли, тестирование программного обеспечения, надежность программного обеспечения, оценка рисков, объем тестирования, вероятностная модель, обучение математике, методические аспекты преподавания.

При создании и внедрении программного обеспечения одной из ключевых целей является достижение высокого уровня надежности и устойчивости приложений. Одним из инструментов, помогающих оценивать стабильность и качество программных продуктов, является формула Бернулли. Она широко применяется в статистике и теории вероятностей для расчетов вероятности наступления конкретного события в ряде независимых испытаний. В контексте тестирования программного обеспечения данная формула помогает прогнозировать успех или неудачу теста при многократных запусках программы.

Формула Бернулли, названная в честь известного швейцарского математика Якоба Бернулли, определяет вероятность того, что некоторое событие произойдет ровно k раз в n независимых испытаниях. Математически формула выглядит следующим образом: $P_n(k) = C_n^k \cdot p^k \cdot (1-p)^{n-k}$, где:

$P_n(k)$ — вероятность того, что событие случится ровно k раз из n попыток;

C_n^k — число сочетаний из n по k , равное $\frac{n!}{k!(n-k)!}$;

P — вероятность наступления события в одном испытании;

$(1-p)$ — вероятность отсутствия события в одном испытании.

Одним из наиболее распространенных способов применения формулы Бернулли в тестировании является оценка стабильности программного обеспечения. После множества запусков программы фиксируется доля успешных и неуспешных

тестов. Исходя из полученных данных, можно рассчитать вероятность успешной работы программы при последующих запусках. Этот показатель особенно важен для критичных систем, где высокая надежность играет ключевую роль.

Для демонстрации рассматриваемой темы на занятиях по математике можно использовать следующий пример.

Предположим, что программа была запущена 100 раз и в 95 из них завершилась корректно. Таким образом, вероятность успешного запуска составляет $p = 0,95$. Если требуется узнать вероятность того, что следующая группа из 10 запусков завершится успешно, можно воспользоваться формулой Бернулли: $P_{10}(10) = C_{10}^{10} \cdot 0,95^{10} \cdot (1-0,95)^0 \approx 0,5987$. Это значит, что вероятность успешного завершения всех 10 следующих запусков примерно равна 59,87 %.

Другое полезное применение формулы Бернулли заключается в определении оптимального количества тестов, необходимых для достижения необходимой степени уверенности в правильности программы. Допустим, разработчики хотят удостовериться, что вероятность обнаружения дефектов в программе превышает 95 %. Они могут задать желаемый уровень надежности и затем рассчитать, какое количество тестов потребуется выполнить для достижения данного показателя.

Допустим, вероятность выявления дефекта в одном тесте равна $p = 0,1$. Чтобы достичь вероятности обнаружения дефекта не менее чем в 95 %, необходимо выбрать подходящее количество

тестов (n), при котором выполняется условие: $1 - (1 - p)^n \geq 0,95$.

Решив данное неравенство относительно n , получаем: $n \geq 29,85$.

Таким образом, необходимо провести не менее 30 тестов, чтобы гарантировать обнаружение дефекта с вероятностью не менее 95 %.

Формула Бернулли также может использоваться для прогнозирования рисков сбоя программы. Например, если известно, что вероятность сбоя в одном запуске равна $p = 0,01$, можно рассчитать вероятность того, что в группе из 100 запусков произойдет хотя бы один сбой: $P(\text{хотя бы один сбой}) = 1 - P(\text{ни одного сбоя}) = 1 - C_{100}^0 \cdot 0,01^0 \cdot (1 - 0,01)^{100} \approx 0,634$.

То есть вероятность того, что, хотя бы один сбой произойдет в ходе 100 запусков, приблизительно равна 63,4 %.

Студентам важно предоставить систему рекомендаций, выстроенную по заданному принципу:

1. Сбор статистики: перед применением формулы необходимо собрать статистику по успешным и неуспешным запускам программы. Чем больше данных, тем точнее будет расчет.

2. Выбор подходящего уровня надежности: разработчики должны заранее определиться с необходимым уровнем надежности, который они хотят достигнуть через тестирование.

3. Использование дополнительных статистических методов: помимо формулы Бернулли, полезно применять дополнительные инструменты, такие как доверительные интервалы и тесты гипотез, для повышения точности оценок.

4. Мониторинг изменений: регулярно обновляйте расчеты, учитывая изменения в поведении программы и новые версии продукта.

Хотя формула Бернулли предоставляет мощный инструмент для анализа результатов тести-

рования, ее применение ограничено рядом обстоятельств:

1. Независимость испытаний: предполагается, что каждое испытание независимо друг от друга. В реальных ситуациях это предположение может нарушаться, например, из-за зависимостей между отдельными компонентами программы.

2. Постоянство вероятности: формула предполагает, что вероятность успеха остается постоянной во всех испытаниях. Реальные программы могут демонстрировать изменчивость поведения, что снижает точность предсказаний.

3. Простота сценария: формула Бернулли подходит для простых сценариев с бинарными результатами («успешно»/«неуспешно»). В более сложных системах, где возможен широкий спектр исходов, требуются иные подходы.

Для студентов, изучающих теорию вероятностей и ее приложения в инженерии программного обеспечения, анализ данных ограничений имеет фундаментальное значение. Он наглядно демонстрирует критически важный принцип: корректность любого математического аппарата напрямую зависит от соответствия его предпосылок реальным условиям задачи. Разбор приведенных примеров в учебном курсе позволяет сформировать у будущих специалистов навык критической оценки применимости теоретических моделей на практике. Аналогичные примеры можно составить на основе источников [1; 2; 3].

Таким образом, формула Бернулли остается ценным инструментом в арсенале разработчиков и тестировщиков, позволяя проводить экспресс-оценку рисков и обосновывать решения о необходимости дальнейшего тестирования. Несмотря на упрощающие предположения, ее грамотное применение в подходящих контекстах способствует повышению эффективности процессов контроля качества и итогового уровня надежности программного продукта.

1. Васильев А. А. Теория вероятностей и математическая статистика : учеб. и практикум для вузов. — М. : Юрайт, 2025. — 224 с.

2. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика : учеб. для вузов. — М. : Юрайт, 2025. — 479 с.

3. Теория вероятностей и математическая статистика. Математические модели : учеб. для вузов / В. Д. Мятлев, Л. А. Панченко, Г. Ю. Ризниченко, А. Т. Терехин. — М. : Юрайт, 2025. — 321 с.