АКАДЕМИЯ НАУК СССР
КОМИТЕТ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ТЕРМИНОЛОГИИ

ВСЕСОЮЗНЫЙ СОВЕТ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЩЕСТВ
КОМИТЕТ ПО НАДЕЖНОСТИ И КОНТРОЛЮ
КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ

СБОРНИКИ РЕКОМЕНДУЕМЫХ ТЕРМИНОВ
Выпуск 67а

НАДЕЖНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ И ИЗДЕЛИЙ

Основные понятия

Терминология

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
КОМИТЕТ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ТЕРМИНОЛОГИИ

ВСЕСОЮЗНЫЙ СОВЕТ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЩЕСТВ
КОМИТЕТ ПО НАДЕЖНОСТИ И КОНТРОЛЮ
КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ

СБОРНИКИ РЕКОМЕНДУЕМЫХ ТЕРМИНОВ
Выпуск 67а

НАДЕЖНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ И ИЗДЕЛИЙ

Основные понятия

Терминология

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»

МОСКВА 1965

Настоящая терминология рекомендуется Комитетом научно-технической терминологии АН СССР к применению в научно-технической литературе, учебном процессе, стандартах и технической документации.

Терминология рекомендуется Министерством высшего и среднего специального образования СССР для высших и средних учебных заведений.

Рекомендуемые термины просмотрены с точки зрения норм языка Институтом русского языка Академии наук СССР.

ОТВЕТСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР

член-корреспондент АН СССР

В. И. СИФОРОВ

ВВЕДЕНИЕ

Развитие современной техники характеризуется исключительным значением задачи обеспечения надежности технических систем, изделий и их элементов. Этим определяется актуальная необходимость выработки правильной терминологии, связанной с вопросами надежности.

Уточнение и определение понятий, относящихся к надежности, выявление объективных связей между ними, правильный выбор терминов, удовлетворяющих общепринятым требованиям (однозначности, точности, систематичности, краткости и др.), — т. е. построение научно обоснованной терминологии в данной области — крайне важно для подготовки научных и инженерных кадров, для издания научно-технической литературы, для работы по расчету, конструированию, проектированию и эксплуатации машин, систем машин, устройств, приборов, аппаратов и т. п.

В 1962 г. Комитет научно-технической терминологии (КНТТ) Академии наук СССР совместно с Институтом радиотехники и электроники (ИРЭ) Академии наук СССР выпустили сборник «Теория надежности в области радиоэлектроники. Терминология» (вып. 60), содержащий 70 основных рекомендуемых терминов с определениями понятий по разделам: общие понятия; отказы; резервирование; параметры; испытания. В приложениях были даны также система буквенных обозначений величин (в порядке обсуждения) и отдельно — 75 терминов теории вероятностей и математической статистики, применяемых при решении задач по расчету надежности, с толкованиями этих терминов.

Терминологическая рекомендация Академии наук СССР была выработана с учетом широкого обсуждения предварительно опубликованного проекта.

Следует сказать, что хотя эта терминологическая работа проводилась применительно к надежности в радиоэлектронике, однако принятые термины и определения понятий имеют более общий характер и могут найти применение также в некоторых других областях техники. В сборнике (вып. 60) указывалось, что эту работу следует считать первой рекомендацией, которая соответствует уровню нынешних знаний в данной области и, можно надеяться, сыграет свою нормализующую и прогрессивную роль, но вместе с тем подлежит дополнению и уточнению в недалеком будущем.

Между тем в настоящее время назрела срочная потребность, вызываемая неотложными задачами борьбы за повышение качества и надежности систем и изделий различных областей техники, в первую очередь машиностроения и приборостроения, — дать уже сейчас терминологическую рекомендацию по основным понятиям, относящимся к надежности систем, изделий и их элементов. Поэтому было признано целесообразным выпустить краткий сборник, содержащий 24 основных рекомендуемых термина с определениями понятий.

Следует обратить внимание на некоторые исходные позиции, принятые в этом сборнике.

Понятие «общая надежность» (12)[1] здесь определяется с привлечением понятий «безотказность» (9), «долговечность» (10) и «ремонтопригодность» (11). Таким образом, определение понятия «общая надежность» включает в себя широкий ряд существенных признаков, лишь одним из которых является безотказность. Определение «безотказности», приведенное в сборнике, обычно относится в литературе к «надежности (в узком смысле)».

Для того чтобы оценить рекомендуемые термины и правильно пользоваться ими, необходимо отправляться не от привычных представлений, связанных с многозначными обиходными словами («надежность», «долговечность», «исправность» и др.) в их обычном употреблении, а исходить из существа научно-технических понятий и их определений. Только при этом и в рамках данной системы понятий указанные слова становятся однозначными терминами.

Представленные в сборнике понятия относятся к техническим системам, изделиям и их элементам. Под «изделиями» широко понимаются различные машины, устройства и приборы. Сами изделия могут рассматриваться в определенных условиях как системы. Таким образом, понятия, включенные в сборник, имеют достаточно общий характер и могут быть распространены на ряд областей техники.

* * *

Сборник «Надежность технических систем и изделий. Основные понятия. Терминология» подготовлен комиссией в составе: Б. С. Сотскова, Я. А. Климовицкого и Я. Б. Шора при участии Е. И. Ефимова, В. Н. Князева, Р. В. Кугеля, О. Ф. Пославского,

---

[1] Здесь и в дальнейшем цифрами в скобках обозначены номера терминов, помещенных ниже.

Д. Н. Решетова, Г. Г. Самбуровой, Я. М. Сорина, К. П. Чудакова и при консультации В. И. Сифорова.

Комиссия руководствовалась принципами и методикой построения терминологии, разработанными и развитыми Комитетом научно-технической терминологии АН СССР в выпускаемых им терминологических трудах — проектах и рекомендациях, которые получили обобщение в ряде теоретических исследований[2].

При подготовке сборника были использованы и учтены ранее выполненные работы:

1. Теория надежности в области радиоэлектроники. Терминология. Сборник КНТТ и ИРЭ АН СССР, вып. 60. Изд-во АН СССР, 1962. —Работа выполнена комиссией в следующем составе: В. И. Сифоров (председатель), А. Г. Александров, Ф. И. Белов, А. С. Беркман, Г. Г. Геворкян, Я. А. Климовицкий, С. И. Коршунов, О. Ф. Пославский, О. С. Розов, Г. Г. Самбурова, М. А. Синица, Р. М. Туркельтауб, А. Н. Цветков и Я. К. Цупко.

2. И. М. Маликов. Основные понятия надежности и вопросы терминологии. Учебное пособие. Министерство высшего и среднего специального образования РСФСР. Ленинградский институт точной механики и оптики, 1962.

3. А. И. Берг. Кибернетика и надежность. Изд-во «Знание», 1963.

4. Б. В. Гнеденко и Я. Б. Шор. Надежность. Статья в Энциклопедическом справочнике «Автоматизация производства и промышленная электроника», т. II, 1963.

5. Терминология надежности и долговечности изделий машиностроения. Проект. 3-я редакция. Разработан Р. В. Кугелем и К. П. Чудаковым при участии Д. Н. Решетова и М. М. Хрущова (1963).

6. Проект единой терминологии надежности, подготовленный комиссией в следующем составе: Я. Б. Шор (председатель), В. Н. Князев, Р. В. Кугель, О. Ф. Пославский, К. П. Чудаков при участии Д. Н. Решетова и Л. Я. Шухгальтера (1964).

Изучалась также зарубежная литература по вопросам надежности, изданная за последние годы.

Были приняты во внимание материалы работ Комитета по надежности и контролю качества продукции при Всесоюзном совете научно-технических обществ.

Были учтены, кроме того, материалы совещания по вопросам терминологии теории надежности, проведенного Ленинградским областным советом научно-технических обществ и Ленинградским отделением научно-технического общества радиотехники и электросвязи им. А. С. Попова в марте 1964 г., а также материалы

---

[2] См., например: Д. С. Лотте. Основы построения научно-технической терминологии. Изд-во АН СССР, 1961.

семинара по вопросам надежности, действующего в Институте машиноведения и руководимого Н. Г. Бруевичем.

В ближайшем будущем, как предусмотрено, должна быть проведена терминологическая работа более широкого плана, в результате чего может быть выпущена систематически построенная, полная и уточненная рекомендация по терминологии теории надежности. Она будет представлять дальнейшее развитие действующей основной рекомендации, выпущенной Комитетом научно-технической терминологии Академии наук СССР в 1962 г., и краткого сборника, являющегося дополнительной рекомендацией.

* * *

Изданный первоначально небольшим тиражом сборник «Надежность технических систем и изделий. Основные понятия. Терминология» (вып. 67, «Издательство стандартов», 1964) получил быстрое распространение. Имея в виду запросы многих организаций и специалистов, Комитет научно-технической терминологии АН СССР предпринял дополненное и несколько уточненное издание этой рекомендации в издательстве «Наука» (настоящий выпуск — 67а).

Научно-редакционная комиссия в составе В. И. Сифорова (председатель), Я. А. Климовицкого и Я. Б. Шора, которой было поручено подготовить к печати это новое издание, с учетом поступивших пожеланий, сочла целесообразным дополнить сборник приложениями. В качестве приложений (взятых из сборника вып. 60 «Теория надежности в области радиоэлектроники. Терминология») даны: 1 — Классификация отказов и 2 — Термины теории вероятностей и математической статистики, применяемые в задачах, относящихся к теории надежности.

Кроме того, сделаны отдельные уточнения во Введении, а также уточнения, касающиеся главным образом формы изложения отдельных определений понятий. Приведены в порядке сопоставления с русскими терминами соответствующие английские термины.

В соответствии с изложенным выше, необходимо подчеркнуть, что новое издание краткого сборника, включающего лишь основные понятия надежности технических систем и изделий, является этапом к предстоящей более широкой терминологической работе в этой области.

При подготовке к печати данного выпуска были учтены ценные замечания и предложения Ф. И. Белова и Н. А. Шостьина, поступившие по сборнику вып. 67. Все замечания и предложения по настоящей публикации (вып. 67а) будут изучены и учтены в дальнейшей работе, и их следует направлять по адресу: Москва, Центр, ул. Грибоедова, 4, Комитет научно-технической терминологии АН СССР.

* * *

Ниже в трех колонках (слева направо) расположены номера по порядку, термины и определения понятий. Дано обычно принятое в терминологических сборниках КНТТ систематическое расположение терминов, которое соответствует проведенной систематизации и классификации понятий.

В отдельных случаях вслед за основным рекомендуемым термином приведен краткий параллельный термин: так, к основному термину «общая надежность» (12) дан краткий параллельный термин «надежность», к основному термину «технический ресурс» (14) — краткий параллельный термин «ресурс». Применение параллельного термина допускается в соответствующем контексте, когда исключена возможность недоразумений.

В ряде случаев с обозначением *Нрк* указаны нерекомендуемые термины, которыми не следует пользоваться (по отношению к данным понятиям).

Приведенные в сборнике определения понятий можно при необходимости изменять по форме изложения, однако при этом не должно искажаться содержание понятий. К некоторым определениям даны примечания, имеющие характер пояснений или указывающие на возможность построения и применения других соответствующих терминов, а также на возможность построения аналогичных определений других понятий.

В качестве справочных сведений даны, как отмечено выше, английские термины, соответствующие в той или иной мере основным рекомендуемым русским терминам. При подборе английских терминов была принята во внимание литература по вопросам надежности, изданная главным образом в США, причем внесены некоторые уточнения, по сравнению с ранее изданным терминологическим сборником КНТТ (вып. 60, 1962). Для отдельных рекомендуемых русских терминов в литературе отсутствуют соответствующие английские термины и поэтому они не указаны. В частности, например, отсутствует английский термин, соответствующий русскому термину «работоспособность» в том понимании, которое связывается с этим термином в рекомендуемой терминологии. Вместе с тем следует отметить, что в литературе по надежности на английском языке широко распространено прилагательное «operable» («работоспособный»), применяемое в подходящем смысле.

Вслед за терминологией помещены алфавитные указатели русских и английских терминов.

В конце даны упомянутые выше приложения.

ТЕРМИНОЛОГИЯ

1 **Система** System	Совокупность совместно действующих объектов, которая предназначена для самостоятельного выполнения заданных функций. Примечание. Под объектами могут пониматься изделия (например, машины, устройства, приборы и их элементы), а иногда также среда и обслуживающий персонал; изделие, в свою очередь, может рассматриваться при определенных условиях как система.
2 **Элемент системы** Element	Часть системы, предназначенная для выполнения заданных функций.
3 **Восстанавливаемая система** Repairable system	Система, которая в случае возникновения отказа (8) [1] может быть восстановлена. Примечание. Аналогично определяются «восстанавливаемый элемент» и «восстанавливаемое изделие».
4 **Невосстанавливаемая система** Non-repairable system	Система, которая в случае возникновения отказа (8) либо не подлежит, либо не поддается восстановлению в процессе эксплуатации. Примечание. Аналогично определяются «невосстанавливаемый элемент»] и «невосстанавливаемое изделие».
5 **Исправность**	Состояние системы (изделия) [2], при котором она (оно) в данный момент времени соответствует всем требованиям, установленным как в отношении основных параметров, характеризующих нормальное выполнение заданных функций системы (изделия), так и в отношении второстепенных параметров, характеризующих удобства эксплуатации, внешний вид и т. п.

[1] Здесь и в дальнейшем цифрами в скобках обозначены номера терминов, помещенных ниже.

[2] Здесь и в дальнейшем наряду с системой или изделием имеются также в виду и их элементы.

6 **Неисправность** Foult. Trouble. Defect	Состояние системы (изделия), при котором она (оно) в данный момент времени не соответствует хотя бы одному из требований, установленных как в отношении основных параметров, характеризующих нормальное выполнение заданных функций системы (изделия), так и в отношении второстепенных параметров, характеризующих удобства эксплуатации, внешний вид и т. п.
7 **Работоспособность** *Нрк* Рабочее состояние	Состояние системы (изделия), при котором она (оно) в данный момент времени соответствует всем требованиям, установленным в отношении основных параметров, характеризующих нормальное выполнение заданных функций системы (изделия).
8 **Отказ** *Нрк* Выход из строя Failure	Событие: полная или частичная утрата работоспособности системой (изделием).
9 **Безотказность** Reliability	Свойство системы (изделия) непрерывно сохранять работоспособность в определенных режимах и условиях эксплуатации; количественно оценивается вероятностью безотказной работы (20) либо косвенными вероятностными показателями — интенсивностью отказов (21), наработкой на отказ (24) и другими вероятностными показателями. Примечание. Это определение «безотказности» обычно относится в литературе к «надежности (в узком смысле)»; см. ниже термин «общая надежность» (12).
10 **Долговечность** Longevity	Свойство системы (изделия) длительно (с возможными перерывами на ремонт) сохранять работоспособность в определенных режимах и условиях эксплуатации до разрушения или другого предельного состояния; количественно оценивается, например, техническим ресурсом (14). Примечание. Предельное состояние может устанавливаться по изменениям параметров системы (изделия), по экономическим показателям и т. п.
11 **Ремонтопригодность** *Нрк* Восстанавливаемость; ремонтоспособность Maintainability	Свойство системы (изделия), выражающееся в приспособленности к восстановлению исправности и к поддержанию заданного технического ресурса (14) путем предупреждения, обнаружения и устранения неисправностей и отказов; количественно оценивается трудоемкостью восстановления работоспособно-

сти, что определяется затратами труда и средств на предупреждение, обнаружение и устранение неисправностей и отказов с учетом квалификации обслуживающего персонала, уровня технической оснащенности и системы организации ремонта.

Примечание. Ремонтопригодность невосстанавливаемого изделия (элемента) понимается как его приспособленность к проверке технического состояния и удобной замене

12 Общая надежность Надежность Dependability	Свойство системы (изделия), обусловленное ее (его) безотказностью, долговечностью и ремонтопригодностью и обеспечивающее нормальное выполнение заданных функций системы (изделия); количественно оценивается, например, произведением вероятности безотказной работы (20) на коэффициент технического использования (18) (или на коэффициент готовности) (19).
13 Сохраняемость Storagability	Свойство системы (изделия) сохранять исправность и надежность в определенных условиях хранения и транспортировки; количественно оценивается продолжительностью хранения и транспортировки до возникновения неисправностей и снижением показателя надежности при последующей эксплуатации.
14 Технический ресурс Ресурс Resource	Суммарная наработка (22) системы (изделия) за период эксплуатации до разрушения или другого предельного состояния. Примечание. Различают: «полный технический ресурс», который рассчитывается от начала до конца эксплуатации; «остаточный технический ресурс», который рассчитывается от рассматриваемого момента до конца эксплуатации; «средний технический ресурс» как среднее значение полного технического ресурса рассматриваемых систем (изделий).
15 Гарантированный ресурс	Технический ресурс, которым обладают не менее, чем γ процентов эксплуатируемых систем (изделий), где γ является гарантированной вероятностью.
16 Срок службы Life	Календарная продолжительность эксплуатации системы (изделия) до разрушения или другого предельного состояния. Примечание. Различают «средний срок службы» как среднюю календарную продолжительность эксплуатации системы (изделия) до разрушения или другого предельного состояния.

17 **Гарантированный срок службы**	Срок службы системы (изделия), в течение которого завод-изготовитель гарантирует исправность системы (изделия) и несет материальную ответственность за возникшие неисправности при условии соблюдения эксплуатационных правил.
18 **Коэффициент технического использования**	Отношение полного технического ресурса системы (изделия) к сумме трех слагаемых: полный технический ресурс; суммарное время, затраченное на ремонт за весь период эксплуатации; суммарное время, затраченное на профилактические работы за весь период эксплуатации. Примечание. Аналогично строится определение «частного коэффициента технического использования» — для случая, когда в указанное отношение входит, вместо полного технического ресурса, соответствующая часть ресурса.
19 **Коэффициент готовности** Availability	Отношение продолжительности безотказной работы системы (изделия) за заданный период эксплуатации к сумме этой продолжительности безотказной работы и продолжительности ремонтов за тот же период эксплуатации. Примечание. Продолжительность безотказной работы понимается как сумма интервалов времени безотказной работы системы (изделия).
20 **Вероятность безотказной работы** Probability of no failure	Вероятность того, что при определенных режимах и условиях эксплуатации, в пределах заданной продолжительности работы системы (изделия), отказ не возникнет.
21 **Интенсивность отказов** Failure rate	Вероятность отказа невосстанавливаемой системы (невосстанавливаемого изделия) в единицу времени после данного момента времени при условии, что до этого момента времени отказ не возникал. Примечание. Интенсивность отказов может быть вычислена как отношение частоты отказов к вероятности безотказной работы, взятых для одного и того же момента времени; здесь частота отказов понимается как плотность вероятности наработки (22) невосстанавливаемой системы (невосстанавливаемого изделия) до отказа.

22 **Наработка** Operating time	Продолжительность или объем работы системы (изделия) в определенных условиях; количественно оценивается временем или связанными с ним показателями, например, числом циклов, дальностью пробега и т. п.
23 **Наработка между отказами** Time between failures	Наработка восстанавливаемой системы (восстанавливаемого изделия) между двумя последовательно возникшими отказами.
24 **Наработка на отказ** Mean time between failures	Среднее значение наработки восстанавливаемой системы (восстанавливаемого изделия) между отказами.

АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ РУССКИХ ТЕРМИНОВ

Основные рекомендуемые термины даны **полужирным** шрифтом; параллельные, нерекомендуемые и приведенные в примечаниях термины — светлым шрифтом.

Числа обозначают номера терминов.

Номера терминов, приведенных в примечаниях, отмечены звездочкой.

Номера нерекомендуемых терминов заключены в скобки.

Термины, имеющие в своем составе несколько слов, расположены по алфавиту своих главных слов (обычно имен существительных в именительном падеже).

Запятая, стоящая после какого-либо слова, указывает на то, что при применении данного термина (в соответствии с написанием, принятым в настоящем сборнике) слова, стоящие после запятой, должны предшествовать словам, находящимся до запятой. Например, термин «система, восстанавливаемая» (3) следует читать «восстанавливаемая система», термин «ресурс, технический» (14) следует читать «технический ресурс».

АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ АНГЛИЙСКИХ ТЕРМИНОВ

ПРИЛОЖЕНИЯ

1. Классификация отказов
2. Термины теории вероятностей и математической статистики, применяемые в задачах, относящихся к теории надежности

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

КЛАССИФИКАЦИЯ ОТКАЗОВ

<table>
<tr><th colspan="2">Признак деления</th><th colspan="2">Виды отказов</th></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">I. Характер изменения параметра до момента возникновения отказа</td><td colspan="2">Внезапный отказ</td></tr>
<tr><td colspan="2">Постепенный отказ</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">II. Связь с другими отказами</td><td colspan="2">Независимый отказ</td></tr>
<tr><td colspan="2">Зависимый отказ</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">III. Возможность последующего использования после возникновения отказа</td><td colspan="2">Полный отказ</td></tr>
<tr><td colspan="2">Частичный отказ</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="3">IV. Характер устранения отказа</td><td colspan="2">Устойчивый отказ</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Самоустраняющийся отказ</td><td>Сбой</td></tr>
<tr><td>Перемежающийся отказ</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">V. Наличие внешних проявлений</td><td colspan="2">Очевидный (явный) отказ</td></tr>
<tr><td colspan="2">Скрытый (неявный) отказ</td></tr>
<tr><td colspan="2">VI. Причина возникновения</td><td colspan="2" rowspan="3">Конструкционный отказ</td></tr>
<tr><td rowspan="2">При конструировании</td><td>Ошибка конструктора</td></tr>
<tr><td>Несовершенство принятых методов конструирования</td></tr>
</table>

Признак деления		Виды отказов
При изготовлении	Ошибка при изготовлении — нарушение принятой технологии	Технологический отказ
	Несовершенство технологии	
При эксплуатации	Нарушение правил эксплуатации	Эксплуатационный отказ
	Внешние воздействия, не свойственные нормальной эксплуатации	
VII. Природа происхождения		Естественный отказ
		Искусственный отказ (отказ, вызываемый намеренно)
VIII. Время возникновения отказов		Отказ при испытаниях
		Отказ периода приработки (приработочный отказ)
		Отказ периода нормальной эксплуатации
		Отказ последнего периода эксплуатации

ПРИЛОЖЕНИЕ

ТЕРМИНЫ ТЕОРИИ ВЕРОЯТНОСТЕЙ И МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ РАССМОТРЕНИИ ЗАДАЧ, ОТНОСЯЩИХСЯ К ТЕОРИИ НАДЕЖНОСТИ[1]

Помещаемый ниже список терминов с их толкованиями охватывает термины теории вероятностей и математической статистики, которые применяются при рассмотрении задач, относящихся к теории надежности, и являются наиболее существенными, по мнению составителей, для математического описания этих задач.

Составители придерживались обозначений, примененных в их книге «Краткий курс математической статистики для технических приложений» (Физматгиз, 1959).

Каждый термин сопровождается соответствующим английским термином, трактуемым применительно к словарю, подготовленному для Международного статистического института: M. G. Kendall and W. R. Buckland. A dictionary of statistical terms. Oliver and Boyd, 1957, Edinburg — London.

В конце приведен список литературы.

Термины даны полужирным шрифтом.

Настоящая публикация имеет справочный характер и является приложением к рекомендуемой терминологии, относящейся к теории надежности.

---

[1] Составители — член-корр. АН СССР Н. В. Смирнов и доктор техн. наук, проф. И. В. Дунин-Барковский.

Альтернативная гипотеза. Alternative hypothesis. В теории проверки гипотез какая-нибудь из допустимых в данной обстановке гипотез, альтернативная (исключающая) по отношению к той, которая проверяется.

Бейесовское решение. Bayes' solution. Статистическая решающая функция, которая минимизирует средний риск принятия неправильного решения в предположении некоторого априорного распределения вероятностей оцениваемого параметра (основанного на предварительной информации относительно этого параметра).

Биномиальное распределение. Binomial distribution. Распределение вероятностей числа появлений случайного события в n независимых испытаниях, в каждом из которых вероятность p появления данного события постоянна. Вероятность появления события x раз в n таких испытаниях:

$$p_n(x) = C_n^x p^x q^{n-x},$$

где C_n^x — число сочетаний из n элементов по x элементов; $q = 1 - p$ — вероятность непоявления рассматриваемого события в одном каком-нибудь испытании.

Вероятность $p_n(x)$ представляет член, содержащий p^x, разложения бинома $(q + p)^n$, которое определяет различные вероятности для числа появлений события $x = 0, 1, 2, \ldots, n$, в сумме, равной единице. Совокупность всех этих вероятностей и называется биномиальным распределением.

Вариационный ряд. Упорядоченная выборка. Set of variatevalues. Ряд наблюденных значений случайной величины, расположенных в порядке возрастания их величины. Члены вариационного ряда называются «порядковыми статистиками» — среди них часто используются медиана, квартили, децили и т. д.

Вероятность. Probability. Положительное число, не превышающее единицу, представляющее собой количественную меру возможности появления случайного события в повторяющихся от опыта к опыту основных условиях. Конкретный смысл вероятности $P(A)$ случайного события A заключается в том, что она определяет среднюю частость, с которой можно ожидать появление случайного события A в длинных сериях независимых испытаний. Именно в этой устойчивости находит свое выражение зависимость между появлением события и постоянными условиями опыта.

Выборочная совокупность. Выборка. Sample. Часть изучаемой совокупности, или подгруппы, из множества объектов, полученная тем или иным способом, обычно путем преднамеренного отбора объектов для исследования тех или иных свойств исходной совокупности. Для того, чтобы по результатам выборки можно было найти объективные оценки для генеральной совокупности, опираясь на теорию вероятностей, в математической статистике рассматривают обычно выборки, полученные в результате случайного отбора объсктов, выполняемого по определенной методике.

Генеральная совокупность. Population. Коллектив, или группа объектов статистического исследования, представляющих множество возможных значений случайной величины. При выборочном обследовании объектов — это исходная или общая совокупность, из которой извлекается выборка, или выборочная совокупность.

Дисперсионный анализ. Variance-analysis. Процедура анализа статистических данных, типичная задача для которой состоит в том, чтобы определить, в какой мере существенно влияние того или иного фактора или комбинации факторов на рассматриваемый признак. Общая дисперсия, обнаруженная рядом наблюдений и измеряемая суммой квадратов отклонений от средней ряда, может быть в определенных условиях подразделена на компоненты, ассоциирующиеся с определенными источниками вариации. Относительные величины этих компонентов и позволяют решить задачу существенности соответствующих факторов.

Дисперсия. Variance. Второй момент распределения, взятый относительно его центра (математического ожидания — в распределении вероятностей и средней статистической — в эмпирическом распределении), т. е. для распределения вероятностей

$$\int_{-\infty}^{\infty} (x-\nu)^2 d\mathrm{P}(x) = \mathrm{D}X = \mu_2,$$

где ν — математическое ожидание или первый начальный момент распределения; $\mathrm{P}(x)$ — функция (интегральная) распределения вероятностей (в случае непрерывного распределения $d\mathrm{P}(x) = p(x)\,dx$, где $p(x)$ — плотность вероятности); для эмпирического распределения

$$\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{i=n} (x_i - \bar{x})^2 = s^2,$$

где n — общее число наблюдений; $\bar{x}$ — арифметическая средняя.

Доверительная вероятность. Confidence coefficient. Мера вероятности, ассоциируемая с доверительным интервалом и выражающая вероятность справедливости того положения, что этот интервал накроет отложенное на числовой оси истинное значение оцениваемого по выборочным данным параметра распределения.

Доверительные границы Confidence limits. Значения t_1 и t_2, которые образуют нижнюю и верхнюю границы доверительного интервала.

Доверительный интервал. Confidence interval. Если можно определить две оценки t_1 и t_2 — функции только выборочных значений, такие, что для оцениваемого по выборочным данным параметра θ имеет место

$$\mathrm{P}(t_1 \leqslant \Theta \leqslant t_2) = 1 - \alpha,$$

где α — некоторая фиксированная (малая) вероятность, то интервал между t_1 и t_2 называется доверительным интервалом. Утверждение о том, что Θ лежит в этом интервале, будет оправдываться в среднем в доле $1-\alpha$ случаев оценивания по этому правилу, каково бы ни было Θ.

Достаточность оценки. Sufficiency. Свойство статистических оценок, определенное Р. А. Фишером. Оценка $\hat{\Theta}$ — функция выборки $x_1, x_2, \ldots, x_n$ называется достаточной для параметра Θ, если условное распределение выборки при заданном значении $\hat{\Theta}$ уже не будет зависеть от Θ. Таким образом, после того как по данным выборки определено значение $\hat{\Theta}$, из этих данных нельзя извлечь никакой добавочной информации о величине оцениваемого параметра Θ. Вообще оценки $\hat{\Theta}_1, \hat{\Theta}_2, \ldots, \hat{\Theta}_m$ «в совокупности достаточны» для параметров $\Theta_1, \Theta_2, \ldots, \Theta_m$, если условное распределение выборочных значений при заданных значениях $\hat{\Theta}_1, \hat{\Theta}_2, \ldots, \hat{\Theta}_m$ не зависит от параметров $\Theta_1, \Theta_2, \ldots, \Theta_m$. Так, например, средняя арифметическая x и эмпирическая дисперсия s^2 являются достаточными оценками для центра и дисперсии нормального распределения.

Закон больших чисел. Law of large numbers. Основная и общая закономерность, которой следуют средние из большого числа случайных величин.

В простейшем случае, когда имеется последовательность независимых в совокупности и одинаково распределенных случайных величин и существует математическое ожидание $\nu = MX_n$ $(n = 1, 2, \ldots)$ для любого $\varepsilon > 0$ при $n \to \infty$ вероятность

$$P\left(\left|\frac{X_1 + X_2 + \cdots + X_n}{n} - \nu\right| > \varepsilon\right) \to 0.$$

Иными словами, вероятность того, что уклонение средних арифметических n таких случайных величин от общего для них математического ожидания превзойдет по абсолютному значению сколь угодно малое ε, стремится к нулю при возрастании n. При некоторых добавочных условиях эта закономерность выполняется и для не одинаково распределенных последовательностей и даже для зависимых случайных величин. Средние по таким величинам $X_1, X_2, \ldots, X_n$ при больших n оказываются почти близкими к средним по их математическим ожиданиям.

Интегральная функция распределения. Функция распределения. Distribution function. Вероятность того, что случайная величина X примет значение, меньшее любого заданного числа x, т. е.

$$P(x) = P(X < x).$$

Согласно общему правилу, вся масса вероятности, соответствующая случайной величине X, равна единице. Поэтому значение $P(x)$ представляет долю вероятности всех значений X, меньших x. Для n случайных величин функция распределения $P(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ есть вероятность того, что случайная величина X_1 примет значение, меньшее x_1, и одновременно величина X_2 примет значение, меньшее x_2 и т. д.

Испытание гипотезы. Проверка гипотезы. Testing of statistical hypothesis. Проверка по данным наблюдений статистической гипотезы.

Квартиль. Quartile. Имеются два квартиля: нижний, представляющий такое значение x, при котором непрерывная (строго возрастающая) функция распределения случайной величины $P(x)$ равна $1/4$, и верхний, при котором она равна $3/4$. Оба квартиля и центральное значение, называемое медианой, подразделяют числовую ось на такие четыре интервала, что вероятность попадания в каждый из них равна $1/4$. В случае, когда $P(x)$ не строго монотонная или имеет разрывы (как, например, при дискретном распределении), квартиль однозначно не определяется.

Корреляция. Correlation. В самом широком смысле означает взаимную зависимость между количественными или качественными данными; в более узком и употребительном смысле означает связь между случайными переменными, при которой одна из них реагирует на изменение других изменениями своего математического ожидания.

Коэффициент вариации. Коэффициент изменчивости. Coefficient of variation. Отношение среднего квадратического отклонения σ_X к математическому ожиданию MX, умноженное на 100, т. е.

$$\frac{\sigma_X}{\mathrm{M}X}\,100 = \gamma_X.$$

В качестве оценки γ_X по выборке используется выборочный коэффициент вариации $v_x = \frac{s}{\bar{x}}\,100$, где s—эмпирическое среднее квадратическое отклонение и $\bar{x}$ — средняя арифметическая.

Коэффициент корреляции. Coefficient of correlation. Мера взаимной зависимости двух случайных величин — обычно отвлеченное число, лежащее в пределах от —1 до 1; значение его, равное нулю, указывает на отсутствие корреляции (что не означает еще независимости случайных переменных). Крайние значения —1 и 1 указывают на точную отрицательную или положительную линейную зависимость. Обычно коэффициент корреляции между случайными переменными X и Y представляет математическое ожидание произведения их отклонений от соответствующих математических ожиданий, поделенное на произведение средних квадратических отклонений этих величин, т. е.

$$\rho_{XY} = \frac{\mathrm{M}\left[(X - \mathrm{M}X)(Y - \mathrm{M}Y)\right]}{\sigma_X \sigma_Y},$$

где MX и MY — математические ожидания случайных величин X и Y соответственно и σ_X и σ_Y — их средние квадратические отклонения. Для оценки ρ_{XY} по данным выборки используется эмпирический или выборочный коэффициент корреляции:

$$r_{xy} = \frac{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{s_x s_y},$$

где $\bar{x}$ и $\bar{y}$ — средние арифметические, s_x и s_y — средние квадратические отклонения величин X и Y, определяемые по наблюденным парам (x_1, y_1), (x_2, y_2), ..., ..., (x_n, y_n) значений этих величин.

Кривая распределения. Distribution curve. График функции распределения вероятностей. Чаще всего кривой распределения называют также график плотности вероятности.

Критерий значимости. Test statistic. Функция наблюденных значений выборки, служащая основой для испытания (проверки) статистических гипотез.

Критерий Колмогорова. Kolmogoroff-Smirnoff's test. Критерий согласия, основывающийся на теореме, доказанной А. Н. Колмогоровым. Пусть в порядке гипотезы допускается, что P (x) есть некоторая непрерывная функция распределения случайной величины X и $W_n(x)$ — эмпирическая функция распределения, построенная по n независимым наблюдениям величины X (т. е. по выборке). Для оценки степени согласия между наблюдаемым распределением $W_n(x)$ и гипотетическим P (x) определяется величина: $\mathrm{D}_n = \max|W_n(x) - \mathrm{P}(x)|$. Доказывается, что: 1) распределение критерия D_n не зависит от вида P (x); 2) при большом n распределение $\mathrm{D}_n\sqrt{n}$ близко к некоторому предельному, так что при $z > 0$ и $n \to \infty$

$$\mathbf{P}\left(\mathrm{D}_n \sqrt{n} < z\right) \to K(z) = \sum_{k=-\infty}^{k=\infty} (-1)^k e^{-2k^2z^2}.$$

Исходя из этих предложений можно строить приближенные доверительные границы для неизвестной функции $P(x)$. Дальнейшее развитие критерия и применение его к аналогичной задаче об оценке однородности двух независимых выборок принадлежит Н. В. Смирнову.

Критерий согласия. Coodness of fit. В общем смысле критерий соответствия между рядом наблюденных значений и вторым рядом, который строится целиком или частично, исходя из каких-либо теоретических допущений или гипотез. Чаще всего критерием согласия называют критерий для оценки соответствия между теоретически допускаемым распределением и данными наблюдений.

Критическая область. Critical region. Проверка статистических гипотез основывается на подразделении всей совокупности возможных результатов наблюдений или исходов опыта (пространства выборок — по принятой в математической статистике терминологии) на две взаимно исключающих области. Если результат выборки попадает в первую область (область принятия гипотезы), то проверяемая гипотеза признается не противоречащей данным наблюдений. Если же она попадает во вторую область, называемую «критической» областью, то гипотеза отвергается, как несогласующаяся с данными наблюдений. Выбор критической области для испытания гипотезы контролируется вероятностями совершения ошибки первого или второго рода.

Математическое ожидание. Mean value. Mathematical expectation. Числовая характеристика «центра» одномерного или многомерного распределений случайных величин. Представляет среднее «взвешенное» по вероятностям значение случайной величины. Математическое ожидание определяется соотношениями: для дискретной случайной величины

$$\mathbf{M}X = \sum_{x} x p(x),$$

где $p(x)$ — вероятность получения значения x случайной величиной X; для непрерывной случайной величины с плотностью вероятности $p(x)$

$$\mathbf{M}X = \int_{-\infty}^{\infty} x p(x)\, dx.$$

Общее выражение для $\mathbf{M}X$ дается с помощью интеграла Стильтьеса $\mathbf{M}X = \int x d\,\mathbf{P}(x)$, где $\mathbf{P}(x)$ — функция распределения случайной величины X.

Медиана. Median. Одна из характеристик распределения случайной величины. Для непрерывного распределения медиана $\mathrm{Me}X$ определяется соотношением

$$\mathbf{P}(x = \mathrm{Me}\,X) = \frac{1}{2},$$

где $\mathbf{P}(x)$ — непрерывная строго возрастающая функция распределения случайной величины X.

Для дискретного распределения медиане можно дать определение лишь при условии, что существует такое значение, которое подразделяет общее число $2N+1$ возможных значений случайной величины на две равновероятные части объема N. Тогда медианой будет «эн» плюс первое $(N+1)$ значение.

Метод наибольшего правдоподобия. Maximum-likelihood method. Метод оценивания одного или нескольких параметров генеральной совокупности с помощью того значения, которое максимизирует правдоподобие выборки. Например, если правдоподобие есть $L(x_1, x_2, \ldots, x_n, \Theta)$, то параметр Θ оценивается при помощи такой оценки $\hat{\Theta}$, являющейся функцией от $x_1, x_2, \ldots, x_n$, для которой

$$\left[\frac{\partial L}{\partial \theta}\right]_{\theta=\hat{\theta}}=0 \text{ и } \left[\frac{\partial^2 L}{\partial \theta^2}\right]_{\theta=\hat{\theta}}<0.$$

Многомерное распределение. Multivariate distribution. Совместное распределение n случайных величин $(n>1)$ или, что то же самое, распределение вероятности n случайных переменных $X_1, X_2, \ldots, X_n$, задаваемое функцией распределения $\mathrm{P}(X_1<x_1, X_2<x_2, \ldots, X_n<x_n)$ или плотностью распределения $p(x_1, x_2, \ldots, x_n)$.

Мода. Mode. Модой $\mathrm{Mo}X$ случайной величины X называется ее значение, имеющее наибольшую вероятность (при дискретном распределении) или наибольшую плотность вероятности (при непрерывном распределении). Модой эмпирического распределения $\mathrm{Mo}X$ называется значение, имеющее наибольшую частость.

Мощность критерия значимости. Power. Мощность критерия, используемого для проверки статистической гипотезы, представляет вероятность того, что проверяемая гипотеза будет отброшена, когда имеет место одна из альтернативных гипотез. Мощность критерия зависит от выбора критической области. Она будет наибольшей, когда вероятность ошибки второго рода будет наименьшей.

Независимые испытания. Independent trials. Последовательные стохастические испытания, в которых вероятность любого из возможных исходов — случайных событий в одном каком-нибудь испытании — не зависит от исходов других испытаний. Обычно этот термин относится к случаям, когда вероятность появления события одинакова во всех испытаниях. Сюда относятся все классические примеры, такие, как извлечение шаров из урны с возвращением всякий раз вынутого шара в урну, подбрасывание монеты и т. п.

Независимые события. Independent events. Два события называются независимыми, если вероятность одного из них не изменяется от того, произошло или нет другое событие, т. е.

$$\mathrm{P}(A)=\mathrm{P}(A \mid B) \text{ и } \mathrm{P}(B)=\mathrm{P}(B \mid A).$$

Из этого следует, что вероятность совместного наступления событий в одном испытании $\mathrm{P}(AB)=\mathrm{P}(A)\,\mathrm{P}(B)$, если события A и B независимы.

Несмещенная оценка. Unbiassed estimator. Оценка $\hat{\Theta}$, полученная по выборке и имеющая для любого объема выборки математическое ожидание, равное оцениваемому параметру Θ, так что $\mathrm{M}\hat{\Theta}=\Theta$. Например, выборочная (эмпирическая) дисперсия s^2 не является несмещенной оценкой дисперсии генеральной совокупности (теоретической дисперсии) σ^2, так как

$$\mathrm{M}s^2=\frac{n-1}{n}\sigma^2,$$

где

$$s^2=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{i=n}(x_i-\bar{x})^2.$$

С другой стороны, оценка

$$\bar{s}^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{i=n} (x_i - \bar{x})^2$$

является несмещенной оценкой σ^2 ввиду того, что $M\bar{s}^2 = \sigma^2$. Оценка, не являющаяся несмещенной, называется смещенной оценкой. Если она является несмещенной для любого типа распределения, как, например, оценка $\bar{s}^2$ для σ^2, то она называется абсолютно несмещенной. Если она не смещенная и линейная по отношению к данным наблюдений, то ее называют несмещенной линейной оценкой.

Если оценка стремится стать несмещенной с увеличением объема выборки (численности наблюдений), то она называется асимптотически несмещенной. Такова, например, оценка s^2 для σ^2.

Нормальное распределение. Normal distribution. Непрерывное распределение вероятностей на всей действительной оси, задаваемое равенством

$$d\mathbf{P}(x) = p(x)\,dx = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}} dx,$$

где a — математическое ожидание и σ — среднее квадратическое отклонение. Функция распределения $\mathbf{P}(x)$ нормального распределения с параметрами a и σ часто кратко обозначается $N(x;\ a;\sigma)$. Это распределение называют еще гауссовым, лапласовым, гаусс-лапласовым распределением. Оно было, по-видимому, впервые открыто Муавром как предельная форма биномиального распределения.

Оперативная характеристика. Operating characteristic. Описание свойств принятого правила проверки статистической гипотезы с помощью указания вероятности принятия проверяемой гипотезы (нулевой), когда на самом деле осуществляется некоторая альтернативная гипотеза. Так, например, в приемочном контроле качества продукции доброкачественность данного правила приемки обнаруживается с помощью оперативной характеристики, обеспечивающей малую вероятность приемки партии с большей долей негодных изделий и близкую к единице вероятность приемки партии с малой долей негодных изделий. Оперативная характеристическая функция может рассматриваться как дополнение к функции мощности критерия значимости к теории проверки статистических гипотез.

Отношение правдоподобия. Likelihood ratio. Если $x_1, x_2, \ldots, x_n$ представляют случайную выборку из генеральной совокупности величины X с плотностью распределения $f(x;\Theta_1;\Theta_2;\ldots;\Theta_k)$, где $\Theta_1;\Theta_2,\ldots,\Theta_k$ неизвестные параметры, то правдоподобие этой выборки есть

$$L = \prod_{i=1}^{i=n} f(x_i;\ \Theta_1;\ \Theta_2;\ \Theta_k).$$

Пусть эта функция параметров (при фиксированных x_i) будет достигать максимума, где-нибудь в пространстве параметров Ω. Обозначим этот максимум через $L(\hat{\Omega})$. Подпространству параметров ω (т. е. для множества значений Θ_1, $\Theta_2, \ldots, \Theta_k$, корреспондирующих некоторым ограничениям, наложенным на параметры) будет соответствовать также максимальное значение $L(\hat{\omega})$. Нулевая гипотеза H_0, заключающаяся в том, что исследуемая генеральная совокупность принадлежит подпространству ω пространства Ω может быть проверена с помощью отношения правдоподобия

$$\lambda = \frac{L(\hat{\omega})}{L(\hat{\Omega})}, \qquad 0 \leqslant \lambda \leqslant 1,$$

представляющего функцию $x_1, x_2, \ldots, x_n$ или некоторых надлежаще выбранных функций λ. Этот метод принадлежит Нейману и Пирсону. Он может быть обобщен на многомерный случай.

Ошибка второго рода. Error of second kind. Ошибка, заключающаяся в принятии статистической гипотезы в то время, когда она является ложной и должна быть отброшена. Вместе с ошибкой первого рода является основой теории проверки статистических гипотез, начала которой заложены Нейманом и Пирсоном. В отличие от ошибки первого рода, вообще говоря, не определяется просто выбором областей принятия гипотезы и отбрасывания критической области. Обычная процедура выбора критерия значимости и правил проверки гипотез состоит в фиксировании величины ошибки первого рода и при этом условии — минимизации ошибки второго рода надлежащим выбором критической области.

Ошибка первого рода. Error of first kind. Ошибка, состоящая в том, что статистическая гипотеза отбрасывается как ложная в то время, когда она на самом деле верна и должна быть принята. Вероятность этого рода ошибки определяется надлежащим выбором областей: 1) принятия гипотезы и 2) отбрасывания гипотезы (критической области).

Плотность вероятности. Erequency function. В несколько формальном смысле плотность вероятности представляет первую производную функции распределения, т. е.

$$p(x) = \frac{d\mathbf{P}(x)}{dx},$$

где $\mathbf{P}(x)$ — функция распределения случайной величины X, так что $d\mathbf{P}(x) = p(x)\,dx$ с точностью до бесконечно малых высшего порядка представляет вероятность, соответствующую элементарному промежутку $(x, x + dx)$ и

$$\int_{\alpha}^{\beta} p(x)\,dx = \mathbf{P}(\beta) - \mathbf{P}(\alpha) = \mathbf{P}(\alpha \leqslant X \leqslant \beta).$$

Понятие плотности обобщается и на многомерные распределения.

Последовательный анализ. Sequental analysis. Анализ материала наблюдений последовательным методом отбора, т. е. при последовательном получении данных наблюдений друг за другом по одному или группами для того, чтобы по результатам анализа данных на любой стадии отбора судить, следует ли дальше продолжать накапливать наблюдения или прекратить их. В этом случае объем выборки не фиксируется и зависит от фактических результатов отбора от одного объекта (группы) к другому объекту (группе). Процедура отбирания данных подчиняется надлежащим правилам, которые определяются степенью требуемой точности и надежности вывода.

Правдоподобие. Likelihood. Если распределение непрерывных случайных величин $X_1, X_2, \ldots, X_n$, зависящих от параметров $\Theta_1, \Theta_2, \ldots, \Theta_k$, задается в виде

$$d\mathbf{P} = f(x_1, x_2, \ldots, x_n;\ \theta_1,\ \theta_2, \ldots, \theta_k)\,dx_1, dx_2, \ldots, dx_n,$$

то функция $f(x_1, x_2, \ldots, x_n; \Theta_1, \Theta_2, \ldots, \Theta_k)$, рассматриваемая как функция параметров $\Theta_1, \Theta_2, \ldots, \Theta_k$ при фиксированных $x_1, x_2, \ldots, x_n$, называется функцией правдоподобия. Функция правдоподобия обычно обозначается символом L; во многих отношениях более удобной функцией является логарифм правдоподобия, который также иногда обозначается через L.

Если выборка, состоящая из независимых значений $x_1, x_2, \ldots, x_n$, отобрана из однородно распределенной совокупности с плотностью вероятности $f(x, \Theta_1, \Theta_2, \ldots, \Theta_k)$, то правдоподобие выборки представляет произведение

$$\prod_{i=1}^{i=k} f(x_i, \Theta_1, \Theta_2, \ldots, \Theta_k)$$

с очевидным обобщением на многомерный случай.

Противоположные события. Взаимнодополнительные события. Complementary events. Два несовместимых события, одно из которых неизбежно происходит в каждом испытании.

Процесс Маркова. Markoff's process. Один из важнейших типов случайных процессов, получивший название по имени выдающегося русского математика академика А. А. Маркова. Процесс Маркова $X(t)$ обладает следующим свойством. Когда известно значение $x(t_0)$, которое приняла величина $X(t)$ в момент t_0, то при этом условии всякий вероятностный прогноз о протекании процесса в будущем (т. е. для $t > t_0$) вовсе не зависит от того, как протекал процесс до момента t_0 (при $t < t_0$). Частным случаем процессов этого рода являются «цепи Маркова», описывающие эволюцию физических систем, могущих находиться в одном из возможного множества состояний $E_1, E_2, \ldots, E_s$, причем смена состояний возможна лишь в определенные моменты времени $t_0 < t_1 < < t_2 < t_3 < \ldots t_k < \ldots$ Математическое описание стационарной цепи Маркова дается матрицей «переходных» вероятностей P_{ij}, определяющих условную вероятность (для системы) находиться в состоянии E_j в момент t_{k+1}, если известно, что в предшествующий момент t_k система находилась в состоянии E_i. Для полной определенности цепи нужно еще задание начальных вероятностей π_k ($k = 1, 2, \ldots$) (для момента t_0) находиться в состоянии E_k.

Размах варьирования. Широта распределения. Range. Разность между наибольшим и наименьшим значениями ряда значений случайной величины, являющаяся простейшей мерой величины рассеивания и в виде среднего размаха в повторных выборках могущая служить для оценки среднего квадратического отклонения.

Распределение отношения дисперсий. Variance-ratio distribution. Распределение отношения двух независимых случайных величин, каждая из которых следует χ^2 — распределению (таково, например, распределение отношения $F = \frac{s_1^2}{s_2^2}$) двух дисперсий, полученных в двух независимых выборках из нормальной генеральной совокупности.

Распределение задается функцией

$$\mathbf{P}(F)\,dF = \frac{k_1^{\frac{k_1}{2}} k_2^{\frac{k_2}{2}} \Gamma\left(\frac{k_1+k_2}{2}\right) F^{\frac{k_1}{2}-1}\,dF}{\Gamma\left(\frac{k_1}{2}\right)\Gamma\left(\frac{k_2}{2}\right)\left(\frac{k_1}{k_2}F+1\right)^{\frac{k_1+k_2}{2}}},$$

где k_1 и k_2 — числа степеней свободы соответственно числителя и знаменателя в отношении

$$F = \frac{s_1^2}{s_2^2}.$$

Распределение впервые было использовано Р. А. Фишером в несколько трансформированном виде (критерий z).

Распределение Пуассона. Poisson distribution. Распределение числа X_t появлений события за промежуток времени t в случайном процессе Пуассона, характеризующемся: 1) стационарностью, т. е. тем, что вероятность появления ровно k событий за промежуток времени $(t_0, t_0 + t)$ не зависит от t_0; 2) отсутствием последействия, т. е. независимостью протекания процесса в неперекрывающихся промежутках времени; 3) практической невозможностью появления двух или более событий в бесконечно малом промежутке времени. Вместо времени t в различных конкретных задачах появляются другого рода параметры (протяженность, объем и т. д.). В качестве асимптотического распределения оно применяется для предсказания вероятностей появления редкого события в длинных сериях испытаний. Вероятность появлений ровно x событий в промежутке времени t задается формулой:

$$\mathbf{P}(X_t = x) = \pi_\lambda(x) = \frac{e^{-\lambda t}(\lambda t)^x}{x!},$$

где параметр λ равен математическому ожиданию числа появлений события за единицу времени, так что

$$\mathbf{M}X_t = \lambda t.$$

Дисперсия X_t численно равна $\mathbf{M}X$, т. е.

$$\mathbf{D}X_t = \sigma_{x_t}^2 = \lambda t.$$

Распределение Стьюдента. Student's distribution. t-distribution. Распределение, задаваемое следующей функцией:

$$d\mathbf{P}(t) = \frac{\Gamma\left[\frac{1}{2}(k+1)\right]}{\sqrt{k\pi}\,\Gamma\left(\frac{1}{2}k\right)}\left(1 + \frac{t^2}{k}\right)^{-\frac{1}{2}(k+1)} dt,$$

$$-\infty \leqslant t \leqslant \infty,$$

где k — число степеней свободы. Этому закону распределения, в частности, следует отношение выборочной средней, отсчитываемой от генеральной средней,— отклонение $(\bar{x} - \nu)$, к выборочному среднему квадратическому отклонению, поделенному на корень квадратный из объема выборки без единицы, т. е. величина

$$t = \frac{\bar{x} - \nu}{s \mid \sqrt{n-1}}.$$

Поскольку это распределение не зависит от параметров исходного распределения, то оно может быть использовано для построения доверительного интервала для генеральной средней.

Регрессия. Regression. Если случайная величина состоит из двух компонент: случайной и систематической, зависящей от переменной x, т. е.

$$Y = f(x) + \varepsilon,$$

то регрессией Y на X называется уравнение

$$y = f(x),$$

при математическом ожидании ε равном нулю.

Определение остается справедливым и в том случае, когда X представляет не одну переменную, а ряд переменных X_1, X_2 и т. д. X может представлять значения случайной величины. В этом случае регрессия Y на X может рассматриваться как выражение зависимости математического ожидания (при заданном x) от соответствующих x, т. е.

$$\mathrm{M}(Y \mid x) = f(x).$$

Наиболее встречающаяся форма $f(x)$ представляет полином, в частности линейную функцию, задающую регрессию Y на X в виде

$$\mathrm{M}(Y \mid x) = y = \beta_0 + \beta_1 x$$

или для n переменных в виде

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \ldots + \beta_n x_n.$$

Такое выражение называется уравнением регрессии.

Решающая функция. Decision function. Правило, следуя которому на любой стадии выборочного исследования (в зависимости от полученных результатов), можно судить о том, необходимы ли дальнейшие наблюдения или собранные наблюдения достаточны и, в последнем случае, какой вывод из них можно сделать. На каждой стадии (за исключением первой) решающая функция представляет функцию предыдущих наблюдений. До тех пор, пока не получил развития последовательный анализ, решающие функции были большей частью простого типа и основывались на выборках фиксированного объема, которые предписывали принятие или отбрасывание гипотез или устанавливали пределы для оцениваемых параметров.

Случайная величина. Variate. Random variable. Переменная, могущая принимать значения из определенного множества чисел в зависимости от поступления того или иного события данного поля. Случайная величина есть, таким образом, некоторая функция случайных событий поля и поэтому ей соответствует определенное распределение вероятностей.

Случайное событие. Random event. Событие, принадлежащее рассматриваемому в данной задаче «полю элементарных событий», т. е. всевозможных исходов определенного стохастического испытания. Оно может быть составлено с помощью операций (сложение, вычитание, умножение, деление) из элементарных событий поля и ему соответствует определенная вероятностная мера — вероятность данного события.

Случайный процесс. Стохастический процесс. Вероятностный процесс. Random process. Stochastic process. Совокупность случайных величин $X(t)$, где t — значение некоторого неслучайного параметра в интервале T. Параметр t может быть, например, временем наблюдения, но может относиться также к распределению величин в пространстве и принимать как непрерывные, так и дискретные значения.

Состоятельная оценка. Consistent estimator. Выборочная оценка, сходящаяся по вероятности к оцениваемому параметру. Так, например, при любой функции распределения $P(x)$ можно получить

$$Ds^2 = \sigma^2_{s^2} = \frac{\mu_4 - \mu_2^2}{n} - \frac{2(\mu_4 - 2\mu_2^2)}{n^2} + \frac{\mu_4 - 3\mu_2^2}{n^3},$$

где

$$s^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^2,$$

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} x_i ,$$

$Ds^2 = \sigma^2_{s^2}$ — дисперсия выборочного значения s^2; n — число наблюдений,

$$\mu_2 = \int_{-\infty}^{\infty} (x - MX)^2 dP(x),$$

$$\mu_4 = \int_{-\infty}^{\infty} (x - MX)^4 dP(x),$$

где MX — математическое ожидание.

При $n \to \infty$ имеем $\sigma^2_{s^2} \to 0$ и так как при том же условии $Ms^2 \to \sigma^2$, то s^2 сходится по вероятности к σ^2, где σ^2 — дисперсия исходного распределения. Таким образом, s^2 является состоятельной оценкой σ^2, но она в то же время есть смещенная оценка того же параметра.

Способ наименьших квадратов. Least-squares method. Техника оценивания, при которой оцениваемые значения интересующих исследователя параметров определяются, исходя из минимизации определенной квадратичной формы, зависящей от наблюденных и оцениваемых значений. В определенной ситуации этот метод дает в некотором смысле оптимальные результаты. Два случая, имеющие наибольшее значение в статистике, сводятся к следующему: а) когда ищется линейная несмещенная оценка с минимальной дисперсией, б) когда рассматриваемая теоретическая модель включает нормально распределенные ошибки. В этом случае оценка с помощью способа наименьших квадратов становится эквивалентной оцениванию по максимуму правдоподобия.

Среднее квадратическое отклонение Standart deviation. Взятый с положительным знаком корень квадратный из дисперсии, т. е.

$$\sigma_X = +\sqrt{\sigma^2_X} \text{ — для теоретического распределения}$$

и

$$s = +\sqrt{s^2} \text{ — для эмпирического распределения,}$$

служит наиболее употребительной характеристикой рассеивания.

Средний риск. Risk. Вообще в статистике имеет обычный смысл, но наряду с этим в теории решающих функций, когда рассматривается выбор из некоторого числа возможных (на основе имеющейся информации) решений, средний риск представляет среднюю стоимость экспериментирования плюс среднее значение возможных потерь при неправильных решениях.

Средняя арифметическая. Arithmetical mean. Для ряда значений $x_1, x_2, \ldots, x_n$ — сумма этих значений, разделенная на их число, т. е.

$$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} x_i = \bar{x}.$$

Статистическая гипотеза. Statistical hypothesis. Гипотеза относительно параметров или формы распределения вероятности для определенной генеральной совокупности или нескольких совокупностей.

Статистическая характеристика. Estimator. Правило или метод оценивания постоянных параметров генеральной совокупности с помощью функций выборочных значений; эти функции являются случайными величинами, распределения которых имеют большое значение для суждения о точности и реальности оценивания с их помощью упомянутых постоянных.

Стохастическое испытание. Trial. Осуществление на практике какого-нибудь комплекса условий, могущего быть воспроизводимым сколь угодно большое число раз.

Сходимость по вероятности. Stochastic convergence. Convergence in probability. Один из типов сходимости, связанных с вероятностью. Последовательность $X_1, X_2, \ldots, X_n$ случайных величин называют сходящейся по вероятности к случайной величине X, если

$$\lim \mathrm{P}\left(|X_n - X| > \varepsilon\right) = 0$$

при любом $\varepsilon > 0$. В частном случае, когда $X = a$, где a постоянное число, говорят также, что последовательность $\{X_n\}$ имеет стохастическим пределом a.

Теорема Якова Бернулли. Bernoulli's theorem. Теорема Якова Бернулли, заключающаяся в следующем: вероятность того, что уклонение частости $\frac{X}{n}$ появления случайного события от его вероятности p не превзойдет по абсолютному значению сколь угодно малого $\varepsilon > 0$, стремится к единице при возрастании n, т. е.

$$\mathrm{P}\left(\left|\frac{X}{n} - p\right| \leqslant \varepsilon\right) \to 1 \text{ при } n \to \infty,$$

где n — число произведенных испытаний; X — число появлений случайного события в этих испытаниях, причем предполагаются независимость испытаний и постоянство вероятности появления события в каждом испытании.

Теорема Лапласа. Laplace's theorem. Эта предельная теорема, из которой следует теорема Бернулли, состоит в следующем: если имеется n независимых испытаний, в каждом из которых вероятность появления рассматриваемого события равна p, и x число появлений этого события, то имеет место предельное соотношение:

$$\mathrm{P}\left(z_1 \leqslant \frac{x - np}{\sqrt{npq}} \leqslant z_2\right) \to \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int\limits_{z_1}^{z_2} e^{-\frac{z^2}{2}}\, dz,$$

какими бы ни были числа z_1 и z_2. Здесь $q = 1 - p$ — вероятность непоявлений события в одном испытании. Теорема, таким образом, устанавливает, что число x появлений события в n испытаниях распределено приближенно нормально для больших n.

Теорема Ляпунова. Liapunoff's theorem. Центральная предельная теорема теории вероятностей, устанавливающая применимость нормального распределения к суммам большого числа независимых случайных величин. Если X_i $(i=1, 2, \ldots)$ представляет последовательность независимых случайных величин с центрами ν_i, дисперсиями σ_i^2 и абсолютными третьими центральными моментами

$$\rho_i^3 = \int_{-\infty}^{\infty} |x - \nu_i|^3 dP(x),$$

то сумма $\sum_{i=1}^{n} X_i$ асимптотически нормально распределена, если выполнено условие $\lim_{n \to \infty} \frac{\rho}{\sigma} = 0$, где

$$\rho = \sqrt[3]{\sum_{i=1}^{n} \rho_i^3} \text{ и } \sigma = +\sqrt{\sum_{i=1}^{n} \sigma_i^2},$$

так что при любом z и $n \to \infty$

$$P\left(\sum_{i=1}^{n} X_i - \sum_{i=1}^{n} \nu_i < z\sigma\right) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{z} e^{-\frac{x^2}{2}} dx.$$

Теорема Чебышева. Chebysheff's theorem. Теорема, формулирующая условия применимости закона больших чисел. По отношению к средним арифметическим независимых случайных величин эти условия (достаточные) состоят в том,чтобы дисперсии D (ξ), D (ξ), ...каждой из независимых величин последовательности $\xi_1, \xi_2, \ldots, \xi_n$ были ограничены сверху одним и тем же числом, так что $D(\xi_1) < C$, $D(\xi_2) < C, \ldots, D(\xi_n) < C$, где C — постоянное положительное число.

В этом случае

$$P\left\{\left|\frac{\sum_{k=1}^{n} \xi_k}{n} - \frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n} M(\xi_k)\right| < \varepsilon\right\} \underset{n \to \infty}{\to 1}.$$

Уровень значимости. Level of significance. Критерии проверки гипотез связаны с применением некоторой статистической оценки t, имеющей при выбранной гипотезе определенное распределение вероятностей. Когда гипотеза верна, это распределение позволяет определить вероятность $P(t_0 \leqslant t \leqslant t_1)$, причем t_0 и t_1 выбираются так, чтобы эта вероятность была близка к единице. О применимости гипотезы обычно судят по наблюденному значению оценки t: если такое значение имеет малую вероятность, оказываясь вне границ t_0 и t_1 установленного интервала, то гипотеза отвергается. Вероятность не попасть в допустимую область $t_0 < t < t_1$ называется уровнем значимости и обычно выражается в процентах. Выбранный уровень значимости определяет вероятность ошибок первого рода. Конкретные значения уровней значимости зависят от всей совокупности обстоятельств, связанных с проверкой гипотезы, но наиболее употребительными уровнями значимости являются 5,1 и 0,1%.

Условная вероятность. Conditional probability. Вероятность наступления одного из событий рассматриваемого поля событий, в предположении, что другое событие наступило, называется условной вероятностью A при условии B и обозначается символом

$$P(A \mid B).$$

Такая вероятность используется, например, для подсчета вероятности $\mathbf{P}(AB)$ совместного появления события A и B по формуле

$$\mathbf{P}(AB) = \mathbf{P}(A)\cdot\mathbf{P}(B \mid A).$$

Условное математическое ожидание. Conditional mathematical expectation. Математическое ожидание случайной величины Y в двумерном распределении (XY) при фиксированном значении $X = x$, обозначаемое через $M\,(Y \mid x)$. Так, например, для дискретного двумерного распределения имеем:

$$\mathbf{M}(Y \mid x) = \sum_{y} y_i p\,(y_i \mid x),$$

где $p\,(y_i \mid x)$ — условная вероятность получения y_i при фиксированном значении $X = x$.

Подобным же образом получается $\mathbf{M}\,(Y \mid x)$ для непрерывного двумерного распределения. Аналогично вводятся условная дисперсия и условные моменты более высоких порядков. Все это обобщается и на многомерный случай вообще.

Формула Бейеса. Bayes' formula. Формула для подсчета условной вероятности одного из несовместимых событий $B_1, B_2, \ldots, B_n$, при одном из которых только и может осуществиться событие A, а также при условии, что событие A произошло:

$$\mathbf{P}(B_i \mid A) = \frac{\mathbf{P}(B_i)\mathbf{P}(A \mid B_i)}{\sum\limits_{j=1}^{d=n} \mathbf{P}(B_j)\mathbf{P}(A \mid B_j)},$$

где $\mathbf{P}\,(B_i \mid A)$ — условная вероятность события B_i при условии наступления события A; $\mathbf{P}\,(B_i)$ — безусловная вероятность события B_i; $\mathbf{P}\,(A \mid B_i)$ — вероятность события A при условии наступления события B_i.

Функция риска. Risk function. Математическое ожидание функции потерь от использования той или иной из возможных решающих функций в предположении определенного распределения вероятностей рассматриваемого класса.

Хи-квадрат (χ^2) распределение. Распределение, задаваемое функцией плотности $p\,(x)$

$$d\mathbf{P}(x) = p(x)\,dx = \frac{1}{2^{\frac{n}{2}}\Gamma\left(\frac{n}{2}\right)} x^{\frac{n}{2}-1} e^{-\frac{x}{2}}\,dx,$$

где

$$\mathbf{P}(x) = \mathbf{P}(\chi^2 < x) = \int_0^x p(x)\,dx.$$

Параметр n называется числом степеней свободы.

Это распределение можно рассматривать как распределение суммы квадратов нормально распределенных величин с нулевым центром и дисперсией, равной единице у каждой из них, так что

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{i=n} X_i^2, \text{ причем } \mathbf{M}(x_i) = 0,\ \mathbf{D}(x_i) = 1.$$

Частость события. Relative frequency. Число $k_N(A)$ или относительная частота появлений случайного события A в серии испытаний, поделенное на общее число N испытаний данной серии, т. е.

$$W_N(A) = \frac{k_N(A)}{N}.$$

Частота событий. Frequency. Число $k_N(A)$ появлений случайного события A в данной серии испытаний, число которых равно N.

Эффективная оценка. Efficient estimator. Статистическая оценка, обладающая наименьшей дисперсией среди возможных оценок рассматриваемого параметра.

Литература

Арлей Н. и Бух К. Введение в теорию вероятностей и математическую статистику. Перев. с англ. ГИИЛ, 1961.

Бартлетт М. С. Введение в теорию случайных процессов. Перев. с англ. ГИИЛ, 1958.

Бернштейн С. Н. Теория вероятностей. Гостехиздат, 1946.

Боев Г. П. Теория вероятностей. Гостехиздат, 1950.

Бородачев Н. А. Основные вопросы теории точности производства. Изд-во АН СССР, 1950.

Боярский А. Я. Математика для экономистов. Госстатиздат, 1957.

Браунли К. А. Статистические исследования в производстве. Перев. с англ. ГИИЛ, 1949.

Бруевич Н. Г. Точность механизмов. Гостехиздат, 1946.

Бунимович В. И. Флюктуационные процессы в радиоприемных устройствах. Изд-во «Советское радио», 1951.

Ван дер Варден Б. Л. Математическая статистика. Перев. с нем. ГИИЛ, 1960.

Вентцель Е. С. Теория вероятностей. Физматгиз, 1962.

Вудворт Ф.М. Теория вероятностей и теория информации с применением в радиолокации. Перев. с англ. Изд-во «Советское радио», 1955.

Гливенко В. И. Курс теории вероятностей. ГОНТИ, 1939.

Гнеденко Б. В. Курс теории вероятностей. Физматгиз., 1961.

Гнеденко Б. В. Лекции по теории массового обслуживания. Вып. 1—2. Киевское высшее инженерное радиотехническое училище, 1960.

Гончаров В. Л. Теория вероятностей. Оборонгиз, 1939.

Гренандер У. Случайные процессы и статистические выводы. Перев. с англ. ГИИЛ, 1961.

Давенпорт В. Б. и Рут В. Л. Введение в теорию случайных сигналов и шумов. Перев. с англ. ГИИЛ, 1960.

Длин А. М. Математическая статистика в технике. Изд. 3, Изд-во «Советская наука», 1958.

Долуханов М. П. Введение в теорию передачи сигналов по электрическим каналам связи. Связьиздат, 1955.

Дуб Дж. Л. Вероятностные процессы. Перев. с англ. ГИИЛ, 1956.

Дунин-Барковский И. В. и Смирнов Н. В. Теория вероятностей и математическая статистика в технике (общая часть). Гостехиздат, 1955.

Колмогоров А. Н. Основные понятия теории вероятностей. ОНТИ, 1936.

Крамер Г. Математические методы статистики. Перев. с англ. ГИИЛ, 1948.

Кутай А. К. и Кордонский Х. Б. Анализ точности и контроль качества в машиностроении с применением методов математической статистики. Машгиз, 1958.
Левин Б. Р. Теория случайных процессов и ее применение в радиотехнике. Изд-во «Советское радио», 1960.
Линник Ю. В. Способ наименьших квадратов и основы теории обработки наблюдений. Физматгиз, 1958.
Лукомский Я. И. Теория корреляции и ее приложение к анализу производства. Госстатиздат, 1958.
Лэнинг Дж. Х. и Бэтин Р. Г. Случайные процессы в задачах автоматического управления. Перев. с англ. ГИИЛ, 1958.
Месяцев П. П. Применение теории вероятностей и математической статистики при конструировании и производстве радиоаппаратуры. Оборонгиз, 1958.
Митропольский А. К. Техника статистических вычислений. Физматгиз, 1961.
Налимов В. В. Применение математической статистики при анализе вещества. Физматгиз, 1960.
Немчинов В. С. Полиномы Чебышева и математическая статистика. Изд-во ТСХА, 1946.
Пугачев В. С. Теория случайных функций и ее применение к задачам автоматического управления. Физматгиз, 1960.
Романовский В. И. Применение математической статистики в опытном теле. Гостехиздат, 1947.
Румшиский Л. З. Элементы теории вероятностей. Физматгиз, 1960.
Смирнов Н. В. и Дунин-Барковский И. В. Краткий курс математической статистики для технических приложений. Физматгиз, 1959
Солодовников В. В. Введение в статистическую динамику систем автоматического управления. Гостехиздат, 1952.
Фишер Р. А. Статистические методы исследований. Перев. с англ. Госстатиздат, 1958.
Фрай Торнтон. Теория вероятностей для инженеров. Перев. с англ. ГТТИ, 1934.
Хальд А. Математическая статистика с техническими приложениями. Перев. с англ. ГИИЛ, 1956.
Хинчин А Я. Асимптотические законы теории вероятностей. ОНТИ, 1936.
Хинчин А. Я. Работы по математической теории массового обслуживания. Физматгиз, 1963.
Шор Я. Б. Статистические методы анализа и контроля качества и надежности. Изд-во «Сов. радио», 1962.
Юл Д. Э. и Кэндел М. Дж. Теория статистики. Перев. с англ. Госстатиздат, 1960.
Яглом А. М. и Яглом И. М. Вероятность и информация. Гостехиздат, 1957.
Ястремский Б. С. Математическая статистика. Гостехиздат, 1956.

СОДЕРЖАНИЕ

Надежность технических систем и изделий

Основные понятия

Терминология

Утверждено к печати Комитетом научно-технической терминологии

•

Редактор издательства *Г. Н. Корово*
Технический редактор *Р. М. Денисова*

Сдано в набор 22/X 1964 г. Подписано к печати 9/XII-1964 г. Формат $60 \times 90^{1}/_{16}$
Печ. л. 2,5. Уч.-изд. л. 2,2 Тираж 6000 экз. Т-17729. Изд. № 4654/65
Тип. зак. № 1378

Цена 15 коп.

Издательство «Наука». Москва, К-62, Подсосенский пер., 21

2-я типография издательства «Наука». Москва, Г-99, Шубинский пер., 10

15 коп.