



دانشگاه سامان نور  
پ

# آمار و احتمال

(رشته آمار)

دکتر نرگس عباسی    دکتر علی شادرخ    دکتر محمدقاسم وحیدی اصل

## بسم الله الرحمن الرحيم

### پیشگفتار ناشر

کتاب‌های دانشگاه پیام نور حسب مورد و با توجه به شرایط مختلف یک درس در یک یا چند رشته دانشگاهی، به صورت کتاب درسی، متن آزمایشگاهی، فرادرسی، و کمک‌درسی چاپ می‌شوند.

**کتاب درسی** ثمره کوشش‌های علمی صاحب اثر است که براساس نیازهای درسی دانشجویان و سرفصل‌های مصوب تهیه و پس از داوری علمی، طراحی آموزشی، و ویرایش علمی در گروه‌های علمی و آموزشی، به چاپ می‌رسد. پس از چاپ ویرایش اول اثر، با نظرخواهی‌ها و داوری علمی مجدد و با دریافت نظرهای اصلاحی و متناسب با پیشرفت علوم و فناوری، صاحب اثر در کتاب تجدیدنظر می‌کند و ویرایش جدید کتاب با اعمال ویرایش زبانی و صوری جدید چاپ می‌شود.

**متن آزمایشگاهی** (م) راهنمایی است که دانشجویان با استفاده از آن و کمک استاد، کارهای عملی و آزمایشگاهی را انجام می‌دهند.

**کتاب‌های فرادرسی** (ف) و **کمک‌درسی** (ک) به منظور غنی‌تر کردن منابع درسی دانشگاهی تهیه و بر روی لوح فشرده تکثیر می‌شوند و یا در وبگاه دانشگاه قرار می‌گیرند.

مدیریت تولید مواد و تجهیزات آموزشی

## فهرست

نه	پیشگفتار
۱	فصل اول آمار توصیفی
۱	۱-۱ مقدمه (مروری تاریخی)
۲	۱-۱-۱ اعداد
۴	۲-۱-۱ آمار توصیفی و آمار استنباطی
۴	۳-۱-۱ برخی مفاهیم اولیه
۶	۴-۱-۱ مفهوم مقیاس سازی
۹	۵-۱-۱ منابع داده‌ها
۱۰	۲-۱ سازمان‌دهی داده‌ها
۱۱	۱-۲-۱ مرتب کردن داده‌های عددی
۱۴	تمرین
۱۴	۲-۲-۱ توزیع‌های فراوانی
۲۱	۳-۲-۱ توصیف داده‌ها به کمک نمودارها
۲۶	تمرین
۲۸	۳-۱ توصیف عددی داده‌ها
۲۸	۱-۳-۱ شاخص‌های گرایش مرکزی
۲۹	۱-۱-۳-۱ میانگین
۳۳	۲-۱-۳-۱ میانه
۳۷	۳-۱-۳-۱ مد
۳۹	۴-۱-۳-۱ دیگر شاخص‌های گرایش مرکزی
۴۲	۲-۳-۱ شاخص‌های پراکندگی
۴۲	۱-۲-۳-۱ دامنه
۴۳	۲-۲-۳-۱ انحراف معیار
۵۳	۳-۲-۳-۱ چندک‌ها و دیگر شاخص‌های پراکندگی
۵۷	۴-۲-۳-۱ معیارهای ویژه‌ی نمودارهای داده‌ها
۶۱	تمرین
۶۳	۴-۱ جدول‌های دو متغیره و معیارهای توصیفی

۶۴	۱-۴-۱ توزیع فراوانی دو متغیره
۶۸	۲-۴-۱ معیارهای توصیفی دو متغیره
۷۰	۳-۴-۱ ضریب همبستگی خطی
۷۱	تمرین
۷۳	<b>فصل دوم قوانین شمارش</b>
۷۳	۱-۲ مقدمه
۷۳	۲-۲ اصول شمارش
۷۴	تمرین
۷۶	۳-۲ جایگشت
۷۷	تمرین
۷۸	۴-۲ ترتیب
۷۹	تمرین
۸۰	۵-۲ جایگشت دوری
۸۰	تمرین
۸۱	۶-۲ ترکیب
۸۲	تمرین
۸۲	۷-۲ تعمیم ترکیب
۸۳	تمرین
۸۳	۸-۲ ضرایب دوجمله‌ای
۸۷	تمرین
۸۹	<b>فصل سوم احتمال</b>
۸۹	۱-۳ مقدمه
۸۹	۲-۳ آزمایش تصادفی
۹۰	۳-۳ فضای نمونه‌ای و برآمد
۹۱	تمرین
۹۲	۴-۳ پیشامد
۹۵	تمرین
۹۶	۵-۳ احتمال
۱۰۳	۶-۳ قواعد احتمال
۱۰۸	تمرین
۱۱۱	۷-۳ احتمال شرطی
۱۱۷	تمرین
۱۱۹	۸-۳ پیشامدهای مستقل
۱۲۳	تمرین
۱۲۴	۹-۳ قضیه‌ی بیز

۱۲۹	تمرین
۱۳۱	فصل چهارم متغیرهای تصادفی، توزیع‌ها، و چگالی‌های احتمال
۱۳۱	۱-۴ متغیر تصادفی
۱۳۵	۲-۴ توزیع‌های احتمال
۱۴۲	تمرین
۱۴۶	۳-۴ متغیرهای تصادفی پیوسته
۱۴۸	۴-۴ تابع‌های چگالی احتمال
۱۵۳	تمرین
۱۵۶	۵-۴ توزیع‌های چندمتغیره
۱۶۱	تمرین
۱۶۲	۶-۴ توزیع‌های حاشیه‌ای
۱۶۵	تمرین
۱۶۵	۷-۴ متغیرهای تصادفی مستقل
۱۶۷	تمرین
۱۶۸	۸-۴ توزیع‌های شرطی
۱۶۹	تمرین
۱۷۱	فصل پنجم امید ریاضی
۱۷۱	۱-۵ مقدمه
۱۷۲	۲-۵ مقدار امید ریاضی یک متغیر تصادفی
۱۷۹	تمرین
۱۸۱	۳-۵ گشتاورها
۱۸۵	تمرین
۱۸۶	۴-۵ قضیه‌ی چیشف
۱۸۹	تمرین
۱۹۰	۵-۵ توابع مولد گشتاورها
۱۹۷	۶-۵ گشتاورهای ترکیب‌های خطی متغیرهای تصادفی
۲۰۰	تمرین
۲۰۳	فصل ششم توزیع‌ها و چگالی‌های احتمال خاص
۲۰۳	۱-۶ مقدمه
۲۰۳	۲-۶ توزیع یکنواخت گسسته
۲۰۴	۳-۶ توزیع برنولی
۲۰۵	۴-۶ توزیع دو جمله‌ای
۲۱۲	تمرین
۲۱۵	۵-۶ توزیع فوق هندسی

۲۱۸	تمرین
۲۲۰	۶-۶ توزیع پواسون
۲۲۶	تمرین
۲۲۸	۶-۷ چگالی یکنواخت
۲۲۸	تمرین
۲۲۹	۶-۸ توزیع نرمال
۲۳۵	تمرین
۲۳۷	۶-۹ تقریب نرمال برای توزیع دو جمله‌ای
۲۴۱	تمرین
۲۴۲	۶-۱۰ توزیع نرمال دو متغیره
۲۴۴	تمرین
۲۴۵	<b>فصل هفتم محاسبات با نرم افزار</b>
۲۴۵	۷-۱ مقدمه
۲۴۵	۷-۲ ورود و خروج اطلاعات در مینتیب
۲۵۶	تمرین
۲۵۸	۷-۳ محاسبات در مینتیب
۲۶۶	تمرین
۲۶۷	۷-۴ رسم نمودار
۲۶۹	تمرین
۲۷۱	<b>حل تمرین‌ها</b>
۲۷۱	حل تمرین‌های فصل اوّل
۲۷۶	حل تمرین‌های فصل دوّم
۲۸۱	حل تمرین‌های فصل سوّم
۲۹۰	حل تمرین‌های فصل چهارم
۳۰۲	حل تمرین‌های فصل پنجم
۳۱۲	حل تمرین‌های فصل ششم
۳۲۹	سوالات تستی
۳۴۷	جداول
۳۵۸	مراجع

## بسم الله الرَّحْمَن الرَّحِيم

### پیشگفتار

هدف عمده از درس "آمار و احتمال" یادگیری مفاهیم آماری و پرداختن به روش‌هایی است که به براساس آن‌ها تحلیل داده‌ها صورت می‌پذیرد. برای وارد شدن به مباحث مربوط به روش‌های آماری، ابتدا می‌بایست مقدمات را فرا گرفت.

این کتاب براساس سرفصل مدون وزارت علوم تحقیقات و فناوری برای درس آمار و احتمال یک دوره‌ی کارشناسی رشته‌ی آمار تدوین شده است. برای مطالعه‌ی این کتاب با معلوماتی از دروس ریاضی عمومی I و II کفایت می‌کند.

با مرور فهرست مطالب کتاب، از عنوان‌های کلی و جزئی درس مطلع می‌شوید. درک مطالب هر فصل وقتی میسر می‌شود که مطالب فصل‌های قبل از آن را به خوبی فهمیده باشید. پس از دریافت چهارچوب هر فصل، به تدریج به مطالعه‌ی عمیق مطالب اهتمام ورزید و تمرین‌های مربوط را حل کنید. با پاسخ‌گویی به پرسش‌ها و حل تمرین‌ها، می‌توانید از کیفیت پیشرفت خود و درک و فهم مطالب، آگاه شوید. ضمناً به تمرین‌های هر فصل در پایان کتاب، پاسخ داده شده است. همچنین در بخشی دیگر برخی پرسش‌های چهارگزینه‌ای مرتبط با مطالب کتاب جمع‌آوری شده که حل آنها را به خواننده وامی‌گذاریم. برای بخش‌هایی که از نرم‌افزار مینیتب استفاده شده است توصیه می‌شود، آموزش فصل هفتم را ابتدا در کلاس‌های عملی این درس فرا گرفته، سپس وارد فصل‌های اول تا ششم شوند. لازم به ذکر است که آزمون‌های پایان هر نیم-سال ارزیابی از این فصل نخواهد شد و ارزیابی آن را به عهده‌ی اساتیدی که مجری کلاس‌های عملی هستند واگذار می‌نماییم.

در اینجا لازم می‌دانیم که مراتب قدردانی خود را از استاد گرامی جناب آقای دکتر عین‌الله پاشا استاد محترم دانشگاه تربیت معلم که زحمت و ویراستاری کتاب را برعهده داشتند اعلام نماییم. همچنین از همکاران محترم مدیریت تدوین منابع درسی

خصوصاً جناب آقای اکبری کمال تشکر و سپاس را داریم. جا دارد از آقای محمد عباسی که زحمت تایپ این کتاب را کشیده‌اند قدردانی به عمل آوریم. هرگونه پیشنهاد و انتقاد در جهت ارتقای کیفیت مطالب علمی کتاب از طرف خوانندگان محترم، مورد استقبال گرم نویسندگان قرار گرفته و موجب سپاس می‌گردد.

**نویسندگان**



# فصل اوّل

## آمار توصیفی

### ۱-۱ مقدمه (مروری تاریخی)

کلمه‌ی statistics که در زبان فارسی به آمار ترجمه می‌شود به دو معنی به کار می‌رود: یک معنای رایج آن معرف مجموعه‌ای از داده‌هایی است که دامنه‌ی وسیعی از اشیاء، نظیر اندازه‌ی جامعه‌ها، اطلاعات فعالیت‌های تولیدی، قیمت اجناس، درآمدها، میزان بارندگی و غیره را شامل می‌شود. اطلاعات آماری از این نوع به‌طور متعارف توسط دولت، بخش‌های خصوصی و قسمت‌هایی از زندگی روزمره تولید می‌شود. دیگر آنکه این کلمه به نظریه و روش‌های جمع‌آوری، توصیف، تحلیل داده‌های عددی مربوط می‌شود.

در زمان‌های قدیم دولت‌ها اطلاعات مربوط به جمعیت، ثروت، تعداد سربازها و ... را برای کنترل اوضاع کشور و جمع‌آوری مالیات، گردآوری می‌کردند. در تاریخ، چینی‌ها، چند هزار سال قبل از تولد مسیح، تعداد نفوس را برآورد کرده‌اند و مصریان نیز علاوه بر سرشماری نفوس جداول تحرک جمعیت را نیز تشکیل داده بودند. در ایران و هند نیز جمع‌آوری آمارهای اداری بیش از دوهزار سال سابقه دارد و چنین آورده‌اند که در زمان داریوش پادشاه ایران برای شمارش سربازان بدین‌گونه عمل می‌شد که آنان از جایگاه خاصی بگذرند و پاره‌سنگی در آن بگذارند.

در قرن هفدهم آمار حیاتی توسط جان گرانٹ انگلیسی پایه‌گذاری شد. او را پدر علم آمار حیاتی می‌دانند زیرا او بود که برای اولین بار آمارهای تولد و مرگ را بررسی کرد و جداول مرگ‌ومیر را تنظیم و امید به زندگی در سنین مختلف را محاسبه کرد و سرانجام در آخر قرن هفدهم اولین موسسه‌ی بیمه‌ی عمر در لندن پا به عرصه وجود نهاد.

نظریه‌ی آمار از نیمه‌ی قرن هفدهم با واردشدن نظریه‌ی احتمال، و مسائل بازی‌های شانسی توسعه می‌یابد. امروزه "رونالد فیشر" انگلیسی را به‌عنوان پدر علم آمار می‌شناسند. وی آمار را در زمینه‌های مختلف مانند ژنتیک، بیومتری، آموزش و پرورش، کشاورزی و مانند آن‌ها وارد کرد و در معرفی استنباط آماری شامل برآوردهای نقطه‌ای، توزیع‌های دقیق نمونه، و طرح آزمایش‌ها پیش‌گام بود.

به کارگیری روش‌های آماری در علوم اجتماعی و رفتاری کمی قبل از جنگ جهانی دوّم شروع شد. تعداد آمارگیری‌ها در زمینه‌های مختلف افزایش یافت و ضرورت تفسیر اطلاعات مربوط به روان‌شناسی و تعلیم و تربیت آشنایی با علم آمار را اجتناب‌ناپذیر کرد. امروزه موفقیت در بسیاری از زمینه‌های علمی مانند علوم انسانی، پزشکی و فنی و مهندسی بدون داشتن اطلاعات لازم از علم آمار مشکل و گاهی غیرممکن است.

### ۱-۱-۱ اعداد

به‌کاربردن مفهوم عدد تحولی در بیان اندیشه‌های انسانی ایجاد کرده است. هم‌چنان‌که گذشتگان دور نمی‌توانستند، تعداد دقیق فرزندان خود را به اندیشه و گفتار درآورند، وضع بشر، مثلاً تا پیش از اختراع دماسنج، برای بیان وضع هوا مانند گذشتگان دور خود بود. اگر از وی وضع هوا را از لحاظ گرمی و سردی می‌پرسیدند، مثلاً جواب می‌داد: هوا سرد است. اگر می‌گفتند چقدر سرد است، می‌گفت: «خیلی» سرد است. اما با اختراع دماسنج و کمی‌شدن یا به‌کمیت درآمدن میزان دما، بشر قادر است به آسانی مناطق «سردسیر» و «گرمسیر» و مانند آنها را به صورتی مشخص‌تر تعریف کند و حتی رده‌بندی را بسیار دقیق‌تر و گسترده‌تر کند. بیان اینکه فلان کشور «پرجمعیت» است،

نمی‌تواند در این حد از دقت باشد که بگوییم مثلاً جمعیت آن کشور یک «میلیون نفر» است، یا متوسط تعداد کسانی که در هر هکتار می‌زیند مثلاً ۳۰۰۰ نفر است. پس، اگر نتوانیم بگوییم که مفهوم عدد، زندگی انسان را دگرگون کرده‌است، لااقل می‌توانیم بگوییم که با متحول شدن زندگی انسان، عدد نقشی هرچه بهتر و بیشتر در زندگی او داشته است.

عدد در زندگی انسان نقش‌هایی گوناگون دارد. یونانیان حدود سه هزار سال پیش، عدد را تنها به‌خاطر خود عدد و برای درک روابط اعداد صحیح مورد مطالعه قراردادند و زیباترین قضیه‌های ریاضی و موضوعی به‌نام «نظریه‌ی اعداد» را پدید آوردند. اما بشر، در تمام عرصه‌های زندگی خود، چه شخصی و چه اجتماعی، به «حساب کردن» نیز نیاز داشت. این نیازهای زندگی، «چهار عمل اصلی حساب» و لذا «علم حساب» را پدید آورد که آن هم جزئی از ریاضیات است.

اما امروزه عدد نقشی بسیار فراتر از نقش خود در علم حساب دارد. در واقع بسیاری از پدیده‌های طبیعی و اجتماعی و مانند آنها را می‌توان به کمک اعداد بیان کرد و یا به تعبیر و تفسیر این پدیده‌ها به کمک اعداد پرداخت. مثلاً بیان شدت زلزله در واحد ریشتر، میزان قوت و ضعف نسبی آن را مشخص می‌کند، اما تعداد تلفات انسانی، تعداد بناهای تخریب شده و ... می‌تواند به بهترین نحو، ابعاد فاجعه را نشان دهد. پس در این مورد، چگونگی زلزله و عوارض و عواقب آن را با استفاده از اعداد توصیف کرده‌ایم. امروزه تلاش می‌شود که برای بیان، تجزیه و تحلیل، و تعبیر و تفسیر هر نوع پدیده‌ای از نیروی جادویی اعداد استفاده شود. البته نباید تصور کرد که بیان هر نوع پدیده‌ای و تجزیه و تحلیل آن با همان سهولتی انجام می‌شود که در بالا در مورد زلزله انجام شد. برای آنکه تصویری از برخی از این پدیده‌ها و پیچیدگی نسبی آنها داشته باشیم، به مثال‌های زیر توجه کنید:

الف) نقش افزایش یا کاهش درآمد کشاورزی در مهاجرت‌های روستایی،

ب) تأثیر آلودگی هوا در سطح سلامت جوامع،

ج) تأثیر استفاده از وسایل فن‌آوری پیشرفته در تغییر ساختار روابط اجتماعی.

برای آنکه بتوانیم به پرسش‌هایی از نوع بالا پاسخ دهیم، ابتدا باید اطلاعاتی در زمینه‌ی موضوع مورد بحث گردآوری کنیم. چنین اطلاعاتی، برحسب مجموعه‌ای از اعداد،

داده‌های آماری نامیده می‌شوند. نحوه‌ی گردآوری، تنظیم و تلخیص، تجزیه و تحلیل، و تعبیر و تفسیر داده‌ها، و استخراج نتایجی درباره‌ی موضوع مورد بحث، موضوع علم آمار را تشکیل می‌دهد.

### ۱-۱-۲ آمار توصیفی و آمار استنباطی

دو بخش از موضوع علم آمار، آمار توصیفی و آمار استنباطی، را در زیر شرح می‌دهیم.

آمار توصیفی شامل کلیه‌ی اعمالی است که هدف از آن‌ها خلاصه‌کردن داده‌ها یا توصیف جنبه‌های مهم داده‌هاست، بدون آنکه گامی فراتر از آن برداشته شود؛ یعنی بدون آنکه تلاش شود، نتیجه‌گیری‌ها یا استنباط‌هایی درباره‌ی منابعی که داده‌ها از آن استخراج شده‌اند، به عمل آید.

گرچه آمار توصیفی بخشی مهم از آمار است و هنوز هم استفاده‌ی گسترده‌ای از آن، مخصوصاً برای توصیف ویژگی‌های مهم داده‌ها برای عموم به عمل می‌آید، اما در سال‌های اخیر توجه بیشتر به آمار استنباطی، یعنی روش‌هایی است که به کمک آن‌ها می‌توان اطلاعات موجود در مجموعه‌ای متناهی از داده‌ها را به مجموعه‌ای بزرگتر که داده‌ها از آن به دست آمده‌اند، تعمیم داد.

### ۱-۱-۳ برخی مفاهیم اوّلیه

جامعه‌ی آماری عبارت است از عناصر مورد نظر که حداقل دارای یک صفت مشخصه‌ی مشترک باشند. مانند جامعه‌ی دانشجویان دانشگاه پیام‌نور، جامعه‌ی ساکنین شهر تهران، جامعه‌ی بیماران قلبی و....

صفت مشخصه صفتی است که بین همه‌ی عناصر آماری مشترک و متمایزکننده‌ی یک جامعه‌ی آماری از سایر جوامع است. مثلاً در جامعه‌ی ایرانیان افراد جامعه نسبت به ایرانی بودن هیچ وجه تمایزی ندارند.

جامعه‌ی آماری به دو نوع تقسیم می‌شود: متناهی و نامتناهی. اگر مقادیر جامعه از تعداد محدود ثابتی تشکیل شود و پایان‌پذیر باشد آن را **متناهی** می‌نامیم مثلاً جمعیت ایران در سرشماری سال ۱۳۸۵ که ۷۰۰۴۹۲۶۲ نفر بوده است، یک جامعه‌ی متناهی

است. در مقابل جامعه‌های آماری **نامتناهی** را داریم، مانند جامعه‌ای با اعضای ۱، ۲، ۳، ۴، ۵... یا جمعیت ایران در سال آینده که یک جامعه‌ی نامتناهی را تشکیل می‌دهد.

**متغیر:** بررسی‌های آماری روی صفات مشخصه انجام نمی‌شود زیرا افراد جامعه نسبت به این صفات هیچ وجه تمایزی با هم ندارند. ولی اگر به افراد جامعه از زاویه‌های دیگر بنگریم تفاوت‌های زیادی می‌بینیم. آن صفاتی را که عامل این تفاوت‌ها هستند صفات متغیر می‌نامیم. پس صفات متغیر صفاتی هستند که در یک جامعه از یک عضو به عضو دیگر تغییر می‌کنند. مثلاً در جامعه‌ی دانشجویان دانشگاه پیام‌نور، شهرستان محل سکونت و رشته‌ی انتخابی صفات متغیر هستند. به طور کلی صفاتی نظیر استعداد، هوش، نوع بیماری، گروه خونی، وضع تأهل، سن، طول عمر لامپ، تعداد دفعات تعویض قطعه‌ای از خودرو، میزان تأثیر دارویی خاص، و ...، متغیر در نظر گرفته شوند.

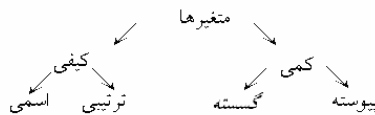
**انواع متغیر:** متغیرها به دو دسته تقسیم می‌شوند: متغیرهای کیفی و متغیرهای کمی.

**الف) متغیرهای کیفی:** مربوط به صفاتی هستند که واحد نداشته و قابل اندازه‌گیری نیستند مانند جنس، مرغوبیت، شغل، نوع بیماری، وضع تأهل، رنگ چشم، گروه خونی و نظایر آنها (در بخش بعدی متغیرها متغیرها عمدتاً به گروه متغیرهایی که با مقیاس‌های اسمی و ترتیبی اندازه‌گیری می‌شوند، تعلق دارند).

**ب) متغیرهای کمی:** مربوط به صفاتی هستند که قابل اندازه‌گیری یا شمارش هستند؛ یعنی واحد اندازه‌گیری یا شمارش دارند و قابل مقایسه و سنجش می‌باشند. مانند سن، طول عمر، درجات تحصیلی، وزن، قد، درآمد و غیره که از راه اندازه‌گیری به دست می‌آیند.

متغیرهای کمی خود به دو دسته تقسیم می‌شوند که عبارتند از متغیرهای کمی گسسته و متغیرهای کمی پیوسته. **متغیرهای کمی گسسته** آنهایی هستند که قابل شمارش هستند مانند سن، تعداد افراد خانوار، ظرفیت مسافر، تعداد تولید روزانه، جمعیت روستاها و .... **متغیرهای کمی پیوسته** آنهایی هستند که مقادیر آنها در یک بازه

قرار دارد یا به عبارت دیگر مقادیر آنها بازه‌ای از اعداد حقیقی انتخاب می‌شوند مانند وزن، قد، طول عمر، درآمد، نمره‌ی دروس، هزینه‌ی بیمارستانی برای بیماران و نظایر آن.



### ۴-۱-۱ مفهوم مقیاس‌سازی

منظور از اندازه‌گیری فرآیندی است که به کمک آن به عضوی از جامعه عدد یا نمره‌ای نسبت داده می‌شود. باید توجه کرد که نمره‌هایی (اعدادی) که به این طریق به دست می‌آیند، معانی متفاوتی دارند. برای توضیح تفاوت بودن این نمره‌ها، سه پاسخ ظاهراً یکسان را که به سه پرسش متفاوت داده شده است، در نظر بگیرید. فرض کنید از کسی که در مسابقات دوی صدمتر کشور شرکت کرده است، به سه سوال زیر تنها با استفاده از عدد پاسخ گوید:

۱. با چه شماره‌ای در مسابقه شرکت کردید؟

۲. نفر چندم شدید؟

۳. در چند ثانیه به خط پایان رسیدید؟

فرض کنید پاسخ وی به هر سه سؤال «۵» باشد. با اینکه در هر سه پاسخ عدد «۵» به کار رفته است، اما این عدد در سه معنی متفاوت به کار برده شده است. اولین «۵» به نشانه‌ی شماره‌ی (شناسایی) شرکت کننده است، دومی به نشانه‌ی مقام کسب شده در مسابقه و سومی به نشانه‌ی «زمان» پایان مسابقه است. بنابراین هر یک از ۵ها مجموعه‌ی اطلاعات متفاوتی را شامل می‌شود.

استیونس<sup>۱</sup> (۱۹۶۶ میلادی)، چهار نوع مختلف از مقیاس‌های اندازه‌گیری را مشخص کرده‌است که هر یک از آنها مجموعه‌ی اطلاعات متفاوتی را در بردارند. در هر مقیاس از عدد استفاده می‌شود ولی اطلاعات حاصل از این اعداد به کلی متفاوت است. این چهار مقیاس عبارتند از: **اسمی**، **ترتیبی**، **فاصله‌ای**، و **نسبتی**. در زیر به شرح هر یک از آنها می‌پردازیم.

### ۱. مقیاس اسمی

هر مقیاس را که معمولاً یک عدد طبیعی است و تنها برای شناسایی افراد یا اشیا و یا مکان‌ها به کار می‌رود، یک مقیاس اسمی می‌نامند. برای مثال، گروه‌های خونی افراد عبارتند از:  $A$ ،  $B$ ،  $AB$ ، و  $O$ ، که آن‌ها را به ترتیب با اعداد ۱، ۲، ۳، ۴ مشخص می‌کنیم. این اعداد صرفاً می‌گویند که هر فردی دارای چه گروه خونی است، فردی که برچسب ۳ دارد، دارای گروه خونی  $AB$  است.

داده‌های اسمی، تنها از نظر اسمی عددی‌اند، زیرا هیچ یک از خاصیت‌های عددی را که در حساب معمولی با آنها سروکار داریم، ندارند و اصطلاحاً در مقیاس اسمی، کدگذاری یا اسم‌گذاری انجام می‌شود. بنابر این توجه به اینکه آیا به کار بردن اعمال حسابی در مورد داده‌ها مجاز است یا خیر، اهمیت زیادی دارد.

### ۲. مقیاس ترتیبی (رتبه‌ای)

هرگاه مقیاس، یک عدد حقیقی و برتری را بیان کند آن را مقیاس ترتیبی می‌گویند. مواردی پیش می‌آید که صرف‌نظر از تفاوت محتویات یک طبقه یا محتویات طبقه دیگر، یک نوع ارتباط بین آنها برقرار است. روابط موجود بین طبقات با توجه به نوع مقیاس، اکثر مواقع صورت ترجیح دارد " به بالاتر، بیشتر، مشکل‌تر و ...." بیان می‌شود که چنین روابطی را معمولاً با علائمی نظیر ">" نشان می‌دهند. استفاده از اصطلاحاتی

چون "بالا، وسط، پایین" و "قوی، متوسط، ضعیف" در تحقیقات بیانگر مقیاس ترتیبی است. در این نوع مقیاس مجاز به انجام عملیات جبری نیستیم.

برای مثال، وقتی اعداد ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۰ را به ترتیب به پنج فرد  $A$ ،  $B$ ،  $C$ ،  $D$ ،  $E$  اختصاص می‌دهیم به معنی آن است که پنج فرد مذکور از لحاظ صفت مورد نظر به ترتیب  $A$ ،  $B$ ،  $C$ ،  $D$ ،  $E$  قرار می‌گیرند. لذا اگر وضع نسبی افراد یا اشیا را در مقیاس رتبه‌ای بدانیم می‌توانیم آن‌ها را به صورت‌های زیر نمایش دهیم:  $B > A$ ؛ یعنی،  $B$  از  $A$  بزرگتر است.  $B < C$ ؛ یعنی،  $B$  از  $C$  کوچکتر است.  $B = B$ ؛ یعنی،  $B$  با  $C$  هم ارزش است.

در مثالی دیگر، در یک مسابقه‌ی دو میدانی دوندگاری را که به ترتیب اول، دوم و سوم به خط پایان می‌رسند، با اعداد ۱، ۲ و ۳ مشخص کنیم.

### ۳. مقیاس فاصله‌ای

وقتی که مقیاسی همه خصوصیات یک مقیاس ترتیبی را دارا باشد و علاوه بر آن فاصله‌ی بین هر دو عدد بر روی مقیاس میزان مشخصی داشته باشد، همچنین نسبت تفاضل با دو فاصله را حفظ کند آن را مقیاس فاصله‌ای می‌نامند. در این نوع اندازه‌گیری نسبت هر دو فاصله مستقل از واحد اندازه‌گیری و مستقل از نقطه‌نظر صفر است. در مقیاس فاصله‌ای مکان نقطه‌ی صفر و واحد اندازه‌گیری اختیاری و قراردادی است.

در اندازه‌گیری دما، با وجود آن‌که دما در دو مقیاس سانتی‌گراد و فارنهایت دارای نقطه‌ی صفر متفاوت است، ولی هر دو برای اندازه‌گیری حرارت به کار می‌روند. برای مثال، پنج کمیت قابل اندازه‌گیری شده  $x_1$ ،  $x_2$ ،  $x_3$ ،  $x_4$ ،  $x_5$  را در نظر می‌گیریم این کمیت‌ها را به اندازه‌های ۱۱، ۱۴، ۱۷، ۲۰، ۲۳ مقیاس‌سازی نموده‌ایم (یعنی  $x_i$ ها در عددی ثابت ضرب و با عددی ثابت جمع شده‌اند و داده‌های جدید به دست آمده است). ملاحظه می‌شود که اختلاف اندازه‌ی کمیت دوم از اول ( $11 - 14 = 3$ ) برابر سه برابر اختلاف کمیت اول از چهارم ( $11 - 20 = 9$ ) است.



#### ۴. مقیاس نسبتی

به مقیاسی که علاوه بر همه‌ی خصوصیات مقیاس فاصله‌ای دارای نقطه‌ی صفر واقعی نیز هست و نسبت را حفظ می‌کند، مقیاس نسبتی می‌گویند. در مقیاس نسبتی، نسبت هر دو قطعه روی مقیاس اندازه‌گیری مستقل از واحد اندازه‌گیری است.

مقیاس‌هایی چون پوند و گرم نقطه‌ی صفر واقعی دارند و نسبت هر دو وزن دلخواه از واحد اندازه‌گیری مستقل است. بیشتر اطلاعاتی که با استفاده از وسایل فیزیکی اندازه‌گیری می‌شود از نوع مقیاس نسبی است. مثلاً، اگر در سطح مقیاس نسبتی، اعداد ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۰ نماینده‌ی مقدار صفت به خصوصی در اشیای  $A$ ،  $B$ ،  $C$ ،  $D$ ،  $E$  باشند می‌توان گفت که این صفت در  $B$  به اندازه‌ی ۲ برابر  $A$  و در  $C$  به اندازه‌ی ۳ برابر  $A$  و در  $E$ ،  $۲/۵$  برابر  $B$  و نظایر آن وجود دارد.

جدول زیر نشان‌دهنده‌ی خلاصه مفاهیم ذکر شده درباره‌ی مقیاس‌های چهارگانه و مقایسه‌ی آنها است.

نسبتی	فاصله‌ای	رتبه‌ای	اسمی	نوع مقیاس مراتب
دارد	دارد	دارد	ندارد	ترتیب
دارد	دارد	ندارد	ندارد	فواصل
دارد	دارد	ندارد	ندارد	مبدأ صفر قراردادی
دارد	ندارد	ندارد	ندارد	مبدأ صفر مطلق

#### ۱-۱-۵ منابع داده‌ها

با توجه به گستردگی مباحث علمی، محققان منابع گوناگونی برای گردآوری داده‌ها در اختیار دارند. بدون وارد شدن در جزئیات به انواع مهم داده‌ها برحسب منابع آنها اشاره می‌کنیم.

**داده‌های اولیه** که اطلاعات خام را که مخصوصاً برای انجام تحلیل گردآوری شده‌اند، در اختیار ما می‌گذارند. این داده‌ها یا از طریق سنجش مستقیم، مانند انجام مصاحبه، مشاهدات میدانی، اندازه‌گیری با ابزارهای ویژه، به دست می‌آیند، یا از طریق