ترجمه: دکتر محمدرضا واعظی‌کاخکی، گروه زیست‌شناسی، دانشگاه حکیم سبزواری

فصل ۱: هشت مرحله تا تجزیه و تحلیل موفق داده‌ها

هشت مرحله تا تجزیه و تحلیل موفق داده‌ها

این یک توالی بسیار ساده است که اگر شما آن را دنبال کنید، کار آماری‌ای را کامل خواهد کرد که برای فرایند تحقیق علمی استفاده می‌کنید. همان طور که در اینجا روشن می‌کنم، آزمون‌های آماری باید خیلی زود در این فرآیند در نظر گرفته شوند و نه این که تا آخر کار به تعویق بیافتند.

۱. تصمیم بگیرید که شما به چه چیزی علاقه‌مند می‌باشید.

۲. یک فرضیه[1]یا فرضیه های متعددی را تدوین و فرموله کنید (برای راهنمایی فصول ۲ و ۳ را ببینید).

۳. طراحی کردن آزمایش[2] دستکاری و یا نمونه‌برداری[3]معمول به شما اجازه خواهد داد که فرضیه را آزمون کنید (برای برخی از نکات در مورد چگونگی انجام این کار به فصل‌های ۲ و ۴ نگاه کنید).

۴. داده‌های ساختگی[4]جمع آوری کنید (یعنی مقادیر تقریبی بر اساس آنچه شما انتظار به دست آوردن آن را دارید از خود بسازید). مجموعه ای از داده های ساختگی ممکن است عجیب به نظر برسد اما این کار طرح آزمون پیشنهادی یا نمونه‌برداری معمول را تبدیل به چیزی ملموس تر می‌کند. این فرآیند اغلب می تواند نقص یا ضعف جمع آوری معمول داده ها را آشکار کند و مقدار زیادی در زمان و تلاش شما صرفه جویی خواهد کرد.

۵. از کلید ارائه شده در فصل ۳ استفاده کنید تا شما را به آزمون‌های[5]مناسب راهنمایی کند.

۶. با استفاده از داده های ساختگی آزمون (ها) را انجام دهید. (فصل ۶-۹ به شما نشان می دهد چگونه داده ها را وارد کنید، بسته های آماری را استفاده کنید و نتایج خروجی را تفسیر کنید.)

۷. اگر مشکلی وجود دارد به مرحله ۳ (یا ۲) بروید؛ در غیر این صورت، با مجموعه‌ی داده های واقعی کار را ادامه دهید.

۸. با استفاده از داده های واقعی آزمون(ها) را انجام دهید. یافته‌ها[6]را گزارش کنید و/یا به مرحله ۲ برگردید.

من از شما می‌خواهم این مسیر را دنبال کنید. من دانشجویان بیشماری را دیده‌ام که زمان طولانی را صرف کرده‌اند و تلاش های فراوانی برای جمع آوری اطلاعات انجام داده‌اند تا تنها طرح آزمایشی یا روش نمونه‌برداری درست را پیدا کنند و متاسفانه روش کاملاً درستی را پیدا نکرده‌اند. آزمونی که آنها مجبور می‌شوند بکار گیرند بسیار ضعیف‌تر ازآنهایی است که آنها می‌توانند تنها با اندکی تغییر در طرح آزمایشی استفاده کنند. این نوع تجربه باعث می‌شود مردم از آمار فرار کنند و از آن بترسند. این باعث شرم است چون کار آمار یک ابزار بسیار مفید و حیاتی در علم است.

بقیه کتاب این فرایند هشت مرحله‌ای را دنبال می‌کند، اما زمانی که مطمئن نیستید که چه باید بکنید لازم است آن را برای راهنمایی و مشاوره استفاده نمایید.

---

[1] Hypothesis
[2] Experimental Design
[3] Sampling
[4] Dummy Data
[5] Test(s)
[6] Finding

فصل ۲: دانستنی‌های پایه

دانستنی‌های پایه

هدف از این فصل، نه به صورت گسترده، معرفی برخی از مفاهیم رایج در جمع‌آوری داده‌ها و تجزیه و تحلیل‌های آنهاست. هر چیزی که در اینجا معرفی شده، مفصل‌تر در فصل های بعدی پوشش داده می‌شود و در بسیاری از کتاب های درسی آمار که هدف آنها معرفی نظریه آماری و طرح آزمایشی به دانشمندان است توضیح داده شده‌اند. کلید آزمون های آماری در فصل بعد این است که شما با بسیاری از مفاهیم اساسی که در اینجا معرفی شد، آشنا هستند.

مشاهدات[1]

اینها مواد خام آمار هستند و می‌توانند شامل هر چیز ثبت شده به عنوان بخشی از یک تحقیق باشند. آنها می توانند در هر مقیاسی از یک مشاهده ساده دوتایی "باریدن یا نباریدن" تا تجزیه و تحلیل بسیار پیچیده و دقیق غلظت مواد غذایی باشند. نوع مشاهدات ثبت شده، بر نوع آزمون های آماری مناسب تأثیر زیادی خواهند داشت.

مشاهدات در مجموع به ۳ نوع تقسیم می‌شوند: *دسته‌ای*[2] که این مشاهدات به تعداد محدودی دسته تقسیم می‌شوند که مقیاس مشخصی ندارند (به عنوان مثال: بلوط، خاکستر، علم)؛ *گسسته*[3] که مقیاس واقعی دارند اما همه‌ی مقادیر امکان‌پذیر نیستند (برای مثال: تعداد تخم در یک لانه یا تعداد گونه ها در یک نمونه)؛ و *پیوسته*[4] که در آن هر مقداری از لحاظ نظری ممکن است و تنها با دستگاه‌های اندازه‌گیری (به عنوان مثال: طول‌ها، غلظت‌ها) به دست می‌آیند.

انواع مختلف از مشاهدات با جزئیات بیشتری در فصل ۵ در نظر گرفته شده است.

آزمون فرضیه[5]

سنگ بنای تجزیه و تحلیل علمی، آزمایش فرضیه است. این مفهوم به نسبت ساده است: تقریبا در هر زمانی که یک آزمون آماری انجام می‌گردد، احتمال درستی یک فرضیه است که آزمون می‌شود. اگر احتمال کوچک است آن گاه در نظر می‌گیریم که فرضیه نادرست است و آن را به نفع یک جایگزین رد می‌کنیم. این معمولاً به صورت وارونه نیز قابل توصیف است و همیشه این فرضیه را به عنوان فرضیه صفر[6] در مقابل فرضیه دیگر در نظر می‌گیرند و همان فرضیه‌ای که می‌گوییم هیچ اتفاقی نیافتاده است (آن را با H_0 نشان می‌دهند).

به عنوان مثال، اگر وزن پیازهای دو رقم از لاله‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد، فرضیه صفر این خواهد بود که "بین ارقام تفاوت وزن وجود ندارد"، "وزن دو گروه از پیازها یکسان است"، یا صحیح تر این که، "این دو گروه از پیازها نمونه‌هایی از یک جمعیت بزرگتر با توزیع یکسان هستند". آزمون آماری برای این انجام می شود که احتمال درست بودن فرضیه صفر پیدا شود. اگر ما تصمیم به رد فرضیه صفر گرفتیم، ما باید گزینه دیگر را بپذیریم که به آن فرضیه H_1 می‌گویند، یعنی "وزن پیازهای دو رقم متفاوت است" و یا صحیح‌تر این که "این دو گروه، نمونه‌هایی از دو جمعیت با توزیع مختلف هستند".

---

[1] Observations
[2] Categorical
[3] Discrete
[4] Continuous
[5] Hypothesis Testing
[6] Null Hypothesis

مقادیر P [1]

مقدار P حد پایین بسیاری از آزمون های آماری است (در ضمن، شما می‌توانید آن را به صورت‌های مختلف P value، P-value، p value یا p-value ببینید). مقدار P شدت احتمال مشاهده‌ی داده‌ها را اگر فرضیه‌ی صفر درست باشد را نشان می‌دهد. بنابراین اگر مقدار P ۰/۰۶ باشد، آن نشان می‌دهد که در صورتی که فرضیه صفر درست باشد، شما شانسی ۶٪ در دیدن داده‌های مشابه دارید.

در زیست شناسی معمول این است که سطح بحرانی برای رد یک فرضیه را به مقدار ۰/۰۵ و یا ۵٪ در نظر بگیرند. این به این معنی است که شانس رد یک فرضیه‌ی درست کمتر از یک بیستم خواهد بود. همانطور که فرضیه صفر است که تقریبا همیشه مورد آزمون قرار می‌گیرد، ما همیشه به دنبال مقادیر کم P هستیم تا این فرضیه را رد کنیم و فرضیه جایگزین را قبول نماییم.

واضح است که هر چه مقدار P کوچکتر باشد، ما با اطمینان بیشتری میتوانیم نتیجه‌گیری از آن را انجام دهیم. مقدار P ۰/۰۰۰۱ نشان می دهد که اگر فرضیه صفر درست باشد، شانس دیدن داده‌های مشابه آن به سختی یک در ۱۰۰۰۰ خواهد بود. این قانع کننده تر از P به مقدار ۰/۰۴۹ می‌باشد. مقادیر P و انواع خطاهایی که به طور ضمنی با استفاده از آنها پذیرفته می‌شوند، در فصل ۴ در نظر گرفته شده‌اند.

نمونه برداری [2]

مشاهدات باید به هر روشی که لازم است جمع‌آوری شوند. این فرآیند به دست آوردن داده‌ها را نمونه‌برداری می‌نامند. اگر چه تقریبا به روش‌های بسیار مختلف می‌توان نمونه‌برداری را انجام داد ولی برای این کار، برخی قوانین عمومی وجود دارد. یکی از بارزترین این قوانین این است که تعداد مشاهدات بیشتر معمولاً از تعداد مشاهدات کمتر بهتر است. نمونه برداری متعادل نیز مهم است (به عنوان مثال، هنگام مقایسه دو گروه باید تعداد مشاهدات دو گروه با هم یکسان باشند).

اکثر آزمون‌های آماری فرض می‌کنند که نمونه‌ها به طور تصادفی گرفته شده‌اند. این آسان به نظر می‌رسد اما در واقع بسیار دشوار حاصل می‌شوند. به عنوان مثال، اگر شما در حال نمونه برداری سوسک‌ها از تله‌های کوچک گودال هستید، نمونه ممکن است کاملا تصادفی به نظر برسد امّا در واقع این روش برای گونه‌هایی که به عمد از اطراف حرکت می‌کنند و در تله نمی‌افتند اُریب و نامناسب است. یکی اُریب دیگر معمول این است که یک نقطه به طور تصادفی انتخاب شود و پس از آن نزدیکترین فرد به آن نقطه را اندازه گیری کنیم، و فرض شود که این یک نمونه تصادفی تولید خواهد کرد. آن را به هیچ وجه نمی‌توان یک نمونه‌ی تصادفی در نظر گرفت به طوری که افراد جداشده و آنهایی که در حاشیه‌ی توده‌ها قرار گرفته‌اند شانس انتخاب بیشتری از آنهایی دارند که در وسط قرار گرفته‌اند. روش هایی به منظور کاهش مشکلات مرتبط با روش نمونه گیری غیر تصادفی وجود دارد اما اولین قدم این است که آگاهی از این مشکل وجود داشته باشد.

فرض دیگر برای نمونه برداری این است که افراد یا فقط یکبار اندازه‌گیری شوند یا همه آنها در موارد مختلف نمونه‌برداری شوند. این فرض غالباً برای مثال زمانی نقض می‌شود که یک مکان در دو موقعیت زمانی بازدید شود و افراد یکسان یا کلون‌های یکسانی سهواً اندازه‌گیری شوند.

این مجموعه از مشاهدات جمع‌آوری شده متغیر نامیده می‌شوند. یک متغیر می‌تواند تقریباً هر چیز ثبت‌شدنی باشد و افراد مختلف می توانند مقادیر مختلفی به خود بگیرند. برخی از مشکلات نمونه‌برداری در فصل ۴ در نظر گرفته شده‌اند.

[1] P-Values
[2] Sampling

آزمایش‌ها[۱]

در بسیاری از تحقیقات زیست شناسی به نوعی آزمایش‌هایی انجام می‌شوند. یک آزمایش زمانی رخ می دهد که هر چیزی توسط محقق تغییر می‌کند یا کنترل می‌شود. به عنوان مثال، در تحقیق در مورد اثر کود[۲]بر رشد گیاهان، یک کرت شاهد[۳](یا چند کرت شاهد) استفاده می‌شود که به آن هیچ کودی اضافه نشده است و در کنارش یک یا چند کرت استفده می‌شود که به آن کود اضافه شده و در آن غلظت‌های کود مشخص هستند.. به این ترتیب اثر کود را می توان با مقایسه‌ی غلظت‌های مختلف کود تعیین کرد. شرایط کنترل شده (به عنوان مثال کود) معمولاً عامل[۴] نامیده می‌شود و سطوح مختلف استفاده شده به عنوان تیمار[۵]یا سطوح عامل[۶](به عنوان مثال غلظت‌های کود) استفاده می‌شوند. طرح این آزمایش با بررسی و تحقیق این فرض یا فرضیه‌هایی مشخص خواهد شد. اگر اثر کود بر روی یک گیاه خاص، مد نظر باشد سپس شاید دامنه‌ی وسیعی از انواع مختلف خاک ممکن است با و یا بدون کود استفاده شود. اگر منظور اثر کلی بر روی گیاهان باشد، ان گاه یک آزمایش با استفاده از انواع گیاهان مورد نیاز است، یا جداگانه و یا با هم. اگر تیمار بهینه کود مد نظر است، ان گاه دامنه‌ی از غلظت‌ها اعمال خواهند شد و تجزیه و تحلیل هزینه و منفعت[۷](دَخل و خَرج) انجام خواهد شد.

جزییات بیشتر و راهبردهای طرح آزمایشی در فصل ۴ در نظر گرفته شده است.

آمار[۸]

به طور کلی، آمار د ستکاری م شاهدات برای تولید یک تعداد کمی نتایج ا ست. بسته به نوع خلا صه نتایج مورد نیاز، دو د سته‌ی مختلف آماری وجود دارند. آمار را در اینجا به چهار دسته تقسیم می‌کنیم.

آمار توصیفی[۹]

ساده‌ترین آمار، خلاصه کردن مجموعه‌ی داده‌ها است. آمار خلاصه‌ی ساده، به آسانی قابل درک است اما نباید کامل در نظر گرفته شود. اینها معمولاً به عنوان آمار در نظر گرفته نمی‌شوند اما در واقع برای تحقیق داده‌ها بسیار مفید هستند. شاخص‌های[۱۰]مکانی از جمله میانگین[۱۱]و میانه[۱۲]به طور گسترده‌ای استفاده می‌شوند. سپس شاخص‌های "گسترش یا پخش[۱۳]" داده ها است، به عنوان مثال انحراف معیار.[۱۴]انتخاب آمار توصیفی مناسب و بهترین راه برای نشان دادن نتایج در فصل‌های ۵ و ۶ در نظر گرفته شده است.

آزمون‌های تفاوت[۱۵]

سوال آشنا در هر زمینه ای از تحقیقات چیزی شبیه این خواهد بود "آیا این گروه متفاوت از آن گروه است؟". یک سوال از این نوع می تواند به یک فرضیه صفر به این شکل تبدیل شود: "این گروه و آن گروه متفاوت نیستند". برای پاسخ دادن به این سوال و آزمون فرضیه صفر، آزمون آماری تفاوت مورد نیاز است. آزمون ها بسیاری وجود دارد که به نظر می رسد همه همان نوع سوال را پاسخ می‌دهند اما هر یک برای انواع خاصی از داده ها مناسب هستند. پس از مقایسه‌ی ساده‌ی دو گروه، روش‌های دیگری برای مقایسه‌ی بیش از دو گروه وجود دارد و آزمون کردن افرادی که به چندین روش به چند گروه تقسیم شده‌اند. به عنوان مثال، افراد می تواند به دو گروه از نظر جنس (زن و مرد) و نیز به گروه‌هایی با توجه به اینکه آیا به آنها دارو داده شده یا نه تقسیم شوند. این ممکن است به صورت چهار گروه و یا به صورتی در نظر گرفته شوند که به

---

[1] Experiments
[2] Fertilizer
[3] Control Plot
[4] Factor
[5] Treatment
[6] Factor Levels
[7] Cost-Benefit Analysis
[8] Statistics
[9] Descriptive Statistics
[10] Measures
[11] Mean
[12] Median
[13] Spread
[14] Standard Deviation
[15] Tests of Difference

عنوان یک آزمایش عاملی یا فاکتوریل نامیده می‌شوند، که در آن دو عامل "جنس" و "دارو"، با همه‌ی ترکیب‌های سطوح دو عامل اندازه‌گیری شده وجود دارند.

طرح‌های فاکتوریل می‌تواند بسیار پیچیده باشند، اما آنها بسیار قدرتمند بوده، می توانند جزئیات خاصی را با توجه به میان‌نش عوامل آشکار کنند که هرگز نمی‌توانند در تحقیق و بررسی داده‌ها با تنها یک عامل در یک زمان یافت شوند. آزمون‌های تفاوت نیز می‌توانند برای مقایسه‌ی متغیرهای با توزیع های شناخته شده مورد استفاده قرار گیرند. اینها می توانند توزیع های آماری و یا مشتق از تئوری باشند.

فصل ۷ آزمون تفاوت را در جزئیات مورد بحث قرار می‌دهد.

آزمون‌های روابط

یک سوال آشنای دیگر که در تحقیقات علمی مطرح می‌شود به این شکل است که "آیا A در ارتباط با B است؟". به عنوان مثال، مصرف چربی های در ارتباط با فشار خون است؟ این نوع سوال باید به یک فرضیه صفر به این شکل تیدیل شود که "A با B در ارتباط نیست". و سپس یکی از انواع آزمون های آماری مورد آزمون قرار گیرد. همان طور که با آزمون‌های تفاوت آزمون های بسیاری هستند که به نظر می رسد به یک نوع مشکل می‌پردازند، اما دوباره هر یک از آنها برای انواع مختلفی از داده ها مناسب هستند. آزمون روابط بسته به نوع فرضیه در حال بررسی، به دو گروه به نام همبستگی[1] و گرایش[2] تقسیم می شوند. همبستگی آزمونی برای اندازه‌گیری درجه تفاوت مجموعه‌ای از داده ها با دیگری است: این به این معنی نیست که نوعی رابطه علت و معلول وجود دارد. گرایش (رگرسیون) برای یافتن رابطه‌ای بین دو متغییر استفاده می شود به طوری که می‌توان یکی را از دیگری پیش‌بینی کرد. این به این معنی است که یک رابطه علت و معلول وجود دارد و یا حداقل بیانگر آن است که که یکی از متغیرها به نوعی *پاسخ* به حساب می‌آید. بنابراین در تحقیق مصرف چربی و فشار خون، همبستگی مثبت و قوی‌ای بین این دو نشان داده می‌شود امّا علت و معلول را نشان نمی دهند. اگر گرایش استفاده شود، یک خط گرایش مثبت قابل توجهی وجود دارد که این مفهوم را می‌رسانند که فشار خون را می‌توان با استفاده از مصرف چربی پیش بینی شود، یا اگر گرایش با استفاده از مصرف چربی به عنوان "پاسخ" به کار رود، مصرف چربی را می توان از فشار خون پیش بینی نمود.

روش‌های بسیاری وجود دارند که می‌توانند برای یافتن روابط بین دو مجموعه از داده‌ها استفاده شوند. آزمون‌های روابط در فصل ۸ توضیح داده شده‌اند.

آزمون‌ها برای بررسی داده‌ها

دامنه‌ی وسیعی از آزمون‌ها برای کمک به محققان در بررسی مجموعه داده های بزرگ در دسترس هستند. بر خلاف آزمون‌های در نظر گرفته شده که در بالا شرح داده، بررسی داده‌ها نیازی به داشتن یک فرضیه برای آزمون کردن ندارند. به عنوان مثال، در مطالعه ریخت‌شناسی ماهی ممکن است شاخص‌های مربوط به باله‌ی ماهی بر اساس گونه و مکان زندگی ماهی‌ها بسیار وسیع است و فرضیه‌های بالقوه‌ی زیادی برای تحقیق وجود دارد. در این حالت استفاده از روش چند متغیره ممکن است روابط بین افراد را نشان دهد، و به دسته‌بندی نمونه‌ها کمک می‌کند و یا فقط نشان می دهد که کدام فرضیه‌ها ارزش در نظر گرفتن بیشتری دارند.

تعداد کمی از روش‌های فراوان مختلف در دسترس در فصل ۹ مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

[1] Correlation
[2] Regression

فصل ۳: انتخاب آزمون: یک کلید

انتخاب آزمون: یک کلید

من امیدوارم که شما این فصل را قبل از جمع‌آوری و آزمایش یا اتمام برنامه نمونه‌برداری مطالعه نمایید. اگر شما جمع‌آوری اطلاعات خود را به پایان ر سانده‌اید، من به شدت به شما تو صیه می‌کنم که خط م شی آزمایش بعدی و یا تحقیق‌تان را به رو شی دیگر انجام دهید. همانطور که شما در زیر خواهید دید، من امیدوارم که شما از این کلید استفاده نمایید قبل از اینکه شروع به جمع‌آوری داده های واقعی کنید.

به یاد داشته باشید: هشت گام برای رسیدن به تجزیه و تحلیل موفق داده‌ها

۱. تصمیم بگیرید که علاقه‌مند به چه هستید و دنبال چه می‌گردید.
۲. تدوین فرضیه یا فرضیه‌ها.
۳. طراحی آزمایش یا نمونه‌برداری معمول.
۴. جمع‌آوری داده‌های ساختگی. مقادیر تقریبی از آنچه شما انتظار دارید بسازید.
۵. از کلیدی که در اینجا آورده شده است برای تصمیم‌گیری در مورد نوع آزمون یا آزمون‌های مناسب استفاده کنید.
۶. آزمون(ها) را با استفاده از داده‌های ساختگی انجام دهید.
۷. اگر مشکلاتی وجود دارند به مرحله ۳ (یا ۲) برگردید، در غیر این صورت به جمع‌آوری داده‌های واقعی اقدام نمایید.
۸. آزمون(ها) را با استفاده از داده‌های واقعی انجام دهید.

هنر انتخاب یک آزمون

این ممکن است تعجب‌آور باشد، اما انتخاب یک آزمون آماری یک علم دقیق نیست. تقریبا همیشه دامنه‌ی قابل توجهی از انتخاب وجود دارد و بسیاری از تصمیم‌گیری‌ها بر اساس قضاوت‌های شخصی، تجربه‌ی مشکلات مشابه و یا فقط یک حدس ساده انجام خواهند شد. شرایط بسیاری در چندین روش وجود دارند که این داده‌ها را می‌توان تجزیه و تحلیل و کرد و در عین حال هر یک از آزمون‌های ممکن می تواند توجیه شوند.

معمولاً تمایل بر این اســت که داده ها را با آزمونی انجام دهند که معروف اســت حتی اگر بهترین روش نباشــد. نگاهی به اطراف بیندازید زیرا ممکن ا ست آزمون منا سب‌تری برای فر ضیه‌ی خود بیابید. در این روش شما فهر ست نتایج آماری خود گ سترش داده و قدرت آزمایش های آینده‌تان را تقویت خواهید نمود.

کلیدی برای کمک به انتخاب آزمون آماری

از مرحله شماره ۱ در فهر ست بالا تا کلید بیان شده در زیر شروع کنید و م سیری را که بهترین تو صیف داده‌های شما را انجام می‌دهد دنبال نمایید. اگر شــما در مورد هر یک از واژه‌ها و اصــطلاحات اســتفاده شــده مطمئن نیســتید به واژه‌نامه و یا بخش‌های مربوط در دو فصــل بعدی مراجعه نمایید. این یک کلید دوشاخه‌ی درست نیست و در نقاط مختلف، بیش از دو مسیر یا نقطه پایان وجود دارد. ممکن است چندین نقطه

انتهایی مناسب برای داده های خود پیدا کنید که ناشی از این کلید است. به عنوان مثال شما ممکن است مایل به دانستن روش صحیح برای نمایش داده ها و سپس اندازه گیری صحیح پراکندگی برای استفاده باشید. اگر چنین است، دوبار این کلید را دنبال کنید.

همه‌ی آزمون‌ها و روش‌های ذکر شده در این کلید در فصل‌های بعدی توصیف شده‌اند. کلمات و جمله‌های کج (ایتالیک) راهنمایی‌های را در مورد آنچه شما باید انجام دهید نشان می‌دهند.

اعداد داخل پرانتز مرحله‌ای از کلید را نشان می دهد که بخشی از مقصد توافق است. چند مرحله (نقطه) وجود دارد که در از آن شماره‌های دلخواه برای تعیین مسیری که شما باید بروید استفاده می شود. به عنوان مثال، من از ۳۰ مشاهده‌ی مختلف استفاده می‌کنم که این سطح دلخواه می‌تواند به داده های پیوسته و ناپیوسته منجر شود. اگر مجموعه اطلاعات شما نزدیک به این سطح قرار می‌گیرد، اگر شما احساس راحتی بیشتری با دیگر مسیر یا روش دارید نباید احساس کنید که محدود به پیش رفتن در یک مسیر خاص هستید.

۱	آزمون کردن یک فرضیه روشن و فرضیه های صفر مرتبط (مانند H_1 = سطح گلوکز خون در ارتباط با سن است و H_0 = قند خون در ارتباط با سن نیست).	۲۵
	آزمون نکردن هیچ فرضیه‌ای، اما به سادگی می‌خواهید داده‌ها را ارائه داده، خلاصه کرده و یا کشف نمایید.	۲
۲	روش‌هایی برای خلاصه کردن و نمایش داده‌های مورد نیاز است.	۳
	اکتشاف داده‌ها به منظور درک و گرفتن احساسی از برای داده ها یا شاید برای کمک به تدوین فرضیه است. برای مثال، شما ممکن است بخواهید گروه هایی را درون داده‌ها پیدا کنید (به عنوان مثال ۱۰ متغیرها مورفولوژیک از تعداد زیادی سوسکِ کارابید گرفته شده اند؛ آزمون چند متغیره می‌تواند تعیین نماید که آیا آنها را می‌توان به تاکسون‌های جداگانه‌ای تقسیم کرد).	۶۰
۳	تنها یک متغیر جمع آوری شده تحت بررسی وجود دارد (به عنوان مثال، حجم مغز تنها متغیر اندازه گیری شده است با وجود آن که ممکن است از جمعیت های مختلف اندازه گیری شده باشند).	۴
	بیش از یک متغیر اندازه‌گیری شده وجود دارد (به عنوان مثال، شما تعداد جلبک‌ها را در هر میلی‌لیتر و pH آب را در همان نمونه اندازه گیری کرده‌اید).	۲۴
۴	(۴) داده های گسسته هستند؛ مقادیر مختلف کمتر از ۳۰ تا هستند (به عنوان مثال، تعداد گونه‌ها در نمونه).	۵
	داده ها پیوسته‌اند؛ مقادیر مختلف بیش از ۲۹ تا هستند (به عنوان مثال، طول بال زنبور عسل اندازه گیری‌شده با دقّت ۰/۰۱ میلی‌متر) وجود دارد. (توجه داشته باشید: تمایز بین موارد فوق به نسبت اختیاری و قراردادی است.)	۱۶
۵	تنها یک گروه و یا نمونه وجود دارد (به عنوان مثال، تمام اندازه گیری‌ها از یک رودخانه و در همان روز گرفته شده‌اند).	۶
	بیش از یک گروه و یا نمونه وجود دارد (به عنوان مثال، شما تعداد قطعات شاخک‌های یک گونه سوسک را اندازه گیری کرده‌اید و نمونه ها با توجه به جنسیت به دو گروه تقسیم شده‌اند).	۱۵

۶	نمایش گرافیکی از داده ها مورد نیاز است.	۷
	خلاصه های عددی و یا توصیف داده ها مورد نیاز است.	۱۱
۷	نمایش تمام توزیع مورد نیاز است.	۸
	نمایش خام از موقعیت و گسترش اطلاعات مورد نیاز است: نمودار جعبه و مو[1]را برای نمایش میانه، دامنه و دامنه‌ی بین چارکی استفاده شود؛ صفحه ۴۹ (همچنین به عنوان نمودار جعبه‌ای[2]شناخته می‌شود).	
۸	مقادیر معنای واقعی دارند (به عنوان مثال، تعداد پستانداران گرفته‌شده در هر شب).	۱۰
	مقادیر برچسب های دلخواهی (قراردادی) دارند که هیچ توالی واقعی ندارند (به عنوان مثال، طبقه‌بندی انواع مختلف پوشش‌های گیاهی در منطقه‌ای از جنگل).	۹
۹	تعداد مقادیر مختلف و یا طبقه بندی‌ها کمتر از ۱۰ تا می‌باشد: *نمودار کلوچه‌ای رسم کنید، صفحه ۵۲. اطمینان حاصل شود که برچسب هر بخش به وضوح مشخص شده باشد و الگوهای سایه دار مجاور تا حد امکان واضح هستند. از جلوه‌های سه بعدی یا سایه‌زدن، سایه تیره یا رنگ اجتناب کنید. از افزودن سهم هر قاچ به شکل پرهیز کنید زیرا این اطلاعات از قبل در شکللحاظ شده‌اند.*	
	تعداد طبقه‌بندی‌ها و یا مقادیر مختلف ۱۰ یا بیشتر از آن است: مقادیر را با هم مخلوط کنید تا به کمتر از ۱۰ برسند و یا نمونه‌ها را طوری تقسیم کنید که دو مجموعه و هر یک کمتر از ۱۰ به وجود آید. ده سطحی بالاتر از آن چیزی است که بخش‌هایی قاچی مختلف آن در نمودار کلوچه‌ای (دایره‌ای) و الگوی سایه‌دار تشخیص داده شود.	
۱۰	تعداد طبقه‌بندی‌ها و یا مقادیر مختلف بیش از ۲۰ است: *مقادیر را یکی کنید تا حدود ۱۲ طبقه به دست آید (تقریبا به طور قطع به طور خودکار توسط نرم‌افزار انجام می شود) و یک نمودار بافت‌نگار (مستطیلی)[3]رسم کنید، صفحه ۵۱. طبقه‌ها را در محور X و فراوانی وقوع (تعداد دفعات رخ دادن مقادیر) را بر روی محور Y قرار دهید به طوری که هیچ شکافی بین ستون‌ها نباشد. نمودار سه بعدی و یا سایه‌دار استفاده نکنند.* تعداد مقادیر مختلف کمتر از ۲۰ است: *یک نمودار میله‌ای[4](ستونی) رسم کنید، صفحه ۵۱. هر مقدار باید بر روی محور X نشان داده شود. اگر تعداد طبقات کمتر هستند، دامنه را گسترش دهید تا مقادیری که در مجموعه‌ی داده‌ها در دو طرف قرار ندارند را شامل شود و فراوانی وقوع (تعداد دفعات رخ دادن مقادیر) را بر روی محور Y بگذارید. شکاف‌ها باید بین میله ظاهر شوند، مگر اینکه متغیر به وضوح به صورت پیوسته باشد؛ نمودار سه بعدی و یا سایه‌دار استفاده نکنند.*	
۱۱	شما یک شاخص مکانی لازم دارید (اغلب از میانگین استفاده می‌شود).	
	شما یک شاخص پراکندگی یا گسترش می‌خواهید (انحراف معیار و فاصله اطمینان بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرند).	۱۲
	شما یک شاخص تقارن یا شکل توزیع لازم دارید. (نکته: شما احتمالاً حداقل یک شاخص مکانی و یکی از شاخص‌های پراکنش در اغلب موارد می‌خواهید.)	۱۳

[1] Box and Whisker
[2] Box Plot
[3] Histogram
[4] Bar Chart

۱۲	متغیر قطعاً گسسته است، معمولاً محدود به مقادیر اعداد صحیح کوچک‌تر از ۳۰ است (به عنوان مثال، تعداد تخم مرغ‌ها در یک شانه): میانه را محاسبه کنید ، صفحه ۵۳.	۱۴
	متغیر باید پیوسته باشد اما با توجه به دقت و صحت اندازه گیری تنها چند مقدار مختلف دارد (به عنوان مثال، طول استخوان اندازه‌گیری شده با دقت یک سانتی‌متر): میانه را محاسبه کنید، صفحه ۵۳.	
	اگر شما به خصوص به پاسخی که اغلب اتفاق می افتد علاقه‌مندید: علاوه بر میانگین یا میانه، نما[1]را محاسبه کنید، صفحه ۵۳.	
۱۳	یک اندازه‌گیری بسیار تقریبی از پراکندگی لازم است: دامنه را محاسبه نمایید، صفحه ۵۵ (توجه داشته باشید که این اندازه‌گیری با اندازه نمونه بسیار تغییر می‌کند و به ندرت یک کار آماری مفید است). شما به ویژه به بالاترین و/یا پایین‌ترین مقادیر علاقه‌مندید: دامنه را محاسبه نمایید، صفحه ۵۵. متغیر پیوسته است اما با توجه به دقت اندازه گیری تنها چند مقدار دارد: انحراف معیار را محاسبه نمایید، صفحه ۵۵. متغیر گسسته است یا توزیع غیر معمول دارد: دامنه‌ی میان‌چارکی را محاسبه کنید، صفحه ۵۵.	
۱۴	متغیر پیوسته است اما با توجه به دقت اندازه‌گیری تنها چند مقدار دارد: اُریبی[2](g_1) را محاسبه نمایید، صفحه ۵۷. مشاهدات گسسته هستند یا شما از قبل دامنه‌ی میان چارکی و میانه را محاسبه کرده‌اید: اندازه نسبی دامنه‌ی میان چارکی در بالا و پایین میانه شاخصی از تقارن داده‌ها را فراهم می‌کند.	
۱۵	شما روش مناسبی برای یک نمونه واحد انجام نداده‌اید: به مرحله ۶ برگردید تا روش‌های مناسبی برای هر گروه پیدا کنید. شما باید پیدا کنید که همان روش برای هر نمونه و یا گروه درست است.	(۶)
	این نمونه‌ها می‌تواند به طور جداگانه نمایش داده شوند: به مرحله ۷ برگردید و روش یا سبک مناسب را انتخاب کنید. به طوری که مقایسه‌های مستقیم می‌تواند انجام شود، مطمئن باشید که یک مقیاس یکسان را (هر دو محور X و Y) برای هر نمودار به کار برده‌اید. آگاه باشید که اغلب بسته های نرم‌افزاری معمولاً مقیاس‌ها را برای شما تنظیم می‌کنند. اگر این اتفاق افتاد شما باید همسانی مقیاس‌ها را کنترل نمایید. نمونه‌ها باید با هم در همان نمودار نمایش داده شوند: یک نمودار با یک نمودار جعبه‌ای برای هر نمونه استفاده نمایید به طوری که محور X تعداد نمونه را نشان دهد، صفحه ۶۲. اطمینان حاصل کنید که یک فضای روشن بین هر یک از نمودارهای جعبه‌ای وجود داشته باشد.	(۷)
۱۶	تنها مجموعه‌ای از داده از یک گروه و یا نمونه وجود دارد.	۱۷
	داده‌ها از بیش از یک گروه و یا نمونه جمع‌آوری شده‌اند (به عنوان مثال، شما وزن هر فرد از یک گونه منفرد از موش صحرایی را اندازه گیری کرده‌اید واین نمونه را بر اساس جنسیت تقسیم نموده‌اید).	۲۳
۱۷	نمایش تصویری از داده‌ها مورد نیاز است.	۱۸
	خلاصه عددی یا آمار توصیفی مورد نیاز است.	۱۹

[1] Mod
[2] Skew

۱۸	نمایش تمام توزیع لازم اســت: *آنها را به حدود ۱۲-۲۰ دســته گروه‌بندی کنید و یک نمودار مســتطیلی رســم نمایید، صــفحه ۵۱ (احتمالاً بسته‌ی نرم‌افزاری به طور خودکار دسته‌بندی را انجام خواهد داد). دسته‌ها را در محور X قرار داده، فراوانی وقوع (تعداد بار رخداد مقدار در داخل دسته) را در محور Y بگذارید به طوری که هیچ شکافی بین میله‌ها نبا شد و هیچ جلوه‌های و سژه‌ی سه بعدی و یا سایه بکار نبرید. دسته‌های با اندازه‌ی زوج بسیار ساده‌تر برای خواننده قابل تفسیر هستند. داده‌های با توزیع غیر معمول (به عنوان مثال، برخی از مقادیر بسیار بالای موجود که به دور از بسیاری از مشاهدات هستند) ممکن است قبل از ترسیم هیستوگرام به تغییر و تبدیلاتی نیاز داشته باشند.*	
	نمایش خام موقعیت و پراکنش داده‌ها لازم اســت: *نمایش نوع "میله یا نوارهای خطا" برای یک نمونه‌ی منفرد غیر معمول اســت اما برای چندین نمونه مرسوم است. نمادی برای نشان دادن میانگین و یک خط عمودی برای نشاندادن دامنه‌ی از فاصله اطمینان ۹۵٪ و انحراف معیار وجود دارد، صفحه ۶۳.*	
۱۹	شما می‌خواهید موقعیت را اندازه‌گیری کنید (میانگین رایج‌ترین است).	۲۰
	شما می خواهید پراکنش[2] را اندازه گیری کنید.	۲۱
	شما می‌خواهید تقارن یا شکل توزیع را اندازه‌گیری نمایید.	۲۲
	شما مایل به تعیین این هستید که آیا داده‌ها توزیع نرمال[3] دارند: *آزمون کولموگوروف-اسمیرنوف[4] صفحه ۸۶، آزمون اندرسون-دارلینگ[5] صفحه ۸۹، آزمون شاپیرو-ویک[6] صفحه ۹۰، و یا آزمون نیکویی برازش خی‌دو[7] صفحه ۷۵ انجام دهید.* (توجه: شما احتمالاً به یکی از هر یک از موارد فوق برای یک خلاصه کامل از داده‌ها نیازمندید.)	
۲۰	در مواردی که متغیر قطعاً گسسته است و یا یک توزیع عجیب و غریب شناخته شده داشته باشد (به عنوان مثال متقارن نیست): *میانگین را محاسبه کنید، صفحه ۵۳.*	
	اگر داده‌ها به طور مشخص گسسته‌اند یا این مجموعه‌ی داده‌ها باید با دیگر داده‌های گسسته با مقادیر کمتر ممکن مقایسه شوند: *میانه را محاسبه نمایید، صفحه ۵۳.*	
	اگر شما بویژه به مقداری علاقه‌مندید که بیشترین رخداد را دارد: نما را علاوه بر میانگین یا میانه محاسبه کنید، صفحه ۵۳.	
۲۱	اگر داده های پیوسته و تقریبا دارای توزیع نرمال می‌باشند و شما نیاز به برآورد پراکنش داده‌ها دارید: *انحراف معیار (SD) را محاسبه کنید، صفحه ۵۵. (توجه: انحراف معیار ریشه دوم واریانس است و با همان واحدی بیان می‌شود که داده‌های اصلی اندازه گیری شده‌اند)*	
	اگر شما قبلاً میانگین را محاسبه کرده‌اید و نیاز به برآورد دامنه‌ای از مقادیر ممکن برای میانگین دارید: *حدهای اطمینان[8] ۹۵٪ را برای این میانگین محاسبه کنید، صفحه ۵۶ (با نام مستعار بازه‌ی اطمینان[9] ۹۵٪ یا ۹۵٪ CI).* اندازه‌ی برآوردی بسیار ناهموار از پراکنش مورد نیاز است: دامنه را محاسبه نمایید، صفحه ۵۵. (توجه داشته باشید که این اندازه با حجم نمونه بسیار اُریب می‌شود و به ندرت در نمونه‌های بزرگ آمار مفیدی به شمار می‌رود.)	
	اگر شما به بیشترین و یا کمترین مقادیر در نمونه علاقه‌ای ویژه دارید: دامنه را محاسبه نمایید، صفحه ۵۵. اگر داده ها گسسته به شمار می‌روند یا باید با دیگر داده‌های گسسته مقایسه شوند، یا اگر شما قبلا میانه را محاسبه کرده‌اید: دامنه‌ی میان چارکی را محاسبه کنید، صفحه ۵۵. (توجه داشته باشید: بسیاری از مردم از *خطای معیار*[1] (SE) به عنوان معیاری از پراکنش استفاده می‌کنند. من فکر می کنم که دلیل اصلی این امر آن اســت که به جای داشــتن هر دلیلی آماری دیگر، این عدد کوچکتر از SD یا ۹۵٪ CI اســت. خطای معیار را برای این منظور استفاده نکنید مگر این که شما می‌خواهید SE محاسبه شده‌ی قبلی را با نتایج حاضرتان مقایسه نمایید.)	

[1] Error Bar
[2] Dispertion (Spread)
[3] Normal Distribution
[4] Kolmogorov-Smirnov Test
[5] Anderson-Darling Test
[6] Shapiro-Wilk Test
[7] Chi-Square Test
[8] Confidence Limits
[9] Confidence Interval
[1] Standard Error

۲۲	اگر داده ها پیوســـته‌اند و توزیع نرمال دارند و شـــما نیاز به برآوردی ناأریب از تقارن داده‌ها دارید: *چولگی[1]/نامتقارنی[2] داده‌ها (g_2) را محاسبه کنید، صفحه ۵۷. چوله[3]تنها در نمونه‌های با بیش از ۳۰ مشاهده ارزش دارد.* اگر داده ها پیو سته‌اند و توزیع نرمال دارند و شما چولگی را محا سبه کرده‌اید و شما نیاز به برآوردی از شکل توزیع داده‌ها دارید: *ک شیدگی[4](g_2) را محا سبه نمایید، صفحه ۵۷. (این به ندرت به عنوان یک نمایش گرافیکی برای درک بهتر از شکل داده‌ها مورد نیاز است. کشیدگی فقط واقعاً زمانی ارزش محاسبه دارد که نمونه‌ها بیش از ۱۰۰ مشاهده داشته باشند.)*	
	اگر شما پیشتر دامنه‌ی میان چارکی و میانه را محاسبه کرده‌اید: *مجدد دامنه‌ی میان چارکی را بررسی کنید. اندازه‌ی نسبی دامنه‌ی میان چارکی بالا و پایین میانه، معیاری را برای تقارن داده‌ها فراهم می‌کند.*	
۲۳	شما روش مناسبی برای یک نمونه واحد انتخاب نکرده‌اید: *به ۱۶ برگردید تا روش‌های مناسب را برای هر یک از این گروه‌ها پیدا کنید. شما باید روش مناسب برای هر نمونه و یا گروه را پیدا نمایید.*	(۱۶)
	نمونه‌ها می‌توانند به طور جداگانه نمایش داده شوند: *به ۱۷ برگردید و سبک منا سب را انتخاب کنید. به طوری که مقای سه‌های م ستقیم می‌تواند صورت پذیرد، مطمئن شوید که از مقیاس‌های یک سانی (هم محور X و هم محور Y) برای هر نمودار اســتفاده می‌کنید. هشــدار داده می‌شــود که بســته های آماری اغلب مقیاس‌ها را برای شــما تنظیم می‌کنند.*	(۱۷)
	نمونه‌ها باید با هم در یک نمودار نمایش داده شـــوند: نموداری با نوار خطا (نشـــان دهنده‌ی میانگین و معیاری از پراکنش) برای هر نمونه و محور X نشان دهنده تعداد نمونه/مکان بکار برید. *میانگین‌ها را به هم وصل نکنید مگر اینکه نمونه‌های حدواسط امکان پذیر باشند (به عنوان مثال میانگین نمونه‌هایی که با جن سیت یا نوع گونه تق سیم شده‌اند را به هم پیوند ندهید اما در مورد درجه حرارت، اگر فوا صل بین دماهای مختلف نمونه مساوی هستند، پیوستن درجه حرارت به هم امکان‌پذیر است).*	
۲۴	اگر هر متغیر باید به طور جداگانه در نظر گرفته شود: *به شماره ۴ برگردید و هر متغیر را به نوبه خود در نظر بگیرید.*	(۴)
	تنها دو متغیر وجود دارد: نمودار پراکنش[5]دو بعدی می تواند کشـیده شـود، صـفحه ۶۴. انتخاب متغیرها برای محور X و Y آزاد ا ست، اما اگر شما شک دارید که امکان 'علت' و 'اثر' وجود دارد، "علت" باید همی شه بر روی محور X با شد. خط بهترین برازش را ر سم نکنید حتی اگر آن را بسته‌ی نرم‌افزاری پیشنهاد کند مگر این که شرایط منا سب باشد و شما تجزیه و تحلیل رگرسیون انجام داده‌اید.	
	سه متغیر وجود دارد: نمودار پراکنش سه بعدی می تواند کشیده شود، صفحه ۶۸. *نمایش نمودار سه بعدی بر روی یک ورقه دو بعدی کاغذ یا صـفحه نمایش کامپیوتر خیلی سـخت اسـت. You must drop spikes to the 'floor' or 'origin' of the graph, otherwise it is impossible to visualize the spread in the third dimension. شاید بهتر این باشد که به جای آن از یک سری نمودار پراکنش دو بعدی استفاده کنید.* بیش از سه متغیر دارید: *مجموعه‌ای از نمودارهای پراکنش دو یا سه بعدی استفاده نمایید، صفحه ۶۴.*	

[1] Skewness
[2] Asymmetry
[3] Skew
[4] Kurtosis
[5] Scatter Plot

۲۵	(توجه: در برخی از موارد، تمایز در اینجا کمی فازی یا مشکّک خواهد بود، اما اساساً دو نوع آزمون وجود دارد.) فر ضیه در حال برر سی تفاوت‌ها ست و فر ضیه صفر این ا ست که تفاوتی بین دو گروه یا بین داده ها و یک توزیع خاص وجود ندارد [به عنوان مثال H_1 (فرضیه جایگزین) = مگس‌های با چشم سفید و چشم قرمز دارای میانگین زمان‌های مختلف نموّی هستند، H_0 (فر ضیه صفر) = مگس با سفید چشم و چشم قرمز دارای میانگین زمان نموی یکسان هستند.	۲۶
	فرضیه در حال بررسی یک رابطه متقابل است و فرضیه صفر این است که هیچ ارتباطی وجود ندارد [به عنوان مثال H_1 (فر ضیه جایگزین) = اندازه گیاه به فسفر قابل د سترس در خاک بستگی دارد، H_0 (فر ضیه صفر) = اندازه گیاه به مقدار فسفر در دسترس بستگی ندارد].	۴۶
۲۶	داده‌ها به عنوان مشاهدات فردی جمع آوری شده اند (برای مثال، قد به بر حسبسانتی‌متر).	۲۹
	داده ها به شکل فراوانی هستند (به عنوان مثال، هنگام انجام یک دورگ‌گیری گیاهی و نمره‌دادن تعداد زاده‌های هر نوع).	۲۷
۲۷	تنها دو پیشامد ممکن (به عنوان مثال رنگ سفید یا رنگ صورتی) وجود دارد.	۲۸
	بیش از دو پیشامد ممکن وجود دارد: *آزمون G انجام دهید به شرطی که نرم‌افزاری که دارید این آزمون را پشتیبانی کند، صفحه ۷۲؛ در غیر این صورت از آزمون نیکویی برازش خی‌دو استفاده کنید، صفحه ۷۵.*	
	بیش از حدود هشت پیشامد ممکن وجود دارد: *آزمون کولموگروف–اسمیرنوف، صفحه ۸۶، ممکن است راحت‌تر از آزمون نیکویی برازش خی‌دو باشد، صفحه ۷۵.*	
۲۸	بیش از ۲۰۰ مشاهده در نمونه وجود دارد: *آزمون G انجام دهید، صفحه ۷۲، به شرطی که نرم‌افزاری که دارید این آزمون را پشتیبانی کند در غیر این صورت از آزمون نیکویی برازش خی‌دو استفاده کنید، صفحه ۷۵.*	
	۲۵ تا ۲۰۰ مشاهده وجود دارد: *: آزمون G انجام دهید، صفحه ۷۲، به شرطی که نرم‌افزاری که دارید این آزمون را پشتیبانی کند در غیر این صورت از آزمون نیکویی برازش خی‌دو استفاده کنید، صفحه ۷۵، اما یک تصحیح پیوستگی[1] به آن بیافزیید و این را با اضافه کردن ۰/۵ به فراوانی‌های پایین‌تر و کم کردن ۰/۵ از فراوانی‌های بالاتر انجام دهید. این بسیار محافظه‌کارانه است و ممکن است زمانی که یک حاشیه معنی‌داری وجود دارد (خطای نوع I) منجر به یک نتیجه غیر معنی‌داری شود. اگر بسته‌ی نرم‌افزاری شما از تصحیح ویلیامز[2] پشتیبانی می‌کند از آن به جای تصحیح پیوستگی استفاده نمایید.*	
	کمتر از ۲۵ مشاهده وجود دارد: *چهار راه حل ممکن است وجود داشته باشد (به ترتیب اولویت ذکر شده‌اند): اگر بسته‌ی نرم‌افزاری شما پشتیبانی می‌کند از آزمون دو جمله‌ای استفاده کنید؛ اگر می‌توانید یکی را دستی انجام دهید؛ یک نمونه بزرگ‌تر تهیه کنید؛ وانمود کنید ۲۵ مشاهده دارید و آن گاه دستورات بالا را به کار بندید.*	
۲۹	تنها یک راه برای دسته‌بندی داده ها وجود دارد (به عنوان مثال بر اساس گونه گروه‌بندی شده‌اند).	۳۰
	بیش از یک راه برای دسته‌بندی داده‌ها وجود دارد (به عنوان مثال بر اساس گونه و مکان‌های جمع‌آوری گروه‌بندی شده‌اند).	۳۸

[1] Continuity Correction

[2] Williams Correction

۳۰	تنها دو گروه وجود دارد (به عنوان مثال زن و مرد و یا قبل و بعد).	۳۱
	بیش از دو گروه وجود دارد (به عنوان مثال نمونه‌های از چهار مزرعه‌ی مختلف). (توجه: فرضیه صفر این است که تمام گروه‌ها میانگین یکسانی دارند به طوری که اگر هر دو گروه، میانگین مختلفی داشته باشند شما مجبور به ردّ فرضیه صفر هستید)	۳۵
	بیش از دو گروه و چند متغیر اندازه‌گیری شده وجود دارد [به عنوان مثال افراد بر اساس گونه تقسیم شده‌اند (یک متغیر گروه‌بندی) و متغیرهای اندازه گیری شده، صفات تشریحی مختلف و یا ابعاد مختلف مانند طول برگ، ضخامت ساقه و طول گلبرگ هستند]: تجزیه و تحلیل متغیر کانونی[1] انجام دهید، صفحه ۲۵۱.	
۳۱	دو نمونه با هم جفت[2] هستند. این به این معنی است که همان فرد، محل و یا کوادرات به دو بار اندازه‌گیری شده است. این را طرح قبل و بعد[3] می‌نامند (به عنوان مثال سطح نیترات رودخانه در همان نقطه قبل و بعد از سیل اندازه‌گیری شده است).	۳۲
	دو نمونه مستقل هستند. گروه های مختلف افراد در این دو نمونه وجود دارند.	۳۴
۳۲	داده ها توزیع نرمال دارند، حداقل ۳۰ مقدار ممکن وجود دارد و فراوانی‌ها حداقل تقریباً همگن هستند: *آزمون t جفت‌شده[4] استفاده شود، صفحه ۹۲. برای آزمون توزیع نرمال از آزمون کولموگوروف-اسمیرنوف، صفحه ۸۶، آزمون اندرسون-دارلینگ، صفحه ۸۹، آزمون شاپیرو-ویک، صفحه ۹۰، و یا آزمون نیکویی برازش خی‌دو استفاده کنید، صفحه ۷۵. آزمون همگنی فراوانی اغلب گزینه‌ای در درون آزمون t و در بسته‌های نرم‌افزاری وجود دارد (به عنوان مثال آزمون لِوِن[5] یا آزمون بارتلت[6]). آزمون دو طرفه ANOVA یک جایگزین بالقوه است اما انجام آن در بسته‌های نرم‌افزاری آمار سخت‌تر از آزمون t جفت شده است، صفحه ۱۶۳ (یک عامل ANOVA را برای بیان قبل/بعد استفاده کنید و عامل دیگر را برای بیان افراد مختلف بکار برید).*	
	دستورالعمل بالا وجود ندارد و یا امکان اجرا شدن ندارد.	۳۳
۳۳	داده‌ها بیش از ۲۰ مقدار ممکن دارند: آزمون رتبه‌ای علامت‌دار ویلکاکسون[7] انجام دهید، صفحه ۹۶.	
	داده ها ۲۰ یا کمتر از ۲۰ مقدار ممکن دارند (به عنوان مثال نتایج پرسشنامه با سوالی همانند این که "چه احساسی دارید" را قبل و بعد از تمرین ورزشی از افراد به دست آوریم.): *اگر نرم‌افزارتان آزمون علامت را پشتیبانی می‌کند آن را انجام دهید (این یک آزمون بسیار محافظه‌کارانه است، اما نسبتاً توانمندی کمی دارد)، صفحه ۹۹. اگر این آزمون در دسترس نیست، از آزمون رتبه‌ای علامت‌دار ویلکاکسون استفاده نمایید، صفحه ۹۶.*	
۳۴	مجموعه داده‌ها توزیع نرمال دارند، حداقل ۳۰ مقدار ممکن وجود دارد و فراوانی حداقل تقریباً همگن هستند: *تجزیه تحلیل واریانس (ANOVA) یک طرفه با یک عامل دارای دو سطح انجام دهید (یکی برای هر گروه)، صفحه ۱۱۱، و یا آزمون t بکار برید، صفحه ۱۰۳.*	
	برای آزمون کردن توزیع نرمال از آزمون کولموگوروف-اسمیرنوف، صفحه ۸۶، آزمون اندرسون-دارلینگ، صفحه ۸۹، آزمون شاپیرو-ویک، صفحه ۹۰، و یا آزمون نیکویی برازش خی‌دو، صفحه ۷۵ استفاده نمایید. صفحه ۷۵. آزمون همگنی فراوانی اغلب گزینه‌ای در درون آزمون t و یا ANOVA در بسته‌های نرم‌افزاری وجود دارد (به عنوان مثال آزمون لِوِن). روش سنتی این است که از آزمون t برای این نوع آزمایش استفاده شود اما این در شرایطی که هر دو آزمون به نتیجه یکسان می‌رسند از ANOVA بهتر نیست، اگر چه بسیاری از بسته‌های نرم‌افزاری آمار نسخه‌هایی از آزمون t دارند که تنظیمی از درجه آزادی را به حساب نقض مفروضات آزمون می‌سازند.	
	مجموعه داده‌ها ممکن است / ممکن نیست شرایط بالا را داشته باشند: انجام آزمون من-ویتنی[8] صفحه ۱۱۹ (گاهی اوقات به نام آزمون ویلکاکسون-من-ویتنی و یا آزمون دو نمونه‌ای ویلکاکسون نامیده می شود؛ نه آزمون رتبه‌ای علامت‌دار ویلکاکسون). (آزمون کروسکال والیس[9] جایگزینی برای آن است ولی توانمندی کمتری دارد.)	

[1] Canonical Variate Analysis
[2] Paired
[3] Before and After Design
[4] Paired t-test
[5] Levene Test
[6] Bartlett's Test
[7] Wilcoxon Signed Ranks Test
[8] Mann-Whitney U Test
[9] Kruskal Wallis Test

۳۵	نمونه مقادیر تکرار شده هستند. این بدان معنی است که فرد یا مکان یکسانی در طول زمان اندازه‌گیری می‌شود. این یک طرح قبل و بعد است (به عنوان مثال کدورت دریاچه در همان نقطه در هر سال برای چند سال اندازه‌گیری می‌شود).	۳۶
	هر نمونه مستقل است. گروه های مختلف افراد در هر یک از نمونه‌ها وجود دارد. [مهم این است که هیچ فردی در حال حاضر بیش از یک بار در مجموعه داده‌ها حضور ندارد، در غیر این صورت، وجود این مشکلات (تکرار نامناسب) باعث کاهش توانمندی آزمون آماری می‌شود].	۳۷
۳۶	داده برای هر یک از ترکیب عامل توزیع نرمال دارد، به طور معمول حداقل ۳۰ مقدار ممکن وجود دارد و فراوانی‌ها حداقل تقریباً همگن هستند: *آزمون ANOVA دو طرفه با یک عامل با سطح مختلفی برای هر تکرار نمونه‌برداری و عامل دوم دارای سطحی برای هر فردی که شما نمونه‌برداری می‌کنید، صفحه ۱۲۷ (این کاری آسان است اگر شما فقط پنج رودخانه را هر سال اندازه‌گیری کنید اما ورود داده‌ها بسیار خسته کننده است و اگر ۵۰ تا باشد، تفسیر آن دشوار است). به یاد داشته باشید که اگر بسته نرم‌افزاری‌تان طرح‌های با اندازه‌گیری مکرّر را پشتیبانی می‌کند، درجه‌های آزادی در ANOVA دو طرفه باید کاهش یابد تا این طرح را جبران کند. برای آزمون کردن توزیع نرمال از آزمون کولموگوروف-اسمیرنوف ، صفحه ۸۶، آزمون اندرسون-دارلینگ، صفحه ۸۹، آزمون شاپیرو-ویک، صفحه ۹۰، و یا آزمون نیکویی برازش خی‌دو، صفحه ۷۵ استفاده نمایید. صفحه ۷۵، هر چند در عمل معمول آن است که برای تعیین اینکه آیا داده‌ها احتمالاً توزیع نرمال دارند یا نه، از تجربه استفاده می‌شود. علاوه بر این، ANOVA برای انحراف‌های کوچک از توزیع نرمال بسیار قوی است.*	
	مجموعه داده‌ها با محدودیت های فوق مطابقت ندارند و شما تنها یک مشاهده در هر تکرار از هر یک از نمونه‌ها دارید: *آزمون فریدمن[1] با یک عامل با یک سطح متفاوت برای هر رویداد تکرار نمونه‌برداری انجام دهید، صفحه ۱۲۳، (به عنوان مثال قبل، حین، و بعد) و یک عامل در سطوح مختلف برای هر فردی (به عنوان مثال شخص) که شما نمونه‌برداری می‌کنید.*	
	هیچ کدام از موارد فوق اعمال نمی‌شود. این مشکل است! این حالت اغلب حاصل طرح و برنامه‌ریزی ضعیف آزمایش است: *اگر داده‌ها با مفروضات توزیع و فراوانی‌ها مطابقت دارد معمولاً بهتر است ANOVA انجام دهید، صفحه ۱۶۳، اما باید با مقادیر P با احتیاط برخورد کنید، بویژه اگر مقدار P بین ۰/۱ و ۰/۰۱ باشد.*	
۳۷	داده‌ها برای هر سطح عامل توزیع نرمال دارند، به طور معمول حداقل ۳۰ مقدار ممکن وجود دارد و فراوانی‌ها حداقل تقریباً همگن هستند: *ANOVA یک طرفه با یک عامل دارای یک سطح برای هر گروه انجلم دهید، صفحه ۱۲۹. (توجه داشته باشید: آزمون t تنها برای دو گروه به کار می‌رود.) در صورتی که نتیجه معنی‌دار است، سپس شما نیاز به انجام آزمون تعقیبی[2] دارید تا بتوانید تعیین کنید که سطوح عامل به طور معنی‌داری با کدام متفاوت است. اگر شما با احتیاط هستید، یا مطمئن نیستید، به جای آن از آزمون کروسکال والیس استفاده کنید، صفحه ۱۴۲.*	
	مجموعه داده‌ها ممکن است / ممکن نیست شرایط بالا را داشته باشند: انجام آزمون کرو سکال والیس با یک عامل دارای یک سطح برای هر گروه، صفحه ۱۴۲. (توجه: آزمون من-ویتنی برای دو گروه بکار می‌رود و در اینجا مناسب نیست.)	
۳۸	تنها دو عامل/روش برای طبقه‌بندی داده‌ها وجود دارد (به عنوان مثال نژاد و مکان).	۳۹
	سه عامل/روش برای طبقه‌بندی داده‌ها وجود دارد (به عنوان مثال جنسیت، منطقه و سال).	۴۳
	بیش از سه عامل وجود دارد: *اگر سه عامل وجود دارد از این کلید استفاده کنید. تفسیر طرح‌های آزمایشی چند عاملی به طور فزاینده‌ای دشوار است زیرا اثرات متقابل فراوان ممکنی بین عامل‌ها وجود دارد و اغلب ساده‌ترین راه دست برداشتن از عواملی است که نشان می‌دهند هیچ اثر معنی‌داری ندارند، صفحه ۱۸۲.*	(۴۳)
۳۹	تکرار وجود ندارد (یعنی فقط یک مقدار اختصاص یافته به هر ترکیبی از دو سطح عامل) (به عنوان مثال قطر پایه تنه درخت پس از ۲ سال از چهار نژاد درخت سیب رشد یافته در چهار رژیم آبیاری اما فقط با یک درخت در هر وضعیت آبیاری).	۴۰
	تکرار وجود دارد (یعنی دو یا بیشتر از دو مقدار برای هر ترکیبی از دو عامل وجود دارد).	۴۱

[1] Friedman Test
[2] Post Hoc Test

۴۰	داده احتمالا در داخل هر ترکیب عاملی توزیع نرمال دارند (وقتی که تنها یک مشـــاهده در هر ترکیب عامل وجود دارد، آزمون کردن غیر ممکن است). داده‌هایی از قبیل طول و غلظت احتمالاً مناسب هستند، اما قضاوت و بررسی لازم است: *ANOVA دو طرفه انجام دهید، صفحه ۱۵۲، اما توجه داشته باشید که شما قادر نخواهید بود به هر اثر متقابلی بین دو عامل نگاه بیندازید.*	
	شما محتاط هستید، و یا یک مجموعه از داده‌ها دارید که بعید است توزیع نرمال داشته باشند: *آزمون فریدمن انجام دهید، صفحه ۱۴۶، و آگاه باشید که این یک آزمون کاملاً ضعیف است.*	
۴۱	عوامل به طور کامل مستقل از یکدیگر هستند.	۴۲
	یکی از عوامل در درون دیگری آشیان کرده است (به عنوان مثال اگر سه شاخه هر یک از سه درخت نمونه‌برداری شود و سپس گفته می شود که شاخه در درون درختان آشیان است): ANOVA آشیانه‌ای[1] انجام دهید، صفحه ۱۹۳ (با نام مستعار ANOVA سلسله مراتبی[2]). (توجه: آزمون غیر پارامتری معادل برای آن وجود ندارد (یعنی آزمونی که فرضیات کمتری در باره این توزیع داده‌ها می‌سازد.)	
۴۲	مجموعه داده‌ها در داخل هر ترکیب عامل توزیع نرمال دارند، حداقل ۳۰ مقدار ممکن وجود دارد و فراوانی‌ها تقریباً برابر می‌باشند: ANOVA دو طرفه، صفحه *۱۶۳*، اندازه‌گیری اثر متقابل بین دو عامل امکان پذیر است.	
	مجموعه داده‌ها همانند بالا نیست. ویرایش‌های غیر پارامتری، اما با توانمندی کمتر، معادل ANOVA دو طرفه که فرضیات کمتری در مورد داده‌ها می‌سازد (یعنی غیر پارامتری) نوآوری نسبتا جدید هستند و هنوز در بسته‌های نرم‌افزاری آماری کاملاً ظاهر نشده‌اند. اگر این آزمایش متعادل، یا تقریباً متعادل است (یعنی تعداد مشاهدات برای هر ترکیب از سطوح عامل یکسان است): *آزمون شیرر-ری-هار[3] انجام دهید، صفحه ۱۷۵. این تقریبا به طور قطع در بسته‌های نرم‌افزار آماری نخواهد بود، اما هنوز هم می توانید با تغییر کمی در آزمون‌های دیگر آن را انجام دهید. به بخش مربوط به این آزمون برای جزئیات بیشتر مراجعه کنید.*	
۴۳	(توجه: از اینجا به بعد آزمون‌های غیر پارامتری در دسترس نیستند بنابراین اگر مجموعه داده ها مناسب مفروضات آزمون نباشند شما هیچ جایگزینی ندارید. ANOVA بسیار قوی است و مفروضاتش به راحتی شکست نمی‌خورد ولی به ویژه اگر نتایج نزدیک به آستانه معنی‌داری هستند محتاط عمل نمایید.)	
۴۴	همه عوامل (روش‌های گروه‌بندی داده‌ها) از یکدیگر مستقل هستند.	
۴۵	حداقل یکی از عوامل در دیگری آشیان کرده است (به عنوان مثال، متغیر در یک آزمایش سطح قند خون در موش‌ها است. عوامل عبارتند از: زایمان، جانور ماده و مواد غذایی ارائه شده. اگر دو زایمان از هر یک از دو جانور ماده وجود داشته باشد، آن گاه زایمان در درون جانور ماده آشیان دارد. نه جانور ماده و نه زایمان در درون غذا آشیان نخواهند داشت).	
۴۴	تنها یک مشاهده در هر ترکیب از سطوح عوامل وجود دارد: *ANOVA سه طرفه انجام دهید، صفحه ۱۸۳. شما قادر به محاسبه معنی‌دار بودن اثر متقابل سه طرفه نخواهید بود، اما شما قادر خواهید بود این کار را برای اثر متقابل بین هر ترکیبی از دو عامل انجام دهید. (توجه داشته باشید که هر عامل اصلی که ثابت شود معنی‌دار نیست را می توان از تجزیه و تحلیل خارج نمود تا پیچیدگی طرح کاهش یابد.)*	
	بیش از یک مشاهده برای هر ترکیب از سطوح عامل وجود دارد: *ANOVA سه طرفه انجام دهید، شرایط اثرات متقابل امکان پذیر است، صفحه ۱۸۴.*	

[1] Nested ANOVA
[2] Hierarchical ANOVA
[3] Scheirer-Ray-Hare Test

۴۵	یکی از عوامل در درون دیگری آشیان دارد و سومی مستقل است (همان طور که در مثال موش در ۴۳ دیده شد): *یک ANOVA با هم عوامل سلسله مراتبی و هم عوامل متقاطع انجام دهید، صفحه ۱۹۲. انجام این کار توسط بسته‌های نرم‌افزاری آمار دشوار است اگرچه این طرح یکی از طرح‌های رایج است. اگر شما فقط یک مشاهده برای هر ترکیب از سطوح عامل دارید پس از آن یک شرط اثر متقابل نمی‌تواند آزمون شود (این به دلیل آن است که آن باید به عنوان مانده یا شرط خطا مورد استفاده قرار گیرد).*	
	یکی از عوامل در درون دیگری آشیان دارد که خودش در درون یک عامل سوم آشیان دارد (به عنوان مثال در یک بررسی بر روی آلودگی آب، متغیر غلظت نیترات است. چند نمونه از پنج رودخانه‌ی کوچک از هر یک از سه سیستم رودخانه‌ای گرفته شده‌اند و این در دو کشور انجام شده است. عوامل عبارتند از: رودخانه‌ی کوچک ، رودخانه و کشور. رودخانه‌ی کوچک در داخل رودخانه و رودخانه در داخل کشور آشیان دارد). یک *ANOVA سلسله مراتبی یا آشیانه‌ای انجام دهید، صفحه ۱۹۳.*	
۴۶	(انتخابی که شما در اینجا دارید یکی است که اغلب اشتباه گرفته می‌شود: مراقب باشید.)	
	هدف از این آزمون این است که به دنبال ارتباطی بین متغیرها باشید (به عنوان مثال، آیا ارتباطی بین طول بال و طول قفسه سینه وجود دارد؟). شما یک مجموعه (کنترل شده) از متغیرها در این آزمایش ندارید. هیچ دلیلی برای این فرض نیست که یک رابطه علت و معلولی وجود دارد. این یک آزمون همبستگی[1] است.	۴۷
	یک یا چند متغیر (کنترل شده و یا انتخاب شده) در آزمایش مورد نظر تعیین شده‌اند یا احتمال علت و اثر یا رابطه تابعی بین متغیرها وجود دارد. یکی از استفاده‌های آمار رگرسیون، پیش بینی است (به عنوان مثال، این آزمایش به دنبال اثر دما بر تعداد ضربان قلب در دافنی[2] است. شما انتظار دارید که تعداد ضربان قلب تحت تاثیر دما قرار دارد، اما مایل به کشف شکلی از رابطه هستید که بتوان از آن پیش‌بینی‌هایی را انجام داد). این نوعی رگرسیون آزمون است.	۵۳
۴۷	داده ها شکل فراوانی هستند (به عنوان مثال، تعداد گل‌های سفید و گل‌های نارنجی).	۴۸
	یک مقدار برای هر مشاهده وجود دارد. متغیرها باید جفت‌شده و غیره باشند (به عنوان مثال، مشاهده‌ای از دو متغیر، تعداد سلول ها و ظرفیت ریوی، از یک فرد).	۵۰
۴۸	دو متغیر وجود دارد: *اگر شما این مسیر را بیشتر دنبال کنید شما به آزمون‌هایی خواهید رسید که اغلب برای انجام در بسته‌های نرم‌افزاری غیرحرفه‌ای هستند و اغلب برای محاسبه با دست ساده‌تر می‌باشند. اگر شما آنها را با دست محاسبه می‌کنید، شما ممکن است برای سطح معنی‌داری مجبور شوید که از جدول C_2 استفاده نمایید.*	۴۹
	بیش از دو متغیر وجود دارد: *مقایسات همزمان فراوانی‌ها برای بیش از دو طبقه‌بندی برای تفسیر کردن بسیار دشوار می‌باشند. بهتر آن است که آنها را دو بدو مقایسه کنید.*	
۴۹	هر یک از دو متغیر، دو مقدار ممکن دارند (به عنوان مثال، بله/خیر و یا مرد/زن): *ضریب فی[3] را برای یک جدول ۲ × ۲ محاسبه کنید، صفحه ۲۰۹، اگر بسته‌ی نرم‌افزاری که دارید آن را پشتیبانی می‌کند یا شما می‌توانید آن را با دست انجام دهید. این آزمون یک مورد خاص از محاسبه‌ی آزمون خی‌دو پیشایندی[4] است، صفحه ۱۹۹.*	
	حداقل یکی از متغیرهای دارای بیش از دو مقدار ممکن است (به عنوان مثال: یک طبقه‌بندی خام زمین، جنگل/ مرتع/ زراعی/ بوته‌زار، در مقایسه با برآورد تراکم یک پستاندار کوچک: رایج/ نادر/ فقدان): *آزمون خی‌دو پیشایندی را محاسبه کنید، صفحه ۱۹۹، و، اگر بسته‌ی نرم‌افزار آماری شما پشتیبانی می‌کند، ضریب کرامر[5] را محاسبه نمایید، صفحه ۲۰۸.*	

[1] Correlation
[2] *Daphnia*
[3] Phi Coefficient
[4] Contingency Chi-Square
[5] Cramer Coefficient

۵۰	دو متغیر وجود دارد.	۵۱
	بیش از دو متغیر وجود دارد.	۵۲
۵۱	هر دو مجموعه از داده‌ها پیوسته هستند (بیش از ۳۰ مقدار دارند) و تقریبا توزیع نرمال دارند (یک راه خوب برای رضایت از کار این است که نمودار پراکنشی تهیه کنید که نقاط دایروی یا بیضوی داشته باشد): *همبستگی گشتاور ضربی پیرسون[1] را انجام دهید، صفحه ۲۱۰ (ضریب را r می‌نامند). این روش همبستگی استاندارد[2] است.*	
	داده‌ها گسسته هستند، یا توزیع نرمال ندارند، و یا شما مطمئن نیستید: *از ضریب همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن[3]، صفحه ۲۱۴، و یا ضریب همبستگی رتبه‌ای کندال[4] استفاده نمایید، صفحه ۲۱۸. مزیت حاشیه‌ای اولین مورد آن است که کمی در مقایسه با همبستگی گشتاور ضربی پیرسون آسان‌تر است در حالی که دومی را می‌توان در همبستگی‌های جزئی استفاده نمود.*	
	داده‌ها رتبه‌دار می‌باشند: *ضریب همبستگی رتبه‌ای کندال را استفاده کنید، صفحه ۲۱۸. (همبستگی اسپیرمن در این مورد در حاشیه تحتانی قرار دارد.)*	
۵۲	(توجه: همبستگی‌های چندگانه و جزئی به سختی تفسیر می‌شوند.) تمام مجموعه داده‌ها پیوسته‌اند و تقریباً توزیع نرمال دارند، و شما به سطح مستقیم پیوند[5] بین جفت متغیرها علاقه‌مند می‌باشید: *اندازه‌گیری دو بدوی پیوند را با به کارگیری همبستگی پیرسون استفاده نمایید، صفحه ۲۱۰.*	
	همه‌ی مجموعه داده‌ها پیوسته‌اند و تقریبا توزیع نرمال دارند، و شما به الگوی کلی پیوند علاقه‌مند هستید: *از پیوستگی جزئی[6] استفاده نمایید، صفحه ۲۳۷، که به پیوستگی بین دو متغیر نگاه می‌اندازد در حالی که دیگران ثابت نگه‌داشته می‌شود. (پیوستگی چندگانه یک امکان است، اما به ندرت بسته‌های نرم‌افزاری آن را پشتیبانی می‌کنند. نقطه ضعف آن تفسیر و نیز ناتوانی آن در تشخیص روابط مثبت و منفی است.)*	
	مورد بالا صدق نمی‌کند، و یا شما محتاط هستید: *ضریب همبستگی رتبه‌ای کندال را استفاده کنید*، صفحه ۲۳۷، آزمونی که پیوستگی بین دو متغیر را پیدا می‌کند در حالی که سومی را ثابت نگه می‌دارد. بسته‌های نرم‌افزاری ممکن است این را پشتیبانی نکنند. اگر چنین است، تنها گزینه‌ی ممکن، آزمون کردن دو بدو است.	
۵۳	متغیر وابسته گسسته است، و یا به توزیع نرمال ندارد و یا رتبه‌دار نیست. حواستان باشد که رگرسیون ناپارامتری لازم است و بسته‌های نرم‌افزاری بندرت این را پشتیبانی می‌کنند.	۵۴
	متغیر وابسته، و یا "اثر"، پیوسته است و تقریبا حداقل با همان تنوع در "اثر یا معلول" برای هر مقدار داده شده از متغیر "علت" دارای توزیع نرمال است. [اغلب به تبدیل داده ها نیاز خواهیم داشت. سهم و درصد تبدیل را می‌توان با استفاده از تبدیل آرک‌سینوسی[7] (صفحه ۴۴) و یا پروبیت[8] انجام داد. توزیع‌های دیگر ممکن است با استفاده از تبدیل‌های معکوس[9] و یا بسیاری از امکانات دیگر نرمال شوند. این مهم است که تلاش شود الزامات مورد نیاز برای داده‌های تقریبا نرمال با واریانس برابر با استفاده از تبدیل‌ها انجام شود.]	۵۵
	متغیر وابسته‌ی "اثر" یک تناسب یا یک فراوانی است (به عنوان مثال، تناسب جمعیت با یک بیماری). متغیر "علت" بدون خطا اندازه گیری می‌شود و یا توسط آزمایشگر انتخاب و تنظیم می‌شود: *از رگرسیون لجستیک[10] استفاده کنید، صفحه ۲۳۰.*	

[1] Pearson's Product-Moment Correlation
[2] Standard Correlation
[3] Spearman's rank-order correlation coefficient
[4] Kendall rank-order correlation coefficient
[5] Association
[6] Partial Correlation
[7] Arc-sine Transformation
[8] Probits
[9] Reciprocal Transformations
[10] Logistic Regression

۵۴	یک متغیر مستقل "علت" و یک متغیر وابسته "اثر" وجود دارد: *روش خط برازش استوار کندال[1] استفاده نمایید. اگر این در دسترس نیست فرضیه خود را مجدد طراحی کنید (معمولا با ساده کردن) که در حد همبستگی غیر پارامتری برازش شود. تنها راه دیگر این است که برای آزمون پارامتری ادامه دهید (۵۵)، و در تفسیر این نتایج بسیار محتاط باشید.*	(۵۵)
	همه‌ی طرح‌های دیگر: آزمون غیر پارامتری رضایت بخشی وجود ندارد و قطعا چیزی در بسته‌های آماری وجود ندارد. در هر صورت این فرضیه را مجدد طراحی کنید و یا به ۵۵ بروید و با یک آزمون پارامتری کار را ادامه دهید. اگر دو متغیر "علت" و یک متغیر "اثر" وجود دارد، آن گاه متغیرهای "علت" ممکن است به تعداد کمی دسته تقسیم شوند (به عنوان مثال کم، متوسط و زیاد) و سپس یک آزمون شیرر-رِی-هار می‌تواند انجام شود، صفحه ۱۷۵.	(۵۵)
۵۵	یک متغیر وابسته (اثر) و یک متغیر مستقل (علت) وجود دارد.	۵۶
	یک یا چند متغیر وابسته (اثر) و دو یا چند متغیر مستقل وجود دارد.	۵۸
	داده‌های متغیر وابسته می‌تواند به بیش از یک گروه (به عنوان مثال گونه و یا جنس) طبقه بندی شوند. یک متغیر داریم که ممکن است بر متغیر وابسته تاثیر بگذارد: *تجزیه و تحلیل کوواریانس[2] مورد نیاز است، صفحه ۲۳۸. این روشی است که در آن از متغیر اختلاط[3] (گیج‌کننده)، با عنوان متغیر کمکی[4] توسط تجزیه و تحلیل فاکتور گرفته می شود و امکان مقایسه گروه‌ها فراهم می‌گردد. طرح‌های پیچیده امکان پذیر است اما شایع‌ترین آنها به ANOVA یک طرفه شبیه است به طوری که این داده‌ها (به عنوان مثال وزن خشک) در طبقه‌هایی (به عنوان مثال رقم‌ها) قرار گرفته و از یک متغیر مختلط به عنوان متغیر کمکی فاکتور گرفته می‌شود (به عنوان مثال رتبه‌ی روزها).*	
۵۶	متغیر مستقل "علت" بدون خطا اندازه‌گیری می‌شود.	۵۷
	مقداری خطای اندازه‌گیری شناخته شده در ارتباط با متغیر مستقل وجود دارد: *یک رگرسیون مدل دوم (Model II)[5]، صفحه ۲۳۵، و یا روش خط برازش استوار کندال مورد نیاز است، صفحه ۲۳۰. این روش به ندرت استفاده می‌شود و فقط گاه به گاه در بسته‌های آماری دیده می‌شود. این روش دارای خاصیت عجیب و غریبی از بیش برآورد کردن شیب رابطه در مقایسه با نتایج حاصل از رگرسیون نرمال (مدل اول یا I) است، صفحه ۲۲۱.*	
۵۷	(وقتی که شکل نظری رابطه اغلب ناشناخته است، استراتژی معمول این است که هر دو روش را امتحان کنید و ببینید که کدام یک برازش بهتری می‌دهد.)	
	رابطه به احتمال زیاد به صورت یک خط راست و یا شما از شکل ارتباط مطمئن نیستید: *رگرسیون خطی[6]، صفحه ۲۲۱ (با نام مستعار رگرسیون مدل I) به کار برید. [توجه: در بسیاری از موارد، متغیر مستقل را می‌توان طوری تغییر داد که رابطه بین علت و اثر (به عنوان مثال، اگر متغیر مستقل اندازه است و راست-چوله است، آن گاه تغییر لوگاریتمی، اغلب اوقات باعث برازش خطی خواهد شد).]*	
	ارتباط به صورت خطوط منحنی و یا پیچیده است: *رگرسیون چند جمله‌ای[7] و یا رگرسیون درجه دوم[8] (حالت ویژه‌ای از رگرسیون چند جمله‌ای) انجام دهید، صفحه ۲۳۵.*	

[1] Kendall robust line-fit method
[2] Analysis of Covariance (ANCOVA)
[3] Confounding
[4] Covariate
[5] Model II Regression
[6] Linear Regression
[7] Polynomial Regression
[8] Quadratic Regression

۵۸	یک متغیر وابسته "اثر" و دو یا چند متغیر مستقل "علت" وجود دارد.	۵۹
	چندین متغیر "علت" و "اثر" وجود دارد: *از تجزیه و تحلیل مسیر[1] استفاده کنید، صفحه ۲۴۳.*	
۵۹	هدف اصلی شما این است که متغیر(های) "علتی" را پیدا کنید که بهترین پیش‌بینی از متغیر "اثر" هستند: *از رگرسیون گام به گام[2] استفاده نمایید، صفحه ۲۴۲.*	
	شما می خواهید مدلی برای بکارگیری همه‌ی متغیرهای "علت" در دسترس پیاده کنید: از رگرسیون چندگانه[3] استفاده کنید، صفحه ۲۴۲. (تمایز بین این دو نسبتاً دلخواهی است.)	
۶۰	شما به تجزیه و تحلیل مولفه‌های اصلی[4]، تجزیه و تحلیل تابع تشخیص[5] و سایر روش‌های چند متغیره[6] برای بررسی و توضیح داده‌های خود رسیده‌اید. نتیجه معمول این نوع از بررسی، شناسایی روابط ساده و پنهان در انبوه داده‌ها است. برخی از این آزمون‌ها در فصل ۹ شرح داده شده‌اند.	
	چندین متغیر مشاهده شده وجود دارند که تقریباً پیوسته‌اند و شما هیچ تصور قبلی در مورد تقسیم شدن به گروه‌هایی را ندارید: *از تجزیه و تحلیل مولفه‌های اصلی استفاده نمایید، صفحه ۲۴۴.*	
	انواعی از متغیرها وجود دارند که ممکن است ترکیبی از "علت‌ها" و "اثرها" باشند: *از تجزیه و تحلیل مسیر استفاده کنید، صفحه ۲۴۴.*	
	دو یا چند مجموعه از مشاهدات و یک یا چند متغیر گروه‌بندی وجود دارد: *از تجزیه و تحلیل واریانس چند متغیره[7] (MANOVA) استفاده نمایید، صفحه ۲۵۶.*	
	دو یا چند مجموعه از مشاهدات، یک یا چند متغیر گروه‌بندی و یک متغیر ثبت شده وجود دارد که می‌دانیم بر متغیرهای مشاهده شده اثر می‌گذارند (مانند دما): *از تجزیه و تحلیل چند متغیره کواریانس[8] (MANCOVA) استفاده گردد، صفحه ۲۵۹.*	
	چندین متغیر مشاهده شده برای هر فرد وجود دارد که تقریباً پیوسته‌اند و افراد از قبل به گروه‌هایی (به عنوان مثال گونه) اِسناد داده شده‌اند: *از تجزیه و تحلیلهای متغیر کانونی استفاده شود، صفحه ۲۵۱.*	
	چندین متغیر مشاهده شده برای هر فرد وجود دارد که تقریباً پیوسته‌اند و افراد از قبل به گروه‌هایی (به عنوان مثال گونه) اِسناد داده شده‌اند و منظور این است که افراد بیشتری را به گروه‌های مناسب اِسناد کنیم: *از تجزیه و تحلیل تابع تشخیص استفاده نمایید، صفحه ۲۵۱.*	
	چندین متغیر مشاهده شده برای هر فرد وجود دارد که رسته‌ای یا اسمی هستند، افراد از پیش به گروه‌های (به عنوان مثال گونه) اِسناد شده‌اند و منظور این است که افراد بیشتری را به گروه‌های مناسب اِسناد کنیم: *از رگرسیون لجستیک / استفاده گردد، صفحه ۲۳۰.*	
	چندین متغیر مشاهده شده برای هر فرد وجود دارد و شما مایل به تعیین این هستید که چه افرادی، به چه افرادی بیشترین شباهت را دارند: *از تجزیه و تحلیل خوشه‌ای[9] استفاده نمایید، صفحه ۲۵۹.*	
	شما داده‌هایی از فراوانی نسبی یک گونه از مکان‌های مختلف دارید و مایل به تعیین شباهت میان مکان‌ها دارید: از تجزیه و تحلیل خوشه‌ای، صفحه ۲۵۹، و یا TWINSPAN، صفحه ۲۶۳، استفاده شود.	

[1] Path Analysis
[2] Steowise Regression
[3] Multiple Regression
[4] Principal Component Analysis
[5] Discriminant Function Analysis
[6] Multivariate Techniques
[7] Multivariate Analysis of Variance (MANOVA)
[8] Multivariate Analysis of Covariance (MANCOVA)
[9] Cluster Analysis

Assumptions of the tests

Most statistical tests make assumptions about the data to which they are being applied. If the assumptions are violated it is wise to treat the results with caution, especially when *P*-values fall in the range 0.01 to 0.1.

Here is a test-by-test summary of the assumptions.

Test	Assumptions
***G*-test**	Observations can be assigned to groups or categories
chi-square test	Observations can be assigned to groups or categories
Kolmogorov–Smirnov	Observations come from a fairly continuous scale
paired t-test	Both sets of data are normally distributed and variance is the same in both samples (although tests are often incorporated into statistical packages that make corrections by adjusting the degrees of freedom)
Wilcoxon signed ranks test	Observations are made on a scale such that the magnitude of differences is meaningful
sign test	Observations are made on a scale so that the question 'is A bigger than B?' can be answered
***t*-test**	Both sets of data are normally distributed and variance is the same in both samples (although there are test often incorporated into statistical packages that make corrections)
Mann–Whitney U test	Observations are made on a continuous scale (i.e. they can be put into rank order with very few ties)
Friedman test	One observation per factor combination observations may be put in meaningful rank order
all ANOVA (analysis of variance) tests	Observations are independent both within and between samples Variance is the same in all samples Data are normally distributed within each factor (or factor combination) Observations are assigned to groups (coded by integers) using one or more factors

Choosing and Using Statistics: A Biologist's Guide, 3rd Edition. By Calvin Dytham.
Published 2011 by Blackwell Publishing Ltd.

Kruskal–Wallis test	Observations are made on a fairly continuous scale (i.e. they can be put into rank order with very few ties)
Scheirer–Ray–Hare test	Observations are made on a continuous scale (i.e. they can be put into rank order with very few ties)
chi-square test of association	Observations can be assigned to categories or groups using one or more factors
phi coefficient of association	Observations can be assigned to two groups for each of two factors
Cramér coefficient of association	Observations can be assigned to categories or groups using two factors
'standard' correlation (Pearson product-moment correlation)	Individuals have observations for two variables measured on a continuous scale Two variables are both normally distributed
Spearman's rank-order correlation	Individuals have observations for two variables measured on an approximately continuous scale
Kendall rank-order correlation	Individuals have observations for two variables measured on an approximately continuous scale
Kendall robust line-fit method	'Effect' measured on an approximately continuous scale 'cause' on any meaningful scale
ANCOVA (analysis of covariance)	Observations and covariate measured on a continuous scale Variance the same for all factor levels Residuals are normally distributed Observations are independent
'standard' regression (model I linear regression)	'Cause' (=independent or x) variable is measured without error Variation in 'effect' (=dependent or y) is the same for all values of 'cause' Relationship between x and y is linear 'Effect' is measured on a continuous scale 'Effect' should be normally distributed for any value of 'cause'
logistic regression	'Cause(s)' (=independent or x) variable(s) measured without error, can be categorical variable(s) Variation in 'effect' (=dependent or y) the same for all values of 'cause' Relationship between x and y is linear 'Effect' can be expressed as a proportion (and then transformed by logits), can be a categorical variable
model II regression	Individuals have observations for y variable measured on an approximately continuous scale
polynomial regression	As standard regression but not assuming that the relationship between x and y is linear

stepwise regression/ multiple regression/ path analysis	As standard regression but with several 'effect' variables measured for each individual
discriminant function analysis	Individuals have two or more observations assigned to them measured on continuous scales
principal component analysis or factor analysis	Individuals have two or more observations assigned to them measured on continuous scales
canonical variate analysis	Individuals have two or more observations assigned to them Observations are measured on continuous scales Individuals can be assigned to groups
MANOVA (multivariate analysis of variance)	Two or more observations for each individual Observations are independent both within and between samples Observations are assigned to groups (coded by integers) using one or more factors Variance is the same in all samples Residuals are normally distributed
MANCOVA (multivariate analysis of covariance)	Two or more observations for each individual Observations are independent both within and between samples Variance is the same in all samples Residuals are normally distributed Observations are assigned to groups (coded by integers) using one or more factors Covariate is measured on a continuous scale
cluster analysis (a family of techniques that have slightly different assumptions)	Each individual has two or more observations assigned to it Observations are measured on meaningful scales Individuals can be assigned to groups

What if the assumptions are violated?

There are several possible courses of action that can be taken (in approximate order of preference):

1. data could be transformed to make them suitable for the analysis chosen;
2. an alternative test of the same hypothesis but with different assumptions is used instead;
3. the hypothesis is reframed to allow a different test to be used;
4. violation of the assumptions could be ignored totally but the results regarded with caution;
5. no test is carried out at all.

<table>
<tr><th colspan="5">Tests of difference</th><th colspan="4">Tests of relationships</th></tr>
<tr><td>Samples or groups</td><td>Factors</td><td>Data type</td><td>Fit to known distributions</td><td>One-sample tests</td><td>Samples or groups</td><td>Data type</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td rowspan="3">1</td><td rowspan="3">–</td><td>Cat</td><td>G-test</td><td>fit to uniform: G-test, chi-square test</td><td colspan="3">Correlation</td></tr>
<tr><td>D</td><td>fit to Poisson: chi-square test</td><td>e.g. median of 0?: Wilcoxon's one-sample test</td><td rowspan="3">2</td><td>Cat</td><td colspan="2">chi-square for association</td></tr>
<tr><td>C</td><td>fit to normal: Kolmogorov–Smirnov test, Anderson–Darling test</td><td>e.g. mean of 0?: one-sample t-test</td><td>D</td><td colspan="2">Kendall's rank correlation, Spearman's rank correlation</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td>Unpaired data</td><td>Paired data</td><td>C</td><td colspan="2">Pearson product-moment correlation</td></tr>
<tr><td rowspan="3">2</td><td rowspan="3">1</td><td>Cat</td><td>chi-square test</td><td>chi-square test</td><td colspan="4">Regression</td></tr>
<tr><td>D</td><td>Mann–Whitney U test</td><td>Wilcoxon's signed ranks test</td><td rowspan="2">1 cause, 1 effect</td><td>D</td><td colspan="2">logistic regression, model II regression, Kendall's robust line fit</td></tr>
<tr><td>C</td><td>t-test, one-way ANOVA</td><td>paired t-test</td><td>C</td><td colspan="2">linear regression, quadratic or polynomial regression</td></tr>
<tr><td rowspan="2">>2</td><td rowspan="2">1</td><td>Cat</td><td>chi-square test</td><td>chi-square test</td><td>>1 effect, 1 cause</td><td>C</td><td colspan="2">multiple regression, stepwise regression</td></tr>
<tr><td>D</td><td>Kruskal–Wallis test</td><td>Friedman test for repeated measures (no replication)</td><td colspan="4">Multivariate tests</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>C</td><td>one-way ANOVA</td><td>repeated-measures ANOVA</td><td rowspan="5">1+ group and any number of factors</td><td colspan="2">many causes, many effects to explore</td><td>path analysis</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2+</td><td rowspan="2">>1</td><td>D</td><td>(2 factors only) Friedman test (if no replication), Scheirer–Ray–Hare (weak option)</td><td>Friedman test for repeated measures (only one factor other than repeat and no replication)</td><td colspan="2">many variables to explore</td><td>PCA</td></tr>
<tr><td>C</td><td>two-way ANOVA, or multiway ANOVA</td><td>repeated-measures ANOVA</td><td colspan="2">groups to discriminate with many variables</td><td>CVA, discriminant function analysis, MANOVA, multiple regression, DCA</td></tr>
<tr><td colspan="5">Analysis with covariate(s)</td><td colspan="2">groups to discriminate with discrete variables</td><td>TWINSPAN</td></tr>
<tr><td rowspan="2">>1 group, 1+ factor, 1+ covariate</td><td>1 variable</td><td colspan="3">ANCOVA</td><td colspan="2" rowspan="2">many proportion or categorical variables to explore</td><td rowspan="2">multiple logistic regression</td></tr>
<tr><td>>1 variable</td><td colspan="3">MANCOVA</td></tr>
</table>

Note: Cat indicates categorical data; D indicates discrete or ordinal data; C indicates continuous data; although many tests will have an assumption that the data is normally distributed. CVA, canonical variate analysis; DCA, detrended correspondence analysis; PCA, principal component analysis.