به نام خدا

روش‌ها و آزمون‌های آماری

((در علوم انسانی))

آزمون های پارامتری و ناپارامتری، تحلیل آماری در SPSS

جلد اول

مؤلف:

خیراله قربانعلی زاده

انتشارات ارسطو
(چاپ و نشر ایران)
۱۳۹۹

سرشناسه : قربانعلی زاده، خیراله، ۱۳۳۷
عنوان و نام پدیدآور : روش‌ها و آزمون‌های آماری (در علوم انسانی)/ مولف خیراله قربانعلی زاده.
مشخصات نشر : ارسطو: سامانه اطلاع‌رسانی چاپ و نشر ایران، ۱۳۹۹.
مشخصات ظاهری : ۳۱۱ص.
شابک : ۶-۴۳۲۴۹۳-۶۰۰-۹۷۸ :۶۰۰۰۰۰ریال
وضعیت فهرست نویسی : فیپا
موضوع : روش‌ها و آزمون‌های آماری
رده بندی کنگره : RB۱۱۲/۵
رده بندی دیویی : ۶۱۲/۰۱۵۰۷۶
شماره کتابشناسی ملی : ۶۲۴۰۴۳۷

نام کتاب : روش‌ها و آزمون‌های آماری (در علوم انسانی)
مولف : خیراله قربانعلی زاده
ناشر : ارسطو (با همکاری سامانه اطلاع رسانی چاپ و نشر ایران)
صفحه آرایی، تنظیم و طرح جلد: پروانه مهاجر
تیراژ : ۱۰۰۰ جلد
نوبت چاپ : اول - ۱۳۹۹
چاپ : مدیران
قیمت : ۶۰۰۰۰ تومان
فروش نسخه الکترونیکی - کتاب‌رسان :
https://chaponashr.ir/ketabresan
شابک : ۶-۵۰۶-۴۳۲-۶۰۰-۹۷۸
تلفن مرکز پخش : ۰۹۱۲۰۲۳۹۲۵۵
www. chaponashr. ir

انتشارات ارسطو
چاپ و نشر ایران
Chaponashr.ir

تقدیم به دانش پژوهان، دانشجویان و محققان کشورم

هیچ دانشی معاف از انتقاد نیست.

کارل پوپر

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
پیشگفتار	
آ	۱
آزمون آماری	۱
آزمون اپسیلون حد پایین	۱
آزمون اپسیلون گرین هاوس- گیسر	۱
آزمون اپسیلون هوین- فلت	۲
آزمون اثر پیلایی- بارتلت	۲
آزمون احتمال دقیق فیشر	۲
آزمون استقلال	۳
آزمون اِف فیشر	٤
آزمون اِل اس دی	٤
آزمون آزمون اُم نیبوس	٤
آزمون آزمون اِم باکس	٥
آزمون اندازه گیری مکرر	٥
آزمون باکس	٦
آزمون برازندگی	٦
آزمون براون- فورسیت	٦
آزمون بونفرونی	٦
آزمون بی توکی	٦
آزمون پیلای	۷
آزمون تحلیل رگرسیون	۷
آزمون تحلیل عاملی	۱۱
آزمون تحلیل کوواریانس	۱۱

آزمون تحلیل کوواریانس چند متغیری ۲٤
آزمون تحلیل واریانس ۲٤
آزمون تحلیل واریانس اندازه های مکرر ۲۷
آزمون تحلیل واریانس چند متغیره ۳٥
آزمون تحلیل واریانس دو راهه ٤۸
آزمون تحلیل واریانس دوعاملی فریدمن ٤۹
آزمون تحلیل واریانس دو متغیری ٤۹
آزمون تحلیل واریانس سه راهه ٥۰
آزمون تحلیل واریانس یک راهه ٥۱
آزمون تصادفی بودن ٦٦
آزمون تعقیبی F رادیان ٦۲
آزمون تعقیبی Q رادیان ٦۸
آزمون تقارن توزیع ٦۹
آزمون تک متغیری مجذور کا ٦۹
آزمون تورش واریانس ٦۹
آزمون توکی ۷۰
آزمون تی ۷۲
آزمون تی تک نمونه ای ۷٤
آزمون تی فریدلی ۸۳
آزمون تی مستقل ۸٤
آزمون تی همبسته ۹۰
آزمون تی ولچ ۹۳
آزمون تی هتلینگ ۹۳
آزمون جی دو ۹۳
آزمون خی دو ۹٤
آزمون خی دو پیرسون ۱۰۱

آزمون خی دو تصحیح یتس ۱۰۱
آزمون خی دو تک متغیری ۱۰٤
آزمون خی دو دومتغیری ۱۰٦
آزمون چند دامنه ای دانکن ۱۰۸
آزمون دامنه استودنت شده ۱۰۹
آزمون دانت ۱۱۰
آزمون دانت- تی ۳ ۱۱۱
آزمون دانت- سی ۱۱۲
آزمون دانکن ۱۱۲
آزمون دقیق فیشر ۱۱۲
آزمون دو جمله ای ۱۱۳
آزمون دوربین- واتسون ۱۱٤
آزمون رگرسیون ۱۱٥
آزمون رگرسیون لجستیک ۱۱٥
آزمون رگرسیون لجستیک دوگانه ۱۱٦
آزمون رُی- برگمن ۱۱٦
آزمون زی (زد) ۱۱٦
آزمون شاپیرو- ویلک ۱۱۷
آزمون شفه ۱۱۸
آزمون ضریب همبستگی ۱۲۱
آزمون ضریب همبستگی اسپیرمن ۱۲۱
آزمون ضریب همبستگی پیرسون ۱۲۳
آزمون ضریب همبستگی چندگانه ۱۲٥
آزمون علامت تک نمونه ۱۲٥
آزمون علامت زوجی ۱۲٥
آزمون فریدمن ۱۲٦

آزمون فیشر ۱۳۳
آزمون کا – اس (K-S) ۱۳٤
آزمون کای اسکوئر ۱۳٤
آزمون کروسکال – والیس ۱۳٤
آزمون کرویت ۱٤۰
آزمون کرویت بارتلت ۱٤۰
آزمون کرویت موشلی ۱٤۱
آزمون کمترین تفاوت معنی دار ۱٤۱
آزمون کوکران ۱٤۲
آزمون کوکران- آرمیتاژ ۱٤۲
آزمون کولموگروف- اسمیرنف ۱٤۳
آزمون کی ام اُ / KMO ۱٤۸
آزمون کیو کوکران ۱٤۹
آزمون گابریل ۱٥٤
آزمون گرین هاوس- گیسر ۱٥٤
آزمون گیمز- هول ۱٥٤
آزمون لامبدای ویلکز ۱٥٤
آزمون لوین ۱٥٥
آزمون مانتل- هانزل ۱٥٥
آزمون مان- ویتنی ۱٥٥
آزمون مجذور کای استقلال ۱٥٦
آزمون مربع خای ۱٥٦
آزمون معنی داری ۱٥٦
آزمون مقایسه های چندگانه ۱٥۷
آزمون مقایسه ای ۱٥۷
آزمون مک نمار ۱٥۷

آزمون میانه ۱۹۳
آزمون نرمال بودن توزیع ۱۹۳
آزمون نسبت ۱٦۸
آزمون نسبتF ۱۷٤
آزمون نسبت درست نمایی ۱۷٤
آزمون نیکویی برازش ۱۷٤
آزمون نیومن- کولز ۱۷۵
آزمون والد ۱۷۵
آزمون والر- دانکن ۱۷۵
آزمون ویلکاکسون ۱۷۵
آزمون هاکبرگز / GT2 ۱۷۹
آزمون های آزاد – توزیع ۱۷۹
آزمون های آماری ۱۷۹
آزمون های پس از تجربه ۱۸۳
آزمون های پسین ۱۸۳
آزمون تعقیبی ۱۸۳
آزمون های چند متغیره ۱۸۷
آزمون های غیرخطی ۱۸۷
آزمون های مقایسه اثرات اصلی ۱۸۸
آزمون های مقایسه ای چندگانه ۱۸۸
آزمون های همبستگی ۱۹۰
آزمون همبستگی پیرسون ۱۹۰
آزمون همبستگی تفکیکی ۱۹۰
آزمون هم خطی ۱۹۰
آزمون همگونی ۱۹۱
آزمون یو من وایتنی ۱۹۲

آنووا ۱۹٤
آنووای سه طرفه ۱۹۵
آنووای عاملی ۱۹۵
آنووای یک راهه ۱۹۵

ا

انحراف استاندارد ۱۹۵
انحراف چارکی ۱۹۹
انحراف متوسط ۲۰۰
انحراف معیار ۲۰۰
اندازه اثر ۲۰۰
اندازه گیری مکرر ۲۰۳

ب

برآورد ۲۰۳
برازندگی ۲۰۳

پ

پواسون ۲۰۵

ت

تائو گودمن و کروسکال ۲۰۸
تبدبل باکس- کاکس ۲۰۸
تحلیل تشخیصی ۲۰۹

تحلیل خوشه ای ۲۱۸
تحلیل خوشه ای دو مرحله ای ۲۱۹
تحلیل دو متغیره ۲۲٦
تحلیل رگرسیون ۲۲۷
تحلیل رگرسیون خطی چندگانه ۲۳۱
تحلیل عاملی ۲٤۰
تحلیل عاملی اکتشافی ۲٥٥
تحلیل عاملی تأییدی ۲٦٥
تحلیل کوواریانس چند متغیره ۲٦٦
تحلیل مسیر ۲٦۷
تحلیل واریانس ۲۷۸
تحلیل واریانس چند عاملی یا مانووا ۲۷۸
تحلیل واریانس واریانس دو طرفه ۲۷۸
تحلیل واریانس فاکتوریل ۲۷۹
تحلیل واریانس یک طرفه ۲۷۹
تحلیل واریانس لیندکوئیست ۲۸۰
تحلیل همبستگی تفکیکی ۲۸۱
تصحیح یتس ۲۸۱
توان آزمون ۲۸۱
توزیع احتمال ۲۸۲
توزیع احتمال دو جمله ای ۲۸۳
توزیع استاندارد ۲۸۳
توزیع برنولی ۲۸٤
توزیع پواسون ۲۸٤
توزیع تی ۲۸٥
توزیع خی دو ۲۸٦

توزیع دوجمله ای ۲۸۶
توزیع طبیعی ۲۸۸
منابع فارسی ۲۹۶
منابع انگلیسی ۲۹۷
سایت ها ۲۹۷

پیشگفتار

علم آمار در اکثر زمینه‌ها مانند صنعت، کشاورزی، پزشکی، اقتصاد، مدیریت، علوم اجتماعی، روان-شناسی، تعلیم و تربیت و غیره استفاده‌ی فراوان دارد. علم آمار با پردازش داده‌ها و تبدیل آنها به اطلاعات مورد نیاز، زمینه‌ی اتخاذ تصمیم و برنامه ریزی را فراهم می‌کند. از سویی، امروزه، به کارگیری فنون پایه‌ای آمار در تحلیل داده ها، بررسی صحت و سقم فرضیات و نیز سنجش و اعتباربخشی پژوهش‌ها اجتناب ناپذیر بوده و به ندرت می‌توان بدون استفاده از علم آمار به تفسیر، تبیین و تحلیل نتایج به دست آمده از تحقیقات و پژوهش های علمی اقدام نمود. از این منظر، فهم و انجام تحلیل‌های آماری برای دانشجویان و محققان، مسئولیتی حرفه‌ای و مستلزم آشنایی عمیق آنها با مفاهیم، آزمون ها و روش‌های آماری است. از سوی دیگر، امروزه، به دلیل پیشرفت نظری و کاربردی علم آمار و نیز گسترش نرم افزارهای آماری، کمتر مقاله یا مطلب علمی در مجلات و کتب گوناگون به چاپ می‌رسند که در تحلیل‌های خود از علم آمار استفاده نکرده باشند. بنابراین، تألیف کتب آمار و گذراندن چند واحد درسی در اکثر رشته‌های دانشگاهی نیز به منظور پاسخ‌گویی به همین نیاز و ضرورت‌ها انجام می پذیرد. به رغم تلاش‌های فراوان در انتشار کتب و مقالات متعدد آمار در سال‌های اخیر، ضرورت وجود یک کتاب تخصّصی که بتواند نیازهای دانشجویان و پژوهشگران علوم رفتاری و اجتماعی را در زمینه های درسی و پژوهشی برآورده سازد به شدّت احساس می‌گردید.

محتوای این اثر که از ده‌ها کتب دانشگاهی و مطالب معتبر علمی فضای مجازی در زمینه‌ی آمار و روش‌های آماری استخراج و مستندسازی گردیده است، با این هدف نگارش یافته است تا دانشجویان و محققان گرانقدر حتی‌الامکان بتوانند نیازهای درسی یا پژوهشی خود را در حد انتظار تأمین نمایند. در این راستا، کوشش اصلی بر آن بوده است تا مفاهیم و روش ها بر حسب حروف الفبا و نیز طرح پرسش ها به نحوی تنظیم و ارائه شوند که بهره‌گیران به طور همزمان ضمن آشنایی با مفاهیم و روش‌های دانش آمار، بتوانند عملاً در کار با نرم افزار آماری SPSS از آن بهره گیرند. همچنین، استفاده از منابع و رفرنس‌ها در متن، علاوه بر حفظ امانت‌داری، این زمینه را فراهم آورده است که در صورت لزوم، هر خواننده‌ای برای مطالعه‌ی بیشتر بتواند به آسانی به منابع اصلی دسترسی یابد. با این که تهیه و تدوین این مجموعه وقت و دقت علمی زیادی را می طلبید، با این حال، هرگز خالی از خطا و اشتباه نیست. به همین دلیل از همه‌ی دانشجویان، محققان و اساتید محترم انتظار می‌رود که مؤلف را از پیشنهادات و نظرات علمی و سازنده‌ی خویش بهره مند سازند.

اسفند ماه ۱۳۹۸
خیراله قربانعلی زاده

آ

آزمون آماری (Statistics Test)

آزمون آماری، بخشی از آمار استنباطی جهت پاسخ به این پرسش است که آیا آماره ی نمونه صرفاً ناشی از خطای نمونگیری است یا انعکاس پارامتر جامعه. به عبارت دیگر، آزمون آماری در پی نشان دادن تعمیم پذیر بودن یا نبودن نتایج نمونه به جامعه است (نایبی، ۱۳۹۲). با آزمون‌های آماری، یک محقق درصدد کشف، تبیین و کنترل پدیده‌ها می‌باشد. در واقع، آزمون‌های آماری این احتمال را می-سنجند که آیا نتایج یک تحقیق در اثر شانس و تصادف بوده است و یا ناشی از ارتباط معنادار، تفاوت معنادار و یا اجرای متغیر مستقل است (حبیب پور و صفری، ۱۳۹۱). از سویی، اصولاً بدون داشتن فرضیه آماری، امکان انجام یک آزمون آماری دشوار است(دلاور، ۱۳۹۳).

آزمون اپسیلون حد پایین (Lower-bound)

آزمون اپسیلون حد پایین یا آزمون حد پایین[1]، یک آزمون تعدیل شده ی آزمون کرویت موشلی در تحلیل واریانس اندازه گیری مکرر است که دوجانبه گرایی درجات آزادی برای عامل درون آزمودنی ها را در نظر می گیرد(حبیب پور و صفری، ۱۳۹۱). این آزمون به این دلیل که شدید ترین انحراف ممکن از کرویت را نشان می دهد، محافظه کارترین آزمون نسبت به آزمون های گرین هاوس- گیسر و هوین-فلت است.

آزمون اپسیلون گرین هاوس- گیسر (Greenhouse-Geisser Epsilon Test)

آزمون اپسیلون گرین هاوس- گیسر یا آزمون گرین هاوس- گیسر[2]، یک آزمون تعدیل شده ی آزمون کرویت موشلی[3] در تحلیل واریانس اندازه گیری مکرر است که در صورت صادق نبودن پیش فرض کرویت درجات آزادی آزمون های F مربوط به اثرهای درون آزمودنی باید در اپسیلون گرین هاوس– گیسر ضرب شود (سرمد و همکاران، ۱۳۹۱). این آزمون به ویژه با نمونه های بسیار کوچک بیشتر محافظه کار است.

---

[1] .Lower-bound Test
[2] .Greenhouse-Geisser Test
[3] .Mouchly's Sphericity

آزمون اپسیلون هوین- فلت (Huynh-Feldt Epsilon Test)

آزمون اپسیلون هوین- فلت یا آزمون هوین- فلت[1]، یک آزمون تعدیل شده ی آزمون کرویت موشلی در تحلیل واریانس اندازه گیری مکرر که تعدیل دقیق تر درجات آزادی را فراهم می آورد (سرمد و همکاران، ۱۳۹۱). این آزمون از اپسیلون گرین هاوس- گیسر محافظه کاری کمتری دارد. با این حال مقدار آن ممکن است از عدد ۱ بیشتر باشد. این مقدار برای محاسبه ی درجات آزادی جدید و نبز سطح معناداری جدید به کار می رود.

آزمون اثر پیلایی- بارتلت (Pillai-Bartelett Trace Test)

آزمون اثر پیلایی- بارتلت، یکی از آزمون های معنی داری در تحلیل واریانس چند متغیره (مانووا) است که از ترکیبی از مقادیر ویژه[2] یا ریشه های مشخصه[3] به دست می آید. مقادیر ویژه از نسبت ماتریس هر اثر به ماتریس خطا(درون آزمودنی) به دست می آید (سرمد و همکاران، ۱۳۹۱). قابل توجه است که متناظر با مجموع مجذورات برای هر اثر در طرح های تحلیل واریانس تک متغیری(آنووا) یک ماتریس واریانس- کوارایانس در تحلیل واریانس چند متغیری (مانووا) وجود دارد(رجوع شود به "آزمون پیلای").

آزمون احتمال دقیق فیشر (Fisher exact Probability Test)

آزمون احتمال دقیق فیشر یا آزمون دقیق فیشر، یکی از آزمون‌های خانواده خی یا کای دو و نوعی آزمون تعیین معنی داری یا پیوند برای جدول‌های پیشایندی کوچک ۲×۲ و ۳×۲ است (کریمر و هویت؛ ترجمه‌ی خادمی شمامی، ۱۳۹۰). به طور معمول، برای مقایسه‌ی یک متغیر کیفی در دو جامعه مانند مقایسه ی شیوع دیابت در آقایان و خانم ها از آزمون خی دو استفاده می شود. اما در جدول های ۲×۲ با فراوانی کم (کمتر از ۵) یا به طور کلی اگر حجم نمونه ی انتخابی کمتر از ۱۰ مورد باشد، آزمون خی دو برای مقایسه ی استقلال نامناسب خواهد بود و باید از آزمون دقیق فیشر استفاده شود. از این جهت، این آزمون زمانی که پیش شرط‌های آزمون خی دو مانند وجود حداقل فراوانی مورد

[1] .aHuynh-Feldt Test
[2] .eigen value
[3] .chracteristic roots

انتظار در هر خانه وجود نداشته باشد، استفاده می شود. مزیّت دیگر آزمون دقیق فیشر این است که حتی با محاسبه‌ی دستی می توان احتمالات دقیق را محاسبه کرد. مقدار آماره ی این آزمون از فرمول زیر محاسبه می شود. در این فرمول Oij فراوانی مشاهده شده در خانه ij می باشد. اگر فرض صفر برقرار باشد آماره ی χ^2 از توزیع خی دو با ۱ درجه آزادی پیروی می کند. بنابراین اگر آماره ی χ^2 در سطح معنی داری α بزرگتر از مقدار حاصل از جدول توزیع کای دو باشد، فرض صفر مبنی بر استقلال دو گروه پذیرفته نمی شود.

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{2} \sum_{j=1}^{2} \frac{(O_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}}$$

$$p = \frac{\binom{n_{11} + n_{12}}{n_{11}} \binom{n_{21} + n_{22}}{n_{21}}}{\binom{n}{n_{11} + n_{21}}}$$

آزمون استقلال (Independent Test)

آزمون استقلال(خی دو پیرسون[1]) یک نوع آزمون دو متغیری ناپارامتری خی دو است که هدف آن بررسی وجود استقلال بین دو متغیر کیفی یا یک متغیر کیفی و دیگری کمّی کدگذاری شده[2] می‌باشد (مؤمنی و فعال قیومی، ۹۶). قابل توجه است چنانچه هر دو متغیر کمّی باشند، از ضریب همبستگی استفاده می شود. در آزمون خی دو، فراوانی مشاهده شده(F_o) با فراوانی های مورد انتظاری(F_e) که براساس استقلال دو متغیر محاسبه می‌شود، مقایسه می شود. این آزمون وقتی استفاده می شود که حداقل فراوانی در هر گروه حداقل ۱ نفر و ۲۰ درصد گروه ها فراوانی بیش از ۵ داشته باشد. از تفاوت های آزمون استقلال (خی دو دومتغیری) و آزمون نیکویی برازش (خی دو تک متغیری) چگونگی محاسبه ی فراوانی مورد انتظار(E) است. در نرم افزار SPSS نیز باید دقت کرد اگر فراوانی مورد انتظار یکی از خانه های جدول کمتر از ۵ است، با استفاده از دستور recode دو سلول (خانه) را ترکیب کرد. فرمول محاسبه ی خی دو، فراوانی مورد انتظار و دستور اجرای این آزمون به صورت زیر است: رجوع

[1] .Pearson Chi-Square
[2] .recode

شود به "آزمون خی دو".

$$\chi^2 = \Sigma \frac{(Fo - Fe)^2}{Fe} \qquad E_{ij} = \frac{(\Sigma r_i)(\Sigma c_j)}{N}$$

Analyze – Descriptiv Statistics – Crosstabs …
Analyze - nonparametric chi-square…

آزمون اِف فیشر (Fisher F Test)

رجوع شود به "آزمون تحلیل واریانس یک طرفه".

آزمون اِل اس دی (LSD Test)

رجوع شود به "آزمون کمترین تفاوت معنی دار".

آزمون اُم نیبوس (Omnibus Test)

آزمون اُم نیبوس (اوم نی بوس)، آزمونی است که ارزیابی کل مدل رگرسیونی لاجستیک را نشان می‌دهد. بدین معنی که مدل رگرسیونی تا چه اندازه قدرت تبیین و کارایی دارد. در این آزمون، آماره ی خی دو (مجذور کا) در سطح خطای کمتر از ۰/۰۵ معنی دار است و ضمن اینکه نشان از برازش مدل دارد، معنی داری این آزمون بیانگر آن است که متغیرهای مستقل، توانایی لازم را در پیش بینی عضویت افراد در گروه ها دارند (کریمی، ۱۳۹۴). در نرم افزار SPSS نیز همان طور که درجدول زیر مشاهده می‌شود مهم ترین خروجی تحلیل رگرسیون لجستیک خروجی نتایج آزمون اُم نیبوس است که تفسیر نتایج رگرسیون لجستیک باید بر اساس این خروجی انجام گیرد. اولین بخش از این خروجی مربوط به ارزیابی کل مدل رگرسیون لجستیک است. در واقع آزمون ام نیبوس به بررسی این موضوع می پردازد که مدل تا چه اندازه قدرت تبیین و کارایی دارد. با توجه به این آزمون برازش مدل در مرحله ی چهارم معنی دار و در سطح خطای کوچکتر از ۰/۰۱ معنی دار است.

Omnibus Tests of Model Coefficients

		Chi-square	df	Sig.
Step 1	Step	366.308	1	.000
	Block	366.308	1	.000
	Model	366.308	1	.000
Step 2	Step	62.913	1	.000
	Block	429.220	2	.000
	Model	429.220	2	.000
Step 3	Step	11.769	1	.001
	Block	440.990	3	.000
	Model	440.990	3	.000
Step 4	Step	5.550	1	.018
	Block	446.540	4	.000
	Model	446.540	4	.000

آزمون اِم باکس (Bax's M Test)

آزمون اِم باکس، آزمونی است که فرض همگنی ماتریس‌های واریانس- کوواریانس داده ها را بررسی می‌کند. به نحوی که اگر این آزمون معنی‌دار شود، فرض برابری کوواریانس داده ها را زیرسؤال می‌برد. این آزمون وقتی که نمونه ها برابر هستند، بسیار دقیق است (بریس و همکاران، ترجمه علی‌آبادی و صمدی، ۱۳۸۸). آزمون اِم باکس بر تشابه دترمینان ماتریس های کوواریانس دو گروه مبتنی است. در عمل، یکی از پیش فرض های مهم آزمون تحلیل واریانس چند متغیره این است که ماتریس‌های کواریانس در هر یک از گروه های متغیرهای کیفی (مثلاً تحصیلات) باید همگن باشد. تشخیص همگن بودن این ماتریس های کواریانس را آزمون ام باکس انجام می دهد. وقتی آزمون باکس معنی‌دار نباشد، اجرای آزمون چندگروهی مانند تحلیل واریانس چند متغیره مجاز خواهد بود. رجوع شود به "آزمون تحلیل واریانس اندازه گیری مکرر".

آزمون اندازه گیری مکرر (Repeated Measures ANOVA)

رجوع شود به "آزمون تحلیل واریانس اندازه های مکرر".

آزمون باکس (Bax's Test)

رجوع شود به "آزمون اِم باکس".

آزمون برازندگی (Goodness Test)

آزمون برازندگی یا نیکویی برازش از خانواده آزمون خی دو است. رجوع شود به "آزمون های برازندگی".

آزمون براون- فورسیت (Brown-Forsythe)

آزمون براون- فورسیت(BF)، یک آزمون آماری جهت برابری واریانس های گروهی است. این آزمون برای اصلاح آزمون لِون در زمانی است که یک آزمون آنووای یک طرفه انجام می شود.

آزمون بونفرونی (Bonferroni)

آزمون بونفرونی که برخی به آن آزمون دان[1] می گویند، یک نوع آزمون تعقیبی یا پس از تجربه است که برای مقایسه‌ی دو به دوی میانگین ها در شرایط برابری واریانس گروه ها به کار می رود. آزمون بونفرونی، براساس آماره ی t نرخ خطای کل را با تقسیم کل خطای آزمایشی به تعداد آزمون ها، کنترل و تعدیل می کند. قابل ذکر است که در آزمون LSD چنین تعدیلی وجود نداشت. از آزمون بونفرونی وقتی استفاده می شود که تعداد جفت میانگین‌ها کم باشد(حبیب پور و صفری، ۱۳۹۱). در واقع، آزمون بونفرونی جهت کاهش بیشتر خطای نوع اول است و آماره‌ی آن از حاصل تقسیم آلفای درنظرگرفته شده(۰/۰۵ و یا ۰/۰۱) بر تعداد متغیرهای وابسته بدست می‌آید. اگرچه این آزمون اغلب در ادبیات پژوهشی به کار می‌رود، اما روشی است که با افزایش تعداد مقایسه ها، تمایل به بزرگتر نشان دادن تفاوت ها دارد. مراجعه شود به "آزمون های پسین و آزمون تعقیبی".

آزمون بی توکی (Tukey's-b)

آزمون توکی- b)، یک آزمون تعقیبی، پسین و یا پس از تجربه است که برای مقایسه ی دو به دوی

[1] .Dunn

میانگین ها در شرایط یکسانی واریانس گروه ها به کار می رود. این آزمون حالت بینابینی از آزمون توکی و بونفرونی می باشد که استفاده از آن معمولاً توصیه نمی شود.

آزمون پیلای (Pillai's Test)

آزمون یا معیار پیلای، آزمونی است که در روش های آماری چند متغیره مانند همبستگی کانونی، تحلیل تابع تشخیص و تحلیل چند متغیره ی واریانس جهت تعیین معنی داری میانگین های چند گروه روی یک تابع تشخیص یا ویژه ی مقدار به کار می رود (کریمر و اویت؛ ترجمه ی خادمی شمامی، ۱۳۹۰). به نظر می رسد زمانی که فرض همگن بودن ماتریس واریانس- کوواریانس نقض شده باشد، این آزمون نسبت به آزمون های لاندای ویلکس، اثر هتلینگ و شاخص رٌی بهتر است. احتمال نقض شدن فرض همگنی زمانی بیشتر است که نمونه های آماری اندازه ای کوچک و نابرابر با یکدیگر داشته باشد.

آزمون تحلیل رگرسیون (Regression Analysis Test)

رگرسیون تکنیکی است که از طریق آن تغییرات متغیر وابسته از طریق تغییرات یک متغیر مستقل یا از طریق ترکیب خطی دو یا چند متغیر مستقل تبیین و پیش بینی می شود. تحلیل رگرسیون، پرکاربرد ترین آزمون و زیربنای سایر روش های آماری مانند تحلیل واریانس، تحلیل کوواریانس، تحلیل عاملی و غیره است. این روش آماری از لحاظ ساختاری به سه نوع تحلیل رگرسیون خطی ساده، چندگانه و چند متغیری تقسیم می شود (ساعی، ۱۳۸۷). اجرای یک مدل رگرسیونی به صورت ساده کافی نیست و بسیار مهم است که فرضیات رگرسیون به خوبی اجرا شده باشند. مثلاً در رگرسیون خطی اگر ارزیابی فرض‌های رگرسیون انجام نشود و داده‌ها با فرض های مربوط به رگرسیون خطی مطابقت نداشته باشند، نتایج ممکن است گمراه کننده شوند و تحلیل نتایج با حدس و گمان همراه خواهد بود. اجرای آزمون تحلیل رگرسیون با نرم افزار SPSS به صورت زیر است. رجوع شود به "رگرسیون خطی ساده"، "رگرسیون دو متغیره" و "رگرسیون چند گانه".

Analyze - Regression - Linesr - Method…

پرسش

فروشنده ی یک برند معروف ماشین، علاقه مند است تا بررسی کند که بین درآمد شخصی افراد و

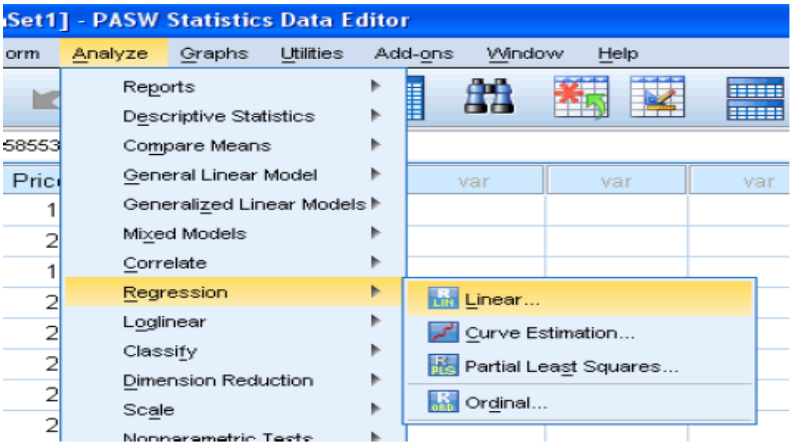
هزینه‌ای که برای یک ماشین می پردازند، رابطه ای وجود دارد یا خیر. این فرضیه را آزمون کنید؟(به نقل از کریمی، ۱۳۹۶).

پاسخ: در این پرسش، متغیر مستقل، درآمد افراد(Income) **و** متغیر وابسته، قیمت ماشین (Price) است. از آنجا که پیش فرض های زیر وجود دارد، می توان از آزمون رگرسیون استفاده کرد.

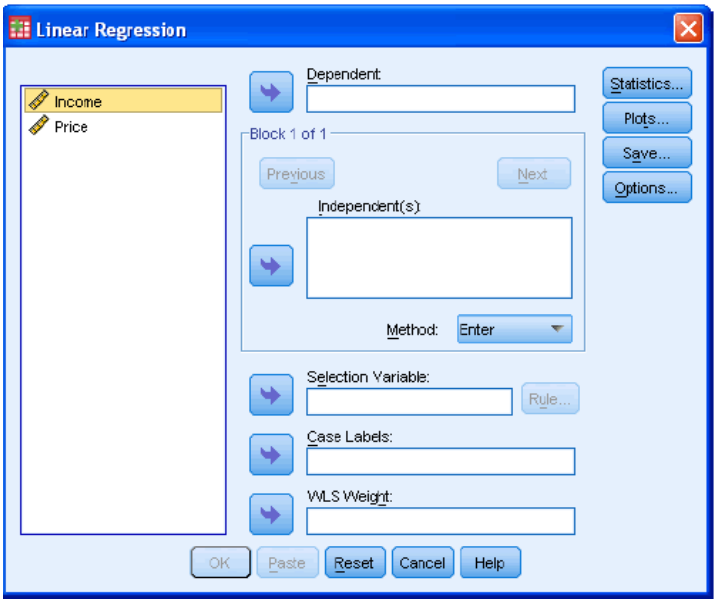
- متغیر ها در سطح سنجش فاصله ای است.
- توزیع متغیرها نرمال یا نزدیک به نرمال می باشند.
- بین دو متغیر رابطه ی خطی وجود دارد.

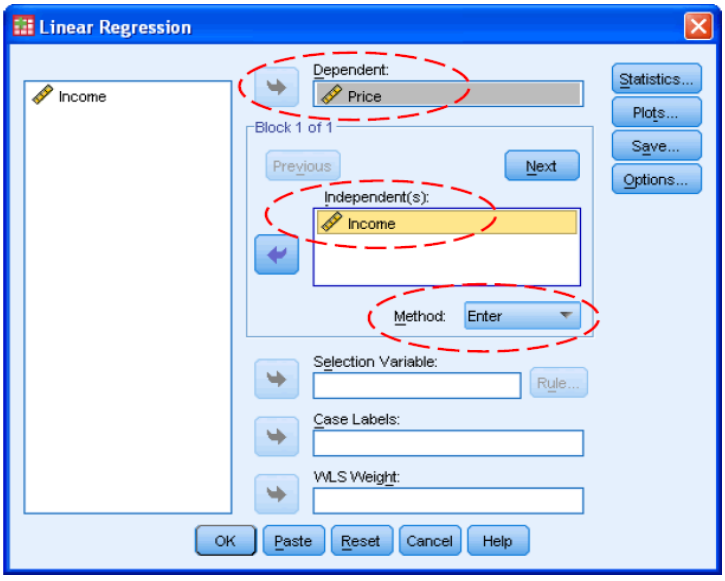
۱- جهت سنجش نرمال بودن توزیع متغیر ها می توان از آزمون Shapiro-Wilk و یا Kolmogoro-smirnov استفاده کرد. همچنین، جهت سنجش وجود رابطه خطی بین دو متغیر می توان از آزمون همبستگی پیرسون استفاده نمود. برای اجرای رگرسیون در نرم افزار SPSS مراحل زیر طی می شود:

Analyze - Regression - Linesr - Method…



۲- در ادامه، متغیر مستقل(پیش بین) یا درآمد را به داخل کادر Independent و متغیر وابسته(ملاک) یا قیمت خودرو را داخل کادر Dependent می کنیم. سپس روش (Method) اجرای رگرسیون را نیز مطابق پیش فرض رگرسیون، یعنی همان(Enter) انتخاب می کنیم. در پایان بر روی ok کلیک می‌کنیم. پنجره های زیر، این فرایند را نشان می دهد.





۳- نرم افزار SPSS چند جدول را جهت تحلیل ارائه می دهد. اولین جدولModel Summary به معنای خلاصه ی مدل است. این جدول مقادیر R و R^2 را نشان می دهد. مقدار R که برابر(۰/۸۳۷)

است، به همبستگی ساده بین دو متغیر و به عبارتی شدت همبستگی بین دو متغیر اشاره دارد. در این تمرین، بین دو متغیر در آمد و قیمت ماشین همبستگی در حد خیلی قوی وجود دارد.

مقدار R^2 نشان می دهد که چه مقدار از متغیر وابسته یعنی قیمت ماشین، می تواند توسط متغیر مستقل یعنی درآمد، تبیین شود. در این تمرین، متغیر درآمد می تواند ۰/۷۶۲ درصد از تغییرات متغیر قیمت ماشین را تبیین کند، که در واقع مقدار قابل ملاحظه ای است.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.873[a]	.762	.749	874.779

a. Predictors: (Constant), Income

جدول مهم بعدی ANOVA نام دارد. این جدول نشان می دهد که آیا مدل رگرسیون می تواند به طور معناداری تغییرات متغیر وابسته را پیش بینی کند. در بررسی معناداری، چون ستون آخر جدول یعنی Sig کمتر از ۰/۰۵ می باشد، نتیجه می گیریم که مدل به کار رفته، معنادار است و این مدل پیش بینی کننده ی خوبی برای متغیر قیمت ماشین است.

ANOVA[b]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	4.418E7	1	4.418E7	57.737	.000[a]
	Residual	1.377E7	18	765238.393		
	Total	5.796E7	19			

a. Predictors: (Constant), Income

b. Dependent Variable: Price

جدول Coefficients، اطلاعاتی را در مورد متغیر های پیش بین ارائه می دهد. مشاهده می شود که مقدار ثابت(constant) و متغیر درآمد هر دو در مدل معنا دار شده اند(با توجه به ستون Sig). ستون Standardized Coefficients ، بیانگر ضریب رگرسیونی استاندارد شده یا مقدار بتا است که برابر ۰/۸۷۳ و نشان گر میزان تاثیر متغیر مستقل(درآمد) بر وابسته(قیمت ماشین) است. قابل توجه است که میزان Beta زمانی که یک متغیر مستقل در مدل داریم، با میزان همبستگی پیرسون بین دو متغیر (R) دقیقاً برابر است. اما زمانی که بیش از یک متغیر مستقل داشته باشیم، میزان Beta با ضریب همبستگی بین متغیر های مستقل و وابسته تفاوت خواهد داشت (رجوع شود به "ضریب استاندارد

شده".

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	8286.786	1852.256		4.474	.000
	Income	.564	.074	.873	7.598	.000

a. Dependent Variable: Price

در این تمرین، جهت ایجاد معادله ی رگرسیونی از میزان ضریب رگرسیونی استاندارد نشده (B) استفاده می کنیم. معادله رگرسیونی جهت پیش بینی دقیق مقادیر متغیر وابسته مورد استفاده قرار می گیرد و معادله آن به صورت $Y = a + bx$ است. در این معادله، Y برابر مقدار پیش بینی شده ی متغیر وابسته(قیمت ماشین)، a برابر عرض از مبدأ نقطه ی تقاطع خط رگرسیون با محور Y (در جدول: مقدار ثابت یا constant)، b برابر شیب خط(ضریب رگرسیونی استاندارد نشده یا B) و X برابر مقادیر مختلف متغیر مستقل می باشد. معادله ی رگرسیونی اجرا شده برابر زیر است. در این معادله با قرار دادن مقادیر درآمد افراد، می توان قیمت ماشینی که آنان تمایل به خریدنش را دارند، پیش بینی کرد. در معادله ی $Y = a + bx$، مقادیر a و b ثابت است و تنها مقادیر متغیر درآمد تغییر می کند.

Price = 8287 + 0.564 (Income)

آزمون تحلیل عاملی (Factor Analysis Test)

رجوع شود به "تحلیل عاملی".

آزمون تحلیل کوواریانس (Analysis of Covariance Test)

آزمون تحلیل کوواریانس یا آنکووا[1]، که به آن تحلیل هم پراکنش نیز گفته می شود، یک روش آماری تحلیل واریانس و توسعه یافته ی آنووای یک طرفه برای مداخله دادن یک متغیر تصادفی کمکی یا متغیر کنترل یا همپراش[2]، است. به عبارت دیگر، در این طرح، به متغیرهای مستقل کمّی، متغیر

[1] . ANCOVA
[2] . Covariate

کمکی یا همپراش و به متغیر مستقل طبقه ای غیرپارامتریک، عامل[1] گفته می شود. البته کاربرد تحلیل کوواریانس مستلزم یک متغیر وابسته ی کمّی و چند متغیر مستقل کمّی و کیفی است. این متغیر کمکی به صورت خطی با متغیر وابسته مرتبط است و شرکت دادن آن در تحلیل موجب می شود که خطای مرتبط با آنوای یک طرفه کاهش یابد. آزمون تحلیل کوواریانس که معمولاً در طرح های پیش آزمون- پس آزمون استفاده می شود، ضمن مقایسه ی میانگین های یک یا چند گروه و برآورد تأثیر یک یا چند متغیر مستقل، اثر یک یا چند متغیر کنترل یا همپراش را از معادله خارج می کند. قابل توجه است که در تحلیل کوواریانس، متغیر همپراش پیش از دستکاری های آزمایشی باید اندازه گیری شود. به عبارت دیگر، در این تحلیل ابتدا متغیر همراه اندازه گیری و سپس آزمودنی ها به صورت تصادفی در عمل های آزمایشی جایگزین می شوند. این آزمون زمانی کاربرد دارد که محقق بخواهد بداند آیا میانگین های دو یا چند گروه از یک متغیر وابسته، در صورت پالایش(حذف و کنترل) اثر یک متغیر کمکی که دارای همبستگی با متغیر وابسته است، با یکدیگر تفاوت معنی داری پیدا می کند یا خیر (کریمر و اویت؛ ترجمه خادمی شمامی، ۱۳۹۰).

بهترین حالت استفاده از تحلیل کوواریانس وقتی است که آزمودنی ها به طور تصادفی در یکی از سطوح متغیر مستقل قرار داده شوند و متغیر تصادفی کمکی یا همان متغیر کوواریت (همپراش) پیش از استفاده از تحلیل اندازه گیری شود. زیرا اگر پس از تحلیل، اندازه گیری شود، ممکن است با در معرض قرار گرفتن متغیر مستقل دچار تغییر گردد. متغیر تصادفی کمکی یا متغیر همپراش، متغیری است که معمولاً با متغیر وابسته مرتبط است و در سطح مقیاس فاصله ای یا نسبی می باشد. برای مثال، در بررسی فرضیه ی همبستگی بین تناسب اندام با وضعیت تأهل، محقق متوجه شود که مثلاً تناسب اندام با سن افراد(متغیر تصادفی کمکی اول) و وضعیت اجتماعی- اقتصادی(متغیر تصادفی کمکی دوم) نیز همبستگی دارد. در این موارد لازم است از تحلیل کوواریانس استفاده شود. در این نوع تحقیق، معمولاً می‌توان از چندین گروه داده جمع آوری کرد. همچنین، اگر رابطه ی متغیر مشتبه کننده (مزاحم) با متغیر وابسته بالا باشد($\rho>۰/۶۰$) تحلیل کوواریانس بهتر از هر آزمونی حتی طرح بلوک های تصادفی است. البته با فرض یکسان بودن سایر شرایط، اگر همبستگی متغیر کمکی(همپراش) با متغیر وابسته کمتر از ۰/۴۰ باشد، استفاده از طرح بلوک های تصادفی بر تحلیل

[1] . factor

کوواریانس برتری دارد. دو کاربرد یا مزیت تحلیل کوواریانس یکی کاهش مقدار واریانس تبیین نشده(واریانس خطا) در متغیر وابسته است. مزیت دوم، یکسان سازی میانگین ها و پالایش تفاوت های اولیه است. نکته ی قابل توجه در تحلیل کوواریانس برقراری فرض های همگنی رگرسیونی و همگنی واریانس است که در این زمینه به ترتیب از آزمون های باکس و لوین[1] استفاده می شود. یعنی در تحلیل کوواریانس فرض بر این است که رابطه ی بین متغیر وابسته و متغیر تصادفی کمکی در گروه-های مختلف یکسان است. به این فرض همگنی رگرسیونی گفته می شود. چنانچه این رابطه در گروه-های مختلف متفاوت باشد، استفاده از تحلیل کوواریانس یکسان است. همچنین، در تحلیل کوواریانس، همانند تحلیل واریانس، فرض براین است که واریانس درون گروهی همگن(همانند) است. به این فرض نیز همگنی واریانس گفته می شود.

از پیش فرض های تحلیل کوواریانس، نرمال بودن[2] توزیع نمرات که با روش های مختلف از جمله آزمون کولموگروف – اسمیرنف، محاسبه ی کجی[3] و یا محاسبه ی بلندی[4] می توان آن را بررسی کرد. همگونی واریانس[5] پیش فرض دیگری است که می توان با آزمون لوین[6] و باکس[7] آن را آزمایش کرد. همچنین، خطی بودن همبستگی متغیر همپراش و متغیر مستقل که با انجام آزمون F چنانچه آماره ی F معنادار باشد($P < ۰/۰۵$) خطی بودن رعایت شده است. پیش فرض های دیگری از جمله، پایایی متغیر کنترل(همپراش)، همبستگی معمول(کمتر از ۸۰٪) همپراش ها با یکدیگر و نیز همگونی شیب رگرسیون قابل بررسی است.

پرسش

محققی با هدف مقایسه ی نمرات پیش آزمون و پس آزمون درس سنجش و اندازه گیری سه گروه(داده های جدول زیر) می خواهد دانش افراد را قبل و بعد از ورود به دوره ی آموزش کاهش اضطراب بسنجد. با رعایت پیش فرض ها، این فرضیه را را آزمون کنید که بین میانگین نمرات سه گروه

[1] .Box & Leveen
[2] .Normality
[3] .Skewness
[4] .Kurtosis
[5] .Homogeneity of Variance
[6] .Levene
[7] ,Box

تجربی۱، تجربی۲ و گروه کنترل(شاهد) در پس آزمون، بعد از خارج کردن اثر احتمالی اثر پیش آزمون اختلاف معناداری وجود دارد.

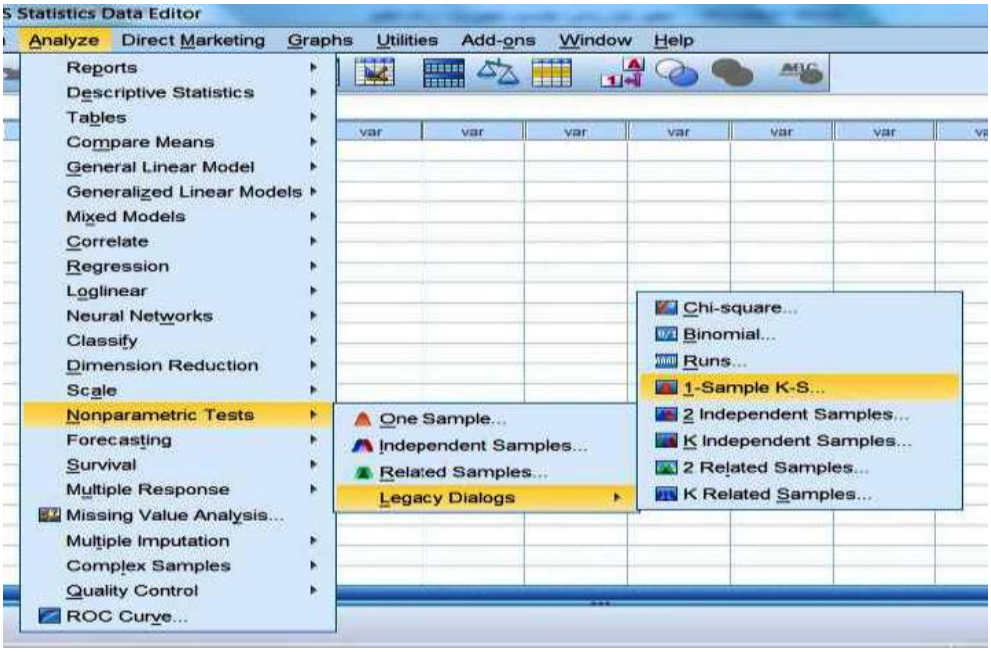
پس آزمون	پیش آزمون	گروه	پس آزمون	پیش آزمون	گروه
۴۰	۲۰	۲	۳۰	۵۰	۱
۶۰	۰	۲	۲۰	۲۰	۱
۴۰	۱۰	۲	۵۰	۶۰	۱
۶۰	۳۰	۲	۲۰	۲۰	۱
۲۰	۰	۲	۲۰	۳۰	۱
۸۰	۱۰	۲	۲۰	۳۰	۱
۵۰	۰	۲	۷۰	۷۰	۱
۷۰	۱۰۰	۳	۲۰	۴۰	۱
۵۰	۸۰	۳	۴۰	۵۰	۱
۳۰	۶۰	۳	۹۰	۲۰	۲
۴۰	۷۰	۳	۲۰	۳۰	۲
۴۰	۷۰	۳	۶۰	۵۰	۲
۷۰	۱۱۰	۳	۳۰	۴۰	۲
۵۰	۹۰	۳	۴۰	۳۰	۲
۴۰	۷۰	۳	۴۰	۳۰	۲

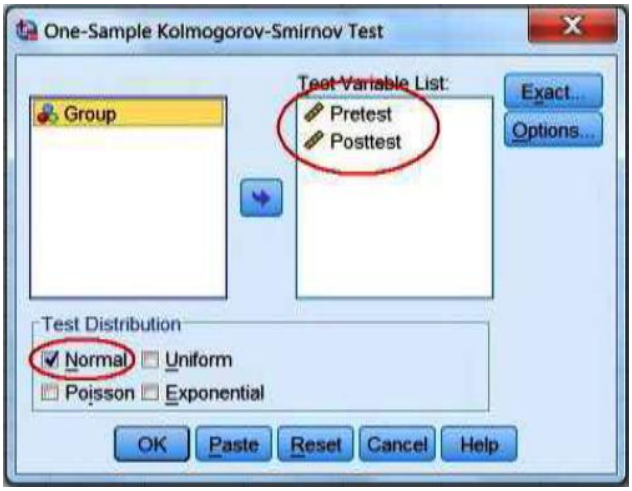
پاسخ:

الف- بررسی پیش فرض ها

۱. نرمال بودن توزیع نمرات: با استفاده از آزمون کولموگروف- اسمیرنف(K-S) و اجرای دستور زیر:

Analyze – Nonparametric Test – Legacy Dialogs – 1-Smaple K-S …


S Statistics Data Editor
Analyze
Direct Marketing
Graphs
Utilities
Add-ons
Window
Help
Reports
Descriptive Statistics
Tables
Compare Means
General Linear Model
Generalized Linear Models
Mixed Models
Correlate
Regression
Loglinear
Neural Networks
Classify
Dimension Reduction
Scale
Nonparametric Tests
Forecasting
Survival
Multiple Response
Missing Value Analysis...
Multiple Imputation
Complex Samples
Quality Control
ROC Curve...
One Sample...
Independent Samples...
Related Samples...
Legacy Dialogs
Chi-square...
Binomial...
Runs...
1-Sample K-S...
2 Independent Samples...
K Independent Samples...
2 Related Samples...
K Related Samples...
var


One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test
Group
Test Variable List:
Pretest
Posttest
Exact...
Options...
Test Distribution
Normal
Uniform
Poisson
Exponential
OK
Paste
Reset
Cancel
Help

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

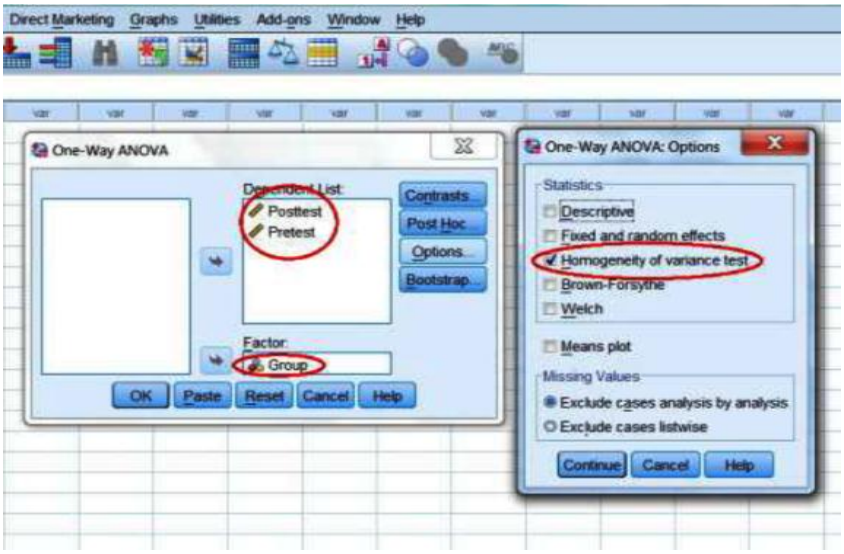
		Pretest	Posttest
N		30	30
Normal Parameters[a,b]	Mean	43.000	43.667
	Std. Deviation	29.8444	19.5613
Most Extreme Differences	Absolute	.168	.174
	Positive	.168	.174
	Negative	-.084	-.113
Kolmogorov-Smirnov Z		.923	.955
Asymp. Sig. (2-tailed)		.362	.321

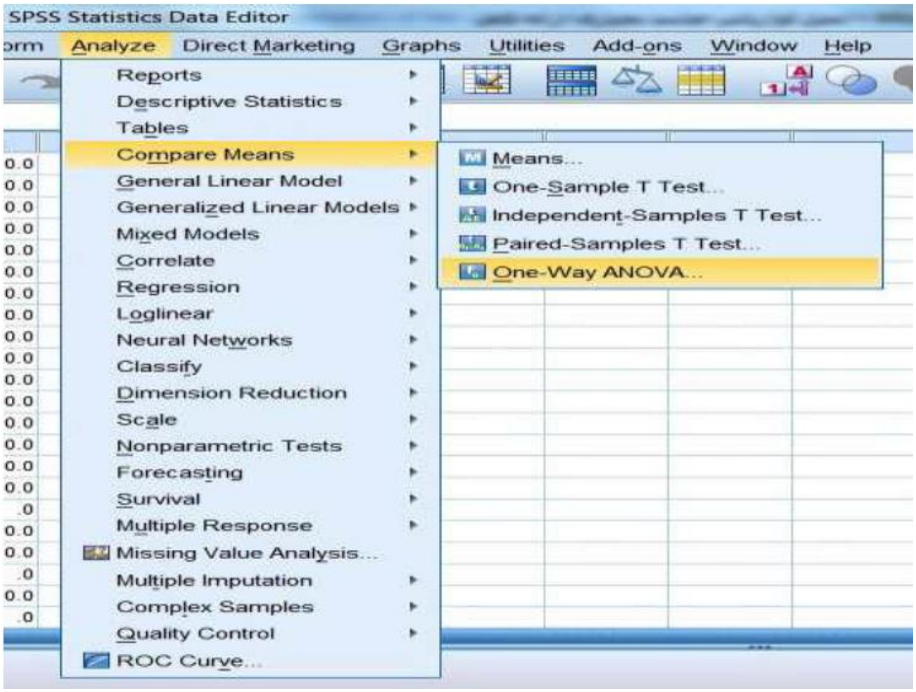
a. Test distribution is Normal.
b. Calculated from data.

بر اساس نتایج آزمون K-S، چون که سطح معناداری محاسبه شده (Sig) از آلفای ۵٪ بزرگ تر است. بنابراین، فرض صفر رد نمی شود و فرض نرمال بودن توزیع داده ها تأیید می شود.

۲. همگونی یا یکسانی واریانس: با استفاده از آزمون لوین و دستور زیر:

Analyze – Copmpare Means – One Way ANOVA… Options – Homogenity of variance test



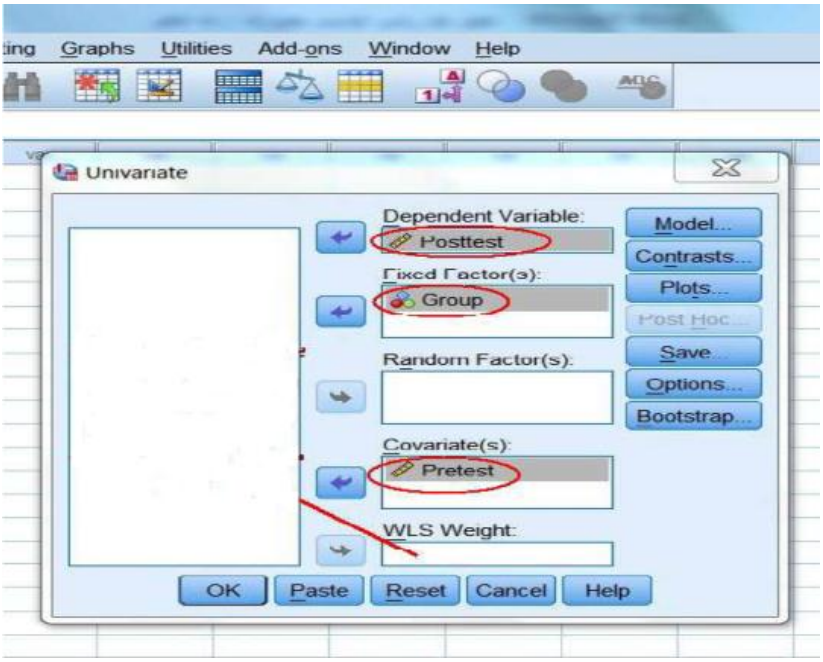


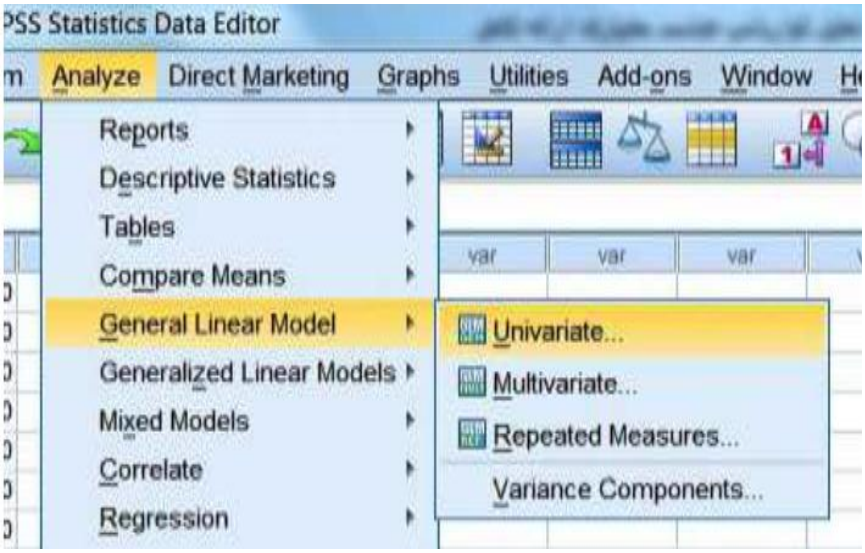
Test of Homogeneity of Variances

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Posttest	.711	2	27	.500
Pretest	.081	2	27	.923

۳. همگونی شیب رگرسیون: با استفاده از دستور زیر:

Analyze – General Linear Model – Univariate …Model…


Graphs
Utilities
Add-ons
Window
Help
Univariate
Dependent Variable:
Posttest
Fixed Factor(s):
Group
Random Factor(s):
Covariate(s):
Pretest
WLS Weight:
Model...
Contrasts...
Plots...
Post Hoc...
Save...
Options...
Bootstrap...
OK
Paste
Reset
Cancel
Help


PSS Statistics Data Editor
Analyze
Direct Marketing
Graphs
Utilities
Add-ons
Window
Reports
Descriptive Statistics
Tables
Compare Means
General Linear Model
Generalized Linear Models
Mixed Models
Correlate
Regression
Univariate...
Multivariate...
Repeated Measures...
Variance Components...
var
var
var