مجله به‌زراعی نهال و بذر
جلد ۲-۲۹، شماره ۴، سال ۱۳۹۲

یادداشت

طرح‌های آماری فاکتوریال و کرت‌های خرد شده

Factorial and Split-Plot Stattistical Designs

بهمن اهدایی

پژوهشگر گروه گیاه‌شناسی و علوم گیاهی- دانشگاه کالیفرنیا، ریورساید، آمریکا و استاد سابق دانشگاه جندی شاپور، اهواز

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۰/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۱/۳

چکیده

اهدایی، ب. ۱۳۹۲. طرح‌های آماری فاکتوریال و کرت‌های خرد شده. **مجله به‌زراعی نهال و بذر ۲-۲۹ (۴):** ۵۹۰ - ۵۸۳.

انگیزه نوشتن این یادداشت مطالبی است که دانشجویان دوره فوق‌لیسانس و دکتری از طریق مکاتبات الکترونیکی در مورد استفاده صحیح از دو طرح آماری فاکتوریال و کرت‌های خرد شده مطرح کرده‌اند. در بعضی از کتاب‌های آماری این دو طرح بطور مستقیم و یا غیر مستقیم مقایسه شده‌اند که البته درست نیست، مانند این که بخواهیم گندم را با یولاف مقایسه کنیم. وقتی این دو طرح با یکدیگر مقایسه می‌شوند که از یکی به جای دیگری به غلط استفاده شود. باید اشاره کنم که «فاکتوریال» به معنی کلیه ترکیبات دو یا چند فاکتور است که رفتارهای آزمایش را تشکیل می‌دهند و یک طرح آماری نیست. این ترکیبات یا رفتارها در یک طرح آماری مانند طرح بلوک‌های کامل تصادفی ارزشیابی و میانگین آنها با یکدیگر مقایسه می‌شود و اصطلاحا به آن طرح فاکتوریال می‌گویند.

هر دو طرح فاکتوریال و کرت‌های خرد شده از اعتبار آماری یکسان برخوردارند به طوری که در کتاب استیل و همکاران (Steel *et al.*, 1996) این دو طرح در دو بخش جداگانه شرح داده شده‌اند. نویسنده اول و سوم این کتاب اساتید بخش آمار دانشگاه ایالتی کارولینای شمالی هستند و دومی استاد بخش اگرونومی دانشگاه ویسکانسین (فوت شده است).

مشخصات آماری و کار بردی این دو طرح در کتاب‌های مربوط به طرح‌های آماری مکرراً نوشته شده است. در این جا باید یادآوری کنم

آدرس الکترونیکی نگارنده مسئول: bahman.ehdaie@ucr.edu

که در هر دو طرح از دو یا چند فاکتور (عامل) استفاده می‌شود و هدف اصلی بررسی اثر متقابل فاکتورهاست. اگر هم اثر اصلی همه فاکتورها معنی‌دار شود اثر متقابل است که باید از نظر بیولوژیکی مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد و اثرهای اصلی چندان مهم نیستند.

در کتاب استیل و همکاران (Steel *et al.*, 1996) پیشنهاد شده که در چهار مورد بهتر است از طرح کرت‌های خرد شده استفاده شود که برای یادآوری در این یادداشت به طور خلاصه آورده می‌شود.

۱- وقتی که سطوح یک فاکتور نیاز به مقدار مواد آزمایشی بیشتری نسبت به سایر فاکتورها داشته باشد. برای مثال، در آزمایش‌های مزرعه‌ای فاکتورهای طرز تهیه زمین و کود نیتروژن هردو معمولاً نیاز به واحدهای آزمایشی (کرت‌ها) بزرگ دارند. در حالی که فاکتور رقم نیاز به کرت‌های کوچک‌تری دارد.

۲- زمانی که بخواهیم با هزینه کم دید آزمایش را وسیع‌تر کنیم. برای مثال، اگر هدف اصلی آزمایش مقایسه چندین ماده شیمیایی ضدعفونی بذر برای جلوگیری از بیماری خاصی باشد می‌توانیم با استفاده از چندین رقم که از نظر مقاومت به بیماری ارزشیابی شده‌اند دید آزمایش را وسیع‌تر کنیم. در این مورد ارقام در کرت‌های اصلی و بذرها ضدعفونی شده ارقام در کرت‌های خرد شده یا فرعی قرار می‌گیرد.

۳- در مواقعی که با توجه به اطلاعات قبلی بدانیم سطوح یک فاکتور تفاوت‌های بیشتری نشان خواهد داد تا سطوح فاکتور دیگر. در این مواقع برای ساده‌تر کردن اجرای آزمایش و از نظر آماری فاکتوری را که انتظار می‌رود سطوح آن تفاوت‌های بیشتری نشان دهد در کرت‌های اصلی و فاکتور دیگر در کرت‌های خرد شده یا فرعی قرار می‌گیرد. برای مثال، بررسی واکنش چندین ژنوتیپ انتخابی در یک برنامه به‌نژادی به سطوح مختلف کود نیتروژن را در نظر بگیرید. معمولاً، تفاوت بین ژنوتیپ‌های انتخاب شده در این مورد کمتر از تفاوت بین سطوح کود نیتروژن است.

۴- وقتی از طرح کرت‌های خرد شده استفاده می‌شود که بخواهیم دقت بیشتری برای آزمایش سطوح یک فاکتور نسبت به فاکتور دیگر داشته باشیم. برای مثال، دقت بیشتری برای مقایسه علف‌های هرز و واکنش آنها به چند ماده شیمیایی علف‌کش لازم است تا مقایسه علف‌کش‌ها با فرمول‌های شیمیایی مختلف.

مورد دیگری که می‌توان از طرح کرت‌های خرد شده استفاده کرد، اضافه کردن فاکتور جدید به آزمایشی است که در حال اجرا می‌باشد که برای گیاهان چند ساله مانند درختان و یا یونجه کاربرد دارد. برای مثال، اگر در آزمایشی چندین رقم سیب مقایسه می‌شوند در سال دوم و یا سوم می‌توان از چند ماده شیمیایی دفع آفات سیب به عنوان کرت‌های خرد شده استفاده و اثر آنها را بررسی کرد.

اهمیت کرت‌های خرد شده وقتی مشخص

می‌شود که تاریخ کاشت یکی از فاکتورهای آزمایش باشد. برای مثال، اگر بخواهیم ۵ رقم گندم در ۴ تاریخ کاشت وبا ۳ تکرار مقایسه شود. چنانچه این آزمایش در طرح فاکتوریال اجرا شود، آمار کسب شده موثق نخواهد بود و نتایج گرفته شده اعتبار علمی نخواهد داشت.

قبل از اینکه به ایراد این آزمایش در طرح فاکتوریال بپردازم، لازم است بلوک‌بندی و شرایط کرت‌های داخل یک بلوک را شرح دهم. باید تذکر دهم که بعضی از مطالبی که یادآوری خواهم کرد در هیچ کتاب آماری ممکن است نوشته نشده باشد، بلکه با توجه به دانش آماری من و تجربیات چندین دهه تدریس آمار در سطوح مختلف و تجربه کار بر روی طرح‌های آماری در مزرعه ، گلخانه و آزمایشگاه است که هنوز هم ادامه دارد و در این جا آورده می‌شود.

بلوک‌بندی وقتی انجام می‌شود که یک فاکتور شناخته شده خارجی در محل آزمایش یا مزرعه مانند شیب مزرعه، شوری خاک، حاصلخیزی خاک ، وزش بادهای موسمی در یک جهت، قرار گرفتن قطعه زمین آزمایش در کنار جاده، مسیر هوای خنک در گلخانه و غیره وجود داشته باشد. در چنین مواقعی از بلوک‌بندی استفاده می‌شود تا بتوانیم اثر این فاکتور یا عامل شناخته شده خارجی را از اثر فاکتور آزمایشی تفکیک کرده و بدین ترتیب دقت آزمایش را افزایش دهیم. وقتی بلوک‌بندی صحیح و بازدهی خواهد داشت که واحدهای آزمایش یا کرت‌های داخل یک بلوک شبیه یا تقریباً شبیه هم از نظر شرایط محیطی باشند و تفاوت بین بلوک‌های آزمایش حداکثر باشد. هر گونه فعالیتی که سبب افزایش تغییرات بین کرت‌های داخل یک بلوک شود اثرهایی را ایجاد می‌کند که با آثار رفتارهای آزمایشی ادغام شده و بدین ترتیب داده‌های بدست آمده از آزمایش موثق نخواهد بود. برای مثال، حتی اگر سایه‌ی درختان بادشکن در زمانی از روز روی قسمتی از یک بلوک بیافتد، بعضی رفتارها (کرت‌ها) در معرض نور آفتاب و بعضی دیگر زیر سایه خواهند بود و بدین ترتیب اثر سایه و تفاوت بین رفتارها ادغام خواهد شد.

با توجه به این توضیحات به مثال ۵ رقم گندم و ۴ تاریخ کاشت با ۳ تکراردر طرح فاکتوریال و ایرادهای آن می‌پردازیم. در این مثال یا آزمایش ۲۰ رفتار خواهیم داشت (۲۰ = ۴ تاریخ کاشت × ۵ رقم). بدین ترتیب هر بلوک آزمایش شامل ۲۰ کرت آزمایشی است که در هر تاریخ کاشت ۵ تا از این ۲۰ کرت به طور تصادفی کشت می‌شوند.

تصور کنید که به طور تصادفی در تاریخ کاشت اول کرت شماره ۱ و کرت‌های شماره ۷، ۸، ۹ و ۱۷ با پنج رقم کشت شوند. شرایط کانوپی ارقامی که در سه کرت مجاور هم تشکیل خواهد شد (کرتهای ۷، ۸ و ۹) با شرایط کانوپی کرت ۱ و ۱۷ فرق خواهند کرد به ویژه اگر تا تاریخ کاشت آخر کرت‌های شماره ۲، ۱۶ و ۱۸کشت نشوند. در کانوپی سه کرت کنار

هم رطوبت هوا بیشتر، حرارت و نفوذ نور خورشید کمتر و احتمال رشد بیماری‌ها بیشتر است. اگر در طول آزمایش بارندگی باشد، میزان نفوذ آب در سه کرت مجاور هم و احیانا کرت‌های اطراف آن‌ها بیشتر خواهد بود. اثر این تفاوت‌های داخل بلوک به علت استفاده از طرح فاکتوریال با اثر رقم ادغام خواهد شد و آمار کسب شده موثق نخواهد بود و نتیجه‌گیری ارزش علمی نخواهد داشت.

من همیشه در تدریس دروس آماری به دانشجویان یادآوری کرده‌ام که علوم آماری بر اساس منطق نهاده شده است. وقتی می‌خواهیم چند رقم یا واریته را مقایسه کنیم بهتر است این ارقام یا واریته‌ها کنار هم بطور تصادفی کشت شوند تا شرایط محیط کشت تا آنجایی که ممکن است یکنواخت باشد. توصیه من برای آزمایش تاریخ کاشت؛ سایر فاکتورها استفاده از طرح کرت‌های خرد شده با قرار دادن تاریخ کاشت در کرت‌های اصلی بوده است.

در طرح کرت‌های خرد شده، هر کرت اصلی یک بلوک کامل برای فاکتور کرت‌های خرد شده است. در نتیجه، تعداد تکرارها برای کرت‌های اصلی کمتر از تکرارهای کرت‌های خرد شده یا فرعی است. بنابر این از نظر آماری دقت آزمایش کرت‌های خرد شده بیشتر از دقت کرت‌های اصلی است. اگر طرح کرت‌های خرد شده شامل دو فاکتور باشد، دو اشتباه آزمایشی خواهیم داشت، یکی برای آزمون فاکتوری که در کرت‌های اصلی و دیگری برای آزمون فاکتوری که در کرت‌های خرد شده قرار گرفته است. چون درجه آزادی کرت‌های اصلی کمتر از درجه آزادی کرت‌های فرعی است. آزمون اولی دقت کمتری نسبت به آزمون دومی دارد. در طرح کرت‌های خرد شده اشتباه آزمایش کرت‌های خرد شده برای آزمون اثرهای متقابل فاکتور ها بکار برده می‌شود. در این جا باید اشاره کنم که در آزمایش تاریخ کشت، اثرحاشیه هیچ نقشی در ارجحیت استفاده از طرح کرت‌های خرد شده بر طرح فاکتوریال ندارد زیرا با افزایش تعداد خطوط حاشیه می‌توان اثر حاشیه را به حداقل رساند.

چندین ایراد به طرح کرت‌های خرد شده گرفته شده است که در زیر به آنها خواهم پرداخت:

۱- ادغام اثرهای فاکتور اصلی و متقابل از نظر آماری. اگر به امید ریاضی میانگین مجذورات طرح کرت‌های خرد شده نگاه کنیم [صفحه ۴۲۳ کتاب استیل و همکاران (Steel *et al*., 1996) و سایر کتابهای آماری] سه مدل آماری برای طرح‌های آماری از جمله طرح کرت‌های خرد شده در نظر گرفته شده است: مدل I باآثار ثابت، مدل II با آثار تصادفی و مدل مخلوط III (یک فاکتور با آثار ثابت و دیگری با آثار تصادفی). در مدل I آثار فاکتورها ثابت هستند زیرا پژوهشگر سطوح مختلف فاکتورها را انتخاب می‌کند و در مدل II آثار فاکتورها تصادفی هستند زیرا سطوح

مختلف فاکتورها به طور تصادفی از میان کلیه سطوح ممکنه انتخاب می‌شود که می‌توان گفت هیچ وقت چنین عملی انجام نمی‌گیرد. تنها فاکتور سال است که در تجزیه واریانس مرکب دو یا چند ساله فاکتور سال تصادفی در نظر گرفته می‌شود که حتی دو یا سه سال متوالی نمی‌تواند نمونه تصادفی از سال‌های آینده باشد. در مدل III، حداقل یکی از فاکتورها با آثار تصادفی در نظر گرفته می‌شود. با این توضیحات اگر به امید ریاضی میانگین مجذورات توجه کنیم، فقط در مدل آثار تصادفی و آثار مخلوط است که اثر کرت‌های اصلی با اثرهای متقابل از نظر آماری ادغام می‌شود. در مدل اثر ثابت که می‌توان گفت در آزمایش‌های مزرعه‌ای همیشه صادق است چنین ادغامی وجود ندارد. شاید به همین دلیل کالنیز وسینی (Collins and Seeney, 1999) در کتاب کاربردی مفید خود فقط مدل ثابت را مورد توجه قرار داده‌اند.

۲- ادغام اثر فاکتور اصلی و اثر متقابل از نظر اجرایی. همانطوریکه در تعریف بلوک کامل تصادفی اشاره کردیم، شرایط محیطی داخل یک بلوک برای کرت‌های اصلی باید تا آن جاییکه امکان دارد یکنواخت یا مشابه باشد. اگر مساحت هر کرت اصلی زیاد باشد (بحث خصوصیات فاکتور اصلی و یا زیاد بودن تعداد کرت‌های خرد شده یا فرعی در هر کرت اصلی) احتمال ادغام شدن اثر فاکتور اصلی با تفاوت داخل بلوک (غیر یکنواختی خاک) وجود دارد و در نتیجه داده‌های کسب شده ممکن است از نظر آماری موثق نباشد. در طرح کرت‌های خرد شده یا هر طرح دیگری باید تعداد فاکتورها و مساحت کرت‌های مختلف با توجه به شرایط محیطی و مواد آزمایشی با دقت مورد توجه پژوهشگر باشد تا مشکلی از نظر آماری و اجرایی پیش نیاید.

۳- مورد دیگری که به آن اشاره می‌کنند اطلاق نام طرح «انسان‌های تنبل» به طرح کرت‌های خرد شده است که در یکی از کتاب‌های خارجی نوشته شده است . منظور از این نامگذاری استفاده از طرح کرت‌های خرد شده به جای طرح فاکتوریال است که ظاهراً اجرای دومی به آسانی طرح اولی نیست. به عقیده من اگر پژوهشگر بادر نظر گرفتن تمام شرایط آزمایش از جمله هدف‌های اصلی و فرعی، مشخصات و خصوصیات عوامل مورد بررسی مانند تاریخ کاشت، کود نیتروژن، میزان آبیاری، تراکم کشت، عمق شخم، واریته و غیره و درجه آزادی اشتباهات آزمایشی، هزینه اجرای آزمایش، شناخت کشت یا کشت‌های قبلی در قطعه زمین محل آزمایش در مزرعه و بالاخره داشتن کادر فنی جهت پیاده کردن و داشت آزمایش می‌تواند از طرح کرت‌های خرد شده که اجرای آن آسانتر از طرح فاکتوریال است استفاده کند، چنین استفاده‌ای را من استفاده هوشمندانه از طرح کرت‌های خرد شده میدانم.

برای مثال، اگر هدف اصلی از آزمایش

بررسی واکنش چندین واریته یا رقم گندم به سطوح مختلف کود نیتروژن باشد. من طرح کرت‌های خرد شده باکود نیتروژن در کرت‌های اصلی و ارقام در کرت‌های خرد شده را به طرح فاکتوریال به سه دلیل ترجیح می‌دهم.

اول) هدف اصلی مطالعه اثر متقابل است که با دقت کافی در طرح کرت‌های خرد شده آزمایش می‌شود ، بشرط اینکه درجه آزادی کافی برای اشتباه کرت‌های اصلی باشد که معمولاً بین ۶ تا ۱۰ است.

دوم) چون کود نیتروژن سریعاً در آب آبیاری یا باران حل می‌شود، احتمال نفوذ این کود از کرتی به کرت دیگر به ویژه از کرت حداکثر کود به کرت‌های مجاور با حداقل کود در طرح فاکتوریال بیشتر از طرح کرت‌های خرد شده است، حتی اگر از خطوط حاشیه استفاده کنیم. رعایت احتیاط در این موارد بهتر از قبول کردن ریسک فرضی عدم تداخل سطوح مختلف کود است.

سوم) هزینه اجرایی طرح کرت‌های خرد شده کمتر از طرح فاکتوریال و اجرای آن آسانتر است.

در کتاب پیترسن (Petersen, 1994) که توسط آقای دکتر تقی آساد (انتشارات دانشگاه شیراز) ترجمه شده است توصیه شده که وقتی آزمایش شامل تاریخ کاشت باشد آسانتر است که تمام کرت‌هایی که باید در یک زمان (تاریخ کاشت) کشت شوند در کنار هم قرار داده شوند و در نتیجه از طرح کرت‌های خرد شده با قرار دادن فاکتور تاریخ کاشت در کرت‌های اصلی استفاده شود. در این کتاب اشاره نشده است که اگر تاریخ کاشت با سایر فاکتورها در یک طرح فاکتوریال بررسی شود چه مشکلاتی پیش خواهد آمد که من قبلاً به آن اشاره کردم.

۴- ایراد دیگری که به طرح کرت‌های خرد شده گرفته‌اند اشاره به بعضی از آزمایش‌های کرت‌های خرد شده است که در آنها اشتباه آزمایشی کرت‌های اصلی بمراتب بیشتر از اشتباه آزمایش کرت‌های خرد شده بوده و در نتیجه تفاوت بین سطوح فاکتورکرت‌های اصلی معنی‌دار نشده است. در طرح کرت‌های خرد شده با توجه به بزرگ‌تر بودن کرت‌های اصلی از کرت‌های فرعی و در نتیجه غیر یکنواختی بیشتر و همچنین تکرار کمتر معمولاً اشتباه آزمایشی کرت‌های اصلی بیشتر ازاشتباه آزمایشی کرت‌های فرعی است. چنانچه پژوهشگر در انتخاب قطعه زمین و انتخاب سطوح فاکتور اصلی و یا تعداد تکرار کافی بی دقتی کند و مقدار اشتباه آزمایش کرت‌های اصلی بمراتب زیاد تر از اشتباه کرت‌های فرعی شود مقصر طرح کرت‌های خرد شده نیست.

۵- ایراد دیگری که به آن اشاره شده است مشکل‌تر بودن محاسبات آماری و مقایسات مربوط در طرح کرت‌های خرد شده نسبت به طرح فاکتوریال است که این موضوع با وجود نرم‌افزارهای کامپیوتری طرح‌های آماری منتفی

است.

برای تاکید دوباره اشاره‌ای می‌شود به آزمایشی که در یکی از دانشگاه‌های ایران انجام شده است. در این بررسی هدف اصلی اندازه‌گیری اثر تنش دمای هوا روی تغییرات ژنوتیپی عملکرد دانه و اثر متقابل آن با ژنوتیپ بوده است. در این گونه بررسی‌ها معمولاً تعدادی رقم یا واریته و یا بطور کلی ژنوتیپ مختلف از جمله ارقام استاندارد منطقه توسط پژوهشگران انتخاب می‌شود. بنابراین انتظار می‌رود تفاوت بین ژنوتیپ‌ها معنی‌دار شود. پژوهشگران با به تعویق انداختن تاریخ کاشت ژنوتیپ‌ها را در معرض تنش دمای هوا قرار می‌دهند. انتظار می‌رود بین تاریخ کاشت مناسب و تاریخ‌های کاشت دیر تفاوت‌های معنی‌داری مشاهده شود، زیرا دمای بیش از حد سبب کاهش آسیمیلاسیون جاری می‌شود و در نتیجه عملکرد دانه تقلیل می‌یابد.

مناسب‌ترین طرح آماری برای این بررسی طرح کرت‌های خرد شده با قرار دادن تاریخ کاشت در کرت‌های اصلی است. متاسفانه دراین بررسی از طرح فاکتوریال استفاده شد. در طرح فاکتوریال چند ژنوتیپ بطور تصادفی ممکن است در کرت‌های مجاور و تعدادی دیگر در کرت‌های جدا افتاده در یک بلوک قرار گیرند. در نتیجه ژنوتیپ‌هایی که در مجاور هم قرار می‌گیرند دارای کانوپی خنک‌تری نسبت به کرت‌های جدا افتاده خواهند داشت و بدین ترتیب از میزان فتوسنتز بیشتری برخوردار خواهند شد. در نتیجه تغییرات داخل بلوک که ناشی از استفاده از طرح فاکتوریال است با تفاوت بین ژنوتیپ‌ها ادغام و آمار کسب شده دارای ارزش علمی نخواهد بود.

در هر آزمایش یا بررسی خصوصیات فاکتورهای مورد بررسی، اهمیت نسبی آنها، هدف‌های بررسی، شرایط محیطی محل آزمایش و انتخاب طرح آماری مناسب باید مورد تفکر وتوجه کافی قرار گیرد تا پس از پایان آزمایش داده‌های کسب شده از نظر آماری مورد قبول واقع شود.

نکته دیگری که اهمیت دارد و باید به آن اشاره شود استفاده از کرت‌های خرد شده در مواردی است که بهتر است از طرح فاکتوریال استفاده شود. برای مثال، اگر در آزمایشی دو فاکتور ژنوتیپ و فاصله بوته‌های روی خطوط کشت مورد بررسی باشد از نظر آماری بهتراست از طرح فاکتوریال استفاده شود. در اینصورت، آزمون اثر اصلی هر فاکتور و اثرهای متقابل فاکتورها دارای اطمینان آماری یکسانی هستند و نسبت به آزمون‌های طرح کرت‌های خردشده ارجحیت دارند.

بطور خلاصه، هر دو طرح کرت‌های خرد شده و فاکتوریال از اعتبار یکسانی برخوردار هستند. مشخصات آماری این دو طرح و شرایط استفاده از هر کدام در کتاب‌های متعدد آماری به کرات ذکر شده است. پژوهشگر باید با توجه به هدف‌های بررسی و شناخت فاکتورها و

شرایط آزمایش یکی از این دو طرح را که مناسب‌تر است انتخاب کند. چون ممکن است انتخاب طرح چندان ساده نباشد، توصیه می‌شود پژوهشگر با اشخاصی که از نظر دانش آماری و تجربه کافی در کاربرد طرح آماری سابقه دارند مشورت کند تا در خاتمه آزمایش آمار کسب شده موثق بوده و بتواند پاسخ گوی سوالات مطرح شده در هدف‌های بررسی باشد.

سپاسگزاری

از آقای دکتر محمد مقدم استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز به خاطر نکته نظرات ایشان در تهیه یادداشت صمیمانه سپاسگزاری می‌شود.

References

Collins, C., and Seeney, F. M. 1999. Statistical Experiment Design and Interpretation: An Introduction with Agricultural Examples. John Wiley & Sons, Inc., New York, NY, USA. 288 pp.

Petersen, R. G. 1994. Agricultural Field Experiments: Design and analysis. Marcel Dekker Inc., New York, NY, USA. 426 pp.

Steel, R. G. D., Torrie, J. H., and Dickey, D. A. 1996. Principles and procedures of statistics: A Biometrical approach. 3rd ed. McGraw Hill, Inc., New York, NY, USA. 672 pp.