بسم الله الرحمن الرحیم

طرح آزمایشات کشاورزی

سری کتاب‌های کمک آموزشی کارشناسی ارشد

مجموعه کشاورزی

مؤلف:

سروه فتحی

سرشناسه	: فتحی، سروه
عنوان	:طرح آزمایشات کشاورزی
مشخصات نشر	:تهران: مشاوران صعود ماهان، ۱۴۰۱
مشخصات ظاهری	: ۱۶۱ص
فروست	:سری کتاب‌های کمک آموزشی کارشناسی ارشد
شابک	: ۰- ۰۳۵- ۳۸۹- ۶۰۰- ۹۷۸
وضعیت فهرست نویسی	:فیپای مختصر
یادداشت	: این مدرک در آدرس http://opac.nlai.ir قابل دسترسی است.

کتاب:..**طرح آزمایشات کشاورزی**

مدیر مسئول:............................. **هادی سیاری، مجید سیاری**

مولف:... **سروه فتحی**

ناشر:...**مشاوران صعود ماهان**

مدیر تولید محتوا:.. **سمیه بیگی**

نوبت و تاریخ چاپ: ....**اول/ ۱۴۰۱**

تیراژ:... **۱۰۰۰ جلد**

قیمت:..**۲/۱۰۰/۰۰۰ریال**

شابک:... **ISBN:۹۷۸ -۶۰۰ -۳۸۹ -۰۳۵ -۰**

انتشـــارات مشاوران صعود ماهان: خیابان ولیعصر، بالاتر از تقـاطع مطهری،
روبروی قنادی هتل بزرگ تهـــران، جنب بانک ملی، پلاک ۲۰۵۰
تلفن: ۴- ۸۸۱۰۰۱۱۳

سخن ناشر

«ن والقلم و ما یسطرون»

کلمه نزد خدا بود و خدا آن را با قلم بر ما نازل کرد.

به پاس تشکر از چنین موهبت الهی، مؤسسه ماهان درصدد برآمده است تا در راستای انتقال دانش و مفاهیم با کمک اساتید مجرب و مجموعه کتب آموزشی خود برای شما داوطلبان ادامه تحصیل در مقطع کارشناسی ارشد، گام مؤثری بردارد. امید است تلاش‌های خدمتگزاران شما در این مؤسسه پایه‌گذار گام‌های بلند فردای شما باشد.

مجموعه کتاب‌های کمک آموزشی ماهان به‌منظور استفاده داوطلبان کنکور کارشناسی ارشد سراسری و آزاد تألیف شده‌اند. در این کتاب‌ها سعی کرده‌ایم با بهره‌گیری از تجربه اساتید بزرگ و کتب معتبر داوطلبان را از مطالعه کتاب‌های متعدد در هر درس بی‌نیاز کنیم.

دیگر تألیفات ماهان برای سایر دانشجویان به‌صورت ذیل است.

● مجموعه کتاب‌های ۸ آزمون: شامل ۵ مرحله کنکور کارشناسی ارشد ۵ سال اخیر به همراه ۳ مرحله آزمون تألیفی ماهان همراه با پاسخ تشریحی می‌باشد که برای آشنایی با نمونه سوالات کنکور طراحی شده است. این مجموعه کتاب‌ها با توجه به تحلیل ۳ ساله اخیر کنکور و بودجه‌بندی مباحث در هریک از دروس، اطلاعات مناسبی جهت برنامه‌ریزی درسی در اختیار دانشجو قرار می‌دهد.

● مجموعه کتاب‌های کوچک: شامل کلیه نکات کاربردی در گرایش‌های مختلف کنکور کارشناسی ارشد می‌باشد که برای دانشجویان جهت جمع‌بندی مباحث در ۲ ماهه آخر قبل از کنکور مفید است.

بدین‌وسیله از مجموعه اساتید، مولفأن و همکاران محترم خانواده بزرگ ماهان که در تولید و به‌روزرسانی تالیفات ماهان نقش مؤثری داشته‌اند، صمیمانه تقدیر و تشکر می‌نماییم.

دانشجویان عزیز و اساتید محترم می‌توانند هرگونه انتقاد و پیشنهاد درخصوص تالیفات ماهان را از طریق سایت ماهان به آدرس mahan.ac.ir با ما در میان بگذارند.

مؤسسه آموزش عالی آزاد ماهان

فهرست مطالب

فصل اول

اصول و اصطلاحات اولیه در طرح کشاورزی

عناوین اصلی

❖ خطاهای آزمایشی

❖ اندازه وشکل واحدهای آزمایشی

❖ فرضیات طرح های آزمایشی

❖ فرضیه در تجزیه واریانس طرح های آزمایشی

❖ تخمین تعداد تکرار در آزمایش

❖ اثر حاشیه ای

فصل اول

اصول و اصطلاحات اولیه در طرح‌های آزمایشی

در ابتدا قبل از ارائه اصول اصلی در طرح‌های آزمایشی لازم است که با برخی مفاهیم و اصطلاحات اولیه آشنایی کلی پیدا کنیم زیرا این مفاهیم در درک سوالات نقش اساسی را دارند.

آزمایش: یک عمل طرح ریزی شده است که برای رد یا قبول یک فرض یا کشف واقعیتی روی تعدادی فرد انجام می‌گیرد.

فرد: کلمه فرد جامعیت دارد و به کوچکترین واحدی که مورد اندازه‌گیری و بررسی قرار می‌گیرد مانند یک انسان، یک دام، قطعه-ای از برگ، یک سلول، بسته‌ای از کالای خاص، قطعه‌ای زمین با ابعاد معین و غیره گفته می‌شود.

جامعه: به مجموعه‌ای از افراد که حداقل دارای یک وجه مشترک باشند گفته می‌شود. در واقع هدف مطالعه وجه‌های مشترک در بین افراد جامعه است.

نمونه: بخشی از جامعه که معرف آن باشد. نمونه باید دربرگیرنده تمامی جنبه‌های جامعه باشد و با ارزیابی آن به جامعه برسیم بدین منظور باید دارای یک سری ویژگی‌هایی باشد: ۱) تصادفی باشد، ۲- تعداد مناسب داشته باشد.

شاخص‌های آماری: کمیت‌هائی هستند که مشخصات (میانگین، واریانس،...) جامعه یا نمونه را نشان می‌دهند. شاخص‌های جامعه را «پارامتر» می‌نامند که ثابت و شناخته شده هستند، شاخص‌های نمونه را «آماره» می‌نامند که متغییر و ناشناخته می‌باشند.

علم آمار: علم کاربرد روش‌ها و تکنیک‌های گوناگون برای جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات، تجزیه و تحلیل آنها و اخذ نتایج قابل اعتماد از این تجزیه‌ها می‌باشد.

طرح‌های آزمایشی: الگوهای هستند که برای انجام آزمایش‌ها به منظور بدست آوردن اطلاعات دقیق و صحیح درباره عوامل مورد مطالعه به کار می‌روند.

تیمار: هر یک از عواملی که اثر آنها در آزمایش مورد مطالعه قرار می‌گیرند.

ماده آزمایشی: مقایسه اثرات بین تیمارها به کمک وسیله یا موجودی انجام می‌گیرد، موجود یا وسیله مورد نظر را ماده آزمایشی می‌نامند که باید همگن و یکنواخت بوده و نمونه تصادفی از جامعه باشد تا نتایج برای کل جامعه قابل تعمیم گردد. افراد یا اعضای جامعه یا نمونه ماده آزمایشی را تشکیل می‌دهند.

واحد آزمایشی (کرت یا پلات): قسمتی از ماده آزمایشی است که یک تکرار از یک تیمار یا یک تیمار در یک تکرار به آن تعلق می‌گیرد. یکنواختی شکل و اندازه واحدهای آزمایشی در افزایش دقت آزمایش بسیار مؤثر است.

بلوک: گروهی از واحدهای آزمایشی یا تیمارهای مختلف که تحت شرایط مشابهی تشکیل شده باشند، را بلوک می‌نامند.

تکرار: به تعداد دفعاتی که یک تیمار در آزمایش ظاهر می‌شود تکرار اطلاق می‌شود.

ضریب تغییرات (CV): ضریب تغییرات بر حسب تعریف برابر $\frac{S}{\bar{x}}\times ۱۰۰$ است. ضریب تغییرات که درصد تغییرات نسبت به میانگین کل مشاهدات را نشان می‌دهد بدون واحد است. از ضریب تغییرات برای تعیین دقت آزمایش یا مقایسه طرح‌های مختلف

استفاده می‌شود. اصولاً هر چه ضریب تغییرات یک طرح کمتر باشد، دقت آن طرح بیشتر است. مقدار ضریب تغییرات به ماهیت آزمایش و نوع صفت مورد اندازه‌گیری بستگی دارد.

$$\frac{\sqrt{MSE}}{\bar{x}} \times ۱۰۰$$

خطاهای آزمایشی

عواملی غیر قابل کنترل و پیش‌بینی نشده هستند که موجب تنوع و پراکندگی مشاهدات آزمایشی می‌شوند. عوامل بسیار زیادی باعث بروز خطاهای آزمایشی می‌شوند اما به طور کلی به سه دسته تقسیم می‌شوند:

الف) اختلافات بین واحدهای آزمایشی قبل از اعمال تیمارها

ب) عدم یکسانی شرایط آزمایش برای واحدهای آزمایشی

ج) خطاهای یادداشت برداری و نمونه‌برداری و غیره

فیشر و همکارانش که تئوری، کاربرد و اصول کلی طرح‌های آزمایشی را پایه‌گذاری کرده‌اند برای انجام آزمایش و کاهش خطاهای آزمایشی اصول زیر را پیشنهاد می‌کنند:

الف) انتساب تصادفی تیمارها به واحدهای آزمایشی.

ب) منظور کردن تکرار در آزمایش.

ج) کنترل خطای آزمایشی.

باید توجه داشت که خطاهای آزمایشی باید دارای توزیع نرمال با میانگین صفر و واریانس $\sigma_E^۲$ باشند. از بین دو آزمایش مشابه، آزمایشی که $\sigma_E^۲$ کوچک‌تری دارد دقت بیشتری دارد. برای کم کردن مقدار واریانس خطای آزمایشی می‌توان از مواد آزمایشی مشابه یا همگن، تعداد تکرار زیاد و طرح مناسب برای آزمایش استفاده کرد.

اندازه و شکل واحدهای آزمایشی

به عنوان یک اصل، واحدهای آزمایشی بزرگ‌تر نسبت به واحدهای آزمایشی کوچک‌تر، تنوع کمتری نشان می‌دهند، بنابراین با افزایش اندازه واحدهای آزمایشی، اغلب می توان تعداد تکرار کمتری را بکار برد. در آزمایشات مزرعه‌ای، اندازه و شکل واحد آزمایشی یا کرت و نیز اندازه بلوک کامل یا ناقص از نظر دقت آزمایش بسیار مؤثر هستند. در واقع بیشترین دقت زمانی حاصل می‌شود که واحدهای آزمایشی متمایل باشند و توصیه می‌شود که بلوک‌هایی که برای آزمایش تعیین می‌شود، خواه کامل یا ناقص، به صورت مربع باشند. زمانی که بلوک‌ها مربع می‌باشند، اختلاف بین بلوک‌ها بیشتر و استفاده از آن‌ها بسیار مؤثر خواهد بود، زیرا پراکندگی موجود بهتر تفکیک می‌گردد و دقت مقایسه تیمارها بیشتر می‌شود. باید بلوک‌ها را عمود بر جهت تغییر حاصلخیزی و کرت‌های داخل بلوک را به موازات تغییر حاصلخیزی قرار داد.

فرضیات طرح‌های آزمایشی

فرض های تحقیق بیان حدس و پندار محقق درباره نتیجه تحقیق است. در طرح های آزمایشی با دو نوع فرض صفر«$H_۰$» و یک «H_1» مواجه هستیم و با انجام آزمایش در پی رد یا پذیرفتن فرض صفر«$H_۰$» با یک میزان اشتباه قابل پذیرش که سطح معنی‌دار بودن آزمون نامیده می‌شود، هستیم. در صورت رد فرض صفر فرض یک مورد قبول واقع می شود. براساس صحت فرض صفر دو نوع اشتباه در آزمایشات بوجود می‌آید.

اشتباه نوع اول: این نوع اشتباه در صورتی روی می‌دهد که فرض صفر صحیح را رد نمائیم. ارتکاب اشتباه نوع اول به عنوان سطح معنی دار بودن آزمون «α» می نامند و در اکثر تحقیقات با ۵ و۱ درصد تعیین می‌گردد. در واقع یعنی احتمال رد کردن فرض صفر صحیح حداکثر ۱ و ۵ درصد است.

اشتباه نوع دوم: عبارتست از این که فرض صفر نادرست را به اشتباه قبول کنیم این اشتباه را با «β» نشان می دهند.

فرضیات در تجزیه واریانس طرح‌های آزمایشی

تجزیه واریانس برای مدل‌های مختلف طرح‌های آزمایشی مبتنی بر صادق بودن فرضیاتی است که اگر برقرار نباشند، تجزیه واریانس اعتبار لازم را نخواهد داشت. این مفروضات به دو گروه مجزا قابل تفکیک می‌باشد. اولین مورد این‌که باید مشاهدات یا خصوصیت مورد بررسی دارای توزیع نرمال باشند. دوم این‌که باید چهار فرض اساسی در استفاده از تجزیه واریانس برقرار باشد:

۱) خطاهای آزمایشی در تکرارهای مختلف یک تیمار مستقل باشند.

۲- خطاها دارای توزیع نرمال باشند.

۳- خطاها دارای واریانس مساوی باشند.

۴- اثر تیمارها و محیط به صورت جمع‌پذیر (افزایشی) باشد (بسته به نوع طرح در طرح بلوک، محیط همان بلوک است و در مربع لاتین، محیط شامل ستون و ردیف می‌باشد. به عبارت دیگر اثر متقابلی بین تیمار و بلوک یا تیمار و ستون و ردیف وجود نداشته باشد).

شایان ذکر است که وجود همبستگی بین خطاهای آزمایشی تکرارهای مختلف یک تیمار در اثر روش کار افرادی که کارهای یادداشت برداری را انجام می‌دهند یا در نتیجه تفاوت بین مواد خام مصرف شده در تیمارهای مختلف حاصل می‌شود. همچنین وضعیت جمع‌پذیری بین اثرات تیمار و بلوک در صورتی صادق است که یک تیمار در تکرارهای (بلوک‌های) مختلف به یک اندازه از تیمار دیگر فاصله داشته باشد و در آزمون برابری واریانس خطاهای آزمایشی در صورتی که دو گروه را مقایسه کنیم، از آزمون F و برای که بیش از دو گروه از آزمونهای Hartley F_{max}، Bartletes و Levene استفاده می‌کنیم.

در صورت صادق نبودن یکی از فرضیات می‌توان برای تجزیه آماری داده‌ها، از روش‌های غیرپارامتری استفاده کرد یا می‌توان تبدیل داده‌ها و تغییر وضعیت آن‌ها این مشکل را برطرف کرد.

برای تثبیت و نرمال کردن واریانس، تبدیل‌های متعددی مورد استفاده قرار می‌گیرند. سه نوع تبدیل که بیشتر استفاده می‌شوند عبارتند از:

الف- تبدیل ریشه دوم یا رادیکالی

۱- مقدار P در آزمون توکی برابر با یک دوم یا نزدیک به آن باشد.

۲- چنانچه داده‌های آزمایشی دارای توزیع پویسون باشند.

۳- برای داده‌های شمارشی که در آن‌ها واریانس هر تیمار متناسب با میانگین آن است.

۴- درصدهایی که از شمارش به دست آمده‌اند و مخرج آن‌ها یکی است، در صورتی که بین صفر تا ۲۰ درصد یا بین ۸۰ تا ۱۰۰ درصد باشند (ولی نه هر دو).

۵- چنان چه میانگین و واریانس هر تیمار با هم برابر یا متناسب باشند.

هنگامی که بعضی از داده‌ها برابر با صفر باشند، از تبدیل $\sqrt{x+۰.۵}$ استفاده می‌شود. پس از تبدیل داده‌ها، تمام محاسبات آماری و مقایسه میانگین‌ها با داده‌های تبدیل شده انجام می‌شود و سپس برای یافتن میانگین‌های واقعی می‌توان میانگین‌های حاصل از داده‌های تبدیل شده را مجذور کرد.

ب- تبدیل لگاریتمی

۱) مقدار P در آزمون توکی برابر با صفر یا نزدیک به آن باشد.

۲- هنگامی که انحراف معیار هر تیمار متناسب با میانگین آن باشد یا به عبارت دیگر ضریب تغییرات تیمارها ثابت باشد.

هرگاه بعضی از مشاهدات صفر باشند، به هر کدام یک واحد اضافه شده $(x+۱)$ و سپس عمل تبدیل انجام می‌شود. اگر به میانگین تیمارهای تبدیل شده در مقیاس اصلی نیاز باشد کافی است که آنتی‌لگاریتم محاسبه گردد.

ج- تبدیل زاویه‌ای

این نوع تبدیل هنگامی به کار می‌رود که مشاهدات دارای توزیع دو جمله‌ای باشند. در مواردی که داده‌ها به صورت نسبت یا درصد باشند، دارای توزیع دو جمله‌ای خواهند بود. چنان‌چه مشاهدات بین ۳۰ و ۷۰ درصد یا حتی بین ۲۰ و ۸۰ درصد باشند، این نوع تبدیل لازم نیست و داده‌های اصلی را مورد تجزیه آماری قرار می‌دهند.

تبدیل زاویه‌ای زمانی مناسب است که درصدها نماینده کمتر از ۱۰۰ مشاهده در هر کرت باشند، به عبارت دیگر زمانی که صورت کسر کمتر از ۱۰۰ باشد. ولی اگر درصدها بر اساس تعداد زیادی مشاهده باشند تجزیه واریانس با همان داده‌های اصلی خالی از اشکال خواهد بود.

تخمین تعداد تکرار در آزمایش

تعداد تکرار در آزمایش به عوامل مختلفی از جمله درجه دقت مورد نیاز در آزمایش بستگی دارد. در صورتی که دقت مورد لزوم با تعداد تکرار معینی حاصل گردد نیازی به استفاده از تکرار بیشتر در آزمایش نیست. اما عوامل چندی بر درجه دقت در آزمایش تاثیر دارند از جمله ماده آزمایشی ، تعداد تیمار مورد بررسی و نوع طرح آزمایشی.

به طور کلی مؤثرترین روش افزایش دقت در آزمایش‌های مزرعه‌ای، افزایش تعداد تکرار است. اما تعداد تکرار زیاد نیز باعث افزایش خطا در آزمایش می‌شود و مناسب نیست. تعداد تکرار در یک آزمایش به عوامل متعددی بستگی دارد:

۱- مقدار اشتباه آزمایش: هر چه اشتباه آزمایش بیشتر باشد لازم است که تعداد تکرار بیشتر باشد تا اشتباه آزمایشی کمتر شود.

۲- تفاوت بین اثر دو تیمار: در صورتی که اختلاف بین تیمارها زیاد باشد مقدار MST بزرگ و F معنی‌دار خواهد بود. ولی اگر این اختلاف کم باشد، برای معنی‌دار شدن F باید MSE کوچک شود یعنی تعداد تکرارها زیاد شود.

۳- (P) یا مقدار احتمالی که به وسیله آن تفاوت بین اثر دو تیمار یعنی δ را کشف خواهیم کرد (اشتباه نوع دوم). $[2(1-p)=\beta]$

۴- α، درجه احتمالی است که در آزمایش به کار برده می‌شود.

۵- یک یا دو دامنه بودن t مربوطه، ثابت شده است:

$$r \geq \frac{2(t_0+t_1)^2 S^2}{\delta}$$

S^2 همان MSE و δ عبارت است از تفاوت بین اثر دو تیمار t_0 مقدار t مربوط به احتمال α و t_1 مقدار t مربوط به احتمال β است؛ یعنی t_1 عبارت است از مقدار t برای احتمال $2(1-P)$ است.

نقش‌های تکرار یک تیمار عبارتند از:

۱) فراهم کردن تخمینی از خطای آزمایشی.

۲- افزایش دقت آزمایش توسط کاهش دادن انحراف معیار میانگین هر تیمار $\left(S_{\bar{x}}=\frac{S}{\sqrt{n}}\right)$.

۳- افزایش حوزه استنباط آزمایش توسط انتخاب و استفاده مناسب از واحدهای آزمایشی کاملاً متنوع.

۴- کاهش واریانس خطاهای آزمایشی.

اثر حاشیه‌ای:

آزمایش های گوناگون نشان داده‌اند که تیمارها همدیگر را تحت تأثیر قرار می دهند بنابراین منظور نمودن حاشیه بین کرت های آزمایشی و راهروهای بین بلوک‌ها لازم است. با استفاده از حاشیه در آزمایش، اثرات خارجی مثبت و منفی که بر روی تیمارها اثر می‌گذارند حذف می‌شود و این کار باعث افزایش دقت در آزمایش می‌شود. ابعاد حاشیه بسته به نوع آزمایش متفاوت است و از ۰/۵ تا چند متر متغییر می‌باشد. حاشیه به صورت کشت یک ردیف گیاه خاص در بین تمامی کرتها و یا با ایجاد پشته خالی یا مقداری فاصله بین کرتهای آزمایشی ایجاد می‌شود.

فصل دوم

طرح‌های پایه در آزمایشات کشاورزی

عناوین اصلی

- طرح کاملا تصادفی
- طرح بلوک های کاملا تصادفی
- طرح مربع لاتین

فصل دوم

طرح‌های پایه در آزمایشات کشاورزی

برای اجرای یک آزمایش باید با توجه به نوع و تعداد تیمارها و نوع ماده آزمایشی و به منظور نیل به اهداف آزمایش طرح مناسبی را انتخاب نمود تا برآورد قابل قبول و نااریبی از اثر تیمارها و خطاهای آزمایشی حاصل شود. طرح‌های پایه سه نوع هستند: ۱- طرح کاملاً تصادفی(CRD)[1]، ۲- طرح بلوک‌های کاملا تصادفی(RB)[2] و ۳- طرح مربع لاتین[3]. هر نوع آزمایشی خواه به صورت تک عاملی، خواه چند عاملی،(فاکتوریل و ...) باید در قالب یکی از این طرح‌ها باشد.

۱- طرح کاملاً تصادفی(CRD)

طرح کاملاً تصادفی که طرح کرت‌های تصادفی نیز نامیده می‌شود اثر تیمارها از طریق انتساب آن‌ها به تعداد معینی واحد آزمایشی که به طور تصادفی از میان واحدهای موجود انتخاب شده‌اند، برآورد می‌گردد. در واقع تیمارها به طور کاملاً تصادفی در واحدهای آزمایشی منتسب می‌شوند. اما باید توجه داشت که واحدهای آزمایشی شرایط کاملا یکنواختی داشته باشند. در این حالت نقشه آزمایش می‌تواند به صورتی باشد که بتوان تیماری را در هر دو جهت نقشه بیش از یک بار مشاهده کرد. طرح کاملاً تصادفی برای آزمایش‌های گلخانه‌ای و آزمایشگاهی بسیار مناسب است و کاربرد این طرح در آزمایش‌های صحرایی که در آن‌ها ممکن است حاصلخیزی، بافت و ساختمان قطعات مختلف زمین یکنواخت نباشد، به طور قابل توجهی محدود می‌باشد. طرح‌های کاملاً تصادفی به دو نوع متعادل و نامتعادل تقسیم می‌شود در حالت متعادل تعداد تکرار برای هر کدام از تیمارهای آزمایشی یکسان است ولی در حالت نامتعادل تیمارها دارای تکرارهای متفاوتی هستند. همچنین هر یک از این دو نوع حالت نیز می‌توانند به صورت یک یا چند مشاهده در هر واحد آزمایشی به اجرا درآیند. به علاوه، تعداد مشاهده در هر واحد آزمایشی می‌تواند برای تمام تیمارها مساوی یا نامساوی باشد.

مزایای طرح کاملاً تصادفی

۱- محدودیتی از نظر تعداد تیمار و تکرار ندارد در واقع می‌توان تعداد زیادی تیمار و تکرار را بکار برد و انعطاف پذیری زیادی دارد.

۲- تیمارها می‌توانند دارای تکرار نامساوی باشند و طرح را به صورت نامتعادل بکار برد.

۳- تجزیه آماری در این طرح نسبت به طرح های دیگر بسیار ساده‌تر است.

۴- اگر تعدادی از مشاهدات یا واحدهای آزمایشی و حتی یک تیمار از بین بروند، تأثیر سوء چندانی در آزمایش نخواهد داشت و خللی در تجزیه آماری ایجاد نمی‌شود، از طرفی نیاز به برآورد داده گمشده نیز نیست.

معایب طرح کاملاً تصادفی

1- Completely Randomized Design

2- Randomized Complete Block Design

3- Latin Square

مهم‌ترین عیب این طرح دقت پایین آن به ویژه در آزمایش‌های بزرگ است زیرا خطاهای آزمایشی آن شامل همه تغییرات بین واحدهای آزمایشی بجز اثر مربوط به تیمارهاست.

تجزیه آماری طرح کاملاً تصادفی :

مدل آماری در طرح‌های آماری یک رابطه‌خطی است که نشان می‌دهد هر مشاهده یا داده آماری از چه اجزایی تشکیل شده است. منظور از مدل آماری یک طرح، مشخص کردن منابع تغییر در آن طرح است. منابع تغییر در طرح کاملاً تصادفی شامل یک منبع تغییر قابل کنترل تیمار و یک منبع تغییر غیر قابل کنترل خطای آزمایشی است.

مدل آماری طرح کاملاً تصادفی با یک مشاهده در هر واحد آزمایشی

$$x_{ij} = \mu + T_j + e_{ij}$$

μ: میانگین جمعیت

T_j: اثر تیمار

e_{ij}: اثر عوامل کنترل نشده یا خطای آزمایشی

جدول تجزیه واریانس طرح کاملاً تصادفی با تکرارهای مساوی (طرح متعادل)

منبع تغییر (S.O.V)	درجه آزادی (df)	مجموع مربعات نظری	مجموع مربعات کاربردی	میانگین مربعات MS	E (MS)	F
تیمار (t)	$t-۱$	$r\Sigma\left(\bar{x}_{.j}-\bar{x}_{..}\right)^{۲}$	$\frac{\Sigma x_{.j}^{۲}}{r}-CF$	$\frac{SSt}{t-۱}$	$\sigma_e^{۲}+r\sigma_t^{۲}$	$\frac{MSt}{MSE}$
خطای آزمایشی (E)	$t(r-۱)$	$\Sigma\left(x_{ij}-\bar{x}_{.j}\right)^{۲}$	$SST-SSt$	$\frac{SSE}{t(r-۱)}$	$\sigma_e^{۲}$	
کل (T)	$rt-۱$	$\Sigma\left(x_{ij}-\bar{x}_{..}\right)^{۲}$	$\Sigma x_{ij}^{۲}-CF$			

$j=۱,...,t$ تعداد تیمار

$i=۱,...,r$ تعداد تکرار

$$CF=\frac{(x..)^{۲}}{n}=\frac{(x..)^{۲}}{rt}$$

$$CV=\frac{\sqrt{MSE}}{\bar{x}}\times ۱۰۰$$

$$S_{\bar{d}}=\sqrt{\frac{۲MSE}{r}}$$

$$S_{\bar{x}}=\sqrt{\frac{MSE}{r}}$$

جدول تجزیه واریانس طرح کاملاً تصادفی با تکرارهای نامساوی (طرح نامتعادل)

منابع تغییر (S.O.V)	درجه آزادی (df)	مجموع مربعات نظری	مجموع مربعات کاربردی
تیمار (t)	$t-1$	$\Sigma r_j(\bar{x}_{.j}-\bar{x}_{..})^2$	$\frac{\Sigma x_{.j}^2}{r_j}-CF$
خطای آزمایشی (E)	Σr_j-t	$\Sigma(x_{ij}-\bar{x}_{.j})^2$	$SST-SSt$
کل (T)	Σr_j-1	$\Sigma(x_{ij}-\bar{x}_{..})^2$	Σx_{ij}^2-CF

در این طرح چون تعداد تکرار تیمارها متفاوت است به جای r از r_j و به جای rt از Σr_j استفاده می‌شود.

$$CF=\frac{(x_{..})^2}{\Sigma r_j}$$

$$S_{\bar{d}}=\sqrt{MSE(\frac{1}{r_1}+\frac{1}{r_2})}$$

$$S_{\bar{x}}=\sqrt{\frac{MSE}{2}(\frac{1}{r_1}+\frac{1}{r_2})}$$

ماهیت خطای آزمایشی در طرح کاملاً تصادفی (متعادل و نامتعادل) R/T است یعنی تکرار در داخل تیمار شده است بنابراین درجه آزادی خطا برابر t(r-1) است و شامل اثر متقابل تیمار و تکرار (RT) و تکرار(R) است(R+RT).

یکی از شرط‌های تجزیه واریانس، فرض برابری واریانس تیمارها با همدیگر است چون در طرح کاملاً تصادفی نامتعادل تعداد تکرار تیمارها متفاوت است. برای به دست آوردن واریانس مشترک تیمارها، میانگین وزنی می‌گیریم یا به عبارت دیگر واریانس‌های درون تیمارها با هم ادغام می‌شوند تا معیار کامل‌تری از واریانس درون جمعیت به دست آید:

$$S_p^2=\frac{(r_1-1)S_1^2+(r_2-1)S_2^2+\dots+(r_k-1)S_k^2}{k(r-1)}$$

r: تعداد مشاهدات در نمونه

k: تعداد نمونه‌ها (تیمارها)

S_i^2: واریانس نمونه i ام

اما در حالت متعادل (تکرار مساوی برای هر تیمار) واریانس بین تیمارها با فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$S_p^2=\frac{S_1^2+S_2^2+\dots+S_k^2}{k}$$

جدول تجزیه واریانس طرح کاملاً تصادفی با چند مشاهده در هر واحد آزمایشی

منابع‌تغییر (S.O.V)	درجه‌آزادی (df)	مجموع مربعات نظری	مجموع مربعات کاربردی	میانگین مربعات	E (MS)	F
تیمار (t)	$t-1$	$rs\Sigma(\bar{x}_{.j.}-\bar{x}_{...})^2$	$\frac{\Sigma x_{.j.}^2}{rs}-CF$	$\frac{SSt}{t-1}$	$\sigma_{Es}^2+s\sigma_E^2+rs\sigma_t^2$	$\frac{MSt}{MSE}$
خطای آزمایشی (E)	$t(r-1)$	$s\Sigma(\bar{x}_{ij.}-\bar{x}_{.j.})^2$	$\frac{\Sigma x_{ij.}^2}{s}-\frac{\Sigma x_{.j.}^2}{rs}$	$\frac{SSE}{t(r-1)}$	$\sigma_{Es}^2+s\sigma_E^2$	$\frac{MSE}{MSEs}$
خطای‌نمونه‌برداری (ES)	$rt(s-1)$	$\Sigma(x_{ijk}-\bar{x}_{ij.})^2$	$SST-SSt-SSE$	$\frac{SSE_S}{rt(s-1)}$	σ_{Es}^2	
کل (T)	$rts-1$	$\Sigma(x_{ijk}-\bar{x}_{...})^2$	Σx_{ijk}^2-CF			

$j=۱,...,t$ تعداد تیمار

$i=۱,...,r$ تعداد تکرار

$k=۱,...,s$ تعداد مشاهده

$$CF=\frac{(x...)^{۲}}{rts}$$

$$S_{\bar{d}}=\sqrt{\frac{۲MSE}{rs}}$$

$$S_{\bar{x}}=\sqrt{\frac{MSE}{rs}}$$

توجه داشته باشید که منابع تغییر در طرح کاملاً تصادفی با چند مشاهده در هر واحد آزمایشی دارای یک منبع تغییر قابل کنترل تیمار و دو منبع تغییر غیر قابل کنترل خطای آزمایشی و خطای نمونه‌برداری است:

$$x_{ijk}=\mu+T_i+e_{ij}+\varepsilon_{ijk}$$

ε_{ijk}: اثر خطای نمونه‌برداری

با استفاده از تجزیه چند مشاهده‌ای می‌توان آزمون F را برای اشتباه آزمایشی را نیز انجام داد.

۲- طرح بلوک‌های کامل تصادفی (RB)

از طرح کاملا تصادفی در صورتی می‌توان استفاده کرد که واحدها یا مواد آزمایشی یکنواخت باشند و تنها تیمارها باعث ایجاد تغییر می‌شوند اما این یکنواختی در اکثر مواقع امکان پذیر نیست به عنوان مثال در آزمایشات مزرعه‌ای، زمین که به عنوان ماده آزمایشی است ممکن است دارای شیب تغییر یک جهته باشد. این شیب تغییر می‌تواند بافت خاک، pH، شوری، حاصلخیزی، شیب زمین باشد که باعث کاهش دقت و افزایش خطا در آزمایش می‌شود. برای حذف اثرات این تغییرات باید زمین آزمایش را به بلوک‌هایی تقسیم کرد به شیوه‌ای که واحدهای آزمایشی درون هر بلوک از حداکثر یکنواختی برخوردار باشند. در واقع در این طرح واحدهای آزمایشی طوری گروه‌بندی می‌شوند که تعداد واحدهای آزمایشی در هر دسته مساوی تعداد تیمار باشد در این صورت هر گروه را یک بلوک کامل می‌گویند و هر بلوک شامل یک تکرار از تمام تیمارهای موجود در آزمایش است و تیمارها در داخل بلوک در شرایط مشابهی ارزیابی می‌شوند. اما توجه کنید که اگر در یک بلوک فقط تعدادی از تیمارها شرکت داشته باشند آن را بلوک ناقص می‌نامند که نوع دیگری از طرح های آزمایشی هستند که در فصل های آینده به توضیح آن خواهیم پرداخت.

طرح بلوک‌های کاملا تصادفی این امکان را میسر می‌سازد که مقدار تفاوتهای ناشی از عدم یکنواختی مواد آزمایشی محاسبه گردد و مقادیر واقعی‌تر میانگین تیمارها و خطای آزمایشی محاسبه، حاصل گردد.

نکته: طرح بلوک‌های کامل تصادفی در بین طرح‌های دیگر بیشترین کاربرد را دارد.

اجرای این طرح در آزمایش‌های مزرعه‌ای بلوک‌بندی را عمود بر روند غیریکنواختی زمین و در آزمایش‌های روی جانوران، بلوک‌بندی را بر اساس تشابهات وزنی، سنی و غیره تشکیل می‌دهند.

همچنین از طرح بلوک علاوه بر کنترل تغییرات یک جهته به دلایل دیگری هم استفاده می‌شود. یکی از این دلایل تقسیم کار و تنظیم برنامه است. به عنوان مثال اگر در اجرای یک طرح نیاز باشد که از افراد مختلفی کمک گرفته شود، هر بلوک مبنای تقسیم کار قرار می‌گیرد و هر فرد عملیات یا اندازه‌گیری‌های یک بلوک را انجام می‌دهد. هم چنین در آزمون‌های کیفی، چون سلیقه یا ذائقه افراد متفاوت است افراد مختلف به عنوان بلوک منظور می‌شوند و هر فرد تمام تیمارها یا مواد مورد بررسی (نظیر انواع شیرینی، آب میوه و غیره) را آزمون کرده و به آن‌ها امتیاز می‌دهد و این نوع بلوک‌بندی‌ها همه به منظور افزایش دقت در اجرای آزمایش است.

زمانی که بین بلوک‌ها اختلاف معنی‌دار پیدا می‌شود (F بلوک معنی‌دار باشد) بدین معنی است که بلوک‌بندی صحیح انجام شده است یا عملیات اجرایی (آبیاری، وجین، نمونه‌برداری و... در آزمایشات زراعی) در بلوک‌های مختلف یکسان نبوده است و اجرای طرح مناسب می‌باشد. با بلوک‌بندی صحیح تغییر تنها در واریانس بلوک ایجاد می‌شود و تغییری در واریانس تیمار به وجود نخواهد آمد.

باید توجه داشت که نقشه آزمایش در این طرح به صورتی است که نتوان تیماری را بیش از یک بار در یکی از جهت‌ها مشاهده کرد. اما ممکن است تیمار در جهت دیگر بیش از یک بار تکرار شود و در اکثر حالات در نقشه‌های مربوط به طرح بلوک‌های کامل تصادفی شیب تغییرات یک طرفه با علامت فلش مشخص می‌شود.

مزایای طرح بلوک‌های کامل تصادفی

۱- به دلیل استفاده از بلوک در این طرح، دقت آزمایش بیشتر از طرح کاملاً تصادفی است.

۲- اگر به دلایلی مجبور شویم یک بلوک یا یک تیمار را از آزمایش حذف کنیم خللی در تجزیه آماری این طرح ایجاد نخواهد شد.

۳- اگر یک یا چند واحد آزمایشی از بین برود می‌توان آن‌ها را برآورد کرده و تجزیه واریانس را انجام داد.

۴- از نظر تعداد تیمار و تعداد تکرار نسبت به طرح مربع لاتین محدودیت زیادی ندارد.

معایب طرح بلوک‌های کامل تصادفی

۱- در صورتی که تغییرات دو جهته در ماده آزمایشی وجود داشته باشد، این طرح کارایی مطلوبی ندارد.

۲- در حالتی که تعداد بلوک‌ها خیلی زیاد شود (بیش از ۱۵) دقت آزمایش به علت اختلاف زیاد بین بلوک‌ها کم می‌شود.

تجزیه آماری طرح بلوک‌های کامل تصادفی

طرح بلوک‌های کامل تصادفی دارای دو منبع تغییر قابل کنترل تیمار و بلوک و یک منبع تغییر غیرقابل کنترل خطای آزمایش می‌باشد

مدل آماری طرح بلوک‌های کامل تصادفی با یک مشاهده در هر واحد آزمایشی:

R_i: اثر بلوک

$$x_{ij} = \mu + R_i + T_j + e_{ij}$$

μ: میانگین جمعیت

T_j: اثر تیمار

e_{ij}: اثر عوامل کنترل نشده یا خطای آزمایشی

جدول تجزیه واریانس طرح بلوک‌های کامل تصادفی

منابع‌تغییر (S.O.V)	درجه‌آزادی (df)	مجموع مربعات نظری	مجموع مربعات کاربردی	میانگین مربعات	E (MS)	F
بلوک (R)	$r-۱$	$t\Sigma\left(\bar{x}_{i.}-\bar{x}..\right)^۲$	$\frac{\Sigma x_{i.}^۲}{t}-CF$	$\frac{SSR}{r-۱}$	$\sigma_\varepsilon^۲+t\sigma_R^۲$	$\frac{MSR}{MSE}$
تیمار (t)	$t-۱$	$r\Sigma\left(\bar{x}_{.j}-\bar{x}..\right)^۲$	$\frac{\Sigma x_{.j}^۲}{r}-CF$	$\frac{SSt}{t-۱}$	$\sigma_\varepsilon^۲+r\sigma_t^۲$	$\frac{MSt}{MSE}$
خطای آزمایشی (E)	$(r-۱)(t-۱)$	$\Sigma\left(x_{ij}-\bar{x}_{i.}-\bar{x}_{.j}-\bar{x}..\right)^۲$	$SST-SSt-SSR$	$\frac{SSE}{(r-۱)(t-۱)}$	$\sigma_\varepsilon^۲$	
کل (T)	$rt-۱$	$\Sigma\left(x_{ij}-\bar{x}..\right)^۲$	$\Sigma x_{ij}^۲-CF$			

تعداد تیمار $j=۱,...,t$

تعداد تکرار $i=۱,...,r$

$$CF=\frac{(x..)^۲}{rt}$$

$$S_{\bar{d}}=\sqrt{\frac{۲MSE}{r}}$$

$$S_{\bar{x}}=\sqrt{\frac{MSE}{r}}$$

مدل آماری طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چند مشاهده در هر واحد آزمایشی:

$$x_{ijk} = \mu + R_i + T_j + e_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

ε_{ijk}: اثر خطای نمونه‌برداری

تجزیه آماری طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چند مشاهده در هر واحد آزمایشی

منابع‌تغییر (S.O.V)	درجه‌آزادی (df)	مجموع مربعات (SS)	میانگین مربعات (MS)	E(MS)
بلوک (R)	$r-1$	$\frac{\sum x_{i..}^2}{ts} - CF$	$\frac{SSR}{r-1}$	$\sigma_\varepsilon^2 + s\sigma_e^2 + ts\sigma_R^2$
تیمار (t)	$t-1$	$\frac{\sum x_{.j.}^2}{rs} - CF$	$\frac{SSt}{t-1}$	$\sigma_\varepsilon^2 + s\sigma_e^2 + rs\sigma_t^2$
خطای آزمایشی (E)	$(r-1)(t-1)$	$\frac{\sum x_{ij.}^2}{s} - CF - SSR - SSt$	$\frac{SSE}{(r-1)(t-1)}$	$\sigma_\varepsilon^2 + s\sigma_e^2$
خطای‌نمونه‌برداری (ES)	$rt(s-1)$	$SST-(SSR+SSt+SSE)$	$\frac{SSES}{rt(s-1)}$	σ_ε^2
کل (T)	$rts-1$	$\sum x_{ijk}^2 - CF$		

$j=1,...,t$ تعداد تیمار

$i=1,...,r$ تعداد تکرار

$k=1,...,s$ تعداد نمونه یا مشاهده

$$CF = \frac{(x...)^2}{rts}$$

$$S_{\bar{d}} = \sqrt{\frac{2MSE}{rs}}$$

$$S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{MSE}{rs}}$$

ماهیت خطای آزمایشی در طرح بلوک‌های کامل تصادفی از اثر متقابل بلوک و تیمار (RT) تشکیل شده است.

برآورد کرت گمشده در طرح بلوک کاملا تصادفی

گاهاً در آزمایش اتفاق می افتد، یک یا تعدادی از واحدهای آزمایشی توسط عامل‌هایی که خارج از کنترل هستند از دست می‌روند، یا قابل اعتماد نیستند. در این حالات می‌توان واحد یا واحدهای آزمایشی از دست رفته را با روش‌های خاصی برآورد کرد. برآورد یا برآوردهای تخمینی طوری حاصل می‌شوند که مجموع مربعات خطا حداقل می‌باشد.

برآورد یک مشاهده از بین رفته

برآورد یک مشاهده از بین رفته را می‌توان با استفاده از فرمول زیر که توسط ییتز پیشنهاد شده است برآورد نمود.

$$x = \frac{rR + tT - G}{(r-1)(t-1)}$$

r: تعداد تکرار

t: تعداد تیمار

R: جمع بلوکی که عدد از بین رفته در آن قرار دارد.

T: جمع تیماری که عدد از بین رفته متعلق به آن است.

G: جمع کل مشاهدات

برآورد تخمینی بر این فرض استوار است که خطای آزمایشی در واحد از بین رفته صفر است یا به عبارت دیگر مشاهده برآورد شده تابع بقیه اعداد است و از آن‌ها مستقل نمی‌باشد، در جدول تجزیه واریانس از درجه آزادی کـل و بنـابراین از درجـه آزادی خطـای آزمایشی یک واحد کسر می‌شود.

برآورد بیش از یک مشاهده از بین رفته:

ابتدا کلیه مشاهدات از دست رفته بجز یکی از آن‌ها از طریق میانگین‌گیری از میانگین‌های تیمار و بلوکی که مشاهده از بـین رفتـه در آن واقع است، برآورد می‌شوند به این صورت تنها یک واحد آزمایشی ازبین رفته باقی می‌ماند.

$$\frac{(X_{i.} - X_{.j})}{۲}$$

آخرین عدد از دست رفته با استفاده از فرمول ییتز برآورد می‌شود.

$$x = \frac{rR + tT - G}{(r-۱)(t-۱)}$$

سپس کلیه مشاهدات از بین رفته یکی پس از دیگری برای مرتبه دوم به وسیله فرمول ییتز برآورد می‌شوند.

در نهایت مرحله سوم آن قدر تکرار می‌شود تا در دو مرتبه متوالی، برآورد یک عدد از بین رفته خاص تغییر قابل ملاحظه‌ای نداشته باشد.

۳- طرح مربع لاتین (LS)

اگر واحدهای آزمایشی از لحاظ دو عامل با یکدیگر اختلاف داشته باشند یا ماده آزمایشی دارای تغییـرات دو جهتـه عمـود بـر هـم باشد، لازم است آنها را براساس دو عامل ایجادکننده تغییر گروه‌بندی نمود تا در گروه‌های مختلف هر معیار طبقه‌بنـدی، واحـدهای آزمایشی مشابه باشند. به این صورت که تیمارها به دو صورت مختلف ردیفی و ستونی گروه‌بنـدی مـی‌شـوند. در ایـن طـرح تعـداد تکرار، ردیف و ستون برابر تعداد تیماراست و تعداد واحدهای آزمایشی، مربع تعداد تیمار است. تعداد تیمار در این طـرح بـین ۸-۵ است. در تعداد تیمار بیشتر از ۸ چون تعداد تکرارها نیز بیشتر از ۸ است، کارآیی نخواهد داشت و از سوی دیگـر وقتـی کـه تعـداد تیمارها کمتر از ۵ باشد، درجه آزادی خطا کم می شود دقت طرح کاهش می‌یابد درنتیجه استفاده از این طرح معقول نخواهد بـود. نقشه آزمایش باید به صورتی باشد که تیمارها در جهات مختلف گروه‌بندی بیش از یک بار تکرار نشوند و تعداد سـتون و ردیـف بـا هم برابر باشد.

مربع لاتینی که در آن تیمارها در ردیف اول و در ستون اول به ترتیب حـروف الفبـا یـا ترتیـب شـماره قـرار گیرنـد، مربـع لاتـین استاندارد گفته می‌شود. از هر مربع لاتین استاندارد $t \times t$ می‌توان تعداد $t!(t-۱)!-۱$ مربع لاتین دیگر به دست آورد.

مزایای طرح مربع لاتین

۱- تغییرات بین تیمارها به طور دقیقی برآورد می‌شود چون تغییرات مربوط به بلوک ردیفی و ستونی به طور مؤثری از تیمارها جدا می‌شوند..

۲- اثرات مربوط به سطرها و ستون‌ها محاسبه می‌شود لذا خطای آزمایشی کمتر شده و دقت آزمایش افزایش می‌یابد.

۳- امکان برآورد واحدهای ازبین رفته در این طرح وجود دارد.

معایب طرح مربع لاتین

۱- تعداد تکرار و تیمار باید مساوی باشد.

۲- محدودیت در تعداد تیمار وجود دارد.

۳- زمانی که تعداد تیمار کم باشد، درجه آزادی خطای آزمایشی کوچک خواهد شد و دقت کاهش مـی‌یابـد. درجـه آزادی خطـای آزمایشی در این طرح کمتر از درجه آزادی خطای آزمایشی در طرح کاملاً تصادفی و طرح بلوک‌های کامل تصادفی است.

۴- در مقایسه با طرح‌های دیگر انعطاف‌پذیری کمتری دارد.

مدل آماری طرح مربع لاتین با یک مشاهده در هر واحد آزمایشی:

$$x_{ij(k)} = \mu + R_i + C_j + T_{(k)} + e_{ij(k)}$$

R_i: اثر ردیف

C_j: اثر ستون

$T_{(k)}$: اثر تیمار

$e_{ij(k)}$: اثر عوامل کنترل نشده یا خطای آزمایشی

تجزیه آماری طرح مربع لاتین با یک مشاهده در هر واحد آزمایشی

منابع‌تغییر (S.O.V)	درجه‌آزادی (df)	مجموع مربعات نظری	مجموع مربعات کاربردی	میانگین مربعات	E (MS)	F
ردیف (R)	$r-۱$		$\frac{\Sigma x_{i.}^{۲}}{r}-CF$	$\frac{SSR}{r-۱}$	$\sigma_{\varepsilon}^{۲}+r\sigma_{R}^{۲}$	
ستون (C)	$r-۱$	$r\Sigma\left(\bar{x}_{.j}-\bar{x}..\right)^{۲}$	$\frac{\Sigma x_{.j}^{۲}}{r}-CF$	$\frac{SSC}{r-۱}$	$\sigma_{\varepsilon}^{۲}+r\sigma_{C}^{۲}$	$\frac{MSC}{MSE}$
تیمار (t)	$t-۱$	$r\Sigma\left(\bar{x}_{k}-\bar{x}..\right)^{۲}$	$\frac{\Sigma x_{k}^{۲}}{r}-CF$	$\frac{SSt}{t-۱}$	$\sigma_{\varepsilon}^{۲}+r\sigma_{t}^{۲}$	$\frac{MSt}{MSE}$
خطای- آزمایشی (E)	$(r-۱)(r-۲)$	$\Sigma\left(x_{ij\,(k)}-\bar{x}_{i.}-\bar{x}_{.j}-\bar{x}_{k}+۲\bar{x}..\right)^{۲}$	$SST-SSt-SSR-SSC$	$\frac{SSE}{(r-۱)(r-۲)}$	$\sigma_{\varepsilon}^{۲}$	
کل (T)	$rt-۱$	$\Sigma\left(x_{ij}-\bar{x}..\right)^{۲}$	$\Sigma x_{i.j}^{۲}-CF$	-		

$j=۱,...,c$ تعداد ستون

$i=۱,...,r$ تعداد ردیف

$k=۱,...,t$ تعداد تیمار

$$r=c=t$$

$$CF=\frac{(x..)^{۲}}{r^{۲}}$$

$$S_{\bar{d}}=\sqrt{\frac{۲MSE}{r}}$$

$$S_{\bar{x}}=\sqrt{\frac{MSE}{r}}$$

مدل آماری طرح مربع لاتین با چند مشاهده در هر واحد آزمایشی:

$$x_{ij(k)l}=\mu+R_i+C_j+T_{(k)}+e_{ij(k)}+\varepsilon_{ij(k)l}$$

$\varepsilon_{ij(k)\,l}$: اثر خطای نمونه‌برداری

تجزیه آماری طرح مربع لاتین با چند مشاهده در هر واحد آزمایشی

منابع‌تغییر(S.O.V)	درجه‌آزادی (df)	مجموع مربعات کاربردی	میانگین مربعات	E (MS)	F
ردیف (R)	$r-۱$	$\frac{\Sigma x_{i}^{۲}}{rs}-CF$	$\frac{SSR}{r-۱}$	$\sigma_{\varepsilon}^{۲}+s\sigma_{e}^{۲}+t\sigma_{R}^{۲}$	$\frac{MSR}{MSE}$
ستون (C)	$r-۱$	$\frac{\Sigma x_{.j}^{۲}}{rs}-CF$	$\frac{SSC}{r-۱}$	$\sigma_{\varepsilon}^{۲}+s\sigma_{e}^{۲}+t\sigma_{C}^{۲}$	$\frac{MSC}{MSE}$

منابع‌تغییر(S.O.V)	درجه‌آزادی (df)	مجموع مربعات کاربردی	میانگین مربعات	E (MS)	F
تیمار (t)	$t-1$	$\frac{\Sigma x_{.j}^{2}}{rs}-CF$	$\frac{SSt}{t-1}$	$\sigma_{\varepsilon}^{2}+s\sigma_{e}^{2}+rs\sigma_{t}^{2}$	$\frac{MSt}{MSE}$
خطای آزمایشی (E)	$(r-1)(r-2)$	$SST-SSt-SSR-SSC$	$\frac{SSE}{(r-1)(r-2)}$	$\sigma_{\varepsilon}^{2}+s\sigma_{e}^{2}$	$\frac{MSE}{MSEs}$
خطای‌نمونه‌برداری (ES)	$r^{2}(s-1)$	$SST-SSt-SSR-SSC-SSE$	$\frac{SSEs}{r^{2}(s-1)}$	σ_{ε}^{2}	
کل (T)	$rt-1$	$\Sigma x_{i.j}^{2}-CF$	-		

$$CF=\frac{(x...)^{2}}{r^{2}s}$$

$$S_{\bar{d}}=\sqrt{\frac{2MSE}{rs}}$$

$$S_{\bar{x}}=\sqrt{\frac{MSE}{rs}}$$

خطای آزمایشی در طرح مربع لاتین از اثر متقابل تیمار، ستون و ردیف (RCT) حاصل می‌شود.

برآورد کرت گمشده در طرح مربع لاتین

همانند طرح بلوک کاملاً تصادفی در این طرح نیز امکان برآورد واحد یا واحدهای آزمایشی از بین رفته وجود دارد.

برآورد یک مشاهده از بین رفته

برآورد یک مشاهده از بین رفته با استفاده از فرمول ییتز انجام می‌شود.

$$x=\frac{r(R+C+T)-2G}{(r-1)(r-2)}$$

r: تعداد ردیف، ستون یا تیمار

T: جمع تیماری که دارای عدد از بین رفته است.

R: جمع ردیفی که مشاهده از بین رفته در آن واقع است.

C: جمع ستونی که مشاهده از بین رفته در آن واقع است.

G: جمع کل مشاهدات

برآورد بیش از یک مشاهده از بین رفته

ابتدا کلیه مشاهدات از دست رفته بجز یکی از آن‌ها از طریق میانگین‌گیری از میانگین‌های ستون و بلوکی که مشاهده از بین رفته در آن واقع است، برآورد می‌شوند به این صورت تنها یک واحد آزمایشی از بین رفته باقی می‌ماند.

$$\frac{(X_{i.}-X_{.j})}{2}$$

آخرین عدد از دست رفته با استفاده از فرمول ییتز برآورد می‌شود.

$$x=\frac{r(R+C+T)-2G}{(r-1)(r-2)}$$

سپس کلیه مشاهدات از بین رفته یکی پس از دیگری برای مرتبه دوم به وسیله فرمول ییتز برآورد می‌شوند.

در نهایت مرحله سوم آن قدر تکرار می‌شود تا در دو مرتبه متوالی، برآورد یک عدد از بین رفته خاص تغییر قابل ملاحظه‌ای نداشته باشد.

همانطور که قبلا در طرح بلوک کاملاً تصادفی نیز عنوان شد در این طرح نیز از درجات آزادی خطا و کل به تعداد مشاهده از بین رفته از کم می‌شود.

در صورتی که دو مشاهد از بین رفته مربوط به یک ردیف یا یک ستون باشند، نمی‌توان آن‌ها را برآورد کرد یا برآورد آن‌ها از دقت بسیار کمی برخوردار است. در این صورت با حذف آن ردیف یا ستون، طرح به صورت بلوک‌های کامل تصادفی مورد تجزیه آماری قرار می‌گیرد.

مربع لاتین مکرر

در مواردی که تعداد تیمارها کمتر از ۵ است، بهتر است از دو یا چند مربع لاتین استفاده شود. زیرا درجه آزادی خطای آزمایشی کوچک خواهد شد و این مسأله باعث کاهش اعتبار قضاوت‌های آماری می‌شود. به طور کلی در موارد زیر از طرح مربع لاتین مکرر استفاده می‌شود:

۱- هنگامی که در طرح مربع لاتین تعداد تیمار کم باشد.

۲- وقتی که تعداد تکرار بیشتری برای تیمارها مورد نیاز باشد.

۳- هنگامی که چند تیمار را بتوان در چند محل یا ناحیه در طرح مربع لاتین پیاده کرد.

در طرح مربع لاتین مکرر نیازی نیست که تعداد مربعات با تعداد تیمار برابر باشد؛ هم چنین باید مجموع مربعات ردیف و ستون در هر مربع به طور جداگانه محاسبه شود، سپس مجموع آن‌ها به عنوان ردیف در مربع و ستون در مربع در جدول تجزیه واریانس آورده شود.

تکرار مربع‌ها به دو صورت انجام می‌گیرد:

الف- دو یا چند مربع به طور مستقل از هم پیاده می‌شوند و دارای توزیع تصادفی جداگانه‌ای هستند. در چنین حالتی یک اثر اضافی به نام مربع وجود دارد.

ب- دو یا چند مربع در کنار هم در یک ردیف یا زیر یکدیگر در یک ستون قرار می‌گیرند. چنان چه دو مربع در کنار هم در یک ردیف قرار گیرند هر تیمار یک بار در هر ستون و دو بار در هر ردیف ظاهر می‌شود. در چنین حالتی منبع تغییر مربع وجود ندارد.

مدل آماری طرح مربع لاتین مکرر

$$x_{ij(k)l} = \mu + S_l + R_{i(l)} + C_{j(l)} + T_{(k)} + e_{ij(k)l}$$

S_l: اثر مربع

$R_{i(l)}$: اثر ردیف i در مربع l

$C_{j(l)}$: اثر ستون j در مربع l

$T_{(k)}$: اثر تیمار

$e_{ij(k)l}$: اثر خطای آزمایشی

تجزیه آماری طرح مربع لاتین مکرر با مربع‌های مستقل از هم

منابع‌تغییر(S.O.V)	درجه‌آزادی (df)	مجموع مربعات کاربردی	میانگین مربعات
مربع (S)	$s-۱$	$\frac{\Sigma x_{..l}^{۲}}{r^{۲}}-CF$	$\frac{SSs}{s-۱}$
ردیف (R/S)	$r-۱$	$\frac{\Sigma x_{i...}^{۲}}{r}-CF-SSs$	$\frac{SSR}{r-۱}$
ستون (C/S)	$r-۱$	$\frac{\Sigma x_{.j.}^{۲}}{r}-CF-SSs$	$\frac{SSC}{r-۱}$
تیمار (t)	$t-۱$	$\frac{\Sigma x_{k}^{۲}}{rs}-CF$	$\frac{SSt}{t-۱}$
خطای آزمایشی (E)	$\begin{cases} s(r-۱)(r-۲)+(s-۱)(r-۱) \\ s(r-۱)^{۲}-(r-۱) \\ [s(r-۱)-۱](r-۱) \end{cases}$	$SST--SSs-SSt-SSR/S-SSC/S$	$\frac{SSE}{(r-۱)(t-۱)}$
کل (T)	$sr^{۲}-۱$	$\Sigma x_{ijl}^{۲}-CF$	-

$j=۱,...,c$ تعداد ستون

$i=۱,...,r$ تعداد ردیف

$l=۱,...,s$ تعداد مربع

$k=۱,...,t$ تعداد تیمار

تجزیه آماری طرح مربع لاتین مکرر با مربع‌های ادغام شده (مربع‌ها در کنار هم در یک ردیف)

منابع‌تغییر (S.O.V)	درجه‌آزادی (df)	مجموع مربعات کاربردی	میانگین مربعات
ردیف (R)	$r-۱$	$\frac{\Sigma x_{i...}^{۲}}{rs}-CF$	$\frac{SSR}{r-۱}$
ستون (C)	$rs-۱$	$\frac{\Sigma x_{.j.l}^{۲}}{r}-CF$	$\frac{SSC}{rs-۱}$
تیمار (t)	$r-۱$	$\frac{\Sigma x_{(k)}^{۲}}{rs}-CF$	$\frac{SSt}{r-۱}$
خطای آزمایشی (E)	$(rs-۲)(r-۱)$	$SST-(SS_R+SS_C+SS_t)$	$\frac{SSE}{df_e}$
کل (T)	$r^{۲}s-۱$	$\Sigma x_{ij(k)l}^{۲}-CF$	−

تجزیه آماری طرح مربع لاتین مکرر با مربع‌های ادغام شده (مربع‌ها در امتداد هم در یک ستون)

منابع تغییر (S.O.V)	درجه‌آزادی (df)	مجموع مربعات کاربردی	میانگین مربعات
ردیف (R)	$rs-1$	$\frac{\Sigma x^2_{.j.l}}{r}-CF$	$\frac{SS_R}{rs-1}$
ستون (C)	$r-1$	$\frac{\Sigma x^2_{i...}}{rs}-CF$	$\frac{SS_C}{r-1}$
تیمار (t)	$r-1$	$\frac{\Sigma x^2_{(k)}}{rs}-CF$	$\frac{SS_t}{r-1}$
خطای آزمایشی (E)	$(rl-2)(r-1)$	$SST-(SS_R+SS_C+SS_t)$	$\frac{SSE}{df_e}$
کل (T)	r^2s-1	$\Sigma x^2_{ij(k)l}-CF$	–

در طرح مربع لاتین چه به صورت ادغام شده و چه مستقل فرمول‌های خطای معیار مقایسه میانگین تیمارها به صورت زیر است:

$$S_{\bar{x}}=\sqrt{\frac{MSE}{rs}} \qquad S_{\bar{d}}=\sqrt{\frac{2MSE}{rs}}$$

سودمندی نسبی (RE) در طرح های پایه

به منظور بررسی دقت در طرح‌های پایه از سودمندی نسبی استفاده می‌شود. فیشر به طور کلی سودمندی نسبی دو طرح پایه نسبت به همدیگر را متناسب با عکس واریانس‌های خطاهای آزمایشی آنها می‌داند و در این نسبت درجات آزادی خطا را نیز طبق تعریف زیر دخالت می دهد.

$$RE=\frac{(df_{e1}+1)(df_{e2}+3)S_2^2}{(df_{e1}+3)(df_{e2}+1)S_2^2}\times 100$$

سودمندی نسبی طرح بلوک کاملاً تصادفی نسبت به طرح کاملاً تصادفی:

$$RE=\frac{\left(df_{e(RB)}+1\right)\ \left(df_{e(CR)}+3\right)MSE_{(CR)}}{\left(df_{e(RB)}+3\right)\ \left(df_{e(CR)}+1\right)MSE_{(RB)}}\times 100$$

در صورتی که طرح به کار رفته بلوک باشد برای بدست آوردن میانگین مربعات خطای آزمایشی طرح کاملاً تصادفی از فرمول زیر استفاده می‌شود.

$$MSE_{(CRD)}=\frac{df_R MSR+(df_t+df_E)MSE}{df_R+df_t+df_E}=\frac{(r-1)MSR+[(t-1)+(t-1)(r-1)]MSE}{(t-1)+(r-1)+(r-1)(t-1)}$$

در صورتی که سودمندی نسبی (RE) برابر ۱۰۰ باشد یعنی دقت دو طرح یکسان است. اگر RE از ٪۱۰۰ بزرگ‌تر باشد به این معناست که به اندازه مازاد از ٪۱۰۰ با به کار بردن طرح بلوک‌های کامل بر دقت آزمایش افزوده شده است. اگر RE کوچک‌تر از ۱۰۰ باشد به این معناست که به اندازه تفاضل از ٪۱۰۰ با به کار بردن طرح بلوک‌های کامل به جای طرح کاملاً تصادفی از دقت آزمایش کاسته شده است. در صورتی که سودمندی نسبی بزرگتر از ٪۱۰۰ باشد و ما تمایل داشته باشیم از طرح کاملاًتصادفی استفاده کنیم برای به دست آوردن دقت برابر طرح بلوک تعداد تکرار کاملاً تصادفی به اندازه مازاد ٪۱۰۰ افزایش می‌دهیم به این صورت که اگر سودمندی برابر ٪۱۲۰ باشد و تعداد تکرار در طرح بلوک کاملاً تصادفی برابر ۴ باشد تعداد تکرار کاملاً تصادفی ۶=(۵ × ٪۲۰) + ۵ خواهد بود.

سودمندی نسبی طرح مربع لاتین نسبت به طرح کاملاً تصادفی:

$$RE = \frac{MS_r + MSc + (r-1)MSe_{(Ls)}}{(r+1)MSe_{(Ls)}} \times 100$$

سودمندی نسبی طرح مربع لاتین نسبت به طرح بلوک‌های کامل تصادفی:

در این حالت با دو مقایسه مواجه هستیم:

۱- ردیف‌ها به عنوان بلوک در نظر گرفته شوند:

$$RE = \frac{(df_{e(Ls)} + 1)(df_{e(RB)} + 3)MSe_{(RB)}}{(df_{e(Ls)} + 3)(df_{e(RB)} + 1)MSe_{(Ls)}} \times 100$$

$$MSe_{(RB)} = \frac{(df_c)(MSc_{(Ls)}) + (df_t + df_e)MSe_{(Ls)}}{df_c + df_t + df_e}$$

۲) ستون‌ها به عنوان بلوک در نظر گرفته شوند:

$$RE = \frac{(df_{e(Ls)} + 1)(df_{e(RB)} + 3)MSe_{(RB)}}{(df_{e(Ls)} + 3)(df_{e(RB)} + 1)MSe_{(Ls)}} \times 100$$

$$MSe_{(RB)} = \frac{(df_r)MSr_{(Ls)} + (df_t + df_e)MSe_{(Ls)}}{df_r + df_t + df_e}$$

در صورتی که سودمندی نسبی مربع لاتین نسبت به بلوک کاملاً تصادفی که ردیف یا ستون به عنوان بلوک در نظر گرفته شوند بیشتر از ٪۱۰۰ شود پس می توان نتیجه گرفت اجرای طرح به صورت مربع لاتین دقت بیشتری را بـه همـراه خواهـد آورد. امـا در حالتی تنها ردیف به عنوان بلوک در نظر گرفته شود سودمندی بیشتر از ٪۱۰۰ شود و در حالتی که ستون بـه عنـوان بلـوک باشـد سودمندی کمتر از ٪۱۰۰ شود در این حالت اجرای طرح به صورت بلوک کاملاً تصادفی که ستون‌ها بلوک باشـد دقـت بیشـتری از اجرای طرح نسبت به طرح مربع لاتین دارد. همچنین در صورتی که ستون به عنوان بلوک در نظر گرفته شود سودمندی بیشـتر از ٪۱۰۰ شود و در حالتی که ردیف به عنوان بلوک باشد کمتر از ٪۱۰۰ شود در این حالت اجرای طرح به صورت بلوک کاملاً تصادفی که ردیف‌ها بلوک باشد دقت بیشتری خواهد داشت.

سؤالات چهارگزینه‌ای فصل دوم

۱- با توجه به جدول زیر، مجموع مربعات تیمار کدام است؟

(سراسری ۸۳)

تیمار	۱	۲	۳	۴
تعداد تکرار	۳	۲	۴	۳
$(\bar{y}_{i.}-\bar{y}_{..})^۲$	۱۶	۲۵	۸۱	۲۵

۱) ۷۳
۲) ۱۴۷
۳) ۴۴۱
۴) ۴۹۷

۲- در یک طرح کاملاً تصادفی، ۶ تیمار در ۴ تکرار ارزیابی گردیده و از هر واحد آزمایشی ۳ نمونه اندازه‌گیری شده است. با توجه به اطلاعات ذیل میانگین مربعات خطای نمونه‌برداری در آزمایش برابر است با:

$SST = ۲۸۰$ کل $SSt = ۱۰۰$ تیمار $F = ۱۰$ تیمار

(سراسری ۸۳)

۱) ۲
۲) ۲/۴۷
۳) ۳
۴) ۳/۷۱

۳-در یک طرح کاملاً تصادفی MS خطای آزمایش چیست؟

(سراسری ۸۳)

۱) واریانس میانگین تکرارها
۲) واریانس بین میانگین تیمارها
۳) میانگین موازنه شده واریانس بین تیمارها
۴) میانگین موازنه شده واریانس‌های درون تیماری

۴- واریانس خطا در طرح کاملاً تصادفی زیر چند است؟

(سراسری ۸۳)

تیمار	۱	۲	۳	۴	۵
	۴	۳	۱	۶	۸
	۶	۵	۲	۳	۶
	۵	۷	۳	۹	۷

۱) ۱/۶
۲) ۳/۲
۳) ۰/۴
۴) ۲/۳

۵- در اجرای طرح بلوک کامل تصادفی، کدام یک از موارد ذیل جهت بلوک‌بندی باید مدنظر قرار گیرد؟

(سراسری ۸۳)

۱) بلوک‌بندی طوری انجام شود که غیر یکنواختی بین بلوک‌ها و داخل بلوک‌ها زیاد باشد.
۲) بلوک‌بندی طوری انجام شود که غیر یکنواختی بین بلوک‌ها زیاد و غیر یکنواختی داخل بلوک‌ها به حداقل برسد.
۳) بلوک‌بندی طوری انجام شود که بین بلوک‌ها تفاوتی وجود نداشته باشد و داخل بلوک‌ها غیر یکنواختی زیاد باشد.
۴) بلوک‌بندی به موازات غیر یکنواختی محل آزمایش انجام گیرد.

۶- هر گاه تعداد مقایسات انفرادی بین تیمارها در یک طرح بلوک کامل تصادفی که سه کرت از دست رفته دارد، ۲۱ باشد و درجه آزادی خطای آزمایش نیز ۲۱ باشد، در این صورت تعداد بلوک‌ها در آزمایش برابر با چند است؟

(سراسری ۸۳)

۱) ۶
۲) ۵
۳) ۴
۴) ۳

۷- در مطالعه ۵ تیمار در یک طرح بلوک با ۴ تکرار، مجموع مربعات بلوک و خطای آزمایشی به ترتیب برابر: $SS_r = ۹$ و $SS_e = ۶$ به دست آمد. مقدار سودمندی نسبی طرح بلوک‌های کامل تصادفی نسبت به طرح کاملاً تصادفی کدام است؟ مقدار میانگین مربعات خطای آزمایشی طرح کاملاً تصادفی را از طریق Pooling به دست آورده و مقدار سودمندی نسبی را از فرمول $R.E. = \frac{MSE(CRD)}{MSE(RB)} \times ۱۰۰$ محاسبه کنید.

(سراسری ۸۳)

۱) ٪۵۰ ۲) ٪۱۰۰ ۳) ٪۱۵۰ ۴) ٪۲۰۰

۸- میانگین مربعات (MS) خطای آزمایشی و خطای نمونه‌گیری یک طرح بلوک‌های کامل تصادفی با نمونه‌گیری داخل تکرار و ۵ تیمار به ترتیب ۴۸/۵و ۲۶/۲ شد. اگر میانگین مشاهدات ۲۷/۶ باشد، CV این آزمایش چند درصد خواهد بود؟

(سراسری ۸۳)

۱) ۱۷۵/۷ ۲) ۹۴/۹ ۳) ۲۵/۲ ۴) ۱۸/۶

۹- در طرح مربع لاتین میانگین تیمارها به ترتیب به قرار زیر است:

$\bar{A} = ۷ \quad \bar{B} = ۸ \quad \bar{C} = ۹ \quad \bar{D} = ۱۲$

SS تیمار و درجه آزادی خطای آزمایش به ترتیب از سمت راست به چپ برابر است با:

(سراسری ۸۳)

۱) ۳۵ و ۶ ۲) ۵۶ و ۹ ۳) ۵۶ و ۱۲ ۴) ۵۶ و ۶

۱۰- با استفاده از طرح مربع لاتین ۵ تیمار با سه مربع درهم ادغام شده مورد آزمایش قرار گرفت. اگر در هر ردیف، هر تیمار سه مرتبه تکرار شده و مقدار مجموع مربعات (SS) خطای آزمایش برابر ۲۰۸ باشد، واریانس خطای آزمایش برابر است با:

(سراسری ۸۳)

۱) ۴ ۲) ۴/۷۵ ۳) ۵/۷۷ ۴) ۷/۳۳

۱۱- درجه آزادی اشتباه (خطا) در طرح مربع لاتین وقتی دو کرت گمشده داشته باشیم، کدام است؟

(سراسری ۸۳)

۱) $(t-۱)(t-۲)-۲$ ۲) $(t-۱)(t-۲)-۱$

۳) $(t-۱)(t-۳)$ ۴) $(t-۱)(t-۴)$

۱۲ـ با توجه به فرمول مقابل: $t = \frac{۵-۸}{\sqrt{۴۰\left(\frac{۱}{۵}+\frac{۱}{۷}\right)}}$ چنان‌چه از طریق تشکیل جدول تجزیه واریانس تیمارها مقایسه شوند، درجه آزادی و مجموع مربعات خطای آزمایشی به ترتیب از راست به چپ برابر هستند با:

(سراسری ۸۴)

۱) ۹ و ۴۰ ۲) ۱۰ و ۴۰۰ ۳) ۱۱ و ۴۴۰ ۴) ۱۲ و ۴۰۰

۱۳- با توجه به اطلاعات زیر، مجموع مربعات درون گروه‌ها (خطای آزمایشی SS_e) برابر است با:(سراسری ۸۴)

$\bar{x}_۱ = ۵ \quad r_۱ = ۳ \quad \Sigma x_{ij}^۲ = ۹۴$

$\bar{x}_۲ = ۶ \quad r_۲ = ۴ \quad \Sigma x_{ij}^۲ = ۱۶۰$

$\bar{x}_۳ = ۱۰ \quad r_۳ = ۵ \quad \Sigma x_{ij}^۲ = ۵۶۰$

۱) ۳۱/۶۷ ۲) ۹۵ ۳) ۲۷۱/۳۳ ۴) ۸۱۴

۱۴- در یک طرح کاملاً تصادفی با ۶ تیمار، $\sum_{i=1}^{6}\sum_{j=1}^{3}(x_{ij}-\bar{x}_{io})^2=24$ می‌باشد. با این اطلاعات میانگین مربعات کدام منبع تنوع را می‌توان محاسبه نمود و مقدار آن چقدر است؟

(سراسری ۸۴)

۱) خطای آزمایشی،۶
۲) خطای آزمایشی، ۲
۳) تیمار، ۴/۸
۴) تیمار، ۱۴/۴

۱۵- در یک آزمایش به صورت طرح کاملاً تصادفی با ۳ تیمار و ۶ تکرار، اطلاعات ذیل به دست آمده است. مقدار میانگین مربعات خطا (MSE) برابر است با:

$\Sigma(x_{1j}-\bar{x}_{1.})^2=20\ ,\ \Sigma(x_{2j}-\bar{x}_{2.})^2=18\ ,\ \Sigma(x_{3j}-\bar{x}_{3.})^2=22$

(سراسری ۸۴)

۱) ۴
۲) ۵
۳) ۶
۴) ۲۰

۱۶- در آزمایشی با ۳ تیمار A، B و C هر یک به ترتیب با ۳، ۴ و ۲ تکرار، مقادیر زیر به دست آمده است. SS تیمار برابر با چند است؟

$(\bar{x}_A-\bar{x}_{..})^2=4\ ,\ (\bar{x}_B-\bar{x}_{..})^2=6\ ,\ (\bar{x}_C-\bar{x}_{..})^2=2$

(سراسری ۸۴)

۱) ۳/۸
۲) ۶
۳) ۱۲
۴) ۴۰

۱۷- در یک طرح آزمایشی چهار تیمار با تعداد تکرار نامساوی مقایسه شده‌اند. جدول زیر تیمار و تعداد تکرار را نشان می‌دهد. کدام گزینه درجه آزادی خطا و مجموع مربعات تیمار را نشان می‌دهد؟

(سراسری ۸۴)

تیمار	A	B	C	D
تکرار تیمار	۳	۲	۴	۳
جمع تیمار	۹	۶	۶	۳

۱) ۹ و ۵/۵
۲) ۱۱ و ۱۰
۳) ۸ و ۹
۴) ۸ و ۱۰

۱۸- مدل آماری زیر برای کدام طرح مناسب است؟ $y_{ijk}=\mu+T_i+R_j+e_{ij}+\varepsilon_{ijk}$

(سراسری ۸۴)

۱) طرح بلوک‌های کامل تصادفی
۲) طرح کاملاً تصادفی
۳) طرح کاملاً تصادفی با K مشاهده
۴) طرح بلوک‌های کامل تصادفی با K مشاهده

۱۹- در طرح بلوک‌های کامل تصادفی با $r=4$ و $t=4$ برای هر یک از تیمارها واریانس حساب شده است که به قرار زیر است: اگر SS بلوک برابر با ۱۴ باشد، SS خطای آزمایش چند است؟

(سراسری ۸۴)

تیمار	A	B	C	D
S^2	۳	۴	۳	۲

۱) ۲
۲) ۲۲
۳) ۳۶
۴) ۱۰۸

۲۰- با داشتن ۵ تیمار و چهار بلوک که بر اثر چرای گوسفند، یک واحد آزمایشی از بین رفته است، درجه آزادی خطا عبارت خواهد بود از: (سراسری ۸۴)

۱) ۱۹
۲) ۱۲
۳) ۱۱
۴) ۱۰