طرح آزمایشات کشاورزی

طرح آزمایشات کشاورزی

فهرست مطالب

جمعیت

مجموعه بی شماری از افراد که حداقل دارای یک صفت مشترک قابل اندازه گیری باشند.

- **جمعیت محدود**
- جمعیت نامحدود

اگر جامعه کوچک باشد می توان تک تک افراد را مورد مطالعه قرار داد. به علت بزرگی جامعه باید نمونه برداری کرد که در نمونه برداری باید قسمتی از جامعه را انتخاب کنیم

معیار نمونه ای و معیار جمعیتی

هر نمونه دارای خصوصیات خاص حود است که به این معیار نمونه ای گویند که هر یک از این معیار نمونه ای تخمینی از صفت مورد نظر در کل جمعیت است پس معیار نمونه ای شاخص نمونه و معیار جمعیتی شاخص صفت جمعیت است معیار نمونه ای را با حروف کوچک نشان می دهند اما معیار جمعیتی با حروف بزرگ نشان داده می شود. مقدار عددی معیار نمونه ای از یک نمونه به نمونه دیگر فرق می کند اما معیار جمعیتی همیشه ثابت است و تغییر نمی کند به معیار جمعیتی پارامتر نیز می گویند.

کرت یا پلات: کوچک ترین واحد آزمایشی که محقق برای اندازه گیری صفت بخصوص در یک آزمایش بکار می برد را پلات گویند.

زمینه یا field : به مجموعه کرت های آزمایشی که در یک آزمایش بکار برده می شود گویند که از نظر لغوی یعنی مزرعه اما از لحاظ آماری محلی است که کلیه کرت های آزمایشی پیدا می شود.

متغیر: صفت مورد مطالعه در آزمایش را گویند که از یک فرد به فرد دیگر فرق می کند. متغیرها به 2 دسته تقسیم می شوند:

1- متغیر پیوسته ← متغیری است که در یک فاصله معین هر عددی را که در ذهن خودمان تصور می کنیم را بتواند اختیار کند.

2- متغیر ناپیوسته ← متغیری است که در محدوده بین دو دامنه اعداد خاصی را به خود اختصاص می دهد.

تیمار: عواملی که محقق برای بدست آوردن اثراتشان بر روی صفت یا صفات خاص در آزمایش بکار می برد را گویند.

آزمایش: به کلیه عملیاتی که برای رد یا قبول یا تکمیل فرضیه ای بکار می رود. تفاوت بین آزمایش مقایسه ای و مطلق در این است که در آزمایش مقایسه ای چند مورد خاص مورد مطالعه قرار می گیرند و مقایسه می شوند اما در آزمایش مطلق فقط یک ماده مورد مطالعه قرار می گیرد.

بلوک: به گروهی از واحدهای آزمایشی با تیمارهای مختلف که تحت شرایط مشابهی تشکیل شده باشند، بلوک اطلاق می شود که به دو قسمت زیر تقسیم می شود:

1- بلوک کامل: همه تیمارهای آزمایش را در بر می گیرد.

2- بلوک ناقص: بعضی از تیمارهای آزمایش را در بر می گیرد.

داده ها و مشاهدات: اعداد و ارقامی را که در آزمایش بدست می آوریم و از آن ها برای محاسبات استفاده می کنیم که به این اعداد و ارقام داده های آزمایش می گوئیم.

طرح های آزمایشی: الگوهای پذیرفته شده ای هستند که برای انجام آزمایشات مقایسه ای مورد استفاده قرار می گیرند.

طرح های پایه

طرح کاملا تصادفی completely randomized design

برای اولین بار در سال 1841 در ایستگاه تحقیقاتی در انگلستان انجام شد. اساس کار آن کاملا تصادفی است و قابلیت انعطاف پذیری این طرح خیلی بالا است. زمانی از این طرح استفاده می شود که:

1- ماده آزمایشی یکنواخت باشد

2- بیشتر در آزمایشات مقدماتی (کاربرد این طرح در آزمایشات صحرایی است که در آن ها حاصل خیزی بافت و ساختمان مختلف زمین یکنواخت باشد محدود می باشد).

3- در کارهای مزرعه ای از این طرح استفاده نمی شود

از ویژگی های این طرح که با طرح های دیگر فرق می کند این است که درجه آزادی خطا خیلی بالا است.

مزایا و معایب طرح کاملا تصادفی

- محدودیتی در انتخاب تعداد تیمار و تکرار نیست (می توان هر تعداد تیمار و تکرار را بدون اشکال استفاده نمود).

- تیمارها می توانند تکرار نابرابر داشته باشند.
- تجزیه آماری بسیار ساده ای دارد.
- اگر در هنگام اجرا یک یا چند واحد آزمایشی از دست برود مشکلی در عملیات تجزیه و تحلیل طرح ایجاد نمی کند.

اما از معایب آن:

- در عملیات زراعی دقیق نیست.
- اشتباه شامل همه تغییرات ناشناخته است به جزء اثر تیمار یعنی همه اثرات کنترل نشده جمع شده و اثرات خطا را تشکیل می دهند.

S.O.V	df	SS	MS	امید ریاضی	F
تیمار	t-1	SSt	$\frac{SSt}{df_t}$	$s_e^2 + rs_t^2$	$\frac{MSt}{MSe}$
خطا	n-t	SSe	$\frac{SSe}{df_e}$	s_e^2	
کل	n-1	SST			

برای بیش از یک نمونه

S.O.V	df	F	امید ریاضی
تیمار	t-1	$\frac{MSt}{MSe}$	$s_s^2 + Ss_e^2 + rss_t^2$
خطای آزمایش	t(r-1)	واریانس خطای آزمایشی به واریانس خطای نمونه برداری	$s_s^2 + ss_e^2$
واحدهای آزمایشی	rt-1		
خطای نمونه برداری	rt(s-1)		s_s^2
کل	rts-1		

مثال: در یک آزمایش مقادیر مختلف فسفر (0 – 25 – 50 – 75 – 100 قسمت در میلیون) در 4 تکرار روی رشد گیاه نخود مورد مطالعه قرار گرفتند. جهت اجرای این تحقیق خاک مناسبی را به مقادیر مساوی با هر یک از تیمارهای

فوق مخلوط و در داخل گلدان ها ریخته و در هر گلدان 2 عدد بذر که متعلق به یک رقم نخود بوده کشت گردید. گلدان ها بطور تصادفی در گلخانه قرار داده شدند و هر 3 روز یک بار به گلدان ها با مقدار معینی از آب مقطر آبیاری انجام می گیرد. بعد از سبز شدن بذرها فقط یک گیاه را داخل هر گلدان نگهداشته و گیاه دیگر را از سطح خاک قطع نموده بعد از مدت 3 ماه گیاه هر گلدان از سطح خاک برداشت شده و بطور دقیق وزن تر گیاه محاسبه شد و نتایج در جدول زیر ارائه گشت این آزمایش را تجزیه و تفسیر کنید به همراه جدول تجزیه واریانس.

تیمار / تکرار	0	25	50	75	100
1	12	21	22	27	29
2	10	19	25	26	26
3	11	20	24	25	25
4	14	23	25	27	27
جمع	47	83	96	105	107

X..= 438

$$cf = \frac{(X..)^2}{n = rt = 4\times 5 = 20} = 9592/2$$

$$SST = \sum_{i=1}^{r} \sum_{j=1}^{t} X_{ij}^{\ 2} - cf = 12^2 + 10^2 + \ldots + 27^2 - cf = 639/8$$

$$SSt = \frac{\sum_j X_{,j}^{\ 2}}{r} - cf = \frac{47^2 + 83^2 + \ldots + 107^2}{4} - cf = 604/8$$

$$SSe = SST - SSt = 35$$

$$MSt = \frac{SSt}{df_t} = \frac{604/8}{t-1=4} = 151/2$$

$$MSe = \frac{SSe}{df_e} = \frac{35}{15} = 2/33$$

$$F = \frac{MSt}{MSe} = 64/89$$

SST ← مجموع مربعات کل

SSt ← مجموع مربعات تیمار

SSe ← مجموع مربعات خطا

S.O.V	df	SS	MS	F
تیمار	t-1=5-1=4	604/8	151/2	64/89**
خطا	n-t=20-5=15	35	2/33	
کل	n-1=19	639/8	33/67	

F جدول $F_{(4.15)}$ در سطح 5% ← 3/06 و در سطح 1% ← 4/89 است و چون محاسباتی از هر دو F جدول بزرگ تر است پس بسیار معنی دار است.

آزمون مقایسه میانگین ها

1- روش LSD

2- روش دانکن

3- روش توکی

با توجه به این که بین تیمارهای آزمایش که در روش مطالعاتی فوق انجام گرفته بسیار معنی دار بوده اما از تجزیه فوق نمی توانیم استنباط کنیم بین کدام یک از تیمارها با کدام تیمار دیگر اختلاف بسیار معنی داری وجود دارد مثلا نمی توانیم بگوییم 100 قسمت در میلیون فسفر بهتر بود یا 75 قسمت در میلیون فسفر بهتر است.

این نوع سؤالات و پیدا کردن تیمارهایی که واقعا با یکدیگر فرق داشته باشند برای محقق بسیار ضروری است روش هایی که ما به وسیله آن به این سؤالات پاسخ می دهیم به روش های **آزمون مقایسه میانگین یا آزمون معنا دار** مشهور است که تک تک آن ها مورد مطالعه قرار می گیرند.

LSD آزمون کمترین اختلاف معنادار:

فرمول کلی LSD و اجزاء آن : شاید قدیمی ترین روش برای مقایسه میانگین ها است و وجه مشخصه این روش این است که بسیار ساده است و سرعت آن هم خوب است به این دلیل که یک مقدار ثابت را محاسبه نموده و کلیه اختلافات بین میانگین های تیمار را با آن مقایسه می کنیم.

زمانی از این روش استفاده می شود که :

1- در آزمایش یک رقم شاهد وجود داشته باشد که بتوان بقیه میانگین تیمارها را با این رقم شاهد مقایسه کرد

2- حتما باید اختلاف معنی دار یا بسیار معنی داری بین میانگین های تیمار وجود داشته باشد

LSD حداقل تفاوتی است که می باید بین دو میانگین وجود داشته باشد تا اختلاف آنها از نظری معنی دار تلقی گردد و بصورت زیر محاسبه می شود:

$$LSD = \left| t_{a/2}, df \times S_{\bar{d}} \right|$$

در این فرمول t از جدول t برای سطح α/2 و درجه آزادی خطای آزمایشی (df_e) به دست می آید، و انحراف معیار توزیع تفاوت میانگین هاست که به خطای معیار یا خطای استاندارد معروف است و برای طرح کاملا تصادفی با r تکرار برابر است با $S_{\bar{d}} = \sqrt{\frac{2MS_e}{r}}$ که در آن MS_E همان میانگین مربعات خطای آزمایشی در جدول تجزیه واریانس می باشد.

$$LSD = S_{\bar{d}} \times t(a, df_e)$$

مثال: در همان مثال قبلی (آزمایش فسفر) سطوح مختلف کود فسفره را بر روی رشد رویشی گیاه نخود بررسی کردیم حالا می خواهیم میانگین تیمارها را مورد مقایسه قرار دهیم

$$S_{\bar{d}} = \sqrt{\frac{2\times 2/33}{4}} = 1/079352$$

$$t_{1\%}, df = 15 \quad \rightarrow 2/947$$

$$LSD = S_{\bar{d}} \times t \rightarrow LSD = 3/18$$

تیمار صفر = 11/75 $\quad |\overline{X}_0 - \overline{X}_{25}| = |11/75 - 20/75| = 9^{**}$

تیمار 25 = 20/75 $\quad |\overline{X}_0 - \overline{X}_{50}| = |11/75 - 24| = 12/25^{**}$

تیمار 50 = 24 $\quad |\overline{X}_0 - \overline{X}_{75}| = |11/75 - 26/25| = 14/5^{**}$

تیمار 75 = 11/75 $\quad |\overline{X}_0 - \overline{X}_{100}| = |11/75 - 26/75| = 15^{**}$

تیمار 100 = 26/75

تفاوت باید حداقل 3/18 باشد تا معنی دار باشد اگر تفاوت بین دو میانگین بزرگ تر از LSD مربوطه شد می گوئیم تفاوت معنی دار است اگر کوچک تر یا مساوی شد معنادار نیست.

در مقایسه بین میانگین شاهد با میانگین تیمار 25 قسمت در میلیون نتیجه می گیریم در سطح 1% تفاوت بسیار معنی داری بین تیمار صفر و تیمار 25 قسمت در میلیون وجود دارد.

روش دانکن: برخلاف LSD که باید در آزمایش شاهد داشته باشیم و یا اینکه F معنی دار باشد در این روش بدون در نظر گرفتن 2 حالت گفته شده برای LSD می توان مقایسه میانگین انجام داد.

$$S_{\overline{X}} = \sqrt{\frac{MSe}{r}}$$

اگر $S_{\overline{X}}$ را در $\sqrt{2}$ ضرب کنیم $S_{\bar{d}}$ بدست می آوریم

$$S_{\overline{X}} = \sqrt{\frac{MSe}{r}} = \sqrt{\frac{2/33}{4}} = 0/763217$$

$$LSR = S_{\overline{X}} \times SSR$$

P	2	3	4	5
$SSR_{1\%}$	4/17	4/37	4/5	4/58
$LSR_{1\%}$	3/18	3/34	3/44	3/5
P	12	3	4	5
$SSR_{5\%}$	3/01	3/16	3/25	3/31

در روشLSD 3/18 داشتیم و در روش دانکن 3/18 داریم. اگر از روش دانکن استفاده کنیم کوچک ترین LSR همان 3/18 می شود پس یعنی از روش LSD استفاده کردیم یعنی این روش بهتر از روش قبلی است.

باید میانگین ها را از کوچک به بزرگ مرتب کنیم

تیمار	صفر	25 ppm	50 ppm	75 ppm	100 ppm
میانگین	11/75	20/75	24	26/25	26/75

چون 3/18 < 0/5 است پس تفاوت معنی دار نیست که یک خط ممتد می کشیم.

تیمار	صفر	25 ppm	50 ppm	75 ppm	100 ppm
میانگین	11/75	20/75	24	26/25	26/75
	ج	ب	--------------	الف	

بعد از انجام خط کشی زیر میانگین ها به سهولت می توانیم هر میانگین را با میانگین دیگر مقایسه کنیم و جواب آن را درک کنیم پس هر دو میانگین یا چند میانگینی که دارای خط مشترکی هستند از لحاظ آماری یکسان هستند و در غیر این صورت اختلاف آن ها بسیار معنی دار است. مثلا در مثال فوق می توانیم نتیجه بگیریم تیمارها به سه گروه تعلق دارند. گروه اول شامل صفر قسمت در میلیون است که در این جا وزن گیاه از بقیه تیمارها کمتر است گروه دوم مربوط به 25 قسمت در میلیون فسفر است که اگر با شاهد مقایسه شود وزن گیاه کاملا فرق می کند تفاوت بسیار معنی دار است. گروه سوم شامل 50 و 75 و 100 قسمت در میلیون است که از لحاظ آماری تفاوت آن ها بر روی وزن گیاه یکسان است یعنی تفاوت یکسان بالا رفته و از لحاظ اقتصادی آنی که بیشترین سود را دارد می توانیم انتخاب کنیم.

آزمون توکی

روشی است که سادگی روش LSD را دارد و چند دامنه ای است و مانند آزمون دانکن با دامنه اختلافات سرو کار داریم اما مانند LSD تنها یک مقدار ثابت محاسبه می شود و کلیه اختلافات با این مقدار ثابت سنجیده می شوند.

این آزمون فقط اختلافات زیاد را معنی دار نشان می دهد.

$$Wa = S_{\bar{X}} \times q_a$$

تیمار	0	25	50	75	100
میانگین	11/75	20/75	24	26/25	26/75 الف
	ج		-----------------		
		----------------- ب			

میانگین ها در 3 دسته قرار دارند که گروه الف از همه بهتر است. تعداد میانگین های معنی دار این روش کمتر یا مساوی روش دانکن است.

مثال: در یک طرح کاملا تصادفی با 5 تیمار و 3 تکرار برای افزایش دقت 3 نمونه از هر واحد آزمایشی مورد بررسی قرار گرفت با توجه به اطلاعات زیر مقدار واریانس کل را بدست آورید؟

MS = 10 تیمار   F = 0/4 تیمار   F = 5 خطای آزمایش

تیمار $df = t-1 = 4$

خطا $df = t(r-1) = 10$

نمونه $df = rt(s-1) = 30$

تیمار $F = \frac{MSt}{MSe} \Rightarrow MSe = 25$

$SSE = MSe \times dfe \Rightarrow SSE = 250$

$Fe = \frac{MSe}{MSs} \Rightarrow MSs = 5$

$SSs = MSs \times dfs = 150$

$SSt = MSt \times dft = 40$

$SST = SSt + SSe + SSs = 440$

$dft = rts - 1 = 44$

$MST = \frac{SST}{df_T} = \frac{440}{44} = 10$

طرح های کاملا تصادفی با تعداد تکرارهای نامساوی (نامتعادل)

زمانی از ای طرح استفاده می شود که تعداد تکرارها نا مساوی باشد یا این که در حین انجام آزمایش یک یا چند تا از کرت ها از دست بروند.

مثال: بعد از بکار بردن 5 تیمار با تکرارهای مختلف مشاهداتی بدست آمد که در جدول زیر مرتب شده است. جدول تجزیه واریانس را رسم کنید. میانگین ها را از روش های دانکن، توکی و LSD مقایسه کنید.

تیمار 1	تیمار 2	تیمار 3	تیمار 4	تیمار 5
4/2	6	8/1	14/8	7/8
4/5	4/5	6/2	18/1	4/9
5/1	3/9	4/8		14
	6			14/1
13/8	20/4	19/1	32/9	جمع 40/8
4/6	5/1	6/37	16/45	میانگین 10/2

$$X.. = 127$$

$$cf = \frac{(X..)^2}{n} = \frac{16129}{16} = 1008/0625$$

$$SST = \sum_{i=1}^{r} \sum_{j=1}^{t} X_{ij}^{\ 2} - cf = (4/2)^2 + \ldots + (14/1)^2 - cf = 316/6975$$

$$SSt = \frac{\sum_j X_{.j}^{\ 2}}{rj} - cf = \frac{(13/8)^2}{3} + \frac{(20/4)^2}{4} + \frac{(19/1)^2}{3} + \frac{(32/9)^2}{2} + \frac{(40/8)^2}{4} - cf = 238/4258$$

$$SSe = SST - SSt = 78/2717$$

درجه آزادی کل ← n – 1 = 16 – 1 =15

درجه آزادی تیمار ← t-1 = 5 – 1 = 4

درجه آزادی خطا ← 15 – 4 = 11

$$MSt = \frac{SSt}{df_t} = \frac{238/4258}{4} = 59/6064$$

$$MSe = \frac{SSe}{df_e} = \frac{78/2717}{11} = 7/1156$$

S.O.V	df	SS	MS	F
تیمار	4	238/4258	59/6064	8/37**
خطا	11	78/2717	7/11	
کل	15	316/6975		

F جدوا در سطح 1% برابر با 5/67 است که با مقایسه F بدست آمده با F جدول به این نتیجه می رسیم که F محاسباتی از F جدول بزرگ تر است پس در شرایط آزمایش تفاوت بسیار معنی داری بین تیمارهای استفاده شده وجود دارد.

برای دریافت چگونگی اختلافات باید حداقل یکی از آزمون های مقایسه میانگین ها را انجام دهیم و اختلافی که در این روش با روش قبلی است در محاسبه $S\bar{d}$ و $S\bar{x}$ است و آن هم به دلیل نامساوی بودن تکرارهاست که باید برای هر مقایسه یا هر گروه مقایسه ها $S\bar{d}$ و $S\bar{x}$ خاصی بدست بیاید. مثلا فرض کنیم که دو تیمار را با هم مقایسه کنیم تیمار 1 و 2.

$$S\bar{d} = \sqrt{(\frac{1}{r1} + \frac{1}{r2}).MSe}$$

$$S\bar{x} = \sqrt{(\frac{1}{r1} + \frac{1}{r2}).\frac{MSe}{2}}$$

r_1	r_2	$S\bar{x}$	$S\bar{d}$
2	3	1/721869	2/435091
2	4	1/633508	2/310130
3	3	1/540086	2/178011
3	4	1/440619	2/037343
4	4	1/333754	1/886213

اگر ما جهت مقایسه از روش LSD تیمار 1 را به عنوان شاهد در نظر بگیریم $S\bar{d}$ را استفاده کنیم. پس 3 تا $S\bar{d}$ داریم.

پس چون در این جا تیمار 1 دارای 3 تکرار است و به عنوان شاهد در نظر گرفته شد لذا بایستی $S\bar{d}$ های 2 تکرار و 3 تکرار، 3 تکرار و 3 تکرار، 3 تکرار و 4 تکرار را بدست آوریم بنابراین 3 مقدار LSD محاسبه می شود و در این جا اندازه t برای همه روش ها مساوی است یعنی با درجه آزادی 11 در سطح 1% در جدول t برابر با 3/106 است.

$$LSD_{1\%}(2,3) = S\bar{d}.t = 2/435091 \times 3/106 = 7/56$$

$$LSD_{1\%}(3,3) = 2/178011 \times 3/106 = 6/76$$

$$LSD_{1\%}(3,4) = 2/037343 \times 3/106 = 6/33$$

$|\bar{X}_1 - \bar{X}_2| = |4/6 - 5/1| = 0/5 \rightarrow \quad 0/5^{ns} < 6/33$

$|\bar{X}_1 - \bar{X}_3| = |4/6 - 6/3| = 1/77 \rightarrow \quad 1/77^{ns} < 6/76$

$|\bar{X}_1 - \bar{X}_4| = |4/6 - 16/45| = 11/85 \rightarrow \quad 11/85^{**} > 7/56$

$|\bar{X}_1 - \bar{X}_5| = |4/6 - 10/2| = 5/6 \rightarrow \quad 5/6^{ns} < 6/33$

تفسیر ← نتیجه می گیریم فقط میانگین مربوط به تیمار 4 نسبت به شاهد اختلاف بسیار معنی داری را نشان می دهد و بقیه میانگین های تیمار با میانگین شاهد یکسان هستند.

آزمون دانکن: برای انجام کلیه مقایسه های ممکن اول باید مقادیر SSR را بدست آوریم با درجه آزادی 11.

بعد $S\bar{x}$ را در آن ها ضرب کرده و در نتیجه LSR را بدست آوریم و LSR های محاسبه شده را در جدول زیر مرتب کنیم و تفاضل هر دو میانگین را با توجه به تعداد تکرارها و با توجه به فاصله بین دو میانگین با P مقایسه این تفاوت ها با LSR انجام می‌گیرد.

		P			
r_1	r_2	2	3	4	5
		4/39	4/63	4/77	4/86
2	3	7/56	7/97	8/21	8/37
2	4	7/17	7/56	7/79	7/94
3	3	6/76	7/13	7/35	7/48
3	4	6/33	6/67	6/87	7
4	4	5/86	6/18	6/36	6/48

میانگین ها را از کوچک به بزرگ مرتب می کنیم.

تعداد تکرار	3	4	3	4	2
تیمار	1	2	3	5	4

میانگین 4/6 5/1 6/37 10/2 16/45الف

ب --

طرح بلوک کامل تصادفی Randomized Complete Block Design

زمانی از این طرح استفاده می شود که ماده آزمایشی در یک جهت دارای تغییر باشد یا ماده آزمایشی در یک سمت شیب داشته باشد و برای از بین بردن این تغییر ماده آزمایشی را عمود بر جهت تغییر با توجه به تعداد تکرار به بلوک هایی تقسیم می کنیم.

بلوک ها به اندازه تعداد تیمارها بصورت کرت در می آوریم.

در طرح های آماری باید بین 3 تا 8 تکرار داشته باشیم. اگر تکرار از 8 بیشتر باشد ممکن است عملکرد پایین بیاید.

از فواید بلوک بندی این است که شرایط برای تمام ارقام یکنواخت است.

موارد استفاده از بلوک

1- آزمایشگاه ها و گل خانه ها

2- آزمایشات مزرعه ای در صورتی که شیب تغییرات در یک جهت باشد

مزایا:

1- چون ماده آزمایشی بلوک بندی می شود اثر ماده آزمایشی از خطای آزمایشی جدا می شود و خطا کوچک می شود و دقت آزمایش بالا می رود.

2- تجزیه آماری این طرح نسبتا ساده دارد.

3- محدودیت از نظر انتخاب تعداد تکرار و تیمار وجود ندارد.

4- اگر یک یا چند واحد آزمایشی از بین برود با روش های خاصی می توان آن ها را برآورد نمود.

و از معایب عمده اش این است که برای زمین هایی که در دو جهت دارای شیب هستند نمی توان از این طرح استفاده نمود.

5- مهم ترین حسن این طرح این است که شیب یک طرفه خاک یا ماده آزمایشی را از بین می برد.

6- اگر یک بلوک از دست برود در صورتی که تعداد بلوک به اندازه کافی بزرگ باشد می توان آن بلوک را حذف نمود.

نکته: ما مجاز هستیم تا حداکثر 25 تیمار در این طرح استفاده کنیم.

S.O.V	df	SS	MS	F	امید ریاضی
تکرار	r-1	SSR	$\frac{SSr}{df_r}$	$\frac{MSr}{MSe}$	$s_e^2 + ts_r^2$
تیمار	t-1	SSt	$\frac{SSt}{df_t}$	$\frac{MSt}{MSe}$	$s_e^2 + rs_t^2$
خطا	(r-1)(t-1)	SSe	$\frac{SSe}{df_e}$		s_e^2
کل	rt-1	SST			

با بیش از یک نمونه

S.O.V	df	امید ریاضی
تکرار	r-1	$s_s^2 + Ss_e^2 + tss_r^2$
تیمار	t-1	$s_s^2 + Ss_e^2 + rss_t^2$
خطای آزمایش	(r-1)(t-1)	$s_s^2 + Ss_e^2$
واحد های آزمایشی	rt-1	
خطای نمونه برداری	rt(s-1)	s_s^2
کل	rts-1	

مثال: برای کنترل علف های هرز در یک رقم بخصوص سویا 5 تیمار زیر در یک طرح بلوک های کامل تصادفی با 4 تکرار در مزرعه بکار برده شدند. یک شاهد (آب مقطر)، یک علف کش قدیمی A و یک علف کش جدید A و یک علف کش قدیمی B و یک علف کش جدید B است. این علف کش ها بعد از یک ماه از کشت بر روی گیاه اعمال شدند و محصول دانه سویا در کرت های 4 × 1/5 متری در جدول زیر داده شده است. این آزمایش را تجزیه کنید و جدول تجزیه واریانس را ترسیم کنید و تفسیر نمائید. میانگین ها را با استفاده از روش LSD و دانکن و توکی مقایسه کنید.

تکرار	جدید B	قدیم B	جدید A	قدیم A	شاهد	جمع تکرار
	علفکش					
1	1920	1200	1770	1620	1520	8030
2	1890	1180	1900	1740	1680	8390
3	1810	1320	1880	1550	1450	8010
4	1790	1140	1850	1810	1380	7970
جمع تیمار	7410	4840	7400	6720	6030	32400
میانگین تیمار	1852/5	1210	1850	1680	1507/5	

چون اعداد بزرگ هستند این اعداد را کد می کنیم که 1000 را از تک تک اعداد کم می کنیم و عدد حاصل را بر 10 تقسیم می کنیم.

تکرار	جدید B	قدیم B	جدید A	قدیم A	شاهد	جمع تکرار
	علفکش					
1	92	20	77	62	52	303
2	89	18	90	74	68	339
3	81	32	88	55	45	301
4	79	14	85	81	38	297
جمع تیمار	341	84	340	272	203	1240
میانگین تیمار	85/25	21	85	68	50/75	

$$cf = \frac{X..^2}{n = rt = 20} = 76880$$

$$SST = \sum_i \sum_j X_{ij}^2 - cf = 12952$$

$$SSt = \frac{203^2 + 272^2 + ... + 341^2}{r = 4} - cf = 11652/5$$

$$SSr = \frac{303^2 + ... + 297^2}{t = 5} - cf = 228$$

$$SSe = SST - SSr - SSt = 1071/5$$

$$MSt = \frac{SSt}{df_t} = \frac{11652/5}{4} = 2913/125$$

$$MSr = \frac{SSr}{df_r} = \frac{228}{3} = 76$$

$$MSe = \frac{SSe}{df_e} = \frac{1071/5}{12} = 89/29$$

$$F_t = \frac{MSt}{MSe} = \frac{2913/125}{89/29} = 32/63$$

$$F_r = \frac{MSr}{MSe} = \frac{76}{89/29} = 0/85$$

S.O.V	df	SS	MS	F
تکرار	3	228	76	$0/85^{ns}$
تیمار	4	11652/5	2913/12	$32/62^{**}$
خطا	12	1071/5	89/29	
کل	19	12952	----	

F جدول در سطح 5% با درجه آزادی صورت 3 و مخرج 12 برابر است با 3/49

F جدول در سطح 1% با درجه آزادی 3 و 12 برابر است با 5/95

تفسیر← ماده آزمایشی از یکنواختی برخوردار است اگر در سال بعد بخواهیم در این مکان طرح را پیاده کنیم ضرورتی ندارد از بلوک استفاده کنیم و می توان از طرح کاملا تصادفی استفاده کرد.

تیمارها در سطح 1% با هم اختلاف معنی داری دارند یعنی حداقل یکی از تیمارها با بقیه متفاوت است.

تذکر: اگر ما یک عدد ثابت را با کلیه مشاهدات جمع کرده و یا از کلیه مشاهدات کم کنیم هیچ گونه تغییری در جواب واریانس و نتیجه گیری واریانس اتفاق نمی افتد.

تذکر: اگر هر یک از مشاهدات به یک عدد ثابت تقسیم شوند مقادیر SS و MS را بایستی در مربع عدد ضرب کنیم و یا اگر کلیه مشاهدات یا هر یک از مشاهدات در عدد ثابتی ضرب شوند باید SS و MS را بر مربع عدد تقسیم کنیم.

تفسیرها چه بر روی داده های کد شده و چه بر روی داده های کد نشده تفاوتی ندارد پس ضرورتی ندارد اعداد را برگردانیم.

$$LSD_{1\%} = S\bar{d}.t = 20/41$$

$$S\bar{d} = \sqrt{\frac{2MSe}{r}} = \sqrt{\frac{2\times 89/29}{4}} = 6/68$$

اگر ما از MSe کد شده استفاده کنیم باید از میانگین های کد شده هم استفاده کنیم و همینطور برعکس.

میانگین شاهد – A میانگین قدیم علف کش = | 50/75 – 68| = 17/25^{ns}

میانگین شاهد – A میانگین جدید علف کش = | 50/75 – 85 | = 34/25**

میانگین شاهد – B میانگین قدیم علف کش = | 50/75 – 21 | = 29/75**

میانگین شاهد – B میانگین جدید علف کش = | 50/75 – 85/25 | = 34/5**

علف کش جدید A سبب افزایش عملکرد سویا می شود چون انتخابی است اما علف کش قدیم A نه تنها علف های هرز را از بین نمی برد باعث صدمه زدن به گیاه هم می شود پس عملکرد را بطور معنی داری کاهش می دهد.

تخمین کرت های از دست رفته

بعضی مواقع ممکن است یک یا چند کرت از دست بروند چون طرح مورد استفاده بلوک است لذا باید مقدار عددی آن کرت یا واحد آزمایشی را تخمین بزنیم اگر فقط یک کرت از دست داده باشیم تخمین یک کرت بسیار ساده است ولی چانچه تعداد کرت های از دست رفته بیش از یکی باشد مقداری با مشکل مواجه می شویم.

در تجزیه واریانس به ازای هر کرت از دست رفته یک درجه آزادی از درجه آزادی خطا و یک درجه آزادی از کل کم می کنیم. به همین ترتیب دقت آزمایش کم می شود اگر ما از یک تیمار و یا از یک بلوک بیش از 2 کرت از دست دهیم

بهتر آن است که آن تیمار و یا آن بلوک را حذف کنیم بعد از حذف آن تیمار یا بلوک تجزیه واریانس را انجام دهیم.

چنانچه تیماری که حذف می شود برای محقق از اهمیت ویژه ای برخوردار باشد آزمایش باید دوباره تکرار شود.

مثال: در یک آزمایش گلخانه ای رشد یک رقم گندم محلی در 4 نوع خاک در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با 5 تکرار مشاهدات زیر که وزن تر گیاه است بدست آمد

تکرار	خاک 4	خاک 3	خاک 2	خاک 1	جمع تکرار
1	38/3	26/5	35/2	38/1	138/1
2	37	24/3	29/7	32/4	123/4
3	40/4	22/2	31/4	35/5	129/5
4	42/3	الف	30/2	37/2	109/7
5	39/5	23/7	32/7	33/6	129/5
جمع تیمار	197/5	96/7	159/2	176/8	630/2

$$X = \frac{tV + rR - G}{(r-1)(t-1)} = \frac{4\times 96/7 + 5\times 109/7 - 630/2}{4\times 3} \approx 25/4$$

t ← تعداد تیمار

V ← جمع کرت هایی است که دارای یک کرت از دست رفته هستند

r ← تعداد تکرار

R ← جمع تکراری است که دارای یک کرت از دست رفته است

G ← جمع کل مشاهدات با یک کرت از دست رفته

پس الف برابر 25/4 است و در نتیجه:

V ← 96/7 + 25/4 = 122/1

G ← 630/2 + 25/4 = 655/6

R ← 109/7 + 25/4 = 135/1

مقایسه میانگین ها:

S.O.V	df	SS	MS	F
تکرار	4	32/35	8/088	$2/4^{ns}$
تیمار	3	612/9	204/3133	$60/74^{**}$
خطا	11	37	3/3636	
کل	18	----	----	

برای مقایسه میانگین ها در مواقعی که یکی از میانگین ها از دست می رود به شرح زیر است:

$$S\bar{d}=\sqrt{\left(\frac{2}{r}+\frac{t}{r(r-1)(t-1)}\right).MSe}$$

$$S\bar{x}=\sqrt{\left(\frac{2}{r}+\frac{t}{r(r-1)(t-1)}\right).\frac{MSe}{2}}$$

مثال: فرض کنید که بخواهید اثر خاک 1 را با خاک 2 و خاک 3 مقایسه کنیم (آزمون LSD) اگر هدف این باشد که خاک 1 و 2 را با هم مقایسه کنیم چون خاک 1 و 2 هیچ کرت از دست رفته ای ندارند پس از فرمول سابق استفاده می شود.

$$S\bar{d}=\sqrt{\frac{2MSe}{r}}$$

$$LSD=S\bar{d}.t=3/6$$

$$\left|\bar{X}_1-\bar{X}_2\right|=\left|35/36-31/84\right|=3/52^{ns}$$

چونکه تفاوت بین 2 میانگین (3/52) کوچک تر از LSD بدست آمد پس تفاوت معنی داری بین دو میانگین وجود ندارد یعنی میانگین مربوط به خاک 1 و 2 در یک گروه قرار می گیرند و تفاوتی در سطح 1% با هم ندارند.

اگر قرار بر این باشد که خاک 1 با خاک 3 مقایسه شود در این حالت باید از فرمول جدید $S\bar{d}$ استفاده کنیم چون خاک 3 دارای کرت از دست رفته است و لذا با توجه به فرمول $S\bar{d}$ را بدست می آوریم.

$$S\bar{d} = \sqrt{(\frac{2}{r} + \frac{t}{r(r-1)(t-1)}).MSe} = \sqrt{(\frac{2}{5} + \frac{4}{5(5-1)(4-1)} \times 3/3636} = 1/2529$$

$$LSD_{1\%} = S\bar{d}.t = 1/2529 \times 3/106 = 3/89$$

$$\left|\bar{X}_1 - \bar{X}_3\right| = \left|35/36 - 24/42\right| = 10/94^{**}$$

در این جا نتیجه می گیریم تفاوت بین 2 میانگین از LSD بزرگ تر است پس در سطح 1% تفاوت بسیار معنی داری وجود دارد.

تخمین بیش از یک کرت از دست رفته

فرض کنید در آزمایش قبلی به جای یک کرت، کرت دیگری هم از دست برود

تکرار	خاک 4	خاک 3	خاک 2	خاک 1	جمع تکرار
1	38/3	26/5	35/2	38/1	138/1
2	37	24/3	29/7	32/4	123/4
3	40/4	الف	31/4	35/5	107/3
4	42/3	25/4	30/2	37/2	135/1
5	39/5	23/7	ب	33/6	96/8
جمع تیمار	197/5	99/9	126/5	176/8	600/7

ابتدا الف یا ب را با استفاده از فرمول که دقت نسبتا کمی دارد تخمین می زنیم به فرض الف :

$$\frac{\bar{X}_{i.} + \bar{X}_{.j}}{2} = \frac{107/3\diagup 3 + 99/9\diagup 4}{2} = 30/4$$

پس طبق فرمول زیر تخمین می زنیم این کار را آنقدر ادامه می دهیم تا اعدادی که از 2 سیکل پشت هم بدست می آیند مشابه و مساوی هم شوند.

ب $$X = \frac{tV + rR - G}{(r-1)(t-1)} = \frac{4 \times 126/5 + 5 \times 98/8 - (600/7 + 30/4)}{4 \times 3} = 29/9$$

الف $X = \frac{tV + rR - G}{(r-1)(t-1)} = \frac{4\times 99/9 + 5\times 107/3 - (600/7 + 29/9)}{4\times 3} = 25/4$

ب $X = \frac{tV + rR - G}{(r-1)(t-1)} = \frac{4\times 126/5 + 5\times 96/8 - (600/7 + 25/4)}{4\times 3} = 30/3$

الف $X = \frac{tV + rR - G}{(r-1)(t-1)} = \frac{4\times 99/9 + 5\times 107/3 - (600/7 + 30/3)}{4\times 3} = 25/4$

ب $X = \frac{tV + rR - G}{(r-1)(t-1)} = 30/3$

الف $X = \frac{tV + rR - G}{(r-1)(t-1)} = 25/4$

در اکثر طرح های آماری زمانی 2 کرت از دست رفته داشته باشیم 2 الی 3 سیکل برای تخمین کرت های از دست رفته کفایت می کند.

پس ←

99/9 + 25/4

107/3 + 25/4

600/7 + 25/4 + 30/3

126/5 + 30/3

96/8 + 30/3

جدول تجزیه واریانس را باید ترسیم کنیم. در چنین شرایطی که 2 کرت از دست رفته داریم باید 2 درجه آزادی از درجه آزادی خطا و 2 درجه آزادی از درجه آزادی کل کم کنیم.

S.O.V	df	SS	MS	F
تکرار	4	35/672	8/918	$3/17^{ns}$
تیمار	3	567/116	189/0387	$67/17^{**}$
خطا	10	28/144	2/8144	
کل	17	----	----	

زمانی که 2 کرت از دست رفته داشته باشیم ← مقایسه میانگین ها توسط آزمون های مختلف زمانی که ما بیشتر از یک کرت از دست رفته داشته باشیم نسبتا پیچیده است برای نشان دادن این موضوع از آزمون دانکن استفاده می کنیم.

1- مقایسه خاک 1 و 4 ← هیچ کدام کرت از دست داده ندارند.

2- مقایسه خاک 1 و 2 ← شامل یک کرت از دست رفته است.

3- مقایسه خاک 2 و 3 ← هر دو دارای کرت از دست رفته هستند.

حالت اول ←

$$S\overline{x} = \sqrt{\frac{MSr}{r}} = \sqrt{\frac{2/8144}{5}} = 0/7502$$

$$SSR_{\ P=2\ ,\ 1\%\ ,\ df=10} = 4/48$$

$$LSR_{1\%} = SSR_{1\%} \times S\overline{x} = 3/36$$

تفاوت 2 میانگین 1 و 4 ← $4/14^{**}$ بزرگ تر از 3/36 است

در مقایسه بین تفاوت دو میانگین 4/14 با LSR مربوطه 3/36 نتیجه می گیریم که تفاوت بین دو میانگین بزرگ تر از LSR مربوطه است و می توانیم قضاوت کنیم که تفاوت بسیار معناداری بین تیمار 4 و 1 (خاک 4 و 1) وجود دارد.

حالت دوم ←

$$S\overline{x} = \sqrt{\frac{2}{r} + \frac{t}{r(r-1)(t-1)} \times \frac{MSe}{2}} = \sqrt{\frac{2}{5} + \frac{4}{5(5-1)(4-1)} \times \frac{2/8144}{2}} = 0/810366$$

$$SSR_{P=2\ ,\ 1\%\ ,\ df=10} \quad = 4/48$$

$$LSR = SSR_{1\%} \times S\overline{x} = 4/48 \times 0/810366 = 3/63$$

$$35/36 - 31/36 = 4^{**}$$

در مقایسه بین تفاوت دو میانگین خاک 1 و 2 (تفاوت 4 است) با LSR (3/63) نتیجه می گیریم تفاوت بسیار معنی داری وجود دارد.

حالت سوم ←برای مقایسه حالت سوم که هر کدام از میانگین ها دارای کرت از دست رفته هستند از فرمول زیر استفاده می کنیم.

$$S\overline{x} = \sqrt{(\frac{1}{r1}+\frac{1}{r2})\times\frac{MSe}{2}}$$

r_1 و r_2 تعداد تکرار مؤثر برای دو تیماری هستند که می خواهند با هم مقایسه شوند و بصورت زیر محاسبه می شوند.

خاک (تیمار)	تکرار 1	تکرار 2	تکرار 3	تکرار 4	تکرار 5	
2	1	1	0/67	1	0	→ 3/67
3	1	1	0	1	0/67	→ 3/67

1- زمانی که در یک تکرار کلیه کرت های مربوط به تیماری که قرار است مقایسه شوند وجود داشته باشد. تعداد تکرار مؤثر برای تیمار را 1 در نظر می گیریم.

2- تعداد تکرار مؤثر در آن بلوکی که تیمار مورد نظر کرت از دست رفته داشته باشد تعداد تکرار مؤثر برای آن تیمار صفر است.

3- در آن بلوکی که یکی از تیمارهای مورد مقایسه موجود باشد اما تیمار دیگری که قرار است با تیمار مورد نظر مقایسه شود دارای کرت از دست رفته باشد تعداد تکرار مؤثر برای تیمار از فرمول زیر بدست می آید:

$$\frac{t-2}{t-1}=\frac{4-2}{4-1}=\frac{2}{3}=0/67$$

4- همه تکرارهای مؤثر را جمع کنیم که در همه بلوک ها است. حاصل جمع آن تعداد تکرار مؤثر برای تیمار 2 می شود ← 3/67

با این تعریف برای خاک 3 نیز می توانیم بدست بیاوریم:

$$S\overline{x} = \sqrt{(\frac{1}{r1}+\frac{1}{r2})\times\frac{MSe}{2}} = \sqrt{(\frac{1}{3/67}+\frac{1}{3/67)}\times\frac{2/8144}{2}} = 0/875709$$

$$LSR = SSR_{1\%}\times\overline{X} = 4/48\times 0/875709 = 3/92$$

$$31/36-25/06 = 6/3^{**}$$

با مقایسه 6/3 با 3/92 نتیجه می گیریم تفاوت بسیار معنی داری وجود دارد

- هرچه LSR بزرگ تر باشد یعنی کرت های از دست رفته بیشتر است.
- با مقایسه سه LSR نتیجه می گیریم که LSR دو کرت گمشده بزرگ تر از LSR کرت گم نشده بوده است

دو میانگین که می خواهند با هم مقایسه شوند اگر بخواهند تفاوت معنی داری با هم داشته باشند، زمانی که دو کرت گم شده داشته باشد باید بزرگ تر از زمانی باشد که یک کرت گم شده دارد.

مثال: آزمایشی بر اساس یک طرح بلوک کامل تصادفی انجام گرفته است و نتایج بصورت جدول زیر در آمده است:

- جدول تجزیه واریانس را برای دو ستون منابع تغییر و درجات آزادی ترسیم کنید:
- اگر در تکرار 2 هر کدام از تیمارها یکی از مشاهدات خود را از دست بدهند چه تغییری در جدول تجزیه واریانس مشاهده می شود؟

تیمار / تکرار	A	B	C
1	1	3	6
	2	2	4
	4	1	2
2	2	5	3
	4	2	4
	1	3	5

S.O.V	df
تکرار	1
تیمار	2
خطای آزمایش	2
خطای نمونه برداری	12
کل	17

S.O.V	df
تکرار	1
تیمار	2
خطای آزمایش	2
خطای نمونه برداری	9
کل	14

طرح مربع لاتین Latin Square Design

زمانی از این طرح استفاده می کنیم که شیب ماده آزمایشی در دو جهت باشد. طرح مربع لاتین این توانایی را دارد که اثرات یا شیب دو جهته ماده آزمایشی را از بین ببرد یعنی از خطای آزمایش کم کند. در این طرح تعداد سطر و ستون با هم برابر است.

مربع لاتین استاندارد اگر سطر و ستون اول تیمارها به ترتیب حروف الفبا نوشته شوند این طرح را استاندارد گویند و در غیر این صورت **غیر استاندارد** نامند.

مزایا طرح مربع لاتین

1- چون غیر یکنواختی های موجود در ماده آزمایشی در دو جهت محاسبه می شود و از خطای آزمایشی جدا می شود در نتیجه بیشترین دقت در این طرح بدست می آید.

2- تجزیه آماری ساده دارد.

3- در صورت از بین رفتن یک یا چند واحد آزمایشی می توان آن ها را برآورد نمود.

معایب طرح مربع لاتین:

چون در این طرح تعداد تیمار و سطر و ستون با هم برابر هستند پس محقق ناچار است به تعداد تیمار، تکرار داشته باشد و در نتیجه تعداد تیمار محدودی را مورد مقایسه قرار می دهد و در اثر این مساله تا حد زیادی از قابلیت انعطاف پذیری این طرح کاسته می شود.

S.O.V	df	SS	MS	F	امید ریاضی
ردیف	t-1	SSR	$\frac{SSr}{df_r}$	$\frac{MSr}{MSe}$	$s_e^2 + ts_r^2$
ستون	t-1	SSC	$\frac{SSc}{df_c}$	$\frac{MSc}{MSe}$	$s_e^2 + ts_c^2$
تیمار	t-1	SSt	$\frac{SSt}{df_t}$	$\frac{MSt}{MSe}$	$s_e^2 + rs_t^2$
خطا	(t-1)(t-2)	SSe	$\frac{SSe}{df_e}$		s_e^2
کل	t^2-1	SST			

بیش از یک نمونه

S.O.V	df	امید ریاضی
سطر	t-1	$s_s^2 + ss_e^2 + sts_r^2$
ستون	t-1	$s_s^2 + ss_e^2 + sts_c^2$
تیمار	t-1	$s_s^2 + ss_e^2 + rss_t^2$
خطا	(t-1)(t-2)	$s_s^2 + ss_e^2$
واحدهای آزمایشی	t^2-1	
خطای نمونه برداری	t^2(s-1)	s_s^2
کل	st^2-1	

تکرار مربعات در طرح مربع لاتین

زمانی که تعداد تیمارها بسیار کم باشد و ماده آزمایشی نیز دارای تغییرات دو جهته است باید از طرح مربع لاتینی استفاده شود که در آن مربعات تکرار شده اند.

S.O.V	df
مربع	s-1
ردیف	s(t-1)
ستون	s(t-1)
تیمار	t-1
خطا	s(t-1)(t-2)+(s-1)(t-1)
	مجموع درجات آزادی فوق – درجه آزادی کل
	$s(t-1)^2-(t-1)$
کل	rst-1

در برخی موارد مربع های تکراری در کنار هم در یک ردیف و یا زیر هم در یک ستون قرار می گیرند. در این حالت در جدول تجزیه واریانس منبع تغییر **مربع** وجود ندارد به این گونه طرح ها اصطلاحا **مستطیل لاتین** گویند. در این طرح منابع تغییر و درجات آزادی که مربع ها در یک ستون قرار گیرتد شامل ردیف (r-1) و ستون (sr-1) و تیمار (r-1) و خطا (درجه آزادی خطا از تفاضل به دست می آید) و کل می باشد.

اگر مربع ها در یک ردیف قرار گیرند درجه آزادی ردیف (sr-1) و درجه آزادی ستون (r-1) خواهد بود.

مثال: برای بررسی اثر هورمون جدیدی در اضافه نمودن وزن سیب یک باغ که این باغ فقط یک رقم سیب دارد از طرح مربع لاتین استفاده شد. 5 مقدار هورمون (0 – 2 – 4 – 8 و 16 قسمت در میلیون) را در هنگام باز شدن شکوفه ها به درختان پاشیدند. در موقع برداشت بطور تصادفی تکرار 100 عدد سیب را از هر درخت وزن کرده و از این روش وزن متوسط یک سیب را تعیین نمودند. جدول تجزیه واریانس را ترسیم کنید و نتیجه را نیز تفسیر نمایید.

ستون

ردیف	5	4	3	2	1	جمع ردیف
1	B = 175	E = 152	A = 155	D = 100	C = 121	703
2	D = 103	C = 112	B = 168	E = 132	A = 165	680
3	E = 145	A = 171	D = 110	C = 118	B = 170	714
4	A = 162	D = 102	C = 180	B = 172	E = 140	686
5	C = 120	B = 172	E = 138	A = 160	D = 112	702
جمع ستون	705	709	681	682	708	3485

$$cf = \frac{(X..)^2}{n = rt = 25} = \frac{(3485)^2}{25} = 485809/00$$

$$SST = \sum_i \sum_j X_{ij}{}^2 - cf = 121^2 + 100^2 + \ldots + 120^2 - cf = 16906$$

$$SSr = \frac{\sum_i X_{i.}{}^2}{r} - cf = \frac{703^2 + \ldots + 702^2}{5} - cf = 152$$

$$SSc = \frac{\sum_j X_{.j}{}^2}{r} - cf = \frac{708^2 + \ldots + 705^2}{5} - cf = 162$$

اگر بخواهیم SSt را بدست آوریم باید با استفاده از متن جدول کرت هایی که مربوط به هر تیمار است را با هم جمع نموده یعنی جمع تک تک تیمارها را جداگانه بدست بیاوریم.

تیمار	A	B	C	D	E
جمع تیمار	813	857	581	527	707

A = 155 + 165 + 161 + 162 + 160 = 813

$$SSt = \frac{\sum_t (X_t)^2}{r} - cf = \frac{813^2 + ... + 707^2}{5} - cf = 16302/4$$

$$SST = SSe + (SSc + SSr + SSt) \Rightarrow SSe = 289/6$$

$$MSr = \frac{SSr}{df_r = r-1} = \frac{152}{4} = 38$$

$$MSc = \frac{SSc}{df_c = r-1} = \frac{122}{4} = 40/5$$

$$MSt = \frac{SSt}{df_t = r-1} = \frac{16302/4}{4} = 4075/6$$

$$MSe = \frac{SSe}{df_e = (r-1)(r-2)} = \frac{289/6}{12} = 24/13$$

$$Fr = \frac{MSr}{MSe} = \frac{38}{24/13} = 1/57$$

$$Fc = \frac{MSc}{MSe} = \frac{40/5}{24/13} = 1/68$$

$$Ft = \frac{MSt}{MSe} = \frac{4075/6}{24/13} = 168/88$$

S.O.V	df	SS	MS	F
ردیف	4	152	38	1/57 ns
ستون	4	162	40/5	1/68 ns
تیمار	4	16302/4	4075/6	168/88**
خطا	(r-1)(r-2) = 12	289/6	24/13	----
کل	n-1 = 24	16906	----	----

تفسیر ← ردیف و ستون معنی دار نیستند. پس می توان طرح کاملا تصادفی را پیاده کنیم چون ماده آزمایشی یکنواخت است.

تیمارها معنی دار شدند حداقل یکی از تیمارها با تیمارهای دیگر فرق می کند یعنی حداقل یکی از هورمون ها می تواند در افزایش یا کاهش وزن تاثیر داشته باشد.

آزمایشات فاکتوریل

آزمایشات فاکتوریل طرح نیستند بلکه در قالب طرح های دیگر اجرا می شوند.

اگر یک فاکتور داشته باشیم برای اجرا از طرح های قبلی (کاملا تصادفی، بلوک کامل تصادفی و مربع لاتین) استفاده می کنیم اما اگر دو فاکتور یا بیشتر داشته باشیم نمی توان از طرح های پایه استفاده کرد.

آزمایشات فاکتوریل به آزمایش هایی گویند که در آن ها اثر دو یا چند عامل (فاکتور) به صورت یک جا مورد بررسی قرار می گیرد و در حقیقت مجموعه ای از چند آزمایش جداگانه است. دارای دو نوع 2^n و غیر 2^n است.

فاکتور: نوع تیمار که در آزمایش مورد مطالعه قرار می گیرد. با حروف بزرگ نشان می دهند.

سطح: تیمارهای مربوط به هر فاکتور را سطوح آن فاکتور می گویند. با حروف کوچک نشان می دهند.

اثر متقابل: زمانی که عکس العمل صفت مورد مطالعه نسبت به 2 یا چند عامل مورد مطالعه روال مشخصی نداشته باشد می گوئیم آن عوامل بر روی صفت مذکور اثر متقابل دارند.

مزایا:

1- چند آزمایش را می توان در قالب یک آزمایش پیاده نمود.

2- در زمان صرفه جویی می شود.

3- با هزینه کمتر می توان طرح را اجرا نمود.

4- اطلاعات بیشتری دریافت می کنیم.

5- می توان اثر متقابل را بررسی نمود.

6- تعداد تکرار برای سطوح فاکتورها زیاد است و در نتیجه دقت برآورد بیشتر می شود.

معایب: محاسبات آماری نسبت به طرح های پایه بیشتر است و عملیات اجرایی مشکل تری دارد.

ساده ترین آزمایش فاکتوریل آزمایشی است که در آن فقط 2 فاکتور و هر فاکتور فقط در دو سطح انجام گیرد. اگر دو فاکتور A و B داشته باشیم می توانیم بگوئیم یک آزمایش A.B داریم. اگر هر فاکتور شامل دو سطح باشد می توانیم بگوئیم یک آزمایش 2×2 است.

اگر فاکتور اول 3 سطح و فاکتور دوم 4 سطح داشته باشند می گوئیم یک آزمایش 4 × 3 است.

$2 \times 2 \rightarrow 2^{2 \rightarrow \text{تعداد فاکتور}}$

مثلا اگر 2 فاکتور داشته باشیم و هر فاکتور 4 سطح داشته باشد می توانیم بصورت 4^2 نشان دهیم.

فرض کنید فاکتور A ارقام گوجه فرنگی است که دارای 2 سطح است

A_1 ← رقم خارجی

A_2 ← رقم محلی

B_1 ← خاک معمولی

B_2 ← شن

آزمایش در قالب طرح کاملا تصادفی با 4 تکرار در گلخانه اجرا می شود. هر گلدان یک کرت است. بعد از کاشت هر سه روز یک بار با مقادیر مساوی از محلول غذایی گیاه را آبیاری نموده و پس از مدتی مقدار رشد گیاه به وسیله وزن تر کلیه گیاهان بر اساس گرم معین شد و نتایج در جدول زیر آمده است.

	a_1b_1	a_1b_2	a_2b_1	a_2b_2
	90	62	105	125
	92	67	110	134
	88	65	108	128
	95	70	100	130
جمع	365	264	423	517
میانگین	91/25	66	105/75	129/25

$X_{..} = 1569$

$$SST = \sum_i \sum_j \sum_k X_{ijk}^2 - cf = 90^2 + 62^2 + \ldots + 130^2 - cf = 8584/94$$

$$SSt = \frac{\sum_j \sum_k X_{.jk}^2}{r} - cf = \frac{365^2 + 264^2 + 423^2 + 517^2}{4} - cf = 8424/69$$

$$SST = SSt + SSe \Rightarrow SSe = 160/25$$

جهت تفکیک اثر تیمار به اثرات تشکیل دهنده آن (جهت جدا نمودن اثر فاکتور A و اثر فاکتور B و اثر متقابل AB) جدولی تشکیل می دهیم

	سطوح A		
جمع	a_1	a_2	
788	365	423	b_1
781	264	517	b_2
X.. = 1569	629	940	جمع

$$SSA = \frac{(629)^2 + (940)^2}{rb = 4\times 2 = 8} - cf = 6045/06$$

$$SSB = \frac{(788)^2 + (781)^2}{ra = 8} - cf = 3/06$$

$$SSt = SSA + SSB + SSAB \Rightarrow SSAB = 2376/57$$

or

$$SSAB = \frac{(365)^2 + (423)^2 + (264)^2 + (517)^2}{r = 4} - cf - SSA - SSB = 2376/57$$

S.O.V	df	SS	MS	F
تیمار	$4 - 1 = 3$	8424/69	2808/2	210/35**
ارقام گوجه	$2 - 1 = 1$	6045/06	6045/06	452/81**
محیط کشت	$2 - 1 = 1$	3/06	3/06	0/23 ns
اثر متقابل	$(a-1)(b-1) = 1$	2376/57	2376/57	178/2**
خطا	12	160/25	13/35	----
کل	$n - 1 = 15$	8584/94	----	----

از این تجزیه نتیجه می گیریم اختلاف بسیار معنی داری بین تیمارهای آزمایش وجود دارد. حداقل یکی از تیمارها با بقیه فرق می کند.

چون 2 رقم است مقایسه میانگین ها لازم نیست انجام شود.

رقم خارجی میانگینی برابر با 78/62 دارد و رقم محلی میانگین 117/5 دارد یعنی رقم محلی برتر از رقم خارجی است.

در ارتباط با خاک ← تفاوت معنی داری بین خاک وجود ندارد یعنی خاک میانگین 98/5 و شن میانگین 97/62 دارد پس اختلاف معنی داری وجود ندارد.

اثر متقابل AB ← بسیار معنی دار است. عکس العمل 2 رقم گوجه فرنگی استفاده شده در این آزمایش به محیط کشت های مختلف که در این آزمایش مورد استفاده قرار گرفت متفاوت بوده است.

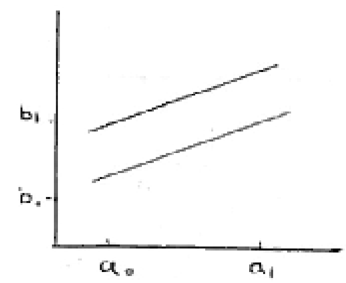
رسم نمودار

در یک آزمایش فاکتوریل 2^2 می توان حالات نموداری زیر را در نظر گرفت.

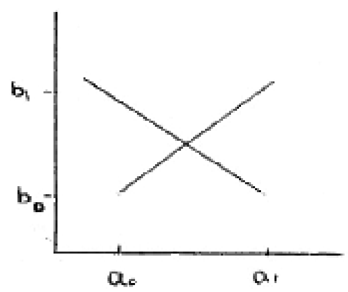
اگر دو خط بصورت موازی باشند اثر متقابل وجود ندارد و در واقع رفتار سطوح یک فاکتور در سطوح فاکتور دیگر مشابه است (نمودار شماره 1)

در نمودار شماره 2 اثر متقابل منفی وجود دارد. این بدین معنا است که یکی از اثرات زیاد و دیگری کم می شود.

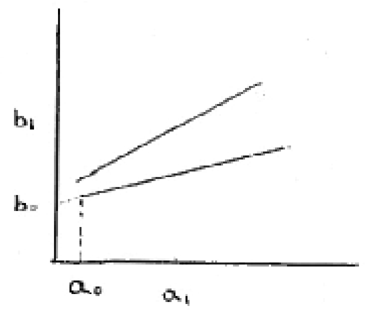
نمودار شماره 3 اثر متقابل مثبت وجود دارد یعنی هر دو فاکتور اثرات افزایشی دارند.



نمودار شماره ۱



نمودار شماره ۲



نمودار شماره ۳

فاکتوریل دو عاملی در قالب طرح های پایه

فاکتوریل دو عاملی در قالب طرح کاملا تصادفی

S.O.V	df
تیمار	t-1
A	a-1
B	b-1
AB	(a-1)(b-1)
خطا	ab(r-1)
کل	rab-1

فاکتوریل دو عاملی در قالب طرح بلوک کامل تصادفی

S.O.V	df
تکرار	r-1
تیمار	t-1
A	a-1
B	b-1
AB	(a-1)(b-1)
خطا	(ab-1)(r-1)
کل	rab-1

فاکتوریل دو عاملی در قالب طرح مربع لاتین

S.O.V	df
ردیف	t-1
ستون	t-1
تیمار	t-1
A	a-1
B	b-1
AB	(a-1)(b-1)
خطا	(ab-1)(ab-2)
کل	Tab-1

فاکتوریل سه عاملی در قالب طرح های پایه

فاکتوریل سه عاملی در قالب طرح کاملا تصادفی

S.O.V	df
تیمار	abc-1
A	a-1
B	b-1
C	c-1
AB	(a-1)(b-1)
AC	(a-1)(c-1)
BC	(b-1)(c-1)
ABC	(a-1)(b-1)(c-1)
خطا	abc(r-1)
کل	rabc-1

فاکتوریل سه عاملی در قالب طرح بلوک کامل تصادفی

S.O.V	df
تکرار	r-1
تیمار	abc-1
A	a-1
B	b-1
C	c-1
AB	(a-1)(b-1)
AC	(a-1)(c-1)
BC	(b-1)(c-1)
ABC	(a-1)(b-1)(c-1)
خطا	(abc-1)(r-1)
کل	abcr-1

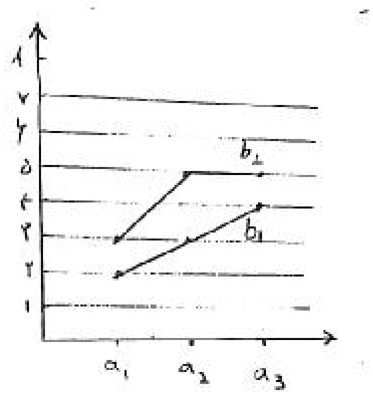
فاکتوریل سه عاملی در قالب طرح مربع لاتین

S.O.V	df
ردیف	t-1
ستون	t-1
تیمار	abc-1
A	a-1
B	b-1
C	c-1
AB	(a-1)(b-1)
AC	(a-1)(c-1)
BC	(b-1)(c-1)
ABC	(a-1)(b-1)(c-1)
خطا	(abc-1)(abc-2)
کل	abct-1

مثال: جدول تجزیه واریانس آزمایش فاکتوریل دو فاکتوری با طرح پایه بلوک های کامل تصادفی چند مشاهده ای را رسم کنید

S.O.V	df	E(MS)
بلوک	r-1	$d_e^2 + td_r^2$
تیمار	ab-1	$d_e^2 + rd_t^2$
A	a-1	$d_e^2 + d_{AB}^2 + rbd_a^2$
B	b-1	$d_e^2 + d_{AB}^2 + rad_b^2$
AB	(a-1)(b-1)	$d_e^2 + d_{AB}^2$
خطای آزمایش	(ab-1)(r-1)	$d_S^2 + Sd_e^2$
واحدهای آزمایش	rab-1	
خطای نمونه برداری	rab(s-1)	d_s^2
کل	rabs-1	

مثال: SS (مجموع مربعات) اثرات A ، B و AB را با توجه به نمودار ذیل که مربوط به آزمایش فاکتوریل 3×2 با طرح پایه مربع لاتین است محاسبه نمایید.



a_1b_1 = ۲ a_1b_2 = ۳

a_2b_1 = ۳ a_2b_2 = ۵

a_3b_1 =٤ a_3b_2 = ۵

$$CF = \frac{(X..)^2}{t^2} = \frac{22^2}{6^2} = 13/44$$

$$SS_A = \frac{\sum x^2.a}{rb} - CF = \frac{5^2 + 8^2 + 9^2}{6 \times 2} - 13/44 = 0/72$$

$$SS_B = \frac{\sum x^2.b}{ra} - CF = \frac{9^2 + 13^2}{6 \times 3} - 13/44 = 0/44$$

$$SS_{AB} = \frac{2^2 + \ldots + 5^2}{6} - 13/44 - 0/72 - 0/44 = 0/06$$

مثال: در آزمایش های فاکتوریل در چه حالتی می توان SS فاکتور یا فاکتورها را به اثرات یا اجزاء خطی، درجه دوم و ... تفکیک کرد.

در آزمایش های فاکتوریلی که فاصله سطوح آنها هم اندازه است بین مقادیر این سطوح و جواب های بدست آمده چه نوع ارتباطی وجود دارد و آیا این ارتباط خطی یا غیر خطی (انحراف از خطی) است، می توان رگرسیون بین تیمارها و پاسخ های بدست آمده را مورد بررسی قرار داد. باید توجه داشت که این عمل تنها در آزمایشات فاکتوریلی صورت می پذیرد که شروط زیر در آنها صادق باشد.

- تعداد افراد یا تعداد تکرار برای همه سطوح یا تیمارها یکسان باشد.
- تیمارها فواصل مساوی داشته باشند، به عبارت دیگر یک عامل به صورت مساوی افزایش یابد.

اختلاط در آزمایشات فاکتوریل

موارد استفاده:

1- در آزمایشات فاکتوریل زمانی که تعداد فاکتور و در نتیجه سطح زیاد می شود تعداد تیمار موجود در هر تکرار زیاد می شود و در نتیجه اختلاف موجود در داخل تکرار افزایش یافته و نهایتا دقت آزمون کم می شود که برای رفع این مشکل و افزایش دقت از اختلاط استفاده می شود. به این ترتیب که هر تکرار به دو یا چند بلوک کوچک تر به نام بلوک ناقص تقسیم می شود و هر بلوک ناقص تنها قسمتی از تیمارها را شامل می شود.

2- زمانی که دستگاه های مورد استفاده برای آزمایش گنجایش تمام تیمارها را ندارند از اختلاط استفاده می شود.

- اختلاف بین بلوک های ناقص بیشتر از تغییرات داخل بلوک ها است.
- در اثر اختلاط یک یا چند اثر از دست می روند و چون اثرلت اختلاط یافته از جدول تجزیه واریانس حذف می شود در نتیجه درجه آزادی خطا کم شده و MS خطا زیاد می شود. این امر باعث می شود که اثرات دیگر با مقداری افت مورد بررسی قرار گیرد که این افت کمتر از افت حاصل از تعداد زیاد تیمار در تکرار است.

انواع اختلاط

1- اختلاط کامل : در این اختلاط همه تکرارها برای یک اثر که معمولا بزرگ ترین اثر متقابل است اختلاط یافته اند و علت انتخاب بزرگ ترین اثر متقابل است. عامل اختلاط یافته در جدول تجزیه واریانس نوشته می شود.

2- اختلاط ناقص : در این اختلاط یک اثر در تعدادی از تکرارها و نه در همه آن ها اختلاط یافته باشد. در این اختلاط هر تکرار برای یک اثر که معمولا بزرگ ترین اثر متقابل است اختلاط یافته اند و به این طریق و بدون از دست دادن اطلاعات می توان اثر اشتباه آزمایشی را کم کرد و اثرات متقابل را تست کرد. در اختلاط کامل عامل اختلاط یافته از جدول تجزیه واریانس حذف می شود.

تشخیص نوع اختلاط

1- اگر در تکرار مورد نظر و در یکی از بلوک های ناقص این تکرار، تیمار 1 همراه با تیمار abc باشد اختلاط از 3 نوع AB و AC و BC است.

- اختلاط از نوع AB ← اگر در همین بلوک ناقص تیمار ab و c هم وجود داشته باشد
- اختلاط از نوع AC ← اگر در همین بلوک ناقص تیمار ac با b هم وجود داشته باشد
- اختلاط از نوع BC ← اگر در همین بلوک ناقص تیمار bc با a هم وجود داشته باشد

2- اگر در تکرار مورد نظر و در بلوک های ناقص این تکرا، تیمار 1 در یک بلوک ناقص و تیمار abc در بلوک ناقص دیگر باشد اختلاط از 4 نوع A و B و C و ABC است.

- اختلاط از نوع A ← اگر تمام تیمارهای دارای a در یک بلوک ناقص قرار گیرند
- اختلاط از نوع B ← اگر تمام تیمارهای دارای b در یک بلوک ناقص قرار گیرند
- اختلاط از نوع C ← اگر تمام تیمارهای دارای c در یک بلوک ناقص قرار گیرند
- اختلاط از نوع ABC ← اگر تیمارهای a و b و c به همراه abc در یک بلوک ناقص باشند

مثال: نقشه یک آزمایش فاکتوریل 2^3 در قالب طرح پایه بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار را در صورتی رسم نمایید که ABC برای تکرار اول، BC در تکرار دوم و AB در تکرار سوم اختلاط یافته است.

1	ac	ab	bc	A	C	b	abc	Iتکرار
C	ac	ab	b	1	BC	a	abc	IIتکرار
BC	b	ac	a	1	C	ab	abc	IIIتکرار

نکات لازم:

1- باید در طرح های آماری تکرار داشته باشیم. نقش تکرار به این معنی است که یک تیمار در یک آزمایش چند بار تکرار می شود. نقش تکرارها برآورد خطای آزمایشی است. به عبارت دیگر اندازه گیری هر چه دقیق تر تیمارهاست. تعداد تکرار در هر آزمایش بستگی به دقت و امکانات آزمایش دارد که معمولا تعداد تکرار بین 3 تا 8 تا است.

2- پخش تصادفی تیمارها در واحدهای آزمایشی است. بطوریکه همه واحدهای آزمایشی در یک آزمایش شانس مساوی برای دریافت یک تیمار را داشته باشند.

3- کنترل موضعی در هر آزمایش این اصل بدین معنی است که مثلا اگر در یک آزمایش شیب یک جهته یا شیب دو جهته داشته باشیم. با بلوک بندی کردن یک طرفه یا دو طرفه بتوانیم تغییرات در یک آزمایش را تحت کنترل درآوریم.

طرح اسپلیت پلات Split Plot Design

1- اسپلیت پلات در مکان

- دو عامل
- سه عامل

الف - فاکتوریل اسپلیت پلات: وقتی دو عامل A و B اهمیت یکسان و کم دارند و عامل C اهمیت زیادتری دارد از فاکتوریل اسپلیت پلات استفاده می شود. A و B تیمار اصلی هستند که به کرت های اصلی اختصاص داده می شوند. در این طرح 2 خطا وجود دارد.

ب - اسپلیت پلات فاکتوریل: وقتی فاکتور A دارای اهمیت کم و دو فاکتور B و C اهمیت زیاد و یکسان داشته باشند از طرح اسپلیت پلات فاکتوریل استفاده می شود که فاکتور A تیمار اصلی است و در کرت اصلی قرار می گیرد. در این طرح 2 خطا وجود دارد.

2- اسپلیت پلات در زمان

3- اسپلیت اسپلیت پلات

4- بلوک های خرد شده

5- اسپلیت پلات در مکان و زمان : Split Plot in time and space design :

یک طرح مرکب است که از زمان و مکان تشکیل شده است و در واقع اسپلیت پلاتی است که برای بررسی اثر زمان در زمان های متوالی تکرار می شود. عامل اصلی A می تواند نوبت های آبیاری، کودپاشی، عمق شخم، روش های مختلف تهیه بستر بذر و ... بوده و عامل فرعی B ارقام یونجه، شبدر و ... باشد. اگر در مدت زمان خاص گیاهان این آزمایش در چند نوبت برداشت شوند و هدف بررسی اثرات چین ها یا برداشت های مختلف باشد از این طرح استفاده می شود که 4 خطای آزمایشی دارد.

A ← فاکتور اصلی

B ← فاکتور فرعی

C ← فاکتور فرعی فرعی (زمان)

خطای آزمایش a ← اثرات A,R با این خطا سنجیده می شود.

خطای آزمایش b ← اثرات AB,B با این خطا سنجیده می شود.

خطای آزمایش c_1 ← برای بررسی اثرات AC,C و در بعضی مواقع RC به کار می رود.

خطای آزمایش c_2 ← برای بررسی اثرات متقابل ABC,BC به کار می رود.

6- طرح های systematic arrangement of main plot :

گاهی محقق از ارقامی استفاده می کند که زمان انجام کشت و کلیه عملیات آماری آن ها با هم متفاوت است بطور مثال فاکتور اصلی ارقامی با تاریخ کاشت متفاوت هستند پس به علت ناهم زمانی عملیات کاشت و داشت و برداشت، کرت های اصلی را نمی توان تصادفی نمود در این گونه موارد باید کرت های اصلی را با توجه به زمان کاشت بصورت سیستماتیک قرار داد. برای موارد زیر مورد استفاده قرار می گیرند:

- مقایسه ارقامی که از نظر زمان رسیدن متفاوت باشند (زودرسی و دیررسی)
- ارقامی که تاریخ کشت متفاوتی دارند.
- مواقعی که اثر عامل اصلی همان عامل A مهم نباشد.

7- کرت های موهومی: بطور مثال اگر در آزمایشی 4 میزان کود در 3 سطح به عنوان فاکتور اصلی (a_0 , a_1 , a_2 , a_3) و نحوه کود دادن در سطح (b_1 , b_2 , b_3) به عنوان فاکتور فرعی بررسی شود و آزمایش در 3 تکرار انجام گیرد دیده می شود داخل کرت های اصلی a_0 کودی داده نشده و عامل B در این کرت ها بدون مفهوم است به این علت به این کرت ها کرت های موهومی می گویند.

اسپلیت پلات در مکان

در آزمایشات کشاورزی هر گاه یک عامل نیاز به قطعات بزرگ تر زمین نسبت به عامل یا عوامل دیگری داشته باشد، مثلا اگر یکی از عوامل مورد مطالعه ما شخم زدن زمین باشد و عامل دیگر ارقام مورد مطالعه باشد در چنین شرایطی از طرح اسپلیت پلات استفاده می کنیم یا هنگامی که یکی از فاکتورها ارزش مطالعه اش برای ما بیشتر از عامل دیگر باشد در این چنین شرایطی از این طرح استفاده می کنیم. چون در آزمایشات طرح کرت های خرد شده تغییرات میان پلات های فرعی کمتر از تغییرات بین پلات های اصلی است لذا فاکتورهایی که مهم هستند در پلات های فرعی مورد مطالعه قرار می گیرند:

- اگر در پروژه تحقیقاتی 2 فاکتور داشته باشیم می تواند حالات زیر اتفاق بیفتد:

1- اگر فاکتور A نیاز به پلات های بزرگ تری نسبت به فاکتور B داشته باشد و یا اهمیت فاکتور B و اثر متقابل AB برای محقق از فاکتور A بیشتر باشد از طرح اسپلیت پلات استفاده می شود.

2- اگر هر دو فاکتور A و B نیاز به پلات های بزرگ داشته باشند یا اینکه اهمیت هر یک از دو فاکتور از اثر متقابل دو فاکتور برای محقق کمتر باشد از اسپلیت بلوک استفاده می شود.

3- اگر هر دو فاکتور و اثر متقابل آن ها همگی برای محقق اهمیت داشته باشد یا این که هیچ یک از فاکتورهای آزمایشی نیاز به پلات های بزرگ تر از حد معمول نداشته باشند از طرح آزمایشات فاکتوریل با استفاده از یکی از طرح های اصلی (کاملا تصادفی، بلوک کامل تصادفی و مربع لاتین) استفاده می کنیم.

مثال: فرض شود 2 فاکتور A و B داریم که فاکتور A دارای سه سطح است و A احتیاج به کرت بزرگ دارد و فاکتور B دارای 4 سطح است و نیاز به کرت کوچک دارد.

در این شرایط از طرح اسپلیت پلات استفاده می کنیم.

جهت اجرای آزمایش باید نقشه طرح را بکشیم.

1- ابتدا تکرارها

2- سطوح فاکتور اصلی

3- سطوح فاکتور فرعی

4- تصادفی کردن

- سطوح مختلف فاکتور اصلی را بدون در نظر گرفتن فاکتور فرعی در پلات اصلی قرعه کشی می کنیم.
- همین کار را با سطوح فاکتور فرعی می کنیم (b_1 , b_2 , b_3 , b_4)
- تکرارها را قرعه کشی می کنیم (با توجه به طرح پایه، بلوک ها، ستون ها یا ردیف ها تصادفی می کنیم).

مزایای طرح کرت های خرد شده:

- دو آزمایش جداگانه در قالب یک آزمایش پیاده می شود.
- اثر متقابل بین دو فاکتور در قالب این طرح مورد بررسی قرار می گیرد.
- نسبت به آزمایشات فاکتوریل دارای عملیات اجرایی ساده تر دارد.

معایب:

- تجزیه آماری در این طرح کمی پیچیده تر از طرح های پایه است.
- عملیات اجرایی از طرح های پایه مشکل تر است.

Ab	IV	III	II	I	جمع تیمار	میانگین تیمار
11	35/2	36/4	34/1	35/5	141/2	35/3
12	38	39/2	38/5	39/9	155/2	38/8
13	40	39/5	39/1	39	157/6	39/4
14	32/2	33	32/8	34	132	33
جمع	145/4	148/1	144/8	147/7	586	
21	36/8	35/3	34/5	35	141/6	35/4
22	33/4	34/2	34/8	35	137/4	34/4
23	35/3	34/8	34/2	34	138/3	34/6
24	39/9	40/4	41/1	40/5	161/9	40/5
جمع	145/4	144/7	144/6	144/5	579/2	
31	36/5	36	34/8	35/5	142/8	35/7
32	39	39/6	39/1	38/9	156/6	39/2
33	35	36/3	34/9	35/8	142	35/5
34	40/3	41/2	40/5	40/8	162/8	40/7
جمع	150/8	153/1	149/3	151	604/2	
جمع تکرار	441/6	445/9	438/7	443/2	1769/4	

مثال: اثر سه علف کش (a_1, a_2, a_3) بر روی مقدار پروتئین کنجاله دانه 4 رقم آفتابگردان (b_1, b_2, b_3, b_4) در یک طرح اسپلیت پلات مورد مطالعه قرار گرفت. علف کش ها (A) به عنوان تیمار اصلی و ارقام آفتاب گردان به عنوان تیمار فرعی در نظر گرفته شده است. در این آزمایش از طرح بلوک با 4 تکرار استفاده شده است. نقشه آزمایش بصورت زیر است:

	a_2				a_1				a_3			
IV	b_2	b_1	b_4	b_3	b_2	b_1	b_3	b_4	b_3	b_2	b_4	b_1
	a_3				a_1				a_2			
III	b_1	b_4	b_2	b_3	b_1	b_2	b_3	b_4	b_1	b_4	b_2	b_3
	a_1				a_2				a_3			
II	b_3	b_4	b_2	b_1	b_2	b_4	b_3	b_1	b_2	b_1	b_3	b_4
	a_2				a_3				a_1			
I	b_1	b_4	b_3	b_2	b_1	b_4	b_2	b_3	b_3	b_4	b_2	b_1

$$cf = \frac{(X...)^2}{rab} = \frac{(1769/4)^2}{4\times3\times4} = 65224/5075$$

$X_{.j.}$	I	II	III	IV	A
586	147/7	144/8	148/1	145/4	a_1
579/2	144/5	144/6	144/7	145/4	a_2
604/2	151	149/3	153/1	150/8	a_3
1769/4	443/2	438/7	445/9	441/6	X...

$$SSR = \frac{(441/6)^2 + ... + (443/2)^2}{ab = 3\times4 = 12} - cf = 2/2675$$

$$SSA = \frac{(586)^2 + (579/2)^2 + (604/2)^2}{rb = 4\times4 = 16} - cf = 20/8850$$

$$SSmp = \frac{(147/7)^2 + ... + (150/8)^2}{b = 4} - cf = 24/8675$$

اگر SSmp کوچک تر از SSR یا کوچک تر از SSA یا کوچک تر از مجموع SSR و SSA شد جواب غلط است در شرایطی می تواند مساوی مجموع SSA و SSR شود. $SSR + SSA \le SSmp$

فرق اسپلیت پلات با فاکتوریل: در اسپلیت پلات خطا به دو قسمت تقسیم می شود اما در فاکتوریل یک خطا داریم. خطای مربوط به فاکتور فرعی معمولا کوچک تر و خطای مربوط به فاکتور اصلی بزرگ تر است لذا اثرات مربوط به فاکتور اصلی چون با خطای مربوط اصلی مقایسه می شوند با دقت کمتری مورد محاسبه قرار می گیرند.

اما اگر در کل خطاها را در اسپلیت جمع کنیم از نظر اندازه با فاکتوریل یکی است.

پس ما در کرت های خرد شده عموما با توجه به شرایط تیمار و شرایط اجرای آزمایش، آزمایش را طوری طراحی می کنیم که طراحی آزمایشات به قیمت برآورد فاکتور اصلی با دقت کمتر شود تا بتوانیم اثرات فاکتور فرعی را با دقت بیشتری برآورد کنیم.

SSEa= SSmp – (SSR + SSA) → SSEa=1/7150

زمانی که آزمایش را دقیق اجرا کنیم و اصلا خطا نداشته باشیم SSEa برابر با صفر می شود که در عمل هیچ گاه این گونه نخواهد بود.

محاسبه فاکتور فرعی: جهت تجزیه فاکتور فرعی باید جدول دو طرفه دیگری ترتیب دهیم که این جدول دو طرفه از روی جدول اصلی بدست می آید:

$X_{.j.}$	b_1	b_2	b_3	b_4	A
586	141/2	155/2	157/6	132	a_1
579/2	141/6	137/4	138/3	161/9	a_2
604/2	142/8	156/6	142	162/8	a_3
1769/4	425/6	449/2	437/9	456/7	$X_{..k}$

$$SSB = \frac{\sum_k X_{..k}^2}{ra} - cf = \frac{425/6^2 + \ldots + 456/7^2}{4 \times 3 = 12} - cf = 46/1008$$

$$SSAB = \frac{\sum_i \sum_k X_{.jk}^2}{r} - cf - SSA - SSB = \frac{141/2^2 + \ldots + 162/8^2}{4} - cf - SSA - SSB = 242/8317$$

بدلیل اینکه اعداد نوشته شده در صورت از جمع 4 عدد است مخرج را 4 قرار می دهیم.

$$SST = \sum_i \sum_j \sum_k X_{ijk}^2 - cf = (35/2)^2 + ... + (40/8)^2 - cf = 325/7125$$

$$SSsp = SST - SSmp = 300/845$$

$$SSEb = SSsp - SSB - SSAB = 11/9125$$

S.O.V	df	SS	MS	F
تکرار	r-1=3	2/2675	0/7558	$2/64^{ns}$
فاکتور A	a-1=2	20/885	10/4425	$36/53^{**}$
خطای a	(a-1)(r-1)=6	1/715	0/2858	
پلات های اصلی	ra-1=11	24/8675	-	
فاکتور B	b-1=3	46/1008	15/3669	$34/83^{**}$
اثر متقابل AB	(a-1)(b-1)=6	242/8317	40/4719	$91/73^{**}$
خطای b	a(r-1)(b-1)=27	11/9125	0/4412	
پلات های فرعی	ra(b-1)=36	300/845	-	
کل	rab-1=47	325/7625	-	

در اسپلیت پلات

درجه آزادی فاکتور b > درجه آزادی فاکتور a

معمولا واریانس خطای a بزرگ تر از واریانس خطای b است اما درجات آزادی عکس این موضوع هستند در این مثال مورد نظر واریانس خطای b برعکس اصل فوق بزرگ تر از از واریانس خطای a است. این موضوع نشان دهنده این است که اثر متقابل معنی داری بین فاکتور b و بلوک وجود دارد که برای افزایش دقت آزمایش در تجزیه پلات های فرعی نباید این مجموع مربعات یا SS اثر متقابل با SS خطای b با هم ادغام کنیم یعنی بایستی مجموع مربعات اثر متقابل را محاسبه کنیم و این SS را از طریق SS خطای b خارج کنیم سپس واریانس های خطای a و b را دوباره با هم مقایسه کنیم.

جدول 2 طرفه : یک طرف فاکتور فرعی و طرف دیگر تکرار یا بلوک است.

$X_{..K}$	I	II	III	IV	B
425/6	106	103/4	107/7	108/5	b_1
439/2	113/1	112/7	113	110/4	b_2
437/9	108/8	108/2	110/6	110/3	b_3
456/7	115/3	114/6	114/6	112/4	b_4
1769/4	443/2	428/7	445/9	441/6	

$b_1 = 35/2 + 36/8 + 36/5 = 108/5$

$$SS_{RB} = \frac{(106)^2 + ... + (112/4)^2}{a = 3} - cf - SS_R - SS_B = 7/3442$$

حال این R_B را به عنوان یک منبع تغییر در جدول تجزیه واریانس وارد می کنیم و بقیه محاسبات برای بدست آوردن f_c انجام می دهیم چون تجزیه پلات های اصلی مانند قبلی است و هیچ تغییری در آن صورت نمی گیرد در جدول زیر فقط تجزیه پلات های فرعی داده می شود.

S.O.V	df	SS	MS	f_c
فاکتور B	b-1 = 3	46/1008	15/3669	$60/57^{**}$
اثر متقابل AB	(a-1)(b-1)=6	242/8317	40/4719	$40/4719^{**}$
اثر متقابل RB	(r-1)(b-1)=9	7/3442	0/816	$3/32^{*}$
خطای B	(r-1)(b-1)(a-1)=18	4/5683	0/2538	

از این تجزیه نتیجه می گیریم که در واقع اثر متقابل RB وجود داشته است و در سطح 5% معنادار است لذا محقق اجازه یکی نمودن این را با خطای b ندارد.

در بعضی از موارد مشاهده می شود که با این که اثر متقابل RB محاسبه شده و از قسمت خطای آزمایش خارج شده اما هنوز مقدار واریانس خطای b از a بزرگ تر است که این حالت بسیار کم اتفاق می افتد و دلیلش این است که اختلافات زیادی بین پلات های فرعی در داخل هر پلات اصلی وجود دارد و این اختلافات بصورتی هستند که یکدیگر را خنثی می کنند و میانگین های پلات های اصلی را به هم نزدیک می کنند.

نتایج ← جدول تجزیه واریانس اصلی

اختلاف بسیار معنی داری بین علف کش ها وجود دارد یعنی علف کش ها هر یک بر روی پروتئین کنجاله تاثیر می گذارند اگر بخواهیم متوجه شویم کدامیک اثرش بیشتر است یا کمتر است بایستی مقایسه میانگین ها را انجام دهیم.

وجود اثر متقابل معنادار بین فاکتور اصلی a و فاکتور فرعی b نشان می دهد اثرات هر علف کش بر روی هر واریته متفاوت است.

$S\bar{x}$, $S\bar{d}$ و کاربرد آن ها

در جدول زیر انواع مقایسه های ممکنه در طرح های اسپلیت پلات داده شده است بصورت زیر:

مقایسه	مثال	$S\bar{d}$	$S\bar{x}$
در سطح A	$a_2 - a_1$	$\sqrt{\frac{2MSEa}{rb}}$	$\sqrt{\frac{MSEa}{rb}}$
در سطح B	$b_2 - b_1$	$\sqrt{\frac{2MSEb}{ra}}$	$\sqrt{\frac{MSEb}{ra}}$
در سطح B در سطح ثابتی از A	$a_1b_2 - a_1b_1$	$\sqrt{\frac{2MSEb}{r}}$	$\sqrt{\frac{MSEb}{r}}$
در سطح A در سطح ثابتی از B یا دو	$a_2b_1 - a_1b_1$	$\sqrt{\frac{2MSEa+(b-1)MSEb}{rb}}$	$\sqrt{\frac{MSEa+(b-1)MSEb}{rb}}$
سطح A در سطح مختلف B	$a_2b_2 - a_1b_1$		

$$S\bar{d} = \sqrt{\frac{2MSEa}{rb}} \qquad S\bar{x} = \sqrt{\frac{MSEa}{rb}}$$

مثلا برای مقایسه میانگین های سه علف کش توسط آزمون دانکن به روش زیر این عمل را انجام می دهیم.

$$S\bar{x} = \sqrt{\frac{0/2858}{4\times 4}} = 0/133658$$

P	۲	۳
SSR ۱٪	۵/۲٤	۵/۵۱
LSR ۱٪	۰/۷	۰/۷٤

$$LSR = S\bar{x}.SSR$$

میانگین ها را از کوچک به بزرگ مرتب می کنیم.

سطح A	a_2	a_1	a_3
میانگین ها	36/2	36/62	37/76

$$a_1 = \frac{35/2 + 38/8 + 39/4 + 33}{4} = 36/62$$

1/14 > 0/7 ← 37/76 – 36/62 = 1/14

0/42 < 0/7 ← 36/62 – 36/2 = 0/42

علفکش a_3 نسبت به دو علف کش دیگر مقدار پروتئین را بسیار افزایش داده است اما اثرات دو علف کش a_1 و a_2 در مقدار پروتئین کنجاله چهار رقم آفتابگردان یکنواخت است. به کشاورز a_3 را توصیه می کنیم.

برای مقایسه میانگین های سطوح تیمار فرعی:

$$S\bar{d} = \sqrt{\frac{2MSEb}{ra}} \qquad S\bar{x} = \sqrt{\frac{MSEb}{ra}}$$

اگر بخواهیم از آزمون دانکن برای مقایسه میانگین های واریته ها استفاده کنیم باید با درجه آزادی 18 و سطح احتمال 1% به جدول برویم و SSR را محاسبه نماییم.

P	2	3	4
SSR 1%	4/07	4/27	4/38
LSR 1%	0/59	0/62	0/64

$$S\bar{x} = \sqrt{\frac{MSEa}{rb}} = 0/14542$$

سطوح B	b_1	b_2	b_3	b_4
میانگین	35/47	36/49	37/43	38/6

$$b_4 = \frac{33 + 40/5 + 40/7}{3}$$

چهار واریته بکار برده شده در این آزمایش در مقدار پروتئین کنجاله اختلافات بسیار معنی داری دارند و به کشاورز رقم b_4 را توصیه می کنیم. به شرط این که از لحاظ عملکرد یکی باشند.

- برای مقایسه میانگین ترکیبات دو فاکتور

$$S\overline{x} = \sqrt{\frac{MSEa + (b-1)MSEb}{rb}}$$

پیچیده بودن فرمول های فوق در اثر وجود دو خطا در آزمایش باید با توجه کامل و کافی انجام گیرد. برای بدست آوردن t و SSR درجه آزادی فرمول خاصی دارد که معمولا جواب آن بسیار نزدیک به میانگین درجات آزادی دو خطای آزمایش است لذا برای سهولت کار این میانگین را مورد استفاده قرار می دهند. در مثال مورد نظر SSR را با درجه آزادی $12 = \frac{6+18}{2}$ بدست می آوریم. که همانطور که می دانیم 6 درجه آزادی خطای a و 18 درجه آزادی خطای b است.

$$S\overline{x} = \sqrt{\frac{0/2858 + 3\times 0/2538}{4\times 4}} = 0/255835$$

P	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
SSR1%	4/32	4/55	4/68	4/76	4/84	4/92	4/96	5/02	5/07	5/13
LSR1%	1/11	1/16	1/2	1/22	1/24	1/26	1/27	1/28	1/30	1/31

تیمار	a_1b_4	a_2b_2	a_2b_3	a_1b_1	a_2b_1	a_2b_3	a_3b_1	a_1b_2	a_3b_2	a_1b_3	a_2b_4	a_3b_4
میانگین	33	34/4	34/6	35/3	35/4	35/5	35/7	38/8	39/2	39/4	40/5	40/7

تخمین کرت های از دست رفته

بطور کلی هرچه طرح بکار گرفته شده در یکم آزمایش پیچیده تر باشد تخمین کرت از دست رفته مشکل تر خواهد شد. مخصوصا زمانی که ما بیش از یک کرت از دست داده باشیم. اگر قرار است طرحی را اجرا کنیم که این طرح از پیچیدگی خاصی برخوردار است باید حداکثر تلاش خود را بکنیم تا کرتی در اثر اشتباه ما از بین نرود اما ممکن است با همه حساسیت هایی که محقق انجام می دهد کرتی از دست برود که در این راستا محققین تلاش های زیادی انجام دادند تا کرت از دست رفته را تخمین بزنند. آندرسون در سال 1946 فرمولی را برای تخمین کرت از دست رفته در اسپلیت پلات پیشنهاد نمود که به شرح زیر است:

$$X = \frac{rm + b(AB) - A}{(r-1)(b-1)}$$

r ← تعداد تکرار

m ← مجموع مشاهدات پلات های فرعی در داخل تکرار در پلات های اصلی با کرت از دست رفته

b ← تعداد سطوح فاکتور b

AB ← مجموع مشاهدات تکرارهای آن تیماری که در داخل پلات های اصلی است که در آن یک کرت از دست رفته وجود دارد.

A ← مجموع کل مشاهدات برای آن سطح از فاکتور A که در آن یک کرت از دست رفته وجود دارد.

به عنوان مثال فرض کنید که در جدول قبلی کرت a_2b_2 در تکرار 2 که 34/8 است از دست رفته باشد. x ← کرتی که قرار است تخمین زده شود.

$$X = \frac{rm + b(AB) - A}{(r-1)(b-1)} = \frac{4\times 109/8 + 4(102/6) - 544/4}{3\times 3} = 33/9$$

مجموع سه تکرار a_2b_2 که در **main plot** قرار دارند ← AB =35+34/2+33/4 = 102/6

b=4

A=35+34/5+...+39/9=544/4

اگر کرت را تخمین نزنیم :

1- زمان از دست می رود و مجبوریم سال بعد انجام دهیم.

2- پول و هزینه و وقت از دست می رود.

33/9 را در جدول قرار می دهیم.

- در طرح اسپلیت پلات برای کرت از دست رفته که تخمین زدیم چون دقت آزمایش پایین می آید باید یک درجه آزادی از درجه آزادی خطای b و یک درجه آزادی از پلات های فرعی و یک درجه آزادی از کل کم کنیم.

- اگر بیش از یک کرت از دست رفته داشته باشیم چه اتفاقی می افتد؟

1- اگر این کرتی را که از دست دادیم در **main plot** دیگر باشد یعنی a_1 یا a_3 باشد دقیقا فرمول آندرسون استفاده می شود و کرت را تخمین می زنیم.

2- ممکن است در داخل یک **main plot** بیش از یک کرت از دست رفته داشته باشیم پس باید همه آن ها را به جزء یکی توسط تخمین تقریبی محاسبه کنیم و سپس توسط چند سیکل با استفاده از فرمول آندرسون هر یک از کرت ها را تخمین می زنیم.

اسپلیت پلات در زمان Split Plot in time design

زمانی از این طرح استفاده می کنیم که بر روی یک صفت بخصوص در زمان های مختلف از هر کرت داده برداری کنیم مثلا در آزمایشی که شامل گیاهان چندساله است مانند سبزیجات، درختان میوه، درختان جنگلی و ... و یا گیاهانی که در طول سال رویش چند محصول می دهند می توان از این طرح استفاده نمود.

در برخی از آزمایشات از یک صفت خاص بیش از یک مشاهده در زمان های مختلف برداشته می شود برای مثال اگر هدف بررسی چند رقم گیاه چندساله یا چند رقم گیاه علوفه ای مانند یونجه که چند برداشت در سال دارد باشد از این طرح استفاده می شود که زمان های مختلف به عنوان تیمار فرعی به کرت های فرعی و ارقام به عنوان تیمار اصلی به کرت های اصلی منسوب می شوند. تجزیه آماری این طرح همانند طرح اسپلیت پلات در مکان است با این تفاوت که در آن RB (سال در تکرار) محاسبه می شود و از خطای Eb جدا می شود.

$$SSRB = \frac{\sum_i \sum_k x_{i.k}^2}{a} - cf - SSR - SSB$$

مثال: فرض کنید در آزمایشی چند واریته گیلاس یا فاکتور A در باغی به عنوان یک طرح بلوک های کامل تصادفی در چند تکرار مورد آزمایش قرار گرفته و محقق قصد دارد از لحاظ مقدار محصول مشخص کند کدام واریته بهتر است. در این مواقع محقق می تواند بعد از برداشت محصول در انتهای فصل برداشت طرح را تجزیه کند و نتایج را مورد بررسی قرار دهد اما محقق نمی تواند اثر زمان (فصل یا سال) را مشخص کند و بخواهد بداند که کدام از رقم ها در مجموع فصول یا سال بهتر هستند به دلیل این که آنالیز داده را جداگانه انجام داد. اما هدف این است که بداند کدام یک از واریته ها در چند سال بهتر هستند و محصوی بهتری دارند.

برای پاسخگویی به این موضوع بایستی داده های مربوط به چند سال را یک جا تجزیه و تحلیل کرد.

مثال: فرض کنید برای تعیین پرمحصول ترین چهر رقم از یک گیاه چندساله، آزمایشی با طرح بلوک های کامل تصادفی در 4 تکرار بکار گرفته شده است نتایج حاصله بعد از 2 برداشت بصورت جدول زیر خلاصه شده است. این مشاهدات را تجزیه و تحلیل کنید و در خاتمه تفسیر کنید.

فرض بر این باشد که چین اول را در قالب طرح بلوک کامل تصادفی آنالیز کردیم.

برداشت	واریته	IV	III	II	I	X.jk	X..k
اول	1	22	22	21	25	90	
	2	23	23	21	24	91	
	3	21	22	20	25	88	
	4	21	23	22	23	89	
جمع	Xi.1	87	90	84	97		358
	1	15	12	11	12	51	
دوم	2	22	24	20	21	87	
	3	25	26	22	24	97	
	4	26	29	24	22	101	
جمع		88	91	77	80		336
جمع تکرار		175	181	161	177		X…=694

$$SSR = \frac{\sum_i x^2{}_{i0}}{t=4} - cf = 23/25$$

$$SSt = \frac{\sum_j x^2{}_{.j}}{r} - cf = 1/25$$

$cf_1 = 8010/25$ $\quad SSR_1 = 23/25$ $\quad SSt_1 = 1/25$ $\quad SST_1 = 31/75$ $\quad SSe_1 = 7/25$

S.O.V	df	SS	MS	F
تکرار	3	23/25	7/75	$9/62^{**}$
واریته (t)	3	1/25	0/4167	$0/52^{ns}$
خطای آزمایش	9	7/25	0/8056	
کل	15	31/75		

در برداشت اول ارقام هیچ فرقی با هم ندارند.

اگر تکرار معنی دار شد یعنی تکرار بندی درست انجام شده است. اگر معنی دار نشد در سال بعد از طرح کاملا تصادفی می توان استفاده کرد.

$cf_2 = 7056 \quad SSR_2 = 32/5 \quad SSt_2 = 389 \quad SST_2 = 442 \quad SSe_2 = 20/5$

S.O.V	df	SS	MS	F
تکرار	3	32/5	10/8333	4/76*
واریته (t)	3	389	129/6667	56/93**
خطای آزمایش	9	20/5	2/2778	
کل	15	442		

جهت اینکه اثر زمان را بر روی ارقام مورد بررسی قرار دهیم باید تجزیه طرح را بصورت اسپلیت پلات در زمان انجام دهیم.

تکرار = 4 = i

تیمار = 4 = j

ارقام = فاکتور A

برداشت = فاکتور B

$$cf = \frac{X...^2}{r.a.b} = \frac{694^2}{4\times4\times2} = 15051/125$$

$$SST = 25^2 + ... + 22^2 - cf = 488/875$$

$$SSR = \frac{177^2 + ... + 175^2}{ab = 8} - cf = 28/375$$

x.j.	I	II	III	IV	واریته A
141	38	32	34	37	a_1
178	45	41	47	45	a_2
185	49	42	48	46	a_3
190	45	46	52	47	a_4
694	177	161	181	175	

$$SSA=\frac{141^2+\ldots+190^2}{rb=8}-cf=185/125$$

$$SSmp=\frac{38^2+32^2+\ldots+47^2}{b=2}-cf=234/875$$

$$SSEa=SSmp-SSR-SSA=21/375$$

پلات فرعی SS = $\frac{358^2+336^2}{ra=16}-cf=15/125$

$$SSAB=\frac{90^2+\ldots+101^2}{r=4}-cf-SSA-SSB=205/125$$

$$SSRB=\frac{87^2+\ldots+80^2}{4}-cf-SSR-SSB=27/375$$

$$SSsp=SST-SSmp=488/875-234/875=254$$

$$SSEb=SSsp-SSb-SSAB-SSRB=6/375$$

S.O.V	df	SS	MS	F
تکرار	r-1 =3	28/375	9/4583	3/94*
ارقام (A)	a-1 = 3	185/125	61/7083	25/98**
خطای a	(r-1)(a-1)=9	21/375	2/375	
پلات های اصلی	ra-1=15	234/875		
برداشت (B)	b-1=1	15/125	15/125	21/35**
AB	(a-1)(b-1)=3	25/125	68/375	117/88**
RB	(r-1)(b-1)=3	27/375	9/125	12/88**
خطای b	(r-1)(a-1)(b-1)=9	6/375	0/7083	
پلات های فرعی	ra(b-1)=16	254		
کل	rab-1=31	488/875		

بطور کلی واریته ها با یکدیگر بطور بسیار معنی داری تفاوت دارند. برداشت ها هم نسبت به هم بسیار تفاوت دارند.

برداشت اول از برداشت دوم بیشتر محصول می دهد اما در مورد عکس العمل هر واریته و دو برداشت بسیار متفاوت است عکس العمل متفاوت است یعنی برخی از ارقام در یک برداشت محصول بیشتری دارند و برخی در برداشت دیگر.

مثال 1: در یک آزمایش که بصورت اسپلیت-پلات انجام شده است با داشتن ارقام زیر:

- تعداد کرت های اصلی در هر بلوک a=6 (کود شیمیایی N_5 ,N_4 ,N_3 ,N_2 ,N_1 ,N_0)
- تعداد بلوک ها (تکرار) r=3
- تعداد کرت های فرعی در هر کرت اصلی l=4 (واریته V_4 V_3 V_2 V_1) در جدول تجزیه واریانس منابع تغییرات و درجه آزادی را برای هر منبع تغییر با فرمول و با عدد بنویسید.

با کشیدن شکل طرز قرار گرفتن کرت های اصلی و فرعی و بلوک ها را نشان دهید و مشخص کنید کدام یک از فاکتورهای مورد آزمایش با دقت بیشتری مورد تجزیه و تحلیل قرار می گیرند و دلیل آن را ذکر کنید.

$a=6 \quad r=3 \quad L=4 \quad i=1,\ldots r \quad k=1,\ldots a \quad m=1,\ldots L$

s.o.v	df	SS	MS	F
R	r-1=2	$\sum x^2{}_{i}../aL-CF$	$\frac{SSR}{dfR}$	$\frac{MSR}{MSe_q}$
A	a-1=5	$\sum x^2.K./rL-CF$	$\frac{SSA}{dfA}$	$\frac{MSA}{MSe_q}$
E_a	(a-1)(r-1)=10	$\sum x^2ik/b-CF-SSA-SSR$	$\frac{SSe_a}{dfe_a}$	----
L	(L-1)=3	$\sum x^2..m/ra-CF$	$\frac{SSL}{dfL}$	$\frac{MSL}{MSe_b}$
Al	(a-1)(L-1)=15	$\sum x^2.km/r-CF-SSA-SSL$	$\frac{SSAL}{dfAL}$	$\frac{MSAL}{MSe_b}$
RL/A=E_b	A(r-1)(L-1)=36	SSG – بقیه	$\frac{SSe_b}{dfe_b}$	----
G کل	rab-1=71	$\sum x\ ikm-CF$	----	----

اسپلیت پلات بر مبنای یکی از طرح های پایه پیاده می شود (طرح بلوک کامل تصادفی) با توجه به اینکه تعداد سطوح فاکتور اصلی 6 است پس سطوح فاکتور اصلی را بصورت تصادفی در بلوک پیاده می کنیم.

<table>
<tr><td>b
1</td><td>b
3</td><td>b
2</td><td>b
4</td><td>b
2</td><td>b
3</td><td>b
4</td><td>b
1</td><td>b
3</td><td>b
1</td><td>b
2</td><td>b
4</td><td>b
4</td><td>b
2</td><td>b
3</td><td>b
1</td><td>b
1</td><td>b
2</td><td>b
3</td><td>b
4</td><td>b
2</td><td>b
1</td><td>b
4</td><td>b
3</td></tr>
<tr><td colspan="4">a_3</td><td colspan="4">a_1</td><td colspan="4">a_4</td><td colspan="4">a_2</td><td colspan="4">a_5</td><td colspan="4">a_6</td></tr>
</table>

در مرحله بعد سطوح فاکتور اصلی را به تعداد سطوح فاکتور فرعی به پلات های فرعی تقسیم می کنیم. با توجه به نحوه پیدا شدن طرح فاکتور L در طرح اسپلیت پلات با دقت بیشتری ارزیابی می شود. در هر بلوک هر سطح A یک بار تکرار شده در صورتیکه هر سطح b ، 4 بار تکرار شده است (به اندازه تعداد سطوح فاکتور A). همچنین درجه آزادی خطای b نیز بیشتر است.

مثال 2: در یک طرح کرت خرد شده از طریق نوشتن فرمول درجه آزادی خطای عامل فرعی $E_{(b)}$ فرمول محاسبه مجموع مربعات آنرا بنویسید در صورتیکه: مقدار هر مشاهده: X_{ijk}

a و ... و i=1 اندیس عامل A

b و ... و j=1 اندیس عامل B

r و ... و k=1 اندیس عامل تکرار

$$dfe_b = {RB}/{A} = a(r-1)(b-1)$$
$$SSe_b = SS_{sp} - SS_A - SS_{AB}$$
$$SS_{SP} = SS_T - SS_{MP}$$
$$SS_{MP} = \frac{\sum y^2 i.k}{b} - CF$$

مثال 3: می خواهیم اثر دو میزان کود ازته (N) همراه با دو میزان کود فسفره (P) را روی محصول 3 رقم پنبه (V) بررسی نماییم. اگر حاصل خیزی خاک محل آزمایش از دو جهت متغیر باشد و کود ازته و فسفره از اهمیت کمتری برخوردار باشند جدول تجزیه واریانس طرح مورد نظر را با دو ستون منابع تغییر و درجات آزادی بنویسید:

طرح مورد استفاده فاکتوریل اسپلیت پلات است و طرح پایه مربع لاتین است (ماده آزمایشی در دو جهت متغیر است).

منابع تغییر	Df
ردیف	3
ستون	3
A	a-1 = 1
B	b-1 = 1
AB	(a-1)(b-1)=1
Eab	(ab-1)(ab-2)=6
کرت های اصلی	rab-1=15
C	2
AC	(a-1)(c-1)=2
BC	(b-1)(c-1)=2
ABC	(a-1)(b-1)(c-1)=2
Ec	ab(r-1)(c-1)= 24
کرت های فرعی	rab(c-1) = 32
کل	rabc-1=48

روابط بین تجزیه های جداگانه و کلی

5 رابطه مهم را می توان از مقایسه تجزیه های جداگانه با کلی ذکر کنیم.

1- مجموع مربعات فاکتور فرعی = فاکتور تصحیح در برداشت اول + cf در برداشت دوم – cf تجزیه کل

$SSB = cf_1 + cf_2 - cf$ کل

$SSB = 8010/25 + 7056 - 15051/125 = 15/125$

2- مجموع مربعات اثر متقابل RB در تجزیه کلی = مجموع مربعات چین (1) + مجموع مربعات چین (2) – مجموع مربعات تکرار در تجزیه کلی

$SSRB=SSR_1 + SSR_2 - SSR$ کل

$DfRB=dfR_1 + dfR_2 – dfR = 3+3-3=3$

3- مجموع مربعات AB در تجزیه کلی = مجموع مربعات تیمار در برداشت (1) + مجموع مربعات در برداشت دوم – مجموع مربعات A در تجزیه کلی

$SSAB= SSt_1 +SSt_2 – SSA= 1/25+389-185/125=205/125$

$dfAB=dft_1 + dft_2 – afA= 3+3-3=3$

4- رابطه بین خطاها

$SSEa + SSEb = SSE_1 + SSE_2$

$dfEa + dfEb = df E_1 + dfE_2$

5- رابطه بین مجموع مربعات کل

$SST = SST_1 + SST_2 + SSB$

$dfT = dfT_1 + dfT_2 + dfB \rightarrow 15 + 15 + 1 = 31$

فرق بین طرح اسپلیت پلات در زمان با مکان

اثر متقابل بلوک و فاکتور فرعی RB در اکثر موارد وجود دارد و معنادار است. لذا محقق باید در طرح های اسپلیت پلات در زمان آن را محاسبه کرده و در جدول تجزیه واریانس وارد کند اما در طرح اسپلیت پلات در مکان در اکثر اوقات RB معنی دار نیست و محقق آن را محاسبه نمی کند.

محقق حق ندارد خطای RB را با خطای کل ادغام کند. واریانس خطای b معمولا باید کوچک تر از واریانس خطای a باشد.

فرمول های $S\bar{d}$ و $S\bar{x}$ و کاربرد آن ها

اختلافات دیگر اسپلیت پلات در مکان و زمان در محاسبات بعضی $S\bar{d}$ و $S\bar{x}$ است که در طرح اخیر برای مقایسه برخی از میانگین ها خطاهای آزمایش باید از تجزیه های جداگانه استفاده شود لذا اگر محقق انجام چنین محاسباتی را قبل از شروع آزمایش مد نظر داشته باشد بهتر است اول تجزیه های جداگانه را انجام دهد و سپس توسط روابطی که بین دو تجزیه ذکر شد تجزیه کلی را نیز انجام دهد. در کل اگر ما بیاییم مقایسه میانگین های این دو طرح را با هم مقایسه کنیم به غیر از 2 حالت زیر در بقیه موارد با هم یکسان هستند.

-1 برای مقایسه دو سطح مختلف A در یک سطح ثابت B ← مثلا اگر بخواهیم دو تیمار a_1b_1 و a_2b_1 را با هم مقایسه کنیم فرمول $S\bar{x}$ از رابطه زیر بدست می آید.

$$S\bar{x} = \sqrt{\frac{MSE_1}{r}}$$

در مقایسه a_1b_1 و a_2b_1 چون هر دو میانگین مربوط به b_1 هستند یا برداشت اول، لذا خطای آزمایش در این جا مربوط به برداشت اول می شود که باید در فرمول $S\bar{x}$ بالا استفاده شود.

$$S\bar{x} = \sqrt{\frac{0/8056}{4}} = 0/44877$$

-2 برای مقایسه دو سطح مختلف B در یک سطح ثابت A ← مثلا برای مقایسه a_1b_2 و a_1b_1 میانگین واریته 1 در دو برداشت است لذا فرمول $S\bar{x}$ بصورت زیر خواهد بود.

$$S\bar{x} = \sqrt{\frac{MSE_1 + MSE_2}{2r}}$$

طرح اسپلیت اسپلیت پلات

در اسپلیت پلات دو فاکتور A و B داریم که در مکان و زمان انجام می شود. اگر سه فاکتور داشته باشیم می توانیم به سه حالت اجرا کنیم:

-1 اسپلیت اسپلیت پلات

-2 اسپلیت پلات با فاکتوریل در ساب پلات

-3 اسپلیت پلات با فاکتوریل در main پلات.

اسپلیت اسپلیت پلات

-1 زمانی ما از این طرح استفاده می کنیم که دارای 3 فاکتور در آزمایش باشیم و این 3 فاکتور اهمیت شان به صورت زیر باشد:

A < B < C

-2 زمانی که از نظر نیازمندی به سطح مورد نظر برای اجرا A > B > C باشد.

پلات بزرگ تر = main plot

پلات متوسط فرعی = sub plot

پلات کوچک یا پلات فرعی فرعی = sub sub plot

مثال: محققی مقدار تاثیر یک بیماری را روی برگ های یک نبات بخصوص تحت دو نوع میزان آب، که میزان آب فاکتور اصلی است و دارای دو سطح است A_1 (دیم) و A_2 (آبیاری)، دو واریته به عنوان فاکتور فرعی b_1 و b_2 و غلظت 4 قارچ خاص (فرعی فرعی) c_1 با غلظت صفر – c_2 با غلظت 10 – c_3 با غلظت 30 – c_4 با غلظت 40 (قسمت در میلیون ppm) در قالب طرح اسپلیت اسپلیت پلات با 3 تکرار (بلوک کامل تصادفی) مورد مطالعه قرار داد.

ابتدا به فاکتور A نگاه می کنیم که 2 سطح دارد بعد فاکتور فرعی که آن هم دارای 2 سطح است و در آخر فاکتور فرعی فرعی که 4 سطح دارد و بعد مرحله قرعه کشی است.

C_4	C_2	C_3	C_1	C_1	C_4	C_3	C_2	C_3	C_2	C_4	C_1	C_2	C_3	C_4	C_1

|--------b_1-------| |---------b_2---------|---------b_2--------| |-------b_1--------|

|-------------------a_1-------------------| |-------------------a_2-------------------|

برای تجزیه و تحلیل باید داده هایی که از این طرح برداشت نمودیم را بصورت جدول مرتب کنیم.

وقتی قارچ را به ارقام آلوده نمودیم باید بدانیم کدام حساس و کدام مقاوم به قارچ هستند. رقم 1 تا 10 را مشخص می کنیم. 10 را به کرت هایی می دهیم که مقاوم بودند و هیچ اثری از رشد قارچ نداشتند و 1 را به کرت هایی می دهیم که همه ارقامش آلوده شدند. 2 تا 9 را بطور نسبی از آلوده تا مقاوم می دهیم.

$X_{.ikl}$	I	II	III	abc
4	2	1	1	$a_1b_1c_1$
8	3	2	3	$a_1b_1c_2$
18	7	5	6	$a_1b_1c_3$
23	8	8	7	$a_1b_1c_4$
14	5	5	4	$a_1b_2c_1$
16	6	5	5	$a_1b_2c_2$
23	8	7	8	$a_1b_2c_3$
30	10	10	10	$a_1b_2c_4$

20	6	7	7	$a_2b_1c_1$
23	8	8	7	$a_2b_1c_2$
30	10	10	10	$a_2b_1c_3$
30	10	10	10	$a_2b_1c_4$
28	9	10	9	$a_2b_2c_1$
29	10	9	10	$a_2b_2c_2$
29	9	10	10	$a_2b_2c_3$
30	10	9	10	$a_2b_2c_4$
X… =355	121	117	117	

$$n = rabc = 3\times 2\times 2\times 4 = 48$$

$$cf = \frac{(X...)^2}{n} = \frac{355^2}{48} = 2625/5208$$

$$SST = \sum_i \sum_j \sum_k \sum_l X^2{}_{ijkl} - cf = 1^2 + ... + 10^2 - cf = 353/4792$$

تجزیه مربوط به پلات اصلی:

$X_{.j..}$	I	II	III	تیمار اصلی
136	49	43	44	a_1
219	72	74	73	a_2
355	121	117	117	$X_{i...}$

$$SSmp = \frac{\sum_i \sum_j X^2{}_{ij..}}{bc} - cf = \frac{(49)^2 + ... + (73)^2}{2\times 4} cf = 146/3542$$

$$SSA = \frac{\sum_j X^2_{.j..}}{rbc} - cf = \frac{136^2 + 219^2}{3\times 2\times 4} - cf = 143/5208$$

$$SSR = \frac{\sum_i X^2_{i..}}{abc} - cf = \frac{(117)^2 + (117)^2 + (121)^2}{2\times 2\times 4} - cf = 0/6667$$

$$SSEa = SSmp - SSA - SSR = 146/3542 - 143/5208 - 0/6667 = 2/1667$$

سه منبع خطا دارند. هر یک از طرح ها را می توان در غالب سه طرح کاملا تصادفی، بلوک کامل تصادفی، مربع لاتین پیاده نمود که البته بستگی به شرایط محیط دارد (یکنواخت، شیب یک طرفه، شیب دو طرفه).

تجزیه پلات فرعی ←

$X_{.jk.}$	I	II	III	AB
53	20	16	17	a_1b_1
83	29	27	27	a_1b_2
103	34	35	34	a_2b_1
116	38	39	39	a_2b_2
355	121	117	117	$X_{...}$

ساب پلات $SS = \dfrac{20^2 + ... + 39^2}{4} - cf - SSmp = 44/875$

SSsp=SSB+SSAB+SSEb

جهت محاسبه SSB و SSAB و SSEb باید جدول دو طرفه دیگری تشکیل دهیم:

	b_1	b_2	AB
136	53	83	a_1
219	103	116	a_2
$X_{...} = 355$	156	199	

$$SSB = \frac{\sum_k X^2_{..k.}}{r.a.c} - cf = \frac{(156)^2 + (199)^2}{3 \times 2 \times 2} - cf = 38/5208$$

$$SSAB = \frac{\sum_j \sum_k X^2_{.jk.}}{r.c} - cf - SSA - SSB =$$

$$\frac{(53)^2 + (83)^2 + (103)^2 + (116)^2}{r.c = 3 \times 4 = 12} - cf - SSA - SSB = 6/0201$$

$$SSsp = SSB + SSAB + SSEb \rightarrow SSsp - SSB - SSAB = SSEb \rightarrow SSEb = 0/33$$

تجزیه مربوط به پلات های فرعی فرعی

جهت تجزیه این قسمت ابتدا بایستی جدول دو طرفه بین فاکتور A و C از روی جدول اصلی بدست آوریم.

$X_{.j.}$	C_1	C_2	C_3	C_4	A
136	18	24	41	53	a_1
219	48	52	59	60	a_2
$X_{...}$ = 355	66	76	100	113	

$$SSC = \frac{\sum_l X_{...l}}{r.a.b} - cf = \frac{(66)^2 + ... + (113)^2}{3 \times 2 \times 2} - cf = 116/2293$$

$$SSAC = \frac{(18)^2 + (24)^2 + ... + (60)^2}{r.b = 3 \times 2 = 6} - cf - SSA - SSC = 27/8958$$

$X_{..k.}$	C_1	C_2	C_3	C_4	B
156	24	31	48	53	b_1
199	42	45	52	60	b_2
$X_{...}$ = 355	66	76	100	113	$X_{..l}$

$$SSBC = \frac{(24)^2 + ... + (60)^2}{r.a = 3 \times 3 = 9} - cf - SSB - SSC = 10/2292$$

$X_{.jk.}$	C_1	C_2	C_3	C_4	AB
53	4	8	18	23	a_1b_1
83	14	16	23	30	a_1b_2
103	20	23	30	30	a_2b_1
116	28	29	29	30	a_2b_2
355	66	76	100	113	$X_{..l}$

$$SSABC = \frac{\sum_j \sum_k \sum_l}{r} - cf - SSA - SSB - SSC - SSAB - SSAC - SSBC =$$

$$\frac{4^2 + ... + 30^2}{3} - cf - SSA - SSB - SSC - SSAB - SSAC - SSBC = 1/7291$$

$$SSssp = SST - SSsp - SSmp \Rightarrow SSssp = 162/25$$

$$SSssp - SSC - SSAC - SSBC - SSABC = SSEc \Rightarrow SSEc = 6/1667$$

جدول تجزیه واریانس طرح اسپلیت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک:

S.O.V	Df	SS	MS	F
تکرار	r-1=2	0/6667	0/3334	$<1^{ns}$
فاکتور A	A-1=1	143/5208	143/5208	$132/47^{**}$
خطای a	(r-1)(a-1)=2	2/1667	1/0834	-
پلات های اصلی	Ra-1=5	146/3542	-	-
واریته B	B-1=1	38/5208	38/5208	$462/43^{**}$
AB	(a-1)(b-1)=1	6/0209	6/0209	$72/38^{**}$
خطای b	a(r-1)(b-1)=4	0/3333	0/0833	-
پلات های فرعی	Ra(b-1)=6	44/875	-	-
فاکتور C	C-1=3	116/2292	38/743	$150/81^{**}$
AC	(a-1)(c-1)=3	27/8958	9/2986	$36/20^{**}$
BC	(b-1)(c-1)=3	10/2292	3/4097	$13/27^{**}$
ABC	(a-1)(b-1)(c-1)=9	1/7291	0/5764	$<1^{ns}$
خطای c	(r-1)a.b.(c-1)=24	6/1667	0/2569	-
پلات های فرعی فرعی	rab(c-1)=36	162/25	-	-
کل	rabc-1=47	353/4792	-	-

تفسیر ←

1- شدت بیماری یا شدت اثر بیماری در شرایط آبی و دیم بسیار متفاوت است.

- از روی جدول فقط متوجه می شویم که میانگین ها با هم اختلاف دارند. اگر بخواهیم متوجه شویم کدام میانگین با میانگین دیگر اختلاف دارد باید مقایسه میانگین ها را انجام دهیم.

2- دو رقم استفاده شده (B) در این تحقیق عکس العمل بسیار متفاوتی نسبت به بیماری نشان دادند.

3- اثر متقابل AB : این عکس العمل واریته به بیماری در شرایط آبی و دیم هم فرق می کند.

4- C : توزیع بیماری در مزرعه با پاشیدن مقادیر مختلف قارچ کاملا تغییر می کند.

5- AC : اثرات مقادیر مختلف قارچ در شرایط دیم و آبی هم متفاوت است.

6- BC : عکس العمل واریته ها نسبت به قارچ ها متفاوت است.

7- ABC : عکس العمل واریته – قارچ و دیم و آبی معنادار نیست.

مقایسه میانگین در طرح های اسپلیت اسپلیت پلات

در طرح های اسپلیت اسپلیت پلات و طرح های پیچیده دیگر معمولا مقایسه های گروهی میانگین ها اهمیت بیشتری نسبت به مقایسه های دو به دو دارد و در ضمن فرمول های و نسبتا پیچیده است و برای بعضی از آزمایشات فرمول های آن ها در اکثر کتب آماری داده نشده است لذا معمولا مقایسه میانگین های بخصوص را می توان توسط آزمون F انجام داد.

فرض کنید در مثال قبلی محقق علاقه مند باشد اثر متقابل AB را بطور دقیق تر مورد بررسی قرار دهد یعنی بخواهد بداند که آیا اختلافاتی بین دو واریته یا دو رقم در حالت دیم و آبی وجود دارد یا نه؟در چنین شرایطی از جدول AB و عملیات زیر می توانیم به جواب سؤال دست یابیم:

$X_{.j..}$	b_1	b_2	A
136	53	83	a_1
219	103	116	a_2
355	156	199	

B در سطح a_1 = $SS = \frac{53^2 + 83^2}{12} - \frac{(136)^2}{24} = 37/5 \qquad MS = \frac{37/5}{1} = 37/5$

a_1 برای F = $\frac{37/5}{0/0833} = 450/18^{**}$

$a_1b_2 = 30 + 23 + 16 + 14 = 83$

B در سطح a_2 = $SS = \frac{103^2 + 116^2}{12} - \frac{219^2}{24} = 7/0416$

$$F = \frac{7/0416}{0/0833} = 84/53^{**}$$

تفسیر ← هر دو F محاسبه شده اگر بخواهند با F_t مورد مقایسه قرار گیرند باید با درجات آزادی صورت 1 و مخرج 4 در جدول برویم و عدد را ببینیم و آن وقت مقایسه انجام دهیم که F محاسبه شده از F جدول در سطح 1% بزرگ تر است لذا نتیجه می گیریم که تحت شرایط دیم و آبی عکس العمل دو واریته نسبت به بروز مرض بسیار متفاوت است.

فرض کنید لازم باشد غلظت های مختلف قارچ کش در شرایط آبی و دیم را بطور جداگانه مورد مطالعه قرار دهیم برای این مطالعه باید به جدول AC و عملیات زیر که با استفاده از این جدول است مراجعه کنیم و انجام دهیم:

	C_1	C_2	C_3	C_4	A
136	18	24	41	53	a_1
219	48	52	59	60	a_2
255	66	76	100	113	

c در سطح SSa_1 = $\frac{18^2 + 24^2 + 41^2 + 53^2}{6} - \frac{136^2}{24} = 127/6667$

c در سطح MSa_1 = $\frac{127/6667}{3} = 42/5556$

c در سطح Fa_1 = $\frac{42/5556}{0/2569} = 165/56^{**}$

0/2569 برابر با خطای c است.

$$\text{در سطح c } SSa_2 = \frac{48^2+52^2+59^2+60^2}{6}-\frac{219^2}{24}=16/4583$$

$$\text{در سطح c } MSa_2 = \frac{16/4583}{3}=5/4861$$

$$\text{در سطح c } Fa_2 = \frac{5/4861}{0/2569}=21/36$$

تفسیر← F های فوق را اگر بخواهیم با F جدول مورد مقایسه قرار دهیم به درجه آزادی 3 صورت و درجه آزادی 24 مخرج مقایسه می کنیم لذا چه در شرایط آبی و چه در شرایط دیم قدرت کنترل مرض بخصوص توسط غلظت های مختلف قارچ کش بسیار مختلف است.

زمانی که 3 فاکتور داشته باشیم:

1- طرح اسپلیت اسپلیت پلات

2- طرح اسپلیت فاکتوریل: زمانی که یکی از فاکتورها دارای اهمیت کمتری باشد و دو فاکتور دیگر از لحاظ اهمیت با هم مساوی باشند یا یک فاکتور به کرت بزرگ تری نیاز داشته باشد و ترکیبی از دو فاکتور دیگر به کرت های کوچک تری نیاز داشته باشند.

مثلا در مورد مثال قبل که 3 فاکتور داشتیم (ارقام – آبیاری و دیم – میزان مختلف غلظت قارچ) نقشه آزمایش یکی از تکرارها به شرح زیر خواهد بود:

b۱c	b۲c	b۱c	b۲c	b۱c	b۲c	b۱c	b۲c	b۲c	b۲c	b۲c	b۲c	b۱c	b۱c	b۱c	b۱c
۱	۱	۲	۲	۳	۳	٤	٤	۱	۲	۳	٤	۱	۲	۳	٤

|--------------------a_2--------------------| |--------------------a_1--------------------|

عملیات آماری و فرمول های وابسته به آن ← اگر بخواهیم این طرح را بصورت اسپلیت فاکتوریل بررسی کنیم بسیاری از محاسبات مشترک هستند یعنی تجزیه پلات اصلی، SSA و SSB و SSC و SSAB و SSAC و SSBC و SSABC و SS کل شبیه طرح قبلی است و تنها اختلاف بین این دو طرح در آن است که این طرز جدید پیاده نمودن آزمایش مجموع مربعات پلات های فرعی، فرعی فرعی باید با هم ادغام کنیم تا تشکیل مجموع مربعات پلات فرعی را دهد و همچنین

لازم است مجموع مربعات خطاهای B و C را یکی کنیم تا تشکیل خطای bc را دهند اما اگر این طرح را قبلا اجرا نکرده باشیم بصورت اسپلیت اسپلیت پلات تمام قسمت های ذکر شده بایستی محاسبه شود.

SSsp = SST – SSmp = 353/4792 – 146/3542 = 207/25

SSEbc = SSsp – SSB-SSC-SSAB-SSAC-SSBC-SSABC = 6/5

S.O.V	df	SS	MS	F
تکرار	2	0/6667	0/3337	< 1
A	1	143/5208	143/520	$132/47^{**}$
Ea	2	2/6667	1/0834	-
B	1	38/5208	38/52018	$165/94^{**}$
C	3	116/2292	38/7431	$166/89^{**}$
AB	1	6/0209	6/0209	$25/94^{**}$
AC	3	27/8958	9/2986	$40/06^{**}$
BC	3	10/3392	3/4097	$14/69^{**}$
ABC	3	1/7291	0/5763	< 1
Ebc	28	6/5	0/21321	-
کل	47	353/4792	-	-

- فاکتور c در ساب پلات قرار می گیرد
- ترکیبات فاکتور A و B در main plot قرار می گیرند.

اگر ترکیبات فاکتور A و B نیازمند به پلات بزرگ باشند یا اهمیتشان کمتر از فاکتور C باشد آن ها را در پلات بزرگ تر قرار می دهیم و فاکتور C را در ساب پلات یا پلات کوچک تر قرار می دهیم. فاکتور C اهمیتش بیشتر است. نقشه آزمایش یکی از این تکرارها بصورت زیر خواهد بود.

C_1	C_3	C_4	C_2	C_4	C_2	C_1	C_3	C_3	C_4	C_1	C_2	C_3	C_1	C_4	C_2

|---------a۱b۱-------|----------a۲b۲--------|----------a۱b۲-------| |------a۲b۱-------|

عملیات آماری و فرمول های وابسته به آن:

محاسبات SSA و SSR و SSB و SSC و SSAB و SSAC و SSBC و SSABC و SST یا SS کل عینا همان روشی است که قبلا در طرح اسپلیت اسپلیت پلات انجام دادیم و تفاوت این روش با روش قبلی در این است که محاسبات SS های مربوط به پلات اصلی و فرعی و خطاهای آزمایش آن با هم فرق می کند.

یک جدول دو طرفه تشکیل می دهیم:

$X_{.jk.}$	I	II	III	AB
53	20	16	17	a_1b_1
83	29	27	27	a_1b_2
103	34	35	34	a_2b_1
116	38	39	39	a_2b_2
355	121	117	117	$X_{i...}$

$$SSmp = \frac{20^2 + \ldots + 39^2}{c=4} - cf = 191/2292$$

$$SSEab = SSmp - SSR - SSA - SSB - SSAB = 2/5 \rightarrow SSEa(2/16667) + SSEb(0/3333)$$

$$SSsp = SST - SSmp = 162/25$$

$$SSEc = SSsp - SSC - SSAC - SSBC - SSABC = 6/1666$$

S.O.V	df	SS	MS	F
تکرار	2	0/6667	0/3334	< 1
A	1	143/5208	143/5208	344/42**
B	1	38/5208	38/5208	92/44**
AB	1	6/029	6/029	14/45**
Eab	6	2/5	0/4147	-
C	3	116/2292	38/7431	150/81**
AC	3	27/8958	9/2986	36/20**
BC	3	10/2292	3/4097	12/27**
ABC	3	1/7291	0/5744	< 1
Ec	24	4/1666	0/2569	-
کل	47	-	-	-

اسپلیت بلوک

چه وقت از اسپلیت بلوک استفاده می کنیم؟ زمانی که ما دو فاکتور داشته باشیم و هر دو فاکتور برای ما اهمیت داشته باشند و نیازمند به کرت های بزرگ باشند مانند فاکتور عمق شخم و روش سمپاشی یا بطور کلی فاکتورهایی که جهت اجرا به ماشین های کشاورزی نیاز است. در چنین شرایطی از اسپلیت بلوک استفاده می کنیم یا این که ارزش خود دو فاکتور نسبت به انتراکسیون بین دو فاکتور اهمیتش کمتر باشد.

زمانی که قصد داریم فاکتورها را در قالب طرح اسپلیت بلوک پیاده کنیم سطوح فاکتورها در هنگام اجرا عمود بر یکدیگر در داخل هر بلوک قرار می گیرد بعضی از محققین طرح اسپلیت بلوک را یکی از شاخه های طرح اسپلیت پلات ذکر می کنند و ساب پلات ها بصورت نواری در درون بلوک قرار می گیرند. در این طرح هم یک فاکتور اصلی داریم که به این تیمار اصلی و فاکتور دیگر تیمار فرعی می گوئیم.

از نظر تجزیه آماری این طرح با طرح اسپلیت پلات یک تفاوت اساسی دارد به این صورت که در طرح اسپلیت بلوک دارای سه منبع خطا هستیم که یک منبع خطا مربوط به تیمار اصلی و یک منبع خطای دیگر مربوط به تیمار فرعی و یک منبع خطا مربوط به اثر متقابل بین این دو تیمار است. درجه آزادی مربوط به خطای اثر متقابل بیشتر از درجه

آزادی دو خطای دیگر است که در این صورت اثری که می خواهد مورد مقایسه قرار گیرد با دقت بیشتری انجام می گیرد. چون SS خطا تقسیم بر درجه آزادی می شود پس واریانس خطا کوچک می شود.

طریقه تصادفی کردن و نقشه آزمایش

جهت تصادفی کردن طرح بلوک ابتدا بلوک را به تعداد سطوح تیمار A اسپلیت می کنیم و بعد سطوح تیمار A را بصورت تصادفی در درون کرت ها قرار می دهیم سپس هر بلوک را در دو جهت عمود بر کرت های فاکتور A و به موازات بلوک ها به اندازه تعداد سطوح فاکتور B تقسیم می کنیم و آن ها را بطور تصادفی در درون هر بلوک قرار می دهیم. در نهایت بلوک ها را بصورت تصادفی کنار هم قرار می دهیم. تصادفی کردن 3 مرحله ای است جهت این که با این موضوع آشنا شویم مثالی ذکر می‌شود:

فرض کنید فاکتور A در دو سطوح a_1 و a_2 و فاکتور B در سه سطح b_1 و b_2 و b_3 در قالب یک طرح اسپلیت بلوک با سه تکرار بکار رفته باشد که در این جا نقشه طرح می تواند بصورت زیر باشد:

	a_1	a_2
	b_2	
الف	b_1	
	b_3	

	a_2	a_1
	b_3	
ب	b_2	
	b_1	

	a_1	a_2
	b_2	
ج	b_1	
	b_3	

مرحله سوم مشخص نمودن مکان تکرارها در زمین است:

		R_1
		R_2
		R_3

مدل ریاضی طرح

خطا+اثر اثر متقابل + خطا + اثر فاکتور 2 + خطا + اثر فاکتور 1 + اثر بلوک + میانگین = هر مشاهده

فاکتورهای A و B در بلوک های کامل تصادفی باشند. فرض کنید فاکتور A کود ازته باشد و در سه سطح a_1 = صفر کیلوگرم در هکتار، a_2 = 50 کیلوگرم در هکتار، a_3 = 100 کیلوگرم در هکتار باشد و فاکتور B عمق شخم باشد b_1 = 10 سانتی متر، b_2 = 20 سانتی متر و b_3 = 30 سانتی متر و b_4 = 40 سانتی متر باشد و آزمایش در 4 تکرار و یا بلوک انجام شده باشد. گیاه مورد استفاده چغندرقند است. نقشه آزمایش بصورت زیر است:

	b_3	b_1	b_2	b_4	
a_2					
a_1					I
a_3					

	b_4	b_1	b_2	b_3	
a_3					
a_2					II
a_1					

b_3	b_4	b_2	b_1

a_1					III
a_3					
a_2					
	b_1	b_2	b_4	b_3	

a_2					IV
a_1					
a_3					

$\bar{X}_{.jk}$	$X_{.jk}$	I	II	III	IV	تیمار
31	124	24	32	28	40	11
34/5	138	35	42	32	29	12
37/5	150	40	35	32	43	13
38	152	40	40	30	42	14
44	176	42	45	39	50	21
49	196	52	53	48	43	22
50/5	202	49	45	55	53	23
48/5	194	50	48	48	48	24
54/5	218	62	58	50	48	31
67/5	270	69	70	65	66	32
69	276	72	65	70	69	33
69/5	278	70	68	72	68	34
	2374	605	601	569	599	$X_{i..}$

1- مرحله تیمار A

2- مرحله تیمار B

3- اثر متقابل A,B

$$cf = \frac{(X...)^2}{n} = \frac{(2374)^2}{48} = 117414/08$$

$$SST = 24^2 + 32^2 + ... + 68^2 - cf = 8789/92$$

$$SSR = \frac{(605)^2 + ... + (599)^2}{ab = 3 \times 4 = 12} - cf = 68/25$$

مرحله 1 ← برای محاسبه مرحله 1 باید جدول دو طرفه تشکیل دهیم:

$X_{.j.}$	I	II	III	IV	A
564	139	149	122	154	a_1
768	193	191	190	194	a_2
1042	273	261	257	251	a_3
X… = 2374	605	601	569	599	$X_{i..}$

$$SSA = \frac{\sum_j X_{.j.}}{rb} - cf = \frac{(564)^2 + (768)^2 + (1042)^2}{16} - cf = 7191/17$$

$$SSEa = \frac{\sum_i \sum_j X_{ij.}^2}{b} - cf - SSR - SSA = \frac{(139)^2 + ... + (251)^2}{4} - cf - SSR - SSA = 148/50$$

مرحله 2 ←

$X_{..K}$	I	II	III	IV	B
518	128	135	117	138	b_1
604	156	165	145	138	b_2
628	161	145	157	165	b_3
624	160	156	150	158	b_4
2374	605	601	569	599	$X_{i..}$

$$SSB=\frac{\sum_k X^2_{..k}}{ra}-cf=\frac{(518)^2+\ldots+(624)^2}{12}-cf=660/92$$

$$SSEb=\frac{\sum_i\sum_k X^2_{i.k}}{a}-cf-SSR-SSB=\frac{(128)^2+\ldots+(158)^2}{3}-cf-SSR-SSB=254/08$$

$$SSAB=\frac{\sum_i\sum_j X^2_{.jk}}{r}-cf-SSA-SSB=\frac{(124)^2+(138)^2+\ldots+(278)^2}{4}-cf-SSA-SSB=168/83$$

$$SSEab=SST-SSR-SSB-SSEa-SSEb=298/17$$

S.O.V	Df	SS	MS	F
R	r-1=3	68/25	22/75	0/92 ^{ns}
فاکتور A	a-1=2	7191/17	3595/58	145/38**
خطای a	(a-1)(r-1)=6	148/5	24/75	-
فاکتور B	b-1=3	660/92	220/31	7/8**
خطای b	(r-1)(b-1)=9	254/08	28/23	-
اثر متقابل AB	(a-1)(b-1)=6	168/83	28/14	1/7^{ns}
خطای AB	(a-1)(r-1)(b-1)=18	298/17	16/56	-
کل	Rab-1=47	8789/92	-	-

تفسیر ← تکرار معنی دار نیست. ر متقابل AB معنادار نیست یعنی بصورت جدا جدا تاثیر می گذارند و روی هم تاثیری ندارند.

	a_1	a_2	a_3
b_1			
b_2			
b_3			
b_4			

	a_2	a_3	a_1
b_2			

b_1			
b_3			
b_4			
	a_3	a_2	a_1

b_3			
b_4			
b_2			
b_1			

به جای مثال جدید فرض کنیم اعداد سه بلوک مساله قبل را برای تجزیه واریانس در نظر بگیریم و این جدول را بصورت زیر مرتب کنیم:

تکرار	3	2	1	جمع ردیف
	$a_3b_2 = 69$	$a_2b_2 = 52$	$a_1b_2 = 35$	
	$a_3b_1 = 62$	$a_2b_1 = 42$	$a_1b_1 = 24$	
I	$a_3b_4 = 70$	$a_2b_4 = 50$	$a_1b_4 = 40$	
	$a_3b_3 = 72$	$a_2b_3 = 49$	$a_1b_3 = 40$	
	273	193	139	605
	$a_2b_2 = 53$	$a_1b_2 = 42$	$a_3b_2 = 70$	
II	$a_2b_4 = 48$	$a_1b_4 = 40$	$a_3b_4 = 68$	
	$a_2b_1 = 45$	$a_1b_1 = 32$	$a_3b_1 = 58$	
	$a_2b_3 = 45$	$a_1b_3 = 35$	$a_3b_3 = 65$	
	191	149	261	601
	$a_1b_3 = 32$	$a_3b_3 = 70$	$a_2b_3 = 55$	
III	$a_1b_1 = 28$	$a_3b_1 = 50$	$a_2b_1 = 39$	
	$a_1b_2 = 32$	$a_3b_2 = 65$	$a_2b_2 = 48$	
	$a_1b_4 = 30$	$a_3b_4 = 72$	$a_2b_4 = 48$	
	122	257	190	569

جمع ستون	586	599	590	1775

جمع تیمار بر روی سه تکرار که بصورت زیر خواهد بود:

a_1

b_1	b_2	b_3	b_4
84	109	107	110
جمع		410	

a_2

b_1	b_2	b_3	b_4
126	153	149	146
جمع		576	

a_3

b_1	b_2	b_3	b_4
170	204	207	210
جمع		791	

چون در این جا دو فاکتور استفاده کردیم جمع هر سطح a را با X_a و جمع هر سطح b را با X_b و جمع هر تیمار بر روی ردیف ها را با X_t نام گذاری می کنیم.

$$cf = \frac{(X\ldots)^2}{n = r^2 b} = \frac{(1775)^2}{36} = 87517/36$$

$$SST = \sum_i \sum_j \sum_t X_{ijt}^2 - cf = 35^2 + \ldots + 30^2 - cf = 7125/64$$

در ابتدا اگر سه تیمار a_1 و a_2 و a_3 را در یک طرح مربع لاتین 3×3 داشته باشیم مشاهدات مربوط به فاکتور a را تجزیه می کنیم.

$$\text{ردیف } SSR = \frac{(605)^2 + (601)^2 + (569)^2}{3 \times 4 = 12} - cf = 64/89$$

$$\text{ستون } SSC = \frac{(590)^2 + (599)^2 + (586)^2}{3 \times 4 = 12} - cf = 7/39$$

$$SSA = \frac{\sum_a X_a^2}{rb} - cf = \frac{(410)^2 + (576)^2 + (791)^2}{3 \times 4 = 12} - cf = 6087/39$$

$$SSEa = \frac{(139)^2 + \ldots + (122)^2}{4} - cf - SSR - SSC - SSA = 56/72$$

برای تجزیه فاکتور B باید جدول دو طرفه دیگری تشکیل دهیم:

$X_{i..}$	b_1	b_2	b_3	b_4	ردیف
605	128	156	161	160	I
601	135	165	145	156	II
569	117	145	157	150	III
1775	380	466	463	466	X_b

$$SSB = \frac{(380)^2 + (466)^2 + (463)^2 + (466)^2}{r^2 = 9} - cf = 602/75$$

$$SSEb = \frac{(128)^2 + \ldots + (150)^2}{r = 3} - cf - SSR - SSB = 120$$

$$SSAB = \frac{(84)^2 + (109)^2 + \ldots + (210)^2}{r = 3} - cf - SSA - SSB = 43/5$$

$$SSEab = SST - SSR - SSC - SSA - SSB - SSEb = 143$$

S.O.V	df	SS	MS	F
ردیف	3-1 = 2	64/89	32/44	1/14
ستون	3 – 1 = 2	7/39	3/7	0/13
فاکتور A	3 – 1 = 2	6087/39	3042/7	$107/32^{**}$
خطای a	(r-1)(t-2) = 2	56/72	38/36	
فاکتور B	4 – 1 = 3	602/75	200/92	$10/5^{**}$
خطای b	(r-1)(b-1) = 6	120	20	
اثر متقابل AB	(a-1)(b-1) = 6	42/5	7/25	$0/61^{ns}$
خطای اثر متقابل AB	(r-1)(a-1)(b-1)=12	143	11/92	

کل	35	-	-

- درجه آزادی تحت تاثیر تعداد تیمار تخمین ها است. تعداد اعدادی که به توان 2 می رسد منهای تعداد پارامترهای تخمینی

n-1 ← چون یک میانگین تخمین می زنیم. در مخرج واریانس (n-1) می نویسیم.

Pooling یا اصل جمع کردن

Pooling به معنی ادغام است. ما مجاز به Pooling منابعی هستیم که امید ریاضی مشابه دارند. به عنوان مثال در طرح بلوک کامل تصادفی وقتی که واریانس بین بلوک معنی دار نشد، امید ریاضی بلوک مساوی صفر است که در اینصورت با امید ریاضی اشتباه آزمایش برابر است. حسن ادغام در افزایش درجه آزادی خطا و همچنین کاهش واریانس خطا است که نتیجه اش افزایش دقت برآوردهاست (احتمال معنی داری آزمون را افزایش می دهد).

SS و df اثرات متقابل معنی دار نشده را با SS و df خطا جمع نموده. چون اثرات متقابل معنی دار نشده، پس واریانس کوچکی دارند، در نتیجه با پولد کردن، درجه آزادی خطا افزایش می یابد و واریانس آن کاهش می یابد که نتیجه اش افزایش دقت برآوردهاست.

تبدیل داده های آماری transformation of data

همانطور که هر آزمون آماری در شرایط ویژه ای صادق است که متخصصین علم آمار این شرایط ویژه را مدل ریاضی آزمون می نامند. بنابراین نباید همیشه به فکر کاربرد صرف فرمول ها و استفاده از ماشین حساب ها و کامپیوترها بوده و باید تا اندازه ای منطق ریاضی بکار برده شده را در نظر بگیریم. در مدل ریاضی تجزیه واریانس و آزمون مقایسه میانگین باید شرایط زیر حاکم باشد و گرنه نتایج حاصل از آن ها معتبر نخواهد بود.

1- اثرات اصلی تیمارها، بلوک ها و ... باید افزایشی باشد.

2- خطاهای آزمایشی باید مستقل از هم باشند.

3- توزیع اشتباهات آزمایشی باید نرمال باشد.

4- واریانس نمونه ها (تیمارهای مختلف یکنواخت باشد)

- منظور از افزایشی بودن اثرات تیمارها این است که تغییرات بین تیمارها با ضریب ثابتی بیشتر و یا کمتر نشود و این تغییرات بطور ساده جمع پذیر باشد مثلا اگر میانگین حقیقی برای یک تیمار فرضی یک مقدار ثابت باشد با تیمار دوم این میانگین دو برابر نشود و با تیمار سوم سه برابر نشود. در آزمایشات روی رشد حیوانات جوان این امر بیشتر اتفاق می افتد. وزن حیوانات بعد از مدت زمان معین به اندازه ضریب یا درصد معینی بیشتر می شود که در چنین شرایطی باید حتما داده ها را تغییر شکل دهیم و در نهایت اگر اثرات تیمارها به جای جمع پذیر بودن ضرب پذیر باشد باید به جای خود داده ها لگاریتم آن ها را در تجزیه واریانس بکار برد.

- مستقل بودن اشتباه آزمایشی: بدین معناست احتمال مشاهده یک اشتباه برای یک داده با مقدار و علامت معین بستگی به مقدار و علامت اشتباه مشاهدات دیگر نداشته باشد به عبارت دیگر باید تغییرات غیر قابل کنترل دقیقا تصادفی باشد این شرایط در تجزیه واریانس بسیار اساسی است که اگر توجه نکنیم برآوردی که از اشتباه تیمار و بلوک داریم برآورد صحیح نیست.

- مفروضات پایه در تجزیه واریانس ایجاب می کند اشتباهات آزمایشی توزیع نرمال داشته باشد و میانگین آن ها صفر است در عمل می تواند توزیع نرمال نباشد اما اولا ملاحظه تشخیص آن مشکل است ثانیا آمارادانان از اثر چنین حادثه ای در اعتبار آزمون f و t برای مقایسه اختلاف میانگین ها تردیدی نمی کنند.

- شرایط یکنواختی واریانس در عمل خیلی مهم است بدین معنا که برای معتبر بودن تجزیه واریانس کلیه نمونه ها (تیمارها) باید واریانس یکسان داشته باشد. یعنی واریانس حقیقی – واریانس مشاهده شده در معرض نوسانات تصادفی است.

تبدیل جذری یا تغییر شکل به جذر:

تبدیل داده ها به جذرشان زمانی صورت می گیرد که داده ها توزیع پواسن داشته باشند و این هنگامی است که مشاهده عبارت باشد از افراد یا حوادث به تصادف در زمان یا تعداد آن ها در واحد مکان و زمان یعنی نوع مشاهدات با شمارش انجام گیرد نه با اندازه گیری. مثلا تعداد باکتری ها در یک ظرف، تعداد میتوز در هر میدان میکروسکوپ، شماره گیاه مفروض در سطح معینی از مرتع، شماره کرم خاکی در یک دسی متر مکعب از خاک و ...

برای تجزیه واریانس اینگونه از داده ها باید جذر بگیریم تا واریانس ها مستقل از میانگین شود. هرگاه در بین داده ها اعداد کوچکی باشد مثلا کمتر از 10 و به ویژه هنگامی که در بین آن ها صفر وجود داشته باشد به پیشنهاد بارتلت به

جای $\sqrt{x}$ از $\sqrt{x+0/5}$ استفاده می شود. برای داده هایی که بصورت نسبت یا درصد بیان شده باشند موقعی که تغییرات از 0 تا 20 یا 80 تا 100 باشد در چنین شرایطی از تبدیل جذری استفاده می کنیم.

بطور خلاصه:

1- اعداد کوچک و صحیحی که از شمارش بدست آمده باشند.

2- برای داده هایی که بصورت درصد بیان شده باشند (0تا 20 و 80 تا 100)

3- داده ها دارای توزیع پواسن باشند.

4- میانگین تیمارها با واریانس متناسب باشد.

5- مقدار p در آزمون توکی برابر یک دوم یا نزدیک به آن باشد.

بعد از تبدیل داده ها تمام محاسبات آماری و مقایسه میانگین ها با داده های تبدیل شده انجام می شود و سپس برای یافتن میانگین های واقعی می توان میانگین های حاصل از داده های تبدیل شده را مجذور نمود. در این صورت میانگین های بدست آمده معمولا کمی کوچکتر از میانگین های اعداد اصلی هستند که برای رفع این مشکل می توان میانگین مربعات خطای آزمایشی مربوط به اعداد تبدیل شده را به هر یک از آنها اضافه نمود.

تبدیل لگاریتمی

زمانی باید به جای خود داده روی log آن ها تجزیه واریانس انجام دهیم که:

1- اثر تیمارها یا بلوک ها بطور طبیعی ضرب پذیر باشند.

2- تغییرپذیری واریانس با افزایش میانگین افزایش پیدا کند بطوریکه انحراف استاندارد متناسب با میانگین افزایشی باشد یا واریانس و میانگین تیمارها با هم همبستگی داشته باشند.

3- در برخی از کارهای بیولوژیکی و اقتصادی

4- مقدار p در آزمون توکی برابر صفر و یا نزدیک آن باشد.

مثال: فرض کنید داده های زیر را داشته باشیم.

اصل داده ها

تیمار A	تیمار B	تیمار C	تیمار D
5	3	15	10
11	6	8	6
7	3	10	6
7	5	6	12

	6	13	3	5
میانگین →	8	10/4	4	7
واریانس →	6/4	10/6	1/6	4/6

بعد از تبدیل لگاریتمی

	D	C	B	A
	1	1/1761	0/4771	0/699
	0/7782	0/9031	0/7782	1/414
	0/7782	1	0/4771	0/8451
	1/0792	0/7782	0/699	0/8451
	0/7782	1/1139	0/4771	0/699
میانگین →	0/88276	0/99426	0/5817	0/82592
واریانس →	0/01703	0/02048	0/01704	0/01588

تشخیص اینکه چه وقت مجاز هستیم این را به لگاریتم تبدیل کنیم بسیار ساده نیست جهت اینکه بیایم به این نکته خاتمه دهیم باید اول خود داده ها را تجزیه واریانس کنیم بعد دوباره تبدیل به لگاریتم کنیم و دوباره تجزیه واریانس انجام دهیم اگر نتایج همدیگر را تایید کردند ضرورتی به تبدیل داده ندارد.

با تبدیل داده ها در مورد داده های مقابل به این نتیجه رسیدیم که واریانس های گروه ها مساوی بوده و می توانیم در این جا تجزیه واریانس را بر روی داده های لگاریتمی انجام داد.

نکته: هر گاه در بین داده ها عدد صفر باشد چون لگاریتم صفر را نمی توانیم داشته باشیم بهتر است لگاریتم X+1 را بگیریم.

تبدیل زاویه ای یا سینوس عکس یا تغییر داده ها به سینوس عکس

غالبا در کارهای آزمایشی و مطالعات تحقیقی و همچنین در داده های حاصل از بررسی های اقتصادی و اجتماعی متغیر مورد مطالعه بصورت احتمال، مثلا بصورت نسبت یا درصد بیان شود. در چنین حالاتی توزیع داده ها بصورت دو جمله ای است و تبدیل sin عکس یا Arc sin مناسب خواهد بود و زمانی از این تبدیل استفاده می شود که data ها شامل درصد و نسبت باشند و اگر درصد بود دامنه وسیعی از این درصدها (مثلا بین 1% تا 99% را شامل می شود) اگر تمام درصدها از 20 کمتر یا از 80 بیشتر باشد از توزیع جذری استفاده می شود اگر درصدها بین 30 تا 70 باشند تغییر شکل لازم نیست.

1- زمانی که داده ها دارای توزیع دوجمله ای باشند.

2- درصد شامل بخش وسیعی از اعداد شود.

3- مقدار p در آزمون توکی مساوی یا نزدیک 1- باشد.

تغییر شکل معکوس یا تبدیل معکوس

در مطالعات سم شناسی و یا مطالعات هر چیزی که در آن یکی از متغیرها زمان تاثیر باشد. برای مثال اگر یک سم را با زمان زنده ماندن حشره یا حیوان اندازه گیری کنید بهتر از این است که دز اندازه یا غلظت مربوط به 50% از آن ها را پیدا کنیم. در چنین مواردی اگر ما به جای x از $\frac{1}{x}$ استفاده کنیم بطور کلی واریانس ها همگن می شوند و گرنه بر اساس زمان خیلی تغییر می کند در چنین آزمایشاتی تجزیه واریانس بر روی تبدیل داده ها به $\frac{1}{x}$ یا عکس داده ها انجام می گیرد. زمانی که انحراف معیار متناسب با مربع میانگین هر تیمار باشد از این تبدیل استفاده می کنیم.

طرح های بلوك ناقص

طرح های بلوک کامل و طرح های بلوک ناقص

بعد از بررسی طرح های بلوک کامل به مواردی می پردازیم که در آن بلوک ها دارای تمامی تیمارها نیستند این نوع طرح ها را طرح های بلوک ناقص می گویند. زمانی که طرح های بلوک کامل و مربع لاتین بیان شد اهمیت گروهبندی تیمارها در کاهش مقدار خطای آزمایشی و افزایش دقت آزمایش را دیدیم. همچنین در طرح های اسپلیت پلات و فاکتوریل چگونگی فدا کردن دقت برآورد برای عده ای از اثرات اصلی به منظور افزایش دقت برآورد عده ای دیگر از عوامل را دیدیم مثلا در طرح اسپلیت بلوک فقط دقت مقایسه اینتراکسیون دو فاکتور مهم است و خود فاکتورها با دقت کمتری مورد مطالعه قرار می گیرند یا زمانی که تعداد تیمارها آنقدر زیاد باشد که یکنواخت نگه داشتن ماده آزمایشی و کوچک نگهداشتن تغییرات غیر قابل کنترل مشکل می شود حتی کوچک کردن کرت های آزمایشی موجب کم شدن غیر یکنواختی نخواهد شد. اینگونه موارد در اصلاح نباتات بسیار مشاهده می شود چون بعضی مواقع صدها واریته به عنوان تیمار مورد مقایسه قرار می گیرند برای پایین نگه داشتن خطای آزمایش در این مواقع و نیز در هنگامی که مثلا در آزمایشات گلخانه ای و دامی که تعداد تیمارها از حد گنجایش یک بلوک بیشتر است مثلا زمانی که آزمایشات در

انکوباتور ژرمیناتورها و گلخانه قرار است انجام گیرد که این وسایل گنجایش نگهداری تمام تیمارها را ندارند از انواع طرح های بلوک ناقص استفاده می شود.

در این طرح ها کلیه تیمارها در یک بلوک قرار نمی گیرند و در گروهبندی و تصادفی نمودن تیمارها در بلوک های ناقص طوری عمل می شود که بتوان با تصحیحات لازم اثر سوء تفاوت بین بلوک ها را از اثر تیمارها جدا نمود و خطای آزمایشی را کوچک نگه داشت. تمام طرح های بلوک ناقص یا به شکل بلوک های ناقص تصادفی هستند یا به شکل مربع لاتین ناقص. با توجه به این که طبق تعریف بلوک

1- تغییرات داخل بلوک ها کمتر از تغییرات بین بلوک ها است.

2- مقایسه دو تیمار واقع در یک بلوک دقیق تر از دو تیمار واقع در دو بلوک ناقص جداگانه است

لذا طرح های بلوک ناقص را از نظر مساوی بودن یا مساوی نبودن تعداد دفعاتی که جفت تیمارهای مختلف با همدیگر در یک بلوک مشترک قرار دارند به دو دسته تقسیم می شوند:

1- طرح های بلوک ناقص متعادل balanced incomplete block design

2- طرح های بلوک ناقص جزیی متعادل partially balanced incomplete design

انواع لاتیس ها

1- لاتیس مربع

2- لاتیس مستطیل

3- مربع لاتیس

4- لاتیس مکعب

تعداد تیمار برابر مکعب تعداد واحد آزمایشی در هر بلوک ناقص است (k^3) و برای تیمارهای بسیار زیاد مانند 343 ، 512 ، 729 ، 1000 و ... بکار می رود. تعداد تکرار 3 یا مضربی از 3 است. بصورت سه بعدی ایجاد می شود و می توان آن را در آزمایشات گلخانه ای که ماده آزمایشی بصورت طبقه طبقه است بکار برد.

5- مربع یودن

طرح های بلوک ناقص متعادل

کلیه تیمارها در این طرح طوری در بلوک ها قرار می گیرند که تیمارها دارای تکرار مساوی باشند. هر جفت از تیمارها با تعداد دفعات مساوی با همدیگر در یک بلوک مشترک جای می گیرند یا به عبارت دیگر اگر تعداد دفعاتی که جفت تیمارها با شمار مساوی با یکدیگر در یک بلوک مشترک جای گیرند. تعداد دفعات را با λ نشان می دهیم.

t ← تعداد تیمارهای مورد مقایسه

k ← تعداد تیمارها یا واحد آزمایشی در هر بلوک ناقص

b ←تعداد کل بلوک های ناقص

r ← تعداد تکرار یک تیمار

n= rt = b.k

$$l = r\frac{k-1}{t-1}$$

در طرح بلوک ناقص متعادل که t قابل تقسیم به k نیست نمی توان مجموعه بلوک های ناقص را به تکرارهای جداگانه گروه بندی نمود اما در برخی از آن ها می توان b بلوک ناقص را به ´r تکرار کامل تقسیم کرد که هر تکرار در این جا دارای ´b بلوک است. بطوری که $b = b' \times r'$

بلوک های ناقص متعادل که توسط کوکران و کوکس ابداع شد. 58 نقشه طرح بلوک های ناقص متعادل برای تعداد تیمارهای زیر تهیه شد که عارتند از:

91 و 73 و 57 و 41 و 37 و 28 و 25 و21 و 19 و 16و 15 و 13 و 11 و 10 و 9 و 8 و 7 و 6 و 5 و 4

مثال:

t=6   k= 2   b= 15   b´=3   r=5   r´=5   λ=1   n=30

تکرار I بلوک			تکرار II بلوک			تکرار III بلوک			تکرار IV بلوک			تکرار V بلوک		
1)	1	2	4)	1	3	7)	1	4	10)	1	5	13)	1	6
2)	3	4	5)	2	5	8)	2	6	11)	2	4	14)	2	3
3)	5	6	6)	4	6	9)	3	5	12)	3	5	15)	4	5

مثال:

طرح هایی که در آن ها نمی توان یک تکرار کامل از بلوک ها ترتیب داد.

t=5 k=4 b=5 r=4 λ=3 n=k.b=20

λ ← جفت تیمارهایی که درون یک بلوک با هم تکرار می شوند.

بلوک های ناقص

1	1 2 3 4
2	2 3 4 5
3	3 4 5 1
4	4 5 1 2
5	5 1 2 3

طرح لاتیس متعادل balanced lattice

در بین طرح های بلوک ناقص متعادل طرح هایی وجود دارند که در آنها تعداد تیمار دارای جذر کامل است و تعداد واحد آزمایشی در هر بلوک ناقص $k=\sqrt{t}$ (جذر تیمار) است به این گونه طرح ها لاتیس می گویند.

اگر در یک طرح لاتیس تعداد تکرار برابر با k=1 باشد و تعداد بلوک b=k.r این نوع لاتیس را **لاتیس متعادل** می گویند که فرق لاتیس متعادل با انواع دیگر لاتیس در این است که در این لاتیس هر جفت از تیمارها فقط یک بار در داخل یک بلوک مشترکا جای می گیرند یعنی λ =1 ، هر k بلوک یک تکرار کامل و جداگانه تشکیل می دهند در آزمایشات کشاورزی طرح های لاتیس زیر مورد استفاده قرار گرفته است مثلا تعداد تیمار برابر است با:

t = 9 و 16 و 25 و 49 و 64 و 81

k = 3 و 4 و 5 و 7 و 8 و 9 ← تعداد واحد آزمایشی در هر بلوک

r = 4 و 5 و 6 و 8 و 9 و 10 ← (k+1) تعداد تکرار

و تا کنون هم یک لاتیس متعادل برای 36 تیمار تهیه و استفاده نشده است چراکه تهیه نقشه لاتیس ها از روی جدول های مربع که به آن ها متعامد می گوییم تشکیل می شود که برای 36 تیمار فعلا مقدور نیست و همچنین برای 100 و 144 تیمار هم نقشه وجود ندارد.

طرز تشکیل یک لاتیس مربع متعادل

همانطور که گفته شد برای تشکیل یک طرح لاتیس متعادل باید از جدول های متعامد استفاده شود اما با توجه به ساده ترین لاتیس متعادل چگونگی تهیه یک نقشه تا اندازه ای مشخص خواهد شد.

t=9 k=3 r=k+1=4 r´=4 λ=1 b=r.k=12 b´=3

II

بلوک			
4	1	4	7
5	2	5	8
6	3	6	9

I

بلوک			
1	1	2	3
2	4	5	6
3	7	8	9

IV

بلوک			
10	3	5	7
11	6	8	1
12	9	4	2

III

بلوک			
7	1	5	9
8	4	8	3
9	7	6	2

مربع لاتین ناقص یا مربع یودن

برای هر تعداد مخصوص تیمار طرح های بلوک ناقص را می توان به منظور حذف تغییرات ناشی از غیر یکنواختی ماده آزمایشی در دو جهت به شکل مربع لاتین ناقص ترتیب داد.

به عنوان مثال اگر به جای یک طرح مربع لاتین 5 × 5 فقط 5 ردیف و چهار ستون داشته باشیم نقشه ای را بصورت زیر ردیف خواهیم کرد.

	I	II	III	IV	V
1)	1	2	3	4	5
2)	2	3	4	5	1
3)	3	4	5	1	2

4)	4	5	1	2	3
5)	5	1	2	3	4

اگر ستون V حذف شود باقی مانده مربع لاتین ناقص است. که در این مربع لاتین ناقص ستون ها و ردیف ها را با قرعه کشی مشخص می کنند.

تعداد تکرار کامل = تعداد ستون = 4

تعداد بلوک ناقص به اندازه تعداد تیمار = 5

هر بلوک ناقص شامل k تیمار است. در این جا تعداد دفعاتی که هر جفت تیمار با هم تکرار می شوند $\lambda= t-2=3$ است.

چون این طرح می تواند معرف 4 ستون از یک طرح مربع لاتین 5 × 5 باشد آن را مربع لاتین ناقص می گویند و برای هر تعداد تیمار می توان چنین مربعی را تشکیل داد که این طرح ها اولین بار توسط یودن برای انجام آزمایشات گلخانه ای پیشنهاد گردید و به همین دلیل به مربع یودن مشهور است که با انجام این طرح ها می توانیم غیر یکنواختی ماده آزمایشی را در دو مسیر یا دو جهت محاسبه کنیم و خطای آزمایش را کاهش دهیم.

طرح مربع لاتیس

مانند لاتیس معمولی زمانی استفاده می شود که تعداد تیمار دارای جذر کامل باشد و طرز تشکیل آن مانند لاتیس متعادل است اما انتصاب تیمارها در هر بلوک طوری است که b بلوک ردیفی و b بلوک ستونی تشکیل می شود و هر جفت تیمار فقط یک بار در ستون ها و یک بار در ردیف ها مشاهده می شود به این ترتیب در این جا نیز امکان حذف اثرات ناشی از غیر یکنواختی ماده آزمایشی در 2 مسیر وجود دارد.

مثلا ساده ترین لاتیس مربع بصورت زیر است.

I

ستون		
1	2	3
4	5	6
7	8	9

II

ستون		
1	6	8
9	2	4
5	7	3

III

ستون		
1	4	7
2	5	8
3	6	9

IV

ستون		
1	9	5
6	2	7
8	4	3

n=k.b=36 t=9 $k=\sqrt{t}=\sqrt{9}=3$ λ=1 λ=1 r=k+1=3+1+4

طرح های بلوک جزیی متعادل

در طرح های بلوک ناقص که تا به حال خواندیم هر جفت تیمارها با تعداد دفعات برابر در یک بلوک ناقص با همدیگر قرار می گرفتند و مقایسه تیمارها با همدیگر با دقت یکسان انجام می گیرد و محاسبات آماری در آن ها ساده بود. زمانی که تعداد تیمار متناسب با تشکیل طرح متعادل نیست و یا برای احتراز از تکرار واحد آزمایشی زیاد طرح بلوک ناقص نیمه متعادل یا جزیی متعادل بکار می بریم. مسلما در چنین شرایطی جفت تیمارها با شمار برابر در یک بلوک قرار نخواهند گرفت و برای مقایسه تیمارها خطا استانداردهای مختلفی باید محاسبه شود و مقایسه تیمارها هم با دقت یکسان نخواهد بود. نقشه این طرح را می توان از طرح متعادل آن ها بدست آورد.

به عنوان مثال اگر ما از 2 تکرار اول لاتیس متعادل استفاده کنیم در چنین شرایطی دارای یک طرح لاتیس ساده simple lattice خواهیم بود.

مثال: اگر ما 16 تیمار داشته باشیم یک لاتیس ساده با 2 تکرار اول لاتیس 16 تیماری چنین خواهد شد.

بلوک				
5	1	5	9	13
6	2	6	10	14
7	3	7	11	15
8	4	8	12	16

بلوک				
1	1	2	3	4
2	5	6	7	8
3	9	10	11	12
4	13	14	15	16

تیمار یک با تیمارهای 2 و 3 و 4 و 5 و 9 و 13 در یک بلوک دیده می شود اما با 9 تیمار دیگر بلوک مشترک ندارند لذا با دقت بقیه تیمارها که با یک تکرار شدند در بلوک ها مقایسه نمی شوند اما بقیه تیمارها اگر با تیمار یک مورد مقایسه قرار گیرند دقت شان کمتر از تیمارهایی است که با تیمار یک در بلوک مشترک قرار می گیرند.

لاتیس مستطیل

از جمله طرح های بلوک ناقص جزئی متعادل است که برای تعداد تیمار از نوع t = k (k+1) با تعداد k تیمار در هر بلوک مورد استفاده قرار می گیرد. تعداد تکرار کامل در این طرح ها که به لاتیس مستطیل مشهورند 2 تا 3 است که در حالت اول لاتیس مستطیل ساده و در حالت دوم لاتیس مستطیل سه گانه نامیده می شود.

نقشه یک طرح لاتیس مستطیل سه گانه که از طریق مربع لاتیس (k+1)(k+1) بدست می آید به صورت زیر این کار انجام می شود:

A	B_1	C_2	D_3	E_4
B_5	C	D_6	E_7	A_8
C_9	D_{10}	E	A_{11}	B_{12}
D_{13}	E_{14}	A_{15}	B	C_{16}
E_{17}	A_{18}	B_{19}	C_{20}	D

بلوک

1	1	2	3	4
2	5	6	7	8
3	9	10	11	12
4	13	14	15	16
5	17	18	19	20

بلوک

6	5	9	12	17
7	1	10	14	18
8	2	6	15	19
9	3	7	11	20
10	4	8	12	16

بلوک

11	8	11	15	18
12	1	5	12	21
13	2	9	16	20
14	3	6	10	13
15	4	7	14	17

طرح لاتیس مستطیل متعادل نیست چون جفت تیمارها با تعداد مساوی در بلوک های ناقص قرار نمی گیرند. نقشه لاتیس مستطیل 4×3 ، 6×5 ، 8×7 ، 9×8 ، 10×9 وجود دارد.

مزایای طرح های بلوک ناقص:

1- مزیت اصلی و اساسی این طرح ها مقایسه نسبتا زیاد تیمارها در بلوک های نسبتا کوچک است.

2- اگر سطح آزمایشی همه تیمارها را در بر نگیرد یا گنجایش در بر گرفتن همه تیمارها نباشد استفاده از این طرح ها مفید خواهد بود.

3- اگر بعد از جمع آوری داده ها مشاهده شود که تغییرات بین بلوک های ناقص در حد تغییرات داخل بلوک است می توان داده ها را به شکل طرح های بلوک کامل تصادفی تجزیه کرد.

4- محاسبات آماری طرح های ناقص متعادل ساده تر از طرح های جزیی متعادل است.

معایب طرح های بلوک ناقص:

1- مقایسه بین تیمارها در طرح های جزیی متعادل با دقت یکسان انجام نمی گیرد.

2- محاسبات آماری به خصوص زمانی که واحد آزمایشی از دست رفته داشته باشیم بسیار مشکل است.

3- پیچیده بودن خود طرح ها خطر افزایش اشتباه را در هنگام اجرا افزایش می دهد.

تجزیه آماری طرح های بلوک ناقص

1- طرح های لاتیس متعادل:

مثال: تعداد 9 واریته (t=9) گندم در یک طرح لاتیس متعادل مورد مقایسه قرار می گیرند در این طرح محاسبات آماری و مقایسه میانگین ها را انجام دهید.

t=9   k= 3   r=k+1   n=b.k=36

نقشه آزمایش و عملکرد فرضی 9 واریته گندم در طرح لاتیس متعادل به شرح زیر است:

تذکر: تیمارها داخل پرانتز نوشته شده اند.

بلوک	تکرار1				بلوک	تکرار 2			
1	(1)	(7)	(4)		4	(2)	(7)	(6)	
	8	5	3	→ 16		3	2	3	→ 8
2	(3)	(6)	(9)		5	(1)	(9)	(5)	
	3	2	6	→ 11		8	7	5	→ 20
3	(8)	(5)	(2)		6	(3)	(8)	(4)	
	3	7	3	→ 13		4	2	3	→ 9

بلوک	تکرار 3				بلوک	تکرار 4			
7	(8)	(7)	(9)		10	(5)	(7)	(3)	
	3	2	7	→ 11		5	4	4	→13
8	(4)	(5)	(6)		11	(9)	(4)	(2)	
	3	3	3	→ 9		5	3	2	→10
9	(2)	(3)	(1)		12	(1)	(6)	(8)	
	2	4	6	→ 12		7	4	2	→ 13

گام اول : باید داده ها در بلوک (B) داده ها در تکرار (R) جمع کل داده ها (G) و جمع هر تیمار T_i را بدست آوریم.

$G= R_1 + R_2 + R_3 + R_4 = 146$

$T_1 = 8 + 8 + 6 + 7 = 29$

گام دوم: محاسبه جمع داده ها در بلوک های مربوط به هر تیمار که با B_t نشان می دهیم.

$B_1 = 16 + 20 + 12 + 13 = 61$

گام سوم: مقدار W_t را بدست می آوریم.

شماره تیمار	T_i	B_t	ضریب موازنه تیمار W_t
1	29	61	-11
2	10	44	0
3	15	45	11
4	12	44	6
5	20	55	-14
6	12	42	14
7	14	49	-8
8	9	46	-11
9	25	52	13
		438	0

W_t = ضریب موازنه تیمارها = $KT_i – (K+1)\ B_t + G$

$W_1 = 3\ (29) – (3 + 1)\ (61) + 146 = -11$

گام چهارم: بعد از محاسبه W_t می توان تجزیه واریانس انجام داد برای این منظور SST و SSR و SSt را به روش معمولی بدست می‌آوریم.

$$cf = \frac{G^2}{n} = \frac{146^2}{36} = 592/11$$

$$SST = 8^2 + 5^2 + \ldots + 2^2 - cf = 119/89$$

$$SSR = \frac{40^2 + 38^2 + 32^2 + 36^2}{t = 9} - cf = 3/89$$

$$SSt = \frac{29^2 + 10^2 + \ldots + 25^2}{(k+1) = 4} - cf = 96/89$$

$$SSRB = \frac{(-11)^2 + 0^2 + \ldots + (12)^2}{k^2(k+1) = 3^2(3+1) = 108} = 9/48$$

اشتباه داخل بلوک SSB = SST – SSR – SSt – SSRB = 9/63

گام پنجم: جدول تجزیه واریانس را تشکیل می دهیم.

S.O.V	df	SS	MS
کل	119/89	35	-
تکرار	3/89	3	-
تیمار تصیح نشده	96/89	8	-
بلوک تصیح شده	9/48	8	1/185
اشتباه داخل بلوک	9/63	16	0/602

E_b = اشتباه بین بلوک های ناقص

Ee = اشتباه داخل بلوک ناقص

بعد از محاسبه واریانس اشتباه بین بلوک های ناقص و اشتباه داخل بلوک ناقص باید مقایسه انجام دهیم که اگر اشتباه بین بلوک های ناقص کوچک تر یا مساوی با اشتباه داخل بلوک ناقص باشد تجزیه طرح را ادامه نمی دهیم. طرح را ادامه نمی دهیم طرح را بر اساس بلوک های کامل تصادفی تجزیه واریانس می کنیم اما اگر اشتباه بین بلوک های ناقص بزرگ تر از اشتباه داخل بلوک ناقص باشد که در این جا نیز همین وضع است نتیجه می گیریم که طرح بایستی بر همین اساس ادامه پیدا کند.

گام ششم: محاسبه W از رابطه زیر:

$$W = \frac{(Eb - Ee)}{t \times Eb} = \frac{(1/85 - 0/602)}{9 \times 1/185} = 0/0547$$

$WW_1 = 0/047 \times (-11) = -0/6$

.

$.WW_9$

$T_1 = 29 + (-0/6)=28/4$

WW_C	WW_t	T_i	میانگین تصحیح شده تیمارها
1	- 0/6	28/4	7/1
2	0	10	2/5
3	0/6	15/6	3/9
4	0/33	12/33	3/08
5	-0/77	19/23	4/81
6	0/77	12/77	3/19
7	-0/44	13/56	3/39
8	0/6	8/4	2/10
9	0/71	25/71	6/43

گام هفتم :

برای تصحیح تیمار یک ← آزمون t یا مقایسه میانگین برای این آزمون ها باید واریانس خطا را پیدا کنیم که با E´e نشان می دهیم.

$E'e=Ee\ (1+W_k)$

$= 0/602\ (1+0/0547 \times 3)=0/701$

برای مقایسه میانگین باید از اشتباه مؤثر استفاده شود که به کمک آن $S\bar{d}$ را محاسبه می کنیم.

$$S\bar{d} = \sqrt{\frac{2E'e}{r=4}} = \sqrt{\frac{2\times 0/701}{4}} = 0/592$$

$$S\bar{x} = \sqrt{\frac{E'e}{r}} = \sqrt{\frac{0/701}{4}} = 0/4186$$

چون در این جا λ =1 است یعنی جفت تیمارها فقط یک بار در داخل بلوک مشترک قرار می گیرند مقایسه تیمار با دقت مساوی انجام می گیرد.

محاسبه یک اختلاف استاندارد $S\bar{d}$ و یک اشتباه استاندارد $S\bar{x}$ کافی است درجه آزادی این اشتباه از رابطه Bk-t-b-1 بدست آید.

Bk-t-b-1=16

گام هشتم: آزمون f یا مقایسه کلی تیمارها:

به علت تاثیر بلوک های ناقص در میانگین تیمارها برای آزمون f ما نمی توانیم از MS تیمار جدول تجزیه واریانس استفاده کنیم برای این منظور MS تیمارهای تصحیح شده و E´e را بکار می بریم.

تصحیح شده $SS_{\hat{t}} = \dfrac{(28/4)^2 + \ldots + (25/71)^2}{(k+1)=4} - cf$ = 95/45

$$MS_{\hat{t}} = \frac{SS_{\hat{t}}}{t-1} = \frac{96/45}{8} = 11/93$$

$$f_c = \frac{11/93}{E'e} = \frac{MS_{\hat{t}}}{E'e = 0/701} = 17/02^{**}$$

با توجه به درجه آزادی صورت (8) و درجه آزادی واریانس مخرج (16) F جدول 1% = 3/89 می باشد چون F محاسبه شده بزرگ تر از F جدول است نتیجه می گیریم که در سطح 1% معنی دار است.

تجزیه مرکب داده های حاصل از چند آزمایش جداگانه

تجزیه مرکب یا مطالعات ایستگاهی به آن دسته از مطالعات کشاورزی اطلاق می شود که در مکان ها یا ایستگاههای مختلف و برای چند سال (یا فصل) تکرار می شوند و در حقیقت سال و ایستگاه تکرارهای این آزمایش ها هستند که در مناطق و سال های مختلف قرار دارند. این آزمایش ها بیشتر به منظور ارزیابی ارقام مختلف یک محصول به کار می روند

و علت تکرار آن در سال و ایستگاه این است که بتوان اطلاعات لازم را در مناطق و سال های مختلف کسب کرده و نهایتا درباره پایداری و سازگاری ارقام مورد مطالعه نتیجه گیری کرد.

در تجزیه مرکب اثرات اصلی واریته، سال، مکان و اثرات متقابل واریته در سال، واریته در مکان و اثر سه جانبه واریته × مکان × سال را مورد مطالعه قرار می گیرد.

تجزیه مرکب به منظور رسیدن به اهداف زیر انجام می گیرد:

- مقایسه بین تیمارها
- بررسی اثر محل
- بررسی اثر زمان
- بررسی اثر متقابل محل و رقم
- بررسی اثر متقابل رقم و سال
- بررسی اثر متقابل رقم، یال و محل

ایرادات تجزیه مرکب آزمایش ها

- عدم یکنواختی واریانس های اثر متقابل: سه فرض مهم در تجزیه داده ها وجود دارد

1- مدل آماری طرح خطی باشد.

2- خطاهای آزمایش دارای توزیع نرمال بوده و مستقل از هم باشند.

3- واریانس های اثرات متقابل دارای توزیع نرمال بوده و مستقل از هم باشند تا بتوان آن را برای آزمون تیمار بکار برد.

در بسیاری از موارد فرض سوم ممکن است صلدق نباشد و واریانس اثر متقابل ثابت نباشد. این وضعیت زمانی اتفاق می افتد که اثرات بعضی از تیمارها از منطقه ای به منطقه دیگر بطور شدید تغییر نمایند اما اثرات بعضی دیگر از تیمارها تغییر چندانی نداشته باشند. چنانچه MS اثر متقابل ناهمگن باشد، آزمون تیمارها با استفاده از اثر متقابل دارای اعتبار نیست زیرا F جدول برای آزمون معنی دار بودن کوچک خواهد بود و نتایج معنی دار زیادی زیادی به دست خواهد آمد. برای مقابله با این مشکل می توان SS تیمار را به چند جزء مستقل تقسیم کرد. SS اثر متقابل را نیز می توان به چند جزء تقسیم نمود.

- عدم یکنواختی واریانس خطاهای آزمایشی است. فرض مساوی بودن خطاهای آزمایش در همه آزمایش ها در صورتی درست است که آزمایش ها بطور یکسان انجام شده، مواد آزمایشی یک جور باشد و کنترل مساوی روی شرایط محیطی به کار گرفته شده باشد. در آزمایش های کشاورزی این یکنواختی به ندرت وجود دارد زیرا تفاوت خاک در مناطق مختلف یا تفاوت بین حیوانات از یک منطقه به منطقه دیگر همواره وجود دارد که موجب تفاوت واریانس های خطاهای آزمایش از محلی به محل دیگر است. برای اطمینان از این وضعیت می توان از آزمون بارتلت برای یکنواختی واریانس ها استفاده کرد. چنانچه واریانس خطاهای آزمایشی از منطقه ای به منطقه دیگر یکسان نباشند آزمون F برای اثر متقابل دارای اعتبار نیست. در این حالت نیز نتایج معنی دار زیادی به دست خواهد آمد. اگر اثر متقابل موجود نباشد و بخواهیم که تیمارها را با استفاده از واریانس های ادغام شده خطا و اثر متقابل آزمون کنیم این آزمون هم فاقد اعتبار است.

آزمون بارتلت

برای ایجاد یکنواختی در خطای آزمایشی آزمایش های مختلف لازم است آزمایشات در شرایط مشابه انجام شوند و چون آزمایش های کشاورزی تابع عوامل مختلفی مانند تغییر زمین (در اثر محل) ، تغییر آب و هوا (در اثر سال) و ... هستند از این رو امکان ایجاد شرایط کاملا مشابه در آن ها وجود ندارد که این امر موجب ناهمگنی در واریانس های خطا آزمایشی می شود. برای آزمون یکنواختی واریانس ها روش های مختلفی پیشنهاد شده که معروف ترین آن ها بارتلت است. در این آزمون از کای دو با درجه آزادی k-1 استفاده می شود که k تعداد میانگین مربعات خطای آزمایشی مورد آزمون است.

آزمون بارتلت با درجه آزادی k-1 به وسیله فرمول زیر تعریف می شود:

$$c^2 = \frac{1}{c}\left[(F_t \log e S_P^2 - \Sigma(F_i \log e S_i^2)\right]$$
$$df = k-1$$

C ← عامل تعدیل است و از فرمول زیر بدست می آید

$$C = 1 + \frac{1}{3(k-1)}\left[\Sigma(\frac{1}{F_i}) - (\frac{1}{F_t})\right]$$

F_t ← مجموع درجات آزادی خطا در تمام آزمایش ها

F_i ← درجه آزادی میانگین مربعات خطا در آزمایش i ام

S^2_i ← میانگین مربعات خطا آزمایشی در آزمایشات جداگانه

S^2_p ← میانگین مربعات تلفیق شده که توسط رابطه زیر محاسبه می شود

$$S^2 p = p.E = \frac{\sum SS_e}{\sum df_e} = \frac{\sum (F_i S_i^2)}{F_t}$$

در آزمون بارتلت فرض صفر و فرض مخالف صفر بصورت زیر تعریف می شود

$$H_0 : s^2_{e1} = s^2_{e2} = \dots$$

$$H_1 : s^2_{e1} \neq s^2_{e2} \neq \dots$$

در صورتی که c^2 محاسبه شده از c^2 جدول کمتر باشد یا معنی دار نشود فرض صفر پذیرفته می شود و اختلاف بین واریانس ها معنی دار نبوده و واریانس ها یکنواخت هستند و در صورت رد فرض صفر اختلافات معنی دار بوده و واریانس ها غیر یکنواخت می باشند به عبارت دیگر در این آزمون اگر c^2 معنی دار نشد نشان دهنده یکنواختی مناسب بین واریانس ها است و معنی دار بودن c^2 نیز حاکی از وجود غیر یکنواختی بین واریانس ها بوده که در حالت معنی دار بودن c^2 باید آزمایش هایی که دارای واریانس یا میانگین مربعات خارج از حد هستند را حذف نموده تا مقدار c^2 غیر معنی دار شود و سپس تجزیه مرکب انجام گیرد. در صورتی که تعداد آزمایش های حذف شده زیاد باشند برای جلوگیری از حذف آن ها بهتر است تا آزمایش ها را به دو یا چند گروه با میانگین مربعات همگن تر تقسیم نموده و بعد با آزمون مجدد بارتلت و اطمینان از یکنواختی واریانس ها به انجام تجزیه مرکب گروه ها اقدام شود.

جدول تجزیه واریانس مرکب در طرح پایه بلوک کامل تصادفی (چند محل در یک سال)

S.O.V	df	امید ریاضی
محل L	l-۱	
تکرار داخل آزمایش ها E_1	l(r-۱)	
تکرار در کل آزمایش	lr-۱	
رقم V	v-۱	$s^2_e + rs^2_{VL} + vls^2_v$
رقم در محل VL	(v-۱)(l-۱)	$s^2_e + rs^2_{VL}$
خطای پولد شده E_2	l(r-۱)(v-۱)	s^2_e
کل	lvr-۱	

جدول تجزیه واریانس مرکب در طرح پایه بلوک کامل تصادفی (چند سال در یک محل)

S.O.V	df	امید ریاضی
سال Y	y-۱	
E_1	y(r-۱)	
تکرار در کل آزمایش	yr-۱	
رقم V	v-۱	$s_e^2 + rs_{VY}^2 + rys_v^2$
رقم در سال VY	(v-۱)(y-۱)	$s_e^2 + rs_{VY}^2$
خطای پولد شده E_2	y(r-۱)(v-۱)	s_e^2
کل	yvr-۱	

جدول تجزیه واریانس مرکب در طرح پایه بلوک کامل تصادفی (چند سال و چند محل، محل و سال ثابت باشند)

S.O.V	Df
آزمایش ها	ly-1
سال Y	y-1
محل L	l-1
محل در سال YL	(y-1)(l-1)
E_1	ly(r-1)
تکرار در کل آزمایش	lyr-1
رقم V	v-1
رقم در محل VL	(v-1)(l-1)
سال در رقم VY	(v-1)(y-1)
محل در سال در رقم VLY	(v-1)(l-1)(y-1)
E_2	ly(r-1)(v-1)
کل	vlyr-1

جدول تجزیه واریانس مرکب در طرح پایه بلوک کامل تصادفی (چند سال و چند محل و رقم ثابت)

S.O.V	df	امید ریاضی
آزمایش ها	ly-۱	
سال Y	y-۱	
محل L	l-۱	
محل در سال YL	(y-۱)(l-۱)	
E_1	ly(r-۱)	
تکرار در کل آزمایش	lyr-۱	
رقم V	v-۱	
رقم در محل VL	(v-۱)(l-۱)	$s_e^2 + rs_{VYL}^2 + rys_{VL}^2$
رقم در سال VY	(v-۱)(y-۱)	$s_e^2 + rs_{VYL}^2 + rls_{VY}^2$
رقم در سال در محل VLY	(v-۱)(l-۱)(y-۱)	$s_e^2 + rs_{VYL}^2$
E_2	ly(v-۱)(r-۱)	
کل	lyr-۱	

مثال: اگر در یک آزمایش تجزیه مرکب F برای واریته برابر با باشد. df مخرج آزمون F چگونه محاسبه می شود؟

قانون کلی برای برآورد df مشترک برای منابعی که واریانس متفاوتی دارند: مخرج آزمون F را به توان 2، تقسیم بر مجموع توان 2 هر کدام از اجزای مخرج.

$$F = \frac{MSv}{MSvy + MSvp - MSvpy}$$

$$df = \frac{(MSvp + MSvy - MSvpy)^2}{\frac{(MSvp)^2}{dfvp} + \frac{(MSvy)^2}{dfvy} - \frac{(MSvpy)^2}{dfvpy}}$$

مثال: جدول تجزیه واریانس آزمایش تجزیه مرکب برای چند سال در چند مکان بر پایه طرح بلوک های کامل تصادفی را رسم کرده و امید ریاضی منابع تغییر را بنویسید

S.O.V	df	E(MS)
Pمکان	(P-1)	$s^2_{e1} + rvs^2_{py} + rvys^2_{p}$
yسال	(y-1)	$s^2_{e1} + rvs^2_{py} + rvps^2_{y}$
(py)سال × مکان	(p-1)(y-1)	$s^2_{e1} + rvs^2_{py}$
E_1	Py(r-1)	s^2_{e1}
Vواریته	(v-1)	$s^2_{e2} + rs^2_{vpy} + rs^2_{vy} + rys^2_{vp} + rpy(v)$
VPواریته × مکان	(v-1)(p-1)	$s^2_{e2} + rs^2_{vpy} + rys^2_{vp}$
vyواریته × سال	(v-1)(y-1)	$s^2_{e2} + rs^2_{vpy} + rps^2_{vy}$
vpyسال × مکان × واریته	(v-1)(p-1)(y-1)	$s^2_{e2} + rs^2_{vpy}$
E_2	Py(r-1)(v-1)	s^2_{e2}
کل	rvpy-1	

کواریانس

در تجزیه کواریانس دو یا چند متغیر اندازه گیری شده مورد بررسی می باشند. این تجزیه بر مبنای اصول و مفاهیم تجزیه واریانس و تجزیه رگرسیون استوار است.

موارد استفاده از تجزیه کوواریانس

مهم ترین موارد استفاده تجزیه کوواریانس به شرح زیر می باشند.

الف- تنظیم یا تصحیح میانگین تیمارهای آزمایشی (متغیر وابسته) برای مقادیر متغیر یا متغیرهای مستقل.

در مواردی که بخشی از تغییرات Y به خاطر تغییرات X است، میانگین تیمارها نیز علاوه بر اینکه تابع اثر تیمار می باشند، تحت تاثیر تغییرات X نیز هستند.

ب) کنترل خطای آزمایشی و افزایش دقت برای تفسیر بهتر نتایج، خصوصا در رابطه با ماهیت اثر تیمارها.

واریانس میانگین تیمارها برابر با $s^2_{\bar{y}} = \frac{s^2}{r}$ می باشد. بنابراین، برای کاهش این واریانس دو راه افزایش اندازه نمونه (تعداد تکرار) و یا کاهش واریانس خطا وجود دارد. کنترل خطا از طریق انتخاب و اجرای مناسب طرح آزمایشی و یا بهره

گیری از بررسی و اندازه گیری متغیر یا متغیرهای دیگری که تغییرات همروندی را ایجاد می کنند و یا هر دو روش امکان پذیر است.

ج) تجزیه کوواریانس کل یا جمع حاصل ضرب ها به مولفه های مختلف. بطور مثال تجزیه کوواریانس فنوتیپی به ژنوتیپی و محیطی برای تجزیه ضریب همبستگی فنوتیپی به ضرایب همبستگی ژنتیکی و محیطی. همانند تجزیه واریانس که در آن مجموع مربعات کل به بلوک، تیمار و خطا شکسته می شود، با تجزیه کوواریانس نیز می توان مجموع حاصل ضرب ها $\sum(x-\bar{x})(y-\bar{y})$ را به اجزاء متشکله نظیر بلوک، تیمار و خطا تفکیک نمود. از این روش به منظور تعیین رابطه بین دو یا چند متغیر در صورتی که این رابطه تحت عوامل دیگر نباشد استفاده می شود.

د) برآورد مشاهدات از بین رفته.

برآورد مشاهدات از بین رفته با فرمول هایی که قبلا در بخش های مربوط آورده شد، منجر به حداقل شدن مجموع مربعات خطا و برآورد زیادتر از واقع مجموع مربعات تیمار می گردد. برآورد مشاهدات از بین رفته از طریق کوواریانس نیز منجر به حداقل شدن مجموع مربعات خطا می شود، ولی برآورد واریانس تیمار نااریب است.

مجموعه تست

1ـ **سطح اطمینان عبارت است از:**

1) حداکثر احتمال ریسک اشتباه تیپ اول

2) حداکثر احتمال رد فرضیه H_1 در صورتی که غلط باشد

3) حداکثر احتمال رد نکردن فرضیه H_1 درصورتی که غلط باشد

4) گزینه 1و3

2ـ **به طور کلی در آزمایشات مزرعه‌ای کدام‌یک از طرح‌های زیر، بیش‌تر مورد استفاده قرار گرفته است؟**

1) طرح کاملاً تصادفی

2) طرح بلوک‌های کامل تصادفی

3) طرح مربع لاتین

4) هیچ‌کدام

3ـ **اگر در یک آزمون فرض، احتمال خطای نوع اول آزمون: a و احتمال خطای نوع دوم آزمون : β باشد**

کدامیک از عبارات زیر صحیح است:

1) $a=1=\beta$

2) بینa, β در حالت کلی رابطه ای خطی وجود ندارد

3) همیشه a کوچکتر از β است

4) همیشه β کوچکتر از a است

4ـ **کدامیک از اظهارات زیر صحیح می باشد؟**

1) اگر اختلافات بین بلوک ها زیاد باشد، بلوک بندی آزمایش عمل کاملاً مناسبی بوده است

2) اگر اختلافات بین کرت های یک بلوک به اندازه اختلافات بین بلوک ها باشد، آزمایش از سودبخشی کافی برخودار نیست

3) خطای آزمایش با افزایش تعداد تکرار بیشتر خواهد شد

4) خطای آزمایش مربوط به اشتباهات شخص آزمایش کننده می باشد

5ـ به نقشه طرح بلوک های کامل تصادفی زیر توجه کنید. در صورتی که واحدهای آزمایشی داخل پرانتز از بین رفته باشند تکرار مؤثری برای مقایسه تیمار D,B به ترتیب برابر است با :

A) (B) C (D)

A) C B D

D) A B C

1) $\frac{3}{2}$ و 1 2) $\frac{1}{2}$ و 3 3) $\frac{3}{2},\frac{3}{2}$ 4) $\frac{3}{2},\frac{1}{2}$

6ـ میزان محافظه کاری روش های مختلف آزمون مقایسه میانگین به چه صورت است؟

1) HSD $\rightarrow$ SNK $\rightarrow$ LSR $\rightarrow$ Dunnett $\rightarrow$ LSD

2) HSD $\rightarrow$ $\rightarrow$ Dunnett SNK $\rightarrow$ LSR $\rightarrow$ LSD

3) HSD $\rightarrow$ SNK $\rightarrow$ LSR $\rightarrow$ $\rightarrow$ LSD Dunnett

4) (3 HSD $\rightarrow$ SNK $\rightarrow$ LSD $\rightarrow$ LSR $\rightarrow$ Dunnett

7ـ مقایسه تیماری یعنی:

1) مقایسه میانگین های چند تیمار با روش دانکن

2) مقایسه میانگین های چند تیمار با روش LSD

3) مقایسه میانگین های چند تیمار با هم با یکی از روش LSD ، دانت، دانکن، توکی یا SNK

4) مقایسه میانگین یک تیمار با میانگین یک دسته از تیمارها یا مقایسه میانگین یک دسته از تیمارها بـا میـانگین یـک دسته از تیمارهای دیگر

8ـ طرح مربع لاتین 5×5 مورد آزمایش قرار گرفت و پس از تجزیه واریانس ، میانگین مربعات خطای آزمایش و میانگین مربعات بلوک ردیفی و بلوک ستونی به ترتیب 20 و10و5 بدست آمد. سودمندی نسبی این طرح نسبت به طرح کاملاً تصادفی چقدر است؟

1) 792% یا 79/2%
2) 958% یا 95/8%
3) 1/687 یا 68/7%
4) 1/187 یا 118/7%

9ـ چه زمانی می توان دو منبع را در یک جدول تجزیه واریانس با هم ادغام نمود؟

1) امید ریاضی یکسانی داشته باشند
2) F آنها معنی دار باشد
3) F آنها معنی دار باشد و امید ریاضی یکسانی داشته باشند
4) دو منبع را نمی توان با هم ادغام نمود

10ـ دو فاکتور B,A هر کدام دردو سطح به صورت آزمایش فاکتوریل با طرح پایه مربع لاتین اجرا شده است جمع مقادیر تیمارها به شرح زیر می باشد. مجموع مربعات تیمار چقدر است؟

1	a	b	ab
80	70	50	40

1) صفر
2) 250
3) 3600
4) به اطلاعات بیشتری نیاز دارد

11ـ در آزمایشات فاکتوریل، در چه زمانی اثر دو فاکتور جمع پذیر است؟

1) اثرهر فاکتور به تنهایی معنی دار گردد
2) اثر متقابل دو فاکتور معنی دار نباشد
3) واریانس اثر متقابل دو فاکتور صفر باشد
4) اثر هر فاکتور به تنهایی معنی دار نباشد، اما اثر متقابل آنها معنی دار باشد

12ـ در یک آزمایش فاکتوریل که دارای سه عامل T,R,P به صورت 2^3 است متوسط مقدار اثر متقابل PR کدام است؟

1) $PR = \frac{(P-1)(r-1)(t+1)}{4}$
2) $PR = \frac{(P+1)(r+1)(t-1)}{2}$
3) $PR = \frac{(P-1)(r-1)(t+1)}{2}$
4) $PR = \frac{(P+1)(r+1)(t-1)}{4}$

13ـ چنانچه تیمارهای E,D,C,B,A در یک طرح مربع لاتین دارای میانگین های به ترتیب برابر 4، 6، 10، 15 و5 باشند در این صورت میانگین مربعات برای مقایسه دو تیمار $(A+B)$ با تیمارهای $(C+D+E)$ برابر است با:

1) 16/67
2) 50
3) 83/3
4) 150

14ــ در یک آزمایش در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با 4 تکرار می خواهیم دو تیمار B,A را با سه تیمار E,D,C مقایسه کنیم. مجموعه مربعات این مقایسه برابر است با :

1) 0/05 2) 0/83 3) 5/25 4) 13/3

E	D	C	B	A	تیمار
2	6	5	8	4	میانگین تیمار

15ــ یک طرح کرت های خرد شده با 4 تاریخ کشت (فاکتور اصلی) و سه واریته با طرح پایه بلوک های کامل تصادفی (r = 5) اجرا شده است. درجه آزادی اشتباه اصلی و فرعی به ترتیب عبارت است از:

1) 6 و 32 2) 12 و32 3) 12 و40 4) 6 و40

16ــ کدام مورد برای ارزیابی درصد جوانه زنی ، شش ژنوتیپ مرتعی با چهار تکرار در سه درجه حرارت 15، 20، 25 درجه سانتیگراد هنگامی که سه انکوباتور موجود است، مناسب می باشد؟

1) اسپلیت بلوک 2) مربع لاتین 3) اسپیلت پلات بصورت بلوک کامل 4) فاکتوریل بصورت بلوک کامل

17ــ با توجه به داده های جدول زیر مقدار خطای مربوط به مشاهده ی X_{22} برابر است با :

1) 0/5 - 2) 4/5- 3) 0/5 + 4) 4/5 +

بلوک / تیمار	1	2	
1	5	9	
2	7	13	

18ـ در یک طرح مربع لاتین با 6 تیمار و سه نمونه در هر واحد آزمایشی مقدار S_X کدام است؟

1) $\sqrt{\frac{MS_E}{18}}$ 2) $\sqrt{\frac{MS_E}{6}}$ 3) $\sqrt{\frac{MS_E}{3}}$ 4) $\sqrt{\frac{MS_E}{9}}$

19ـ درجه آزادی کرت فرعی برابر است با:

1) 3 2) 19 3) 18 4) 60

20ـ مدل آماری روبرو برای کدام طرح مناسب است؟ $Yijk=\mu+Ti+Rj+eIj+4ijk$

1) طرح بلوک های کامل تصادفی
2) طرح کاملاً تصادفی
3) طرح کاملا تصادفی با k مشاهده
4) طرح بلوک های کامل تصادفی با K مشاهده

21ـ در طرح کرت‌های دوبار خرد شده انحراف معیار تفاوت دو سطح عامل B عبارت است از: (a = تعداد سطوح عامل اصلی A و b = تعداد سطوح عامل فرعی B , C = تعداد سطوح عامل فرعی فرعی C و r= تعداد تکرار)

1) $s_{\bar{d}}=\sqrt{\frac{2MSE_{(b)}}{r}}$
2) $s_{\bar{d}}=\sqrt{\frac{2MSE_{(b)}}{rac}}$
3) $s_{\bar{d}}=\sqrt{\frac{2MSE_{(b)}}{rc}}$
4) $s_{d^-}=\sqrt{\frac{2MSE_{(b)}}{rac}}$

22ـ چهار تیمار در طرح آماری که تعداد تکرار و جمع تیمارهای آن در جدول زیر قید شده است مورد بررسی قرار گرفته‌اند. در صورتی که جمع مربعات کل برابر با 13 باشد، میانگین مربعات اشتباه آزمایش فوق برابر است با:

تیمار	D	C	B	A
جمع	3	6	6	9
تعداد تکرار	3	4	2	3

1) 0/5 2) 9 3) 4 4) 16

23ـ تعریف تیمار عبارت است از:

1) هر یک از عواملی که در آزمایش مورد مطالعه قرار می‌گیرد یک تیمار است

2) تیمار با رفتار به جامعه‌ای گفته می‌شود که افراد آن با هم تفاوت داشته باشند.

3) همه صفات مورد مطالعه در یک آزمایش تیمار می‌باشد.

4) تعداد افرادی که در یک آزمایش مورد بررسی قرار می‌گیرند تیمار نامیده می‌شود.

24ـ موارد استفاده از طرح کرت‌های خرد شده عبارت است از:

1) وقتی یک عامل احتیاج به ماده آزمایشی بیشتری نسبت به عامل دیگر دارد و برآورد بهتری از آن مورد نظر باشد.

2) وقتی که دقت زیادی در مورد هر دو عامل مورد نیاز باشد.

3) وقتی که یک عامل احتیاج به ماده آزمایشی بیشتری نسبت به عامل دیگر دارد و یا هنگامی که یکی از عامل‌ها مهمتر از دیگری است و دقت بیشتری در مورد آن ضروری است.

4) وقتی که یک عامل مهمتر از عامل دیگر بوده و ماده آزمایشی بیشتر نیز نیاز داشته باشد.

25ـ برای آزمون اثر عامل‌های مختلف در جدول تجزیه واریانس مرکب داده‌ها لازم است اجزاء واریانس برای اثرات مختلف را مورد بررسی قرار داد. اجزاء واریانس برای اثرات مختلف بستگی به ثابت یا تصادفی بودن اثر واریته، ایستگاه و سال دارد، در این طور مواقع کدام یک از موارد زیر درست است؟

1) با در نظر گرفتن اثرات، مخرج کسر F خطای آزمایش $E_{(a)}$ خواهد بود.

2) با در نظر گرفتن اثرات، مخرج کسر F خطای آزمایش $E_{(b)}$ خواهد بود.

3) با در نظر گرفتن اثرات، مخرج کسر F، $E_{(a)} + E_{(b)}$ خواهد بود.

4) با در نظر گرفتن نوع اثرات، مولفه‌های ورایانس در امید ریاضی میانگین مربعات و در نتیجه مقسوم‌علیه مناسب بـرای آزمـون F تعیین می‌شود.

پاسخنامه

1ـ گزینه (4) صحیح است

2ـ گزینه‌ی «2» طرح بلوک‌های تصادفی (به علت زمان بیش‌تر) و به علت این که محدودیت تعداد و شماره و تکرار ندارد.

3ـ گزینه (1) صحیح است

4ـ گزینه (1) صحیح است

5ـ گزینه (3) صحیح است. $r'_B = 0+1+\frac{1}{2}+0=\frac{3}{2}, r'_D = 0+1+0+\frac{1}{2}=\frac{3}{2}$

6ـ گزینه (1) صحیح است

7ـ گزینه (4) صحیح است

8ـ گزینه (1) صحیح است .

$$R.E_{(LS/CRB)} = \frac{MSR+MS_C+(r-1)MS_e(LS)}{(r+1)MSe_{(LS)}} = \frac{10+5+(5-1)(20)}{(5+1)(20)}$$

$$= \frac{95}{120} = 0/7916 \approx 0/792 \text{ یا } 0/07912$$

9ـ گزینه (1) صحیح است واریانس هر منبع تغییری که f معنی دار نداشته باشد مساوی صفر فرض می شود و از فرمول های E_{ms} بالاتر حذف خواهد گردید در این حالت می توان عمل جمع کردن یا یکجا نمودن ***(pooling)*** میانگین مربعات را برای سایر منابع تغییر نیز انجام داد.

10ـ گزینه (2) صحیح است . $t=r=4 , SS_t = ?$

$a=2 , b=2$ ð $2^2=4$ ð

تیمار	(1)	9	b	ab
$X_{00\ KL}$	80	70	50	40

$$X_{\circ\circ\circ\circ} = 80+70+50+40 = 240 = CF = \frac{(X_{\circ\circ\circ\circ})^2}{r_{ab} = r^2} = \frac{(240)^2}{(4)^2} = 3600$$

$$SS_t = \frac{\sum X^2_{\circ\circ KL}}{r} - CF = \frac{(80)^2+(70)^2+(50)^2+(40)^2}{4} - 3600 = 250$$

11ـ گزینه (2) صحیح است هر موقع اثر متقابل صفر باشد، می توان گفت که اثر فاکتورها جمع پذیر هستند.

$$s_{ij} \Rightarrow X_{ij} = m + s_i + s_j$$

12ـ گزینه (1) صحیح است برای محاسبه اثر متقابل PR بایستی به بسط رابطه زیر توجه نمود:

PR = (P-1) (r-1) (t+1)= rpt +rpt –rt-pt-p –r+ t+1

تعداد ضرایب متحد العلامت بطور غیر مستقیم مخرج کسر اثر اصلی و یا اثر متقابل را نشان می دهد.

پس در اینجا داریم:

$$\text{متوسط مقدار اثر متقابل} = \frac{(p-1)(r-1)(t-1)}{PR}$$

13ـ گزینه (4) صحیح است

به طورکلی مقایسه های گروهی به دو دسته مقایسه های دارای درجه آزادی یک و مقایسه های با درجه آزادی بیشتر از یک تقسیم می شوند. در مقایسه های گروهی تیمار ها چون به طور معمول بیش از دو گروه از تیمارها با یکدیگر مقایسه می شوند از شاخص آماری F برای پی بردن به وجود یا عدم و جود تفاوت معنی دار بین میانگین گروه ها استفاده می شود. روش عمل بدین ترتیب است که واریانس بین میانگین گروه ها، مشابه به واریانس تیمار محاسبه می شود و نسبت به واریانس خطا سنجیده میشود. در صورتی که مقایسه دومیانگین مطرح باشد، درجه آزادی F برای صورت مساوی یک می باشد همچنین مقایسه های گروهی به دو نوع مستقل و غیر مستقل (orthogonal and non orthogonal comparisions) تفکیک می گردند دو مقایسه را در صورتی مستقل گویند که اطلاعاتی را که یکی از آنها در اختیار قرار می دهدف نتوان از دیگری کسب نمود به طور خلاصه در مقایسه گروهی تیمارها مجموع مربعات تیمار به بخش های کوچکتری تفکیک می گردد که هر بخش ناشی از تفاوت بین میانگین هایی است که دریک مقایسه مطرح می شوند بدیهی است که در یک تحقیق مقایسات متعددی را می توان مطرح کرد به طوری که حتی حاصل جمع مجموع مربعات آنها بیشتر از مجموع مربعات تیمار گردد ولی اصولاً بایستی مقایسات دارای مفهوم صحیحی بوده و از یکدیگر مستقل باشند.

$$F=\frac{MS_Q}{MS_E}, MS_Q=SS_Q=\frac{Q^2}{\sum C_{ik}^2}, Q=\sum C_{ik}X_{i\circ}$$

تیمار	A	B	C	D	E
مجموع تیمار	٤×٥	٦×٥	١٠×٥	١٥×٥	٥×٥
Q	+٣	+٣	-٢	-٢	-٢

$$SS_Q=\frac{[(+3)(20)+(+3)(30)+(-2)(50)+(-2)(75)+(-2)(25)]^2}{5[(+3)^2+(3)^2+(-2)^2+(-2)^2-(-2)^2]}$$

$$=\frac{22500}{150}=150$$

$$MS_Q=SS_Q=150$$

14ـ گزینه (4)صحیح است

$$MS_Q=SS_Q=\frac{Q}{r\sum C_{ik}^2}=\frac{(\sum C_{ik}X_{i\circ})^2}{r\sum C_{ik}^2}$$

تیمار	A	B	C	D	E
مجموع تیمار	4×4	4×8	4×5	4×6	4×2
Q	+3	+3	-2	-2	-2

$$SS_Q=\frac{[(+3)(16)+(+3)(32)+(-2)(20)+(-2)((24)+(-2)(8)]^2}{4[(+3)^2+(3)^2+(-2)^2+(-2)^2-(-2)^2]}=\frac{1600}{120}=13$$

15ـ گزینه (2) صحیح است

$df_{E(a)}$ =(a-1) (r-1)= (4-1) (5-1) =12

$df_{E(b)}$ = a (r-1) (b-1)(b-1)=4 (5-1) (3-1) =32

16ـ - گزینه (3) صحیح است برای ارزیابی درصد جوانه زنی ، ژنوتیپ ها به عنوان عامل فرعی و درجه حرارت نیز به عنوان عامل اصلی در نظر گرفته می شود. در رابطه با انکوباتورها نیز چون هر دستگاه بر روی درجه حرارت خاصی (15، 20، 25 درجه سانتی گراد) تنظیم می شود. اثر آن در عامل اصلی نهفته می شود. یعنی اگر میان دستگاه ها تفاوتی وجود داشته ابشد این تفاوت در SS کرت های اصلی وارد میشود. در کل این آزمایش را می توان به صورت طرح اسپلیت پلات به صورت بلوک کامل پیاده نمود.

17ـ گزینه (3) صحیح است

$$X_{ij} = m + T_i + R_j + e_{ij}, X_{\circ\circ} = m = \frac{5+9+7+13}{4} = 8$$

$$T_2 = X_{2\circ} - X_{\circ\circ} = \frac{7+13}{2} - 8/5 = 1/5, R_2 = \bar{X}_{\circ 2} - X_{\circ\circ} = \frac{9+13}{2} - 805 = 2/5$$

$$e_{ij} = X_{ij} = m - T_i - R_j \Rightarrow e_{22} = X_{22} - m - T_2 - R_2 = 13 - 8/5 - 1/5 - 2/5 = +0/5$$

18ـ گزینه (1) صحیح است برای مقایسه میانگین تیمارها در هر طرح چند مشاهده ای داریم.

$$S_d = \sqrt{\frac{2MS_E}{rs}}, S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{MS_E}{6\times 3}} = \sqrt{\frac{MSLE}{18}}$$

19ـ گزینه (2) صحیح است.

$$d_f\left[\frac{\sum Y_{\circ jk}^2}{a} - \frac{\sum Y_{\circ j\circ}^2}{ar}\right] = df\left[\frac{\sum Y_{\circ jk}^2}{a}\right] - df\left[\frac{\sum Y_{\circ j\circ}^2}{ar}\right] = rb - b = b(r-1)$$

20ـ گزینه‌ی «1»

21ـ گزینه 2) در طرح اسپیلت پلات مقایسه میانگین سطوح B عبارت است از:

$$S_{\bar{d}} = \sqrt{\frac{2MSE_{(b)}}{rac}}$$

22ـ گزینه 1) با توجه به مساله SS کل برابر 13 است و طرح هم کاملاً تصادفی نامتعادل پس:

$$CF = \frac{24^2}{n=12} = 48 \quad , \quad t_{ss} = \frac{9^2}{3} + \frac{6^2}{2} + \frac{6^2}{4} + \frac{3^2}{3} - CF = 9$$

$$E_{ss} = T_{ss} - t_{ss} ===> E_{ss} = 4 \quad , \quad MS_E = \frac{SS_E}{df_E} = \frac{ss_E}{df_E} = \frac{4}{\Sigma(r_i - 1)} = \frac{4}{8} = 0/5$$

23ـ گزینه 1) تعریف دقیق‌تر است یعنی عواملی که بررسی می شوند

24ـ گزینه 3) عاملی که ماده آزمایش بیشتری نیاز داشته باشد در کرت اصلی و عاملی که دقت بیشتری نیاز داشته باشد در کرت فرعی قرار می‌دهیم.

25ـ گزینه 4) در تجزیه مرکب واریانس‌ها، با در نظر گرفتن نوع اثرات، مولفه‌های واریانس در امید ریاضی میانگین مربعات و در نتیجه مقسوم علیه مناسب برای آزمون F تعیین می‌شود.

مجموعه تست

1ـ برای آزمون فرضیه $H_0: s^2 = 30$ در مقابل فرض $H_0: s^2 < 30$ در سطح معنی دار 5 درصد ، کدام موردصحیح است؟

1) چنانچه x^2 محاسبه شده بزرگتر از x^2 جدول در سطح 5% باشد، فرض H_0 رد می شود.

2) چنانچه x^2 محاسبه شده کوچکتر از x^2 جدول در سطح 95% باشد، فرض H_0 رد می شود.

3) چنانچه x^2 محاسبه شده بزرگتر از x^2 جدول در سطح 95% باشد، فرض H_0 رد می شود.

4) چنانچه x^2 محاسبه شده کوچکتر از x^2 جدول در سطح 5% باشد، فرض H_0 رد می شود.

2ـ کدامیک از موارد زیر در رابطه با آزمون فرض صحیح نیست؟

1) اگر H_0 در سطح احتمال 5% رد شود، در سطح 1% نیز رد می شود.

2) اگر H_0 در سطح احتمال 1% رد نشود، ممکن است در سطح 5% رد شود.

3) اگر H_0 در سطح احتمال 5% رد شود، ممکن است در سطح 1% رد شود.

4) اگر H_0 در سطح احتمال 1% رد شود، ممکن است در سطح احتمالاً 5% حتماً رد شود.

3ـ در کتاب های مختلف آمار دو نوع جدول Z مشاهده می شود کدام مورد در رابطه با این جدول غلط است؟

1) برای یک Z خاص مجموع احمال هایی که در دو جدول آورده شده مساوی یک می شود.

2) در یک جدول روبروی Z مساوی با صفر، احتمال، 5% نشان داده شده است.

3) در یک جدول روبروی Z مساوی با صفر احتمال صفر نشان داده شده است.

4) یک جدول سطح زیر منحنی نرمال بین Z و صفر و دیگری بین Z- و $-\infty$ را نشان می دهد.

4ـ کدام یک از نسبت های زیر دارای توزیع کای اسکوئر (x^2) می باشد؟

1) $\frac{s^2}{s^2}$
2) $\frac{(n-1)s^2}{s^2}$
3) $\frac{\sum(x-\bar{x})^2}{s^2}$
4) گزینه 2و3

5ـ کدام مورد در رابطه با درجه آزادی صحیح است؟

1) در آزمون t برای مقایسه دو میانگین به روش مشاهدان جفت نشده برابر با 2(n-1) می باشد.

2) در آزمون F برای فرضیه $H_0 : b = 0$ ، مساوی یک برای صورت کسر F و n=2 برای مخرج کسر F می باشد.

3) در آزمون کای اسکوئر (x^2) برای فرضیه (توزیع نرمال صادق است: H_0 برابر با n-3 می باشد.

4) هر سه گزینه

6ـ در جه آزدی تیمار و *t* به ترتیب برابر است با :

1) 1و 12 2) 6و6

3) 1و6 4) تیمار برابر با 6 است ولی برایt نیاز به تکرار است.

7ـ این مسأله به صورت کدام مورد زیر قابل بررسی است؟

1) طرح کاملاً تصادفی 2)مشاهدات جفت شده

3) مشاهدات جفت نشده 4) هیچکدام، چون تکراری نداریم.

8ـ اگر عدد جدول *t* دو طرفه *(Two tailed)* برای هفت درجه آزادی در سطوح زیر در دست باشد، عدد جدول *t* یکطرفه*(one-tailed)* در هفت درجه آزدی و در سطح احتمال% 5 برابر است با :

سطح احتمال (درصد)	1	2/5	5	10
t دو طرفه	3/5	2/84	2/37	1/9

1/9(1 2/37 (2 2/840(3 3/5 (4

9ــ در یک گزارش آماری، یک فاصله اطمینان 95% برای درصد افراد باسواد یک منطقه برابر با (55% ــ 51) می باشد. این بدان معنی است که اگر در آینده فاصله های 95% اطمینان به همین طریق به ازاء تعداد زیادی از نمونه تصادی با یک حجم معین ساخته شود:

1) 95% از این فاصله ها نقطه وسط 53% را در برخواهند داشت.

2) 95% از این فاصله ها با فاصله 55% ـ 51 اشتراک خواهند داشت.

3) 95% از این فاصله، درصد افراد باسواد را در بر خواهد داشت.

4) 95% از این فاصله ها، فاصله 55% ـ 51 را کاملاً در بر خواهد داشت.

10ــ در صورتی که K دسته داشته باشیم درجه آزادی آزمون x^2 برابر است با :

1) K-2 2) K-3 3) K-1 4) هیچکدام

11ــ توزیع نرمال استاندارد چیست و کاربرد آن کدام است؟

1)به نوعی توزیع گفته می شود که دارای نماد(N(1،0بوده و توزیع احتمال هر متغیر را تعیین می کند.

2)نوعی توزیع نرمال است با نماد (N(1،0 که توزیع احتمال متغیر استاندارد شده را تعیین می کند.

3) به نوعی توزیع نرمال گفته می شود که دارای نماد (N(1،0 بوده وتوزیع احتمال هر متغییر را تعیین می کند.

4) به نوعی توزیع گفته می شود که دارای نماد (N(1،0 بوده و توزیع احتمال متغییر استاندارد شده را تعیین می کند.

12ــاگر $x_1, x_2, x_3, ..., x_n$ نمونه ای تصادفی از یک جامعه نرمال $N(1،0)$ باشد آنگاه توزیع $\frac{\sum(x-\bar{x})^2}{s^2} = \frac{(n-1)s^2}{s^2}$ یک توزیع .... با $(n-1)$ درجه آزادی نامیده می شود.

1) F 2) t- استیودنت 3) نرمال استاندارد 4) کای اسکوئر (x^2)

13ــبه منظور تقسیم کار طی مراحل انجام آزمایش استفاده از کدام یک از طرح های آماری ذیل را توصیه می نمایند؟

1) بلوک کامل تصادفی 2) کاملاً تصادفی 3) مربع لاتین 4) کاملاً تصادفی با نمونه برداری

14ـ چنانچه اشتباه نوع اول و نوع دوم به ترتیب با a و b نشان داده شوند. توان یک آزمون برابر است با :

1) b 2) t' 3) $(1-a)$ 4) $(1-b)$

15ـ نکاتی که در انتخاب یک طرح پایه در نظر می گیرند عبارتند از :

1) تعداد و نوع تیمار، تعداد تکرار، کیفیت ماده آزمایشی
2) ماده آزمایشی یکنواخت، تکرار بیشتر، طرح مناسب
3) تکرار تیمارها، راندو میزاسیون، کنترل موضعی
4) تکرار تیمارها، ماده آزمایشی یکنواخت، طرح مناسب

16ـ در کدام مورد از طرح بلوک های ناقص به جای طرح بلوک های کامل استفاده می شود؟

1) وقتی که تعداد تیمار مربع کامل یک عدد صحیح است.

2) وقتی عدم ینکواختی در تکرار ها(ماده آزمایشی) موجود باشد یا تعداد تیمارها خیلی زیاد باشد.

3) وقتی یکنواختی کامل در بلوک های ناقص وجود داشته باشد.

4) وقتی که تعداد تیمار مربع کامل تعداد واحد آزمایشی در هر بلوک ناقص باشد.

17ـ یک آزمایش در چه صورتی دقیق است؟

1) F تیمار ها در آن خیلی معنی دار شود.
2)با دقت فراوان انجام شود ومشاهدات آن شبیه هم باشند.
3) میانگین مربعات اشتباه آزمایشی آن کم باشد.
4) دقت زیاد، در پیاده کردن و مراقبت از آن به کار رفته باشد.

18ـ در بررسی اثر چند نوع سم با شاهد(مصرف نکردن سم) کدام مورد صحیح است؟

1) واریانس خطابه نوع تیمار بستگی ندارد

2) سهم تکرارهای شاهد در واریانس خطا معمولاً بیشتر است.

3) سهم تکرارهای نام تیمارها شاهد و سموم در خطا تقریباً مساوی است.

4) سهم تکرارهای شاهد در واریانس خطا معمولاً کمتر است.

19ـ تعریف واحد آزمایشی کدام است؟

1) واحدی از آزمایش که در همه ی تکرارها موجود است.

2) واحدی از ماده آزمایشی که یک تکرار در آن قرار می گیرد.

3) قسمتی از آزمایش که بتوان آن را تکرار کرد.

4) قسمتی از ماده آزمایشی که یک تیمار در یک تکرار به آن تعلق می گیرد.

20ـ ضریب تغییرات در یک آزمایش عبارتست از خارج قسمت ----------

1) جذر واریانس اشتباهات به میانگین کل تیمار ها ضربدر صد

2) جذر میانگین مربعات اشتباه آزمایشی و میانگین کل ضربدر صد

3) واریانس کل به میانگین کل تیمارها ضربدر صد

4) واریانس کل به میانگین کل ضربدر صد

21ـ هدف از آزمون بار تلت در تجزیه مرکب داده‌ها به منظور:

1) مقایسه میانگین واریته‌ها در سال‌ها و ایستگاه‌های مختلف است

2) تست یکنواختی واریانس بین بلوک‌ها است

3) تست یکنواختی واریانس بین تیمارها است

4) تست یکنواختی واریانس اشتباهات آزمایشی، در آزمایشهای جداگانه است.

22ـ در یک طرح مربع لاتین جمع تیمارها به شرح زیر بوده است، مقایسه تیمارهای A و D در مقابل تیمارهای B و C کدام است؟

تیمار	A	B	C	D
جمع	6	10	12	A

1) به تعداد تکرار نیاز داریم

2) 8

3) 64

4) 4

23ـ در طرح کاملاً تصادفی، چناچه چند تا از واحدهای آزمایشی از بین بروند، مشکلی ایجاد نمی‌شود و مشاهدات را می‌توان به صورت زیر مورد تجزیه آماری قرار داد؟

1) مقادیر واحدهای از بین رفته را از فرمول کرت گمشده به دست آورده و سپس تجزیه آماری انجام می‌شود.

2) برای واحدهای از بین رفته اعداد فرضی در نظر گرفته و تجزیه آماری طرح را انجام می‌دهند.

3) به صورت طرح کاملاً تصادفی با تکرار نامساوی

4) تجزیه آماری طرح عملی نیست و باید طرح جدیدی را اجرا نمود.

24ـ هدف از تجزیه مرکب داده‌های حاصل از چند مکان و چند سال بیشتر به خاطر:

1) مقایسه سال‌ها است
2) اثر متقابل مکان در سال است
3) تست مکان‌های مختلف است
4) تست پایدار محصول است.

25ـ اگر در یک آزمایش در یک طرح مربع لاتین دو مشاهده گم شده باشد در این صورت:

1) از درجه آزادی کل دو واحد کسر می‌شود

2) از درجه آزادی اشتباه آزمایش دو واحد کسر می‌شود

3) از درجه آزادی کل 2 واحد و از درجه آزادی اشتباه نیز دو واحد کسر می‌شود

4) از درجه آزادی اشتباه آزمایش یک واحد و از درجه آزادی کل نیز یک واحد کسر می‌شود

پاسخنامه

1.گزینه (1) صحیح است.

2. گزینه (1) صحیح است.

3. گزینه (1) صحیح است.

4. گزینه (4) صحیح است.

5. گزینه (4) صحیح است.

6. گزینه (3) صحیح است.

df_t = t-1=2-1=1 : درجه آزادی تیمار

n-1=7-1=6 (تعداد جفت ها) = درجه آزادی t – اسیتودنت

7. گزینه (2) صحیح است.

8. گزینه (1) صحیح است. عدد t جدو دو طرفه برای سطح احتمال a مساوی عدد t جدول یک طرفه برای سطح احتمال $\frac{a}{2}$ است.

9. گزینه (4) صحیح است.

10. گزینه (2) صحیح است. در آزمون نرمال بودن توزیع جامعه درجه آزادی برابر k-3 (K : تعداد دسته ها) است.

11. گزینه (2) صحیح است.

12. گزینه (4) صحیح است.

13. گزینه (1) صحیح است. در طرح بلوک های تصادفی باید با واحدهای آزمایشی داخل هر بلوک به طور مشابه رفتار نمود.

14. گزینه (4) صحیح است.

احتمال اشتباه نوع اول = a

احتمال اشتباه نوع دوم = b

توازن آزمون : $1-b$

15. گزینه (1) صحیح است.

16. گزینه (2) صحیح است.

17. گزینه (3) صحیح است.

18. گزینه (3) صحیح است.

19. گزینه (4) صحیح است.

20. گزینه (2) صحیح است.

21. گزینه 4) متجانس بودن واریانس خطاهای آزمایشی از مهمترین مفروضات تجزیه مرکب آزمایش‌هاست که با آزمون بار ثابت انجام می‌دهیم.

22. گزینه 4) از راه مقایسه‌های اورنوگونال حل می‌کنیم:

جمع تیمار	6	10	12	8		
تیمار	A	B	C	D	r	$\Sigma^2 c_j$
A, D در مقابل	+1	−1	−1	+1	4	4
A ,B						

$$SS_Q = \frac{Q^2}{r\Sigma c_j^2} = \frac{[(1)(6)+(-1)(10)+(-1)(12)+(1)(8)]^2}{4\times 4} = 4$$

23. گزینه 3) که طرح جدید را کاملاً تصادفی نامتعادل گوییم

24. گزینه 4) طی چند سال و مکان، اثر پایداری عملکرد محصول بررسی می‌شود.

25. گزینه 3) هر گاه 2 واحد گم شود از درجه آزادی کل و درجه آزادی خطا 2 واحد کم می‌کنیم.

مجموعه تست

1-در کدام یک از بررسی های زیر متفاوت بین میانگین دو نمونه به طریق مشاهدات جفت شده مورد آزمون قرار می گیرد؟

1) مقایسه ضریب هوشی دختر و پسر با استفاده از دوقلوههای یک صد خانواده

2) مقایسه درصد جوانی زنی دو رقم سورگرم با استفاده از ده غلظت مختلف یک نمک

3) مقایسه تعداد غلاف های موجود در گره های شماره ی 3و5 چند رقم سویا

4) هر سه گزینه

2-در صورتی که $H_1 : s_1^2 > 0$ **باشد:**

1) آزمون یک دامنه (One-Tailed) است

2) آزمون دو دامنه (Two-Tailed) است.

3) از F جدول برای سطح اشتباه 5% در آزمون استفاده می کنیم

4) گزینه های 1و3

3-درمورد دانش آموزی که واقعاً تقلب نکرده است و به اتهام تقلب از امتحان محروم می شود، چه نوع اشتباهی رخ داده است؟

1) اشتباه تیپ I

2) اشتباه تیپ II

3) بستگی به هدف قضاوت دارد

4) با توجه به این که در اینجا فرض صفر مشخص نمی باشد نمی توان قضاوت آماری نمود.

4-فرض $H_0 : s^2 = 10$ **در برابر** $H_1 : s^2 \leq 10$ **در صورتی در سطح اطمینان 5% رد می گردد که :**

1) F محاسبه شده کوچکتر از F جدول باشد.

2) F محاسبه شده بزرگتر از F جدول باشد.

3) x^2 محاسبه شده بزرگتر از 5/ x^2 باشد

4) x^2 محاسبه شده بزرگتر از 0/95/ x^2 باشد

5-هدف از آزمون بارتلت:

1) تست یکنواختی واریانس بلوک هاست

2) تست یکنواختی واریانس بین تیمارهاست

3) تست یکنواختی واریانس اشتباهات آزمایشی است

4) مقایسه میانگین واریته می باشد.

6- *LSD* یعنی:

1) حداقل اختلاف معنی دار 2) حداقل دامنه های معنی دار

3) دامنه های معنی دار حقیقی 3) اختلافات معنی دار حقیقی

7-دو عامل عمده که درانتخاب طرح مناسب برای یک آزمایش دخالت دارند کدام است؟

1) تعداد تکرار و تعداد تیمار 2) تعداد تکرار وتعداد صفات مورد مطالعه

3) تیمارهای آزمایش و صفات مورد مطالعه 4) ماده آزمایشی و تیمارهای آزمایش

8-ماهیت اشتباه آزمایشی در طرح کاملاً تصادفی و طرح بلوک های کامل تصادفی به ترتیب عبارتست از:

1) اثر متقابل تکرار x تیمار، تکرار در تیمار 2) تکرار در تیمار، تکرار در تیمار

3) تکرار در داخل تیمار، اثر متقابل تکرار x تیمار 4) اثر متقابل تکرار x تیمار، اثر متقابل تکرارx تیمار

9-اگر مزیت نسبی طرح بلوک نسبت به طرح کاملاً تصادفی 80 بشود، در آن ماده آزمایشی بهتر است چه طرحی پیاده شود؟

1) بلوک کامل 2) کاملاً تصادفی 3) کاملاً تصادفی نامتعادل 4) تفاوتی ندارد

10-در یک آزمایش که در قالب طرح مربع لاتین 4 ×4 پیاده شده است . اطلاعات زیر به دست آمده است.

میانگین مجموع مربعات خطای آزمایش برابر است با :

$SS_1 = 228$ $\overline{X}_{000} = 8$ $C.V = \%16$ $\sum_{i=1}^{16} X_{ij}^2 = 1600$

1) 1/638 2) 0/262 3) 1/28 4) 0/205

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

$\overline{A} = 7, \overline{B} = 8, \overline{C} = 9, \overline{D} = 12$

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

1) 35 و 6 2) 56 و 9 3) 56و 12 4) 56و6

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

1) (t-1)(t-2)-2 2) (t-1)(t-2)-1 3) (t-1)(t-3) 4) (t-1)(t-4)

13-در جدول تجزیه واریانس زیر اگر بخواهیم روی دو منبع بلوک و اشتباه عمل ادغام کردن *(Poding)* را انجام دهیم. دراین صورت میانگین مربعات خطای آزمایشی جدید برابر است با :

1) %16　　2) 1/4　　3) 2　　4) 4

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات
بلوک	5	3
تیمار	4	6
خطا	20	1

14-با توجه به نقشه مربع لاتین مقابل و کرت های گمشده، مقدار کرت های مؤثر برای مقایسه میانگین تیمارها *A* و *B* برابر است با :

A	B	C	D
	C	D	
C	D		B
D	A	B	C

1) $r_b = 1/67, r_a = 2/00$　　2) $r_b = 2/33, r_a = 2$

3) $r_b = 2/00, r_a = 2/33$　　4) $r_b = 2/00, r_a = 1/67$

15-مزیت اصلی تجزیه چند مشاهده ای نسبت به تجزیه بر روی میانگین مشاهدات چیست؟

1) داشتن داده های بیشتر　　2) داشتن یک منبع تغییر اضافی

3) داشتن یک منبع تغییر کمتر　　4) آزمون کردن خطای آزمایشی

16-با توجه به جدول دو طرفه AB مقابل واین که آزمایش فاکتوریل 2^2 با طرح پایه بلوک های کامل تصادفی در 4 تکرار می باشد SS_{AB} برابر است با :

	a_1	a_2
b_1	2	4
b_2	4	8

1) صفر

2) 5

3) 25

4) 20

17-در یک آزمایش فاکتوریل 3×4 با 4 بلوک کامل مقدار خطای استاندارد $\bar{S}_x$ برای مقایسه میانگین های $\bar{b}_1 = 10$ ، $\bar{b}_2 = 15$ برابر 750 % بوده است . مقدار ضریب تغییرات آزمایش (C.V) چند درصد است؟

1) 6/7   2) 10   3) 20   4) 60

18-در آزمایش فاکتوریل در چه صورت اثر دو فاکتور جمع پذیر یا افزایشی (additive) است؟

1) اثر هر فاکتور به تنهایی معنی دار گردد

2) اثر متقابل دو فاکتور معنی دار باشد

3) اثر متقابل دوفاکتور معنی دار نباشد

4) اثر هر دو فاکتور به تنهایی معنی دار نباشد و اثر متقابل آن ها معنی دار باشد.

19-در یک آزمایش فاکتوریل 25 چند اثر متقابل دوطرفه وجود دارد؟

1) 5   2) 9   3) 10   4) 15

20-**با توجه به داده های جدول اطلاعات مقابل، اگر این داده ها متعلق به یک طرح اسپلیت پلات باشد.**

میانگین مربعات اشتباه فرعی چقدرمی شود؟

$SS_B=0/00$ $SS_T=29/00$ $CF=243/00$

جمع	بلوک		فاکتورها	
	2	1	B	A
6	2	4	1	1
7	4	3	2	1
7	4	3	1	2
11	5	6	2	2
14	8	6	1	3
9	4	5	2	3
54	25	27	جمع	

1) 0/33 2) 1/83 3) 2/33 4) 5/17

21-**در طرح اسپلیت پلات:**

1) تعداد تکرار فاکتور اصلی بیشتر از فاکتور فرعی است

2) دقت آزمون اثر عامل اصلی (A) بیشتر از عامل فرعی (B) است.

3) همواره میانگین مربعات خطای A از میانگین مربعات خطای (B) بیشتر است.

4) همیشه تعداد تکرار فاکتور فرعی بیشتر از فاکتور اصلی است.

22-**اگردر یک آزمایش فاکتوریل 2^3 و دارای 4 تکرار بخواهید اثر متقابل *ABC* را به طور کامل اختلاط دهید، تیمار *abc* با کدام گروه از تیمارها در یک بلوک ناقص ظاهر خواهد شد و درجه ازادی خطای آزمایشی چقدر خواهد بود؟**

1) 18,bc,ac,ab 2) 12,(1),b,a 3) 18,c,b,a 4) 12,(1),c,a

23-در آزمایشی با 3 تیمار C,B,A هر یک به ترتیب با 3 و 4و 2و تکرار مقادیر زیر بدست آمده است. SS تیمار برابر با چند است؟ $\left(\bar{X}_A-\bar{X}_{\infty}\right)^2=4,\left(\bar{X}_B-\bar{X}_{\infty}\right)^2=6,\left(\bar{X}_c-\bar{X}_{\infty}\right)^2=2$

1) 3/8 2) 6 3) 12 4) 40

24-اگر در یک طرح بلوک های کامل تصادفی اثر متقابل بلوک X تیمار غیر افزایشی (ضریب پذیر) باشد. برای انجام تجزیه آماری متغییر از چه تبدیلی باید استفاده کرد؟

1) جذری 2) زاویه ای 3) لگاریتمی 4) گزینه های 1و3

25-در دو تکرار زیر کدام عامل یا عوامل با اثر تکرار اختلاط یافته است؟

بلوک I				بلوک II				
(۱)	abc	ac	b	bc	c	a	ab	تکرار1
b	ac	c	ab	abc	a	(۱)	bc	تکرار2

1) A,B 2) AC,AC 3) BC,AC 4) BC,BC

پاسخنامه

1ـ گزینه (1) صحیح است.

2ـ گزینه (1)صحیح است. چون در فرض جهت اختلاف مد نظر است. بایستی از آزمون یک دامنه استفاده کرد.

3ـ گزینه(1)صحیح است. فرض صفر در دادگاه بی گناه بودن متهم است و اشتباه نوع اول عبارتست از رد فرض صفرصحیح که همان متقلب نبودن دانش آموز است.

4ـ گزینه (3) صحیح است.

5ـ گزینه (3) صحیح است.

6ـ گزینه (1) صحیح است.

7ـ گزینه (4) صحیح است.

8ـ گزینه (3) صحیح است.

9ـ گزینه (2) صحیح است. در صورتی که $R.E$ بزرگتر است 100% نشود بایستی از طرح CRD استفاده کرد.

10ـ گزینه (1) صحیح است.

$$C.V=\frac{\sqrt{MS_e}}{\bar{X}_{00}} \Rightarrow MSe=\left[(C.V)(\bar{X}_{00})\right]^2=\left[(0/16)(8)\right]^2=1/638$$

11ـ گزینه (4) صحیح است.

$$\bar{X}_{000}=\sum \bar{X}_{00k}/t=(7+8+9+12)/4=9$$
$$SS_t=r\sum\left(\bar{X}_{00k}-\bar{X}_{000}\right)^2=4\left[(7-9)^2+(8-9)^2+(9-9)^2+(12-9)^2\right]=4(14)=56$$
$$df_E=(t-1)(t-2)=(4-1)(4-2)=6$$

12ـ گزینه (1) صحیح است.

$Df_E=(t-1)(t-2)-$ تعداد کرت های گمشده $=(t-1)(t-2)=2$

13ـ گزینه (2) صحیح است.

$$SS_R=MS_R0df_R=3\times5=15$$

$$SS_R=MS_R.dF_R=3\times5=15$$
$$SS_R=MS_R.dF_R=1\times20=20$$
$$MS_E=\frac{SS_R+SS_e}{df_R+df_e}=\frac{15+20}{15+20}=1/4$$

جدید

14ـ گزینه (4) صحیح است.

$$r_a = \frac{2}{3} + 1 + 0 + 0 = \frac{5}{3} = 1/67$$

$$r_b = 0 + 1 + \frac{2}{3} + \frac{1}{3} = \frac{6}{3} = 12$$

15ـ گزینه (4) صحیح است. نکات کلیدی نکته 3

16ـ گزینه (3) صحیح است.

	a_1	a_2	$\sum$
b_1	2	4	6
b_2	6	8	14
	8	12	20

$$a = 2, b = 2, r = 4, F.E_{(RB)} = 2^2, SS_{AB} = ?$$

$$CF = \frac{(X_{000})^2}{r_{ab}} = \frac{(20)^2}{(4)(2)(2)} = 25$$

17ـ گزینه (3) صحیح است.

$$\overline{X}_{00} = \frac{\overline{b}_1 + \overline{b}_2 + \overline{b}_3}{3} = \frac{10 + 15 + 20}{3} = \frac{45}{3} = 15$$

$$S\overline{X} = \frac{\sqrt{MS_E}}{r_a} \Rightarrow MS_E [r_a] S\overline{X} = [(4)(4)](0/76)^2 = 9$$

$$C.V = \frac{\sqrt{MS_e}}{\overline{X}_{00}} \times 100 = \frac{\sqrt{9}}{15} \times 100 = \%20$$

18ـ. گزینه (3) صحیح است. در مورد اثر متقابل دو جانبه یا درجه یک اگر اثر متقابل دو فاکتور معنی دار نباشد، از لحاظ آماری تأثیر آن دو را بر همدیگر می رساند که د راین حالت اثر متقابل برابر صفر و فاکتورها اثرشان جمع پذیر *(Additive)* می باشد. یعنی این که مصرف فاکتور اثر خود را مانند آنکه فاکتور دیگر در آزمایش وجود ندارد بر روی صفت مورد نظر بجا می گذارد.

19ـ گزینه (3) صحیح است.

$10 = \frac{5(5-1)}{2}$ = تعداد اثرات متقابل دو طرفه

20ـ گزینه (2) صحیح است.

$$SS_{MP} = \frac{\sum X_{ij0}^2}{b} - CF = \frac{\left[(v)^2 + \dots (12)^2\right]}{2} - 243 = 13$$
$$SS_T = SS_{MP} + SS_{SP} \Rightarrow SS_T + SS_{MP} = 29 - 13 = 16$$
$$SS_B = \frac{\sum X_{00k}^2}{r_a} - CF = \frac{(27)^2 + (27)^2}{(2)(3)} - 243 = 0$$

بلوک / فاکتور A	1	2	$\sum$
1	7	6	13
2	9	9	18
3	11	12	23
$\sum$	27	27	54

$$SS_{AB} = \frac{\sum X_{0jk}^2}{r} - CF - SS_A - SS_B = \frac{(6)^2 + \dots + (9)^2}{2}$$
$$-243 - 12/5 - 0 = 10/5$$
$$SS_{Sp} = SS_B + SS_{AB} + SS_{E(b)} \Rightarrow SS_{E(b)} = SS_{SP} - SS_B - SS_{AB} =$$
$$16 - 0 - 10/5 = 5/5, MS_{E(b)} = \frac{SS_{E(b)}}{a(r-1)(b-1)} = \frac{5/5}{3(2-1)(2-1)} = 1/83$$

بلوک / فاکتور A	1	2	$\sum$
1	6	7	13
2	7	11	18
3	14	9	23

$\sum$	27	27	54

21ـ گزینه (4) صحیح است.

22ـ گزینه (3) صحیح است.

$$df_E = (t-1)(r-1) + K - r = (2^3-1)(4-1) + 1 - 4 = 18$$

اثر متقابل

$$ABC = (a-1)(b-1) + (c-1) = (a+b+c+abc) - (1+ab+ac+bc)$$

23ـ گزینه (4) صحیح است.

طرح CRD نا متعادل

$$SS_t = r_k \sum \left(\overline{X}_{0k} - \overline{X}_{00}\right)^2$$

$$SS_t = r_A = \left(\overline{X}_{0k} - \overline{X}_{00}\right)^2 + r_B\left(\overline{X}_{0B} - \overline{X}_{00}\right) + r_c\left(\overline{X}_{0c} - \overline{X}_{00}\right) =$$

$$3(4) + 4(6) + 2(2) = 12 + 24 + 4 = 40 \Rightarrow SS_t = 40$$

24ـ گزینه(4) صحیح است.

25ـ گزینه (4) صحیح است.

مجموعه تست

1ـ **در فرمول** $\dfrac{\bar{x}_1-\bar{x}_2}{\frac{s_1^2}{n_1}+\frac{s_2^2}{n_2}}$ **، درجه آزادی مورد استفاده برای پیدا کردن عدد *t* در جدول به شرح زیر است:**

1) n_1+n_2 2) $\dfrac{n_1+n_2}{2}$ 3) n_1o n_2 4) n_1+n_2-2

2ـ **واریانس جامعه ای برابر چهار است. می خواهیم میانگین جامعه را حداکثر با یک کیلوگرم اشتباه و 95% اعتماد تعیین کنیم. به این منظور بهترین اندازه نمونه برابر است با:**

1) حداقل 30 2) 20 3) 11 4) 7

3ـ **شخصی که حقیقتاً گناهکار بوده است، در دادگاه بی گناه شناخته می شود . در این رأی دادگاه چه نوع اشتباهی رخ داده است؟**

1) اشتباه نوع اول

2) اشتباه نوع دوم

3) برای تشخیص نوع اشتباه به داشتن فرضیه H نیاز است

4) چون یک فرضیه آماری آزمون شده ناچار هستیم به نتیجه اعتماد داشته باشیم و اشتباهی از نظر آماری رخ نداده است

4ـ **واریانس خطا برای مقایسه میانگین تیمارها برابر است با:**

1) 2/66 2) 24/6 3) 0/38 4) 4/09

5ـ **فرض مقابل *HA(Alternative Hypothesis)* در جدول تجزیه واریانس برای مقایسه دو تیمار عبارت است از:**

1) $m_1 = m_2$ 2) $m_1 \neq m_2$ 3) $m_1 < m_2$ 4) $m_1 > m_2$

6ـ **در یک سطح احتمال معین 5% تعداد اختلافات معنی دار در مقایسه میانگین تیمارها:**

1) در آزمون توکی بیشتر از آزمون دانکن است 2) در این دو آزمون مساوی است

3) در آزمون دانکن بیشتر است 4) همیشه در این دو آزمون متفاوت است

7ـ برای انجام آزمون همگن واریانس ها در یک طرح بلوک های کامل تصادفی *(RCBD)* که تعداد 9 تیمار و 4 تکرار دارد، کدام یک از موارد زیر مورد استفاده قرار می گیرند؟

1) ${x^2}_{(df=0)}$ 2) $F_{(24,1)}$ 3) $x^2(df=8)$ 4) $x^2(df=3)$

8ـ پنج تیمار در 4 تکرار با طرح بلوک های کامل تصادفی مورد آزمایش قرار گرفته است، پس از انجام محاسبات، مقدار ضریب تغییرات *(CV)* برابر با 20% و جمع کل مشاهدات برابر 800 بدست آمده است.

واریانس خطای آزمایش برابر است با :

1) 6400 2) 8 3) 80 4) 64

9ـ تعریف تیمار چیست؟

1) به جامعه ای گفته می شود که افراد آن با هم تفاوت داشته باشند

2) تعداد افرادی که در یک جامعه مورد بررسی قرار می گیرند

3) هریک از عواملی که در آزمایش مورد مطالعه قرار می گیرند

4) همه صفات مورد مطالعه در آزمایش

10ـ کدام یک از عوامل زیر بر دقت یا حساسیت آزمایش می افزایند؟

1) افزایش تعداد تکرار

2) کاهش اشتباه آزمایشی

3) ایجاد بلوک هنگامی که روند غیریکنواختی در آماده آزمایشی وجود داشته باشد

4) هر سه مورد

11ـ در یک طرح کاملاً تصادفی *MS* خطای آزمایشی چیست؟

1) واریانس میانگین تکرارها 2) واریانس بین میانگین تیمارها

3) میانگین موازنه شده واریانس بین تیمارها 4) میانگین موازنه شده ی واریانسهای درون تیماری

12ـ درجه آزادی خطای آزمایشی در طرح مربع لاتین وقتی یک کرت گمشده داشته باشیم برابر است با:

1) r^2-37+1 2) (r-1)(r-3) 3) (t-1)(t-2) 4) (r-1)(t-1)-1

13ــ در یک مربع لاتین تصادفی کردن یا راندومیزاسیون در کدام یک از موارد زیر انجام نمی شود؟

1) برای نامگذاری شماره ها
2) بین تکرارها
3) بین تیمارها در داخل بلوک های ناقص
4) بین بلوک های ناقص در داخل تکرارها

14ــ کدام یک از روابط زیر میان $S_{\bar{X}}, S_{\bar{d}}$ برقرار است؟

1) $S_{\bar{x}} = \frac{S_{\bar{d}}}{\sqrt{2}}$
2) $r/_2 S^2{}_{\bar{d}} = rS^2_{\bar{d}}$
3) $S_{\bar{x}} = \sqrt{S^2_{\bar{d}}/2}$
4) هر سه گزینه

15ــ اگر $S_{\bar{d}}$ در یک طرح مربع لاتین 6×6 برابر $2\sqrt{2}$ باشد، مجموع مربعات خطا چقدر است؟

1) 169/7
2) 240
3) 120
4) 480

16ــ برای ادغام میانگین مربعات دو منبع B,A کدام یک از روابط زیر صحیح است؟

1) SS_A+SS_B
2) $\frac{MS_A+MS_B}{2}$
3) $\frac{SS_A}{df_A}+\frac{SS_B}{df_B}$
4) $\frac{[(MS_A.df_A)+(MS_B.df_B)]}{(df_A+df_{B)}}$

17ــ اثر acd نماینده کدام یک از تیمارهای یک آزمایش فاکتوریل 2^4 می باشد؟

1) $a_1b_2c_1d_1$
2) $a_2b_1c_2d_2$
3) $a_1b_1c_1d_1$
4) $a_2b_2c_2d_2$

18ــ تفاوت آزمایشات فاکتوریل 2^n و غیر 2^n و در .... است.

1) تعداد فاکتورها
2) تعداد فاکتورها و هم تعداد سطوح فاکتورها
3) تعداد سطوح فاکتورها
4) تعداد مقایسات تیماری

19ــ در یک آزمایش فاکتوریل 2×2 اثر اصلی A و اثر متقابل AB به ترتیب از راست به چپ عبارتند از:

1) $a_2b_2-a_1b_1$,a_2-a_1
2) میانگین موازنه شده واریانس بین تیمارها
3) میانگین موازنه نشده واریانس بین تیمارها
4) میانگین موازنه شده، واریانس درون تیمارها

20ــ در یک طرح بلوک های کامل تصادفی با t=5 , r=4 , S=2 چنانچه مقدار LSD=43/6 و $t_{(\%5=12)}$=2/18 و $t_{(\%5.20)}$=2/086 باشد، مقدار میانگین مربعات اشتباه آزمایشی (MS_e) برابر است با:

1) 320
2) 1600
3) 160
4) 3200

21ــ عبارت $abc\text{-}b\text{-}c\text{+}ab\text{+}ac\text{+}bc\text{-}1$ نشان دهنده کدام یک از اثرات زیر می باشد؟

1) اثر اصلی فاکتور A 2) اثر اصلی فاکتور B 3) اثر اصلی AB 4) اثر اصلی ABC

22ــ از یک طرح کرت های خرد شده که به صورت طرح بلوک های کامل تصادفی با 4 تکرار که فاکتور اصلی (A با اندیس i) آن در چهار سطح و فاکتور فرعی (B با اندیس i) آن در سه سطح اجرا گردیده است.

اطلاعات زیر بدست آمده است:

$$X_{0000} = 120, \sum X_{ij}^2 = 1280$$
$$SS_A = 12/5, SS_B = 5/5$$

در این صورت میانگین مربعات اثر متقابل دو فاکتور (MS_{AB}) برابر است با:

1) 20 2) 2 3) 1/67 4) 0/33

23ــ فرمول SS زیر مربوط به کدام منبع تغییر (که با درجه آزادی بیان شده اند) است؟

$$\sum X_{jik}^2 - \frac{\sum X_{ijo}^2}{b} - \frac{\sum X_{ojk}^2}{r} + \frac{\sum X_{ojo}^2}{rb}$$

1) b(a-1)(r-1) 2) a(r-1)(b+1) 3) a(r-1)(b-1) 4) (r-1)(ab-1)

24ــ کدام مورد در رابطه با طرح کرت های خرد شه (اسپیلت پلات) صحیح است؟

1) طرحی است دو فاکتوره که اثر یکی از فاکتورها با ماده آزمایشی اختلاط دارد.

2) درجه آزادی خطای b به تعداد سطوح فاکتور اصلی بستگی ندارد.

3) سطوح عامل اصلی نسبت به سطوح عامل فرعی برای محقق از اهمیت بیشتری برخوردار است.

4) طرحی است که دقت مقایسه سطوح فاکتور اصلی در آن بیشتر از دقت مقایسه سطوح فاکتور فرعی است.

25ــ تعداد 10 رقم گندم متشکل از 4 رقم خارجی و 6 رقم داخلی در یک طرح آماری مقایسه شده اند. بهترین مجموع از مقایسه گروهی کدام است؟

1) سه مقایسه با درجات آزادی 3 و 5 و 1 2) سه مقایسه با درجات آزادی 3 و 5 و 15

3) 9 مقایسه با درجه آزادی یک 4) چهار مقایسه با درجات آزادی 2 و یک مقایسه با درجه آزادی یک

پاسخنامه

1ـ گزینه (4) صحیح است.

2ـ گزینه (3) صحیح است.

$$m = 76 \quad , s = 5 \quad P(Z \geq 1/64) = \%5$$

$$Z = \frac{X - m}{s} \Rightarrow X = Z.s + m = (0/64)(5) + (76) = 84/2$$

3ـ گزینه (2) صحیح است.

4ـ گزینه (3) صحیح است.

واریته A	1	3	4	7	8	9	10
واریته B	3	4	5	7	8	8	14
d=A-B	-2	-1	-1	0	0	+1	-4

$$\sum d = (-2) + (-1) + \ldots + (-4) = -7$$

$$\sum d^2 = (-2)^2 + (-1)^2 + \ldots + (-4)^2 = 23$$

$$SS_d = \sum d^2 - \frac{(\sum d)^2}{n} = 23 - \frac{(7)^2}{7} = 16, S_d^2 = \frac{SS_d}{n-1}, \frac{16}{7-1} = 26$$

$$S_{\bar{d}}^2 = \frac{S_d^2}{n} = \frac{2/6}{7} = 0/371$$

5ـ گزینه (2) صحیح است.

6ـ گزینه (4) صحیح است.

7ـ گزینه (4) صحیح است.

$$df = k - 1 = 9 - 1 = 8$$

8ـ گزینه (4) صحیح است.

$$C.V.=\frac{\sqrt{MSe}}{\bar{x}_{00}}\times 100 \Rightarrow \sqrt{MS_e}=C.U\times \bar{X}_{00}=0/2\times 40=8\Rightarrow MS_e=(8)^2=64$$
$$\bar{X}_{00}=\frac{800}{5\times 4}=40$$

9ـ گزینه (1) صحیح است.

10ـ گزینه (4) صحیح است.

11ـ گزینه (4) صحیح است. خطا در طرح کاملاً تصادفی حاصل تفاوت واحدهای آزمایشی تحت تیمار مشابه است و MS خطای آزمایشی برابر با میانگین موازنه شده واریانس های درون تیماری می باشد.

12ـ گزینه (1) صحیح است.

$$L.S_{5\times 5}, S_d=4, Mis\sin gData.SS_e=?$$
$$S_d=\sqrt{\frac{2MSe}{r}}.S_d^2=\frac{2MSe}{r}\Rightarrow (4)^2=\frac{2MSe}{5}\Rightarrow MSe=40$$
$$MS_e=\frac{SS_e}{dfe}\Rightarrow SS_e=MS_e.dfe=(40)[(5-1)(5-2)-2]=400$$

13ـ گزینه (3) صحیح است. بخش 3ـ1

14ـ گزینه (4) صحیح است.

$$S_{\bar{x}1\bar{x}}=\sqrt{SP^2(\frac{1}{n_1}+\frac{1}{n_2})}=\sqrt{MS_e(\frac{1}{r_1}+\frac{1}{r_2})}$$ طرح های نامتعادل

$$n_1=n_2=n\Rightarrow S_d=\sqrt{2MS_e/r}:$$ طرح های متعادل

$$S_{\bar{x}}=\sqrt{MS_e/r}\Rightarrow MS_e=r.s_{\bar{x}}$$
$$S_d=\sqrt{2MS_e/r}\Rightarrow MS_e={r}/{2}\,S_d2$$
$$S_{\bar{x}}=\sqrt{MS_e/r}=\sqrt{{r}/{2}\,S_d2/r}=\sqrt{S_d2/2}=\frac{S_d}{\sqrt{2}}\Rightarrow S_d=\sqrt{2\times S_{\bar{x}}}$$

15ـ گزینه (4) صحیح است.

$$L.S_{6\times 6}, S_{\bar{d}}2\sqrt{2}=\sqrt{\frac{2MS_e}{r}}, MS_e={r}/{2}\,S_d^2$$
$$MS_e={6}/{2}\times(2\sqrt{2})^2=24\Rightarrow SS_e=MS_e.df_e=(24)(5\times 4)=480$$

16ـ گزینه (4) صحیح است. برای ادغام میانگین مربعات دو منبع B, A بایستی مجموع مجذورات دو منبع B , A بر مجموع درجات آزادی دو منبعB , A تقسیم گردد.

17ـ گزینه (2) صحیح است

بر طبق سیستم نامگذاری تیمارها در آزمایشات فاکتوریل:

$a_2b_1c_2d_2$=acd

18ـ گزینه (2) صحیح است. در آزمایشات فاکتوری 2^n تعداد سطوح برابر دو می باشد و تعداد تیمارها از به توان رساندن تعداد سطوح با توان تعداد فاکتورها بدست می آید ولی در آزمایشات فاکتوریل غیر 2^n مثلاً آزمایش فاکتوریل 3×3×4 تعداد سطوح فاکتورها با اعداد نشان داده می شوند و تعداد تیمارها از طریق حاصلضرب تعداد سطوح فاتکورها در هم بدست می آید.

19ـ گزینه (2) صحیح است. نکات کلیدی، نکات 18 و 20

20ـ گزینه (2) صحیح است.

R.B t=5 , r=4 , S=2 , LSD=43/6 $t_{(\%5.12)}$=2/18 $t_{(\%5.20)}$=2/086

(MS_e)=?

df_e=(r-1)(t-1)=(4-1)(5-1)=12

$$LSD_{(\%5)}=t_{(\%5.12)}S_d \Rightarrow S_d=\frac{LSD(\%5)}{t_{(\%5,12)}}=\frac{43/6}{2/18}=20$$

$$S_d=\sqrt{\frac{2MS_e}{rs}} \Rightarrow MS_e=\left[\frac{rs}{2}\right](S_d)^2=\left[\frac{4\times2}{2}\right](20)^2=1600$$

21ـ گزینه (1) صحیح است.

A اثر اصلی =(a-1)(b+1)(c+1)=abc+a-b-c+ab+ac-bc-1

22ـ گزینه (4) صحیح است.

$$SS_{AB}=\frac{\sum X^2_{ijo}}{r}-CF-SS_A-SS_B=\frac{1280}{4}-\frac{(120)^2}{4\times4\times3}=-12/5-5/5=$$

$$320-300=18=2 \qquad ,df_{AB}=(a-1)(b-1)=(4-1)(3-1)=6$$

$$MS_{AB}=\frac{SS_{AB}}{df_{AB}}=\frac{2}{6}=0/33$$

23ـ گزینه (3) صحیح است. برای بدست آوردن درج آزادی بایستی به تک تک جملات عبارت داده شده توجه نماییم به طوری که در هر جمله به ازای هر اندیسی که در صورت کسر وجود دارد و یا اندیس مربوط در مخرج کسر وجود ندارد. آن عامل را در نظر می گیریم و بدین ترتیب:

$$\sum X^2{}_{jik} - \frac{\sum X^2{}_{ijo}}{b} - \frac{\sum X^2{}_{ojk}}{r} + \frac{\sum X^2{}_{ojo}}{rb}$$

Rab-ra-ab+a=a[rb-r-b+a]=a[(r-1)(b-1)]

24ـ گزینه (1) صحیح است.

25ـ گزینه (1) صحیح است. با توجه به منشأ ارقام طرح مقایسه های زیر منطقی به نظر می رسد:

الف: مقایسه 4 رقم خارجی ب: مقایسه 6 رقم داخلی ج: مقایسه ارقام ایرانی با ارقام خارجی

در مقایسه سومی، 4 رقم خارجی به عنوان یک رقم 6 رقم داخلی نیز به عنوان یک رقم در نظر گرفته می شوند.

مجموعه تست

1- باتوجه به جدول زیر، مجموع مربعات تیمار کدام است؟

تیمار	1	2	3	4
تعداد تکرار	3	2	4	3
Yi-y..	16	25	81	25

1- 73   2- 147

3- 441   4- 497

2- داده‌های جدول مقابل عبارت است از جمع سه نمونه در یک طرح کاملاً تصادفی MS اشتباه آزمایشی چقدر است؟

نیاز \ تکرار	1	2	3	جمع
1	1	2	3	6
2	4	4	5	13
3	7	8	9	24
4	10	7	7	24
				67

1- 0/44   2- 2/5

3- 3/55   4- 4/54

3- در یک آزمایش که به صورت مربع لاتین انجام گردیده است مجموع مربعات تیمار به عوامل خطی، درجه دوم و انحراف از درجه دوم با درجه آزادی برابر 3 تفکیک شده است. چنانچه این عوامل به ترتیب دارای میانگین مربعات، 50، 60، و 80 باشند مجموع مربعات خطا نیر برابر 60 باشد در این صورت F تیمار برابر است با:

1- 1/17   2- 12/67

3- 21/11   4- 23/33

4- **مقدار آماده LSR در دامنه دو برابر با کدامیک از مقادیر زیر است؟**

1- با میزان LSD

2- با میزان Q ی توکی

3- با میزان SNK

4- با میزان 'D

5- **در صورتیکه 5= %5 LSP , dfe=2 , t%5 , r=8 باشد MSE کدام است:**

1- 5
2- 25
3- 36
4- 49

6- **در یک طرح مربع لاتین با 6 تیمار و سه نمونه در هر واحد آزمایشی مقدار SX کدام است؟**

1- $\sqrt{\frac{MSE}{18}}$
2- $\sqrt{\frac{MSE}{6}}$
3- $\sqrt{\frac{MSE}{3}}$
4- $\sqrt{\frac{MSE}{9}}$

7- **در آزمایش فاکتوریل در چه صورت اثر دو فاکتور جمع پذیر یا اقراینی است؟**

1- اثر هر فاکتور به تنهایی معنی دار گردد

2- اثر متقابل دو فاکتور معنی دار باشد

3- اثر متقابل دو فاکتور معنی دار نباشد

4- اثر هر دو فاکتور به تنهایی معنی دار نباشد و اثر متقابل آنها معنی دار باشد

8- **در یک آزمایش 4 تیمار D,C,B,A با میانگین‌های به ترتیب برابر 10، 15، 25و 40 در قالب یک طرح بلوک کامل تصادفی با 5 تکرار مورد ارزیابی قرار گرفته و انحراف معیار تفاوت میانگین ها SD برابر 10 می‌باشد. مقدار F جهت مقایسه میانگین گروه تیمارهای C,B,A با میانگین تیمار D برابر است با:**

1- 2/04
2- 4/08
3- 8/17
4- 81/67

9- **در یک طرح کاملاً تصادفی 6 تیمار تکرار ارزیابی گردیده و از هر واحد آزمایشی 3 نمونه اندازه گیری شده است. با توجه به اطلاعات ذیل میانگین مربعات خطای نمونه برداری در ازمایش برابر است با:**

SST=280کل

SST=100تیمار

F=10تیمار

1- 2	2- 2/47
3- 3	4- 3/71

10- **در یک آزمایش فاکتوریل 2^5 چند اثر متقابل دو طرفه وجود دارد؟**

1- 5	2- 9
3- 10	4- 15

11- **رابطه** $\frac{\sum\times^2 ij.}{b}-\frac{\sum\times^2 100}{ab}-\frac{\sum\times^2 .j.}{rb}+CF$ **مربوط به کدام یک از منابع تغییرات است؟**

1- Ea در طرح اسپلیت پلات با طرح پایه کاملاً تصادفی

2- Ea در طرح اسپلیت پلات با طرح پایه بلوکهای کامل تصادفی

3- خطای ازمایش فاکتوریل با دو فاکتور با طرح پایه کاملاً تصادفی

4- میانگین موازنه شده واریانسهای درون تیماری

12- **هر گاه تعداد مقایسات انفرادی بین تیمارها در یک طرح بلوک کامل تصادفی که سه کرت از دست رفته دارد، 21 باشد و درجه آزادی خطای آزمایش نیز 21 باشد، در این صورت تعداد بلوکها در ازمایش برابر با چند است؟**

1- 6	2- 5
3- 4	4- 3

13- در یک طرح مربع لاتین با تعداد T=4 تیمار و S=3 نمونه در هر واحد آزمایشی درجه آزادی اشتباه آزمایشی و اشتباه نمونه برداری به ترتیب کدام است؟

1- 6 و 33   2- 6 و 36   3- 9 و 32   4- 9 و 36

14- در مقایسه اثر 4 تیمار آبیاری بر عملکرد سه رقم ذرت در زمینی که تغییرات دو مرتبه دارد، درجه آزادی خطا برای مقایسه تیمارهای آبیاری برابر است با:

1- 2   2- 6

3- 12   4- 8

15- در یک آزمایش فاکتوریل 2*2 اثر اصلی A و اثر متقابل AB به ترتیب از راست به چپ عبارتند از:

1- a2b2-a1b1, a2-a1

2- میانگین دو اثر ساده ، میانگین تفاوت دو اثر ساده

3- میانگین موازنه شده و واریانس بین تیمارها

4- میانگین موازنه شده و واریانسهای درون تیمار

16- درجه آزادی خطای ازمایش در طرح مربع لاتین برای مقایسه 4 تیمار که سه بار تکرار شده باشد، برابر است با:

1- 24   2- 26

3- 36   4- 18

17- در یک آزمایش در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی با 4 تکرار می‌خواهیم دو تیمار B,A رابه سه تیمار E,D,C مقایسه کنیم. مجموعه مربعات این مقایسه برابر است با:

تیمار	A	B	C	D	E
میانگین درجات تیمار	4	8	5	6	2

1- 0/05   2-0/83

3-5/25   4-13/3

18- مزیت اصلی تجزیه چند مشاهده‌ای نسبت به تجزیه برروی میانگین مشاهدات چیست؟

1- داشتن داده‌های بیشتر

2- داشتن یک منبع تغییر اضافی

3- داشتن یک منبع تغییر کمتر

4- آزمون کردن خطای آزمایشی

19- در طرح بلوکهای کامل تصادفی میانگین مربعات تیمار برآوری است از:

1- t6t2   2- r6t2

3- 6e2+t6t2   4- 6e2+r6t2

20- در یک طرح کرتهای خرد شده با 5 دور آبیاری (فاکتور اصلی) و 4 واریته به صورت طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار اجرا شده است. درجه آزادی اشتباه اصلی و فرعی به ترتیب از راست به چپ برابر است با:

1- 12 و 24   2- 15 و 24

3- 12 و 45   4- 15 و 45

21- در یک آزمایش فاکتوریل 4*2 در قالب طرح کاملاً تصادفی با 3 تکرار مقدار SD جهت مقایسه میانگین فاکتور با دو سطح بامیانگینهای 50 و100 برابر 2 بوده است. در این آزمایش CV یا ضریب پراکندگی چنددرصد است؟

1- 4/6   2- 6/5

3- 16   4- 32

22- در چه مواردی می توان منبع خطا را با اثر بلوک در یک طرح بلوکهای کامل تصادفی ادغام کرد ؟

1- اثر بلوک معنی دار باشد   2- اثر بلوک معنی دار نباشد

3- واریانس خطا بزرگ باشد   4- بین تیمارها اختلاف وجود داشته باشد

23- در یک مربع لاتین 4 تیماری چند نقشه تصادفی دیگر می‌توان برای یک نقشه استانداردتهیه کرد؟

1- 144   2- 143

3- 572   4- 3

24- اگر مزیت نسبی طرح بلوکهای کامل تصادفی نسبت به طرح کاملاًتصادفی 80 بشود. در آن ماده آزمایشی چه طرحی بهتر است پیاده شود؟

1- طرح کاملاً تصادفی نامتعادل

2- طرح بلوک‌های کامل تصادفی

3- طرح کاملاً تصادفی متعادل

4- تفاوتی نمی‌کند

25- **در یک طرح بلوک کاملاَ تصادفی که در سه تکرار اجرا شده است . چنانچه درجه آزادی انحراف از درجه 3 برای تیمار برابر با 4 باشد درجه آزادی اشتباه آزمایشی برابر با بداشتن درجه آزادی تیمار نیاز است ؟**

1- 4

2- 14

3- 9

4- به داشتن درجه آزادی تیمار نیاز دارد

پاسخنامه

1- گزینه 4

2- گزینه 1

3- گزینه 4

4- گزینه 1

5- گزینه 2

6- گزینه 1

7- گزینه 3

8- گزینه 3

9- گزینه 3

10- گزینه 3

11- گزینه 4

12- گزینه 2

13- گزینه 1

14- گزینه 2

15- گزینه 2

16- گزینه 1

17- گزینه 4

18- گزینه 4

19- گزینه 4

20- گزینه 4

21- گزینه 2

22- گزینه 2

23- گزینه 2

24- گزینه 3

25- گزینه 2

مجموعه تست

1ـ اگر در طرح آماری از کلیه مشاهدات قبل از تجزیه آماری عدد ثابتی مانند 10 کسر نماییم. چه تغییری در مقدار *C.V* (ضریب تغییرات) به وجود خواهد آمد؟

1) مقدار C.V تغییر نمی‌کند.
2) مقدار C.V بزرگ خواهد شد.
3) مقدار C.V کوچک خواهد شد.
4) مقدار C.V یک صدم برابر خواهد شد.

2ـ درجه آزادی اشتباه آزمایش (dfe) یک طرح مربع لاتین 3×3 با تکرار مربعات که از 3 مربع مستقل تشکیل یافته است برابر است با:

1) 10
2) 6
3) 2
4) 26

3ـ در طرح‌های آماری عمل اختلاط به منظور زیر انجام می‌شود.

1) برای تقسیم‌بندی هر تکرار به دو بلوک ومقایسه بهتر تیمارها
2) برای تقسیم هر تکرار به دو بلوک وسهولت در محاسبات آماری
3) برای کم کردن ناهمگنی در واحدهای آزمایشی و جلوگیری از افزایش خطای آزمایشی و افزایش دقت آزمایش
4) برای افزایش و تسریع در محاسبات آماری و مقایسه بهتر تیمارها

4ـ دو عامل A , B به ترتیب در سطح 4 و 3 سطح در یک آزمایش فاکتوریل به صورت یک طرح بلوک کامل تصادفی با $r = 5$ تکرار مورد بررسی قرار گرفتند. مقدار Q^2 یا $(\sum C_i T_i)^2$ مقایسه a_1 در برابر a_2، a_3 و a_4 تقسیم بر کدام گزینه می‌گردد تا مجموع مربعات آن مقایسه حاصل شود؟

ضریب متعامد = C_i

جمع هر تیمار = T_i

1) 60
2) 36
3) 12
4) 180

5ـ در یک آزمایش فاکتوریل 2^2 به صورت یک طرح مربع لاتین جمع مقادیر تیمارها به شرح زیر به دست آمد.

$(1)=6 \quad , \quad a=8 \quad , \quad b=10 \quad , \quad ab=16$

مجموع مربعات عامل $A\,(SS_A)$ و مجموع مربعات عامل $B\,(SS_B)$ به ترتیب از راست به چپ برابر است با:

1) 108 و 118 　 2) 4 و 9 　 3) 208 و 218 　 4) 336 و 316

6ـ ضرایب $\dfrac{A \quad B \quad C \quad D \quad E \quad F}{0 \quad -2 \quad -2 \quad -2 \quad 3 \quad 3}$ مربوط به کدام یک ازمقایسات زیر است؟

1) B , C , D در مقابل F, E 　 2) A در مقابل بقیه 　 3) A در مقابل B , C , D 　 4) A در مقابل F, E

7ـ در یک طرح کاملاً تصادفی با $t=5$ تیمار و $r=3$ تکرار مقدار ضریب تغییرات برابر $C.V.=\%25$ و میانگین کل داده‌ها برابر $\bar{Y}_{oo}=4$ به دست آمده است. جمع مجذورات خطا برابر است با:

1) 1 　 2) 0/001 　 3) 10 　 4) 0/0001

8ـ در کدام یک از روش‌های مقایسه میانگین زیر از جدول (Studentized Significant Range) استفاده می‌شود؟

1) توکی 　 2) دانت 　 3) حداقل اختلاف معنی‌دار 　 4) دانکن

9ـ اگر توزیع تیمارها در بین دو بلوک در تکرارهای مختلف متفاوت باشد. این نوع اختلاط را چه می‌نامند؟

1) اختلاط کامل 　 2) اختلاط ناقص 　 3) بدون اختلاط 　 4) اختلاطی انجام نگرفته

10ـ در یک آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی، چنانچه اثرات متقابل ABC, BC, AC, AB به ترتیب در تکرارهای 1 و 2 و 3 و 4 اختلاط یافته باشد، درجه آزادی خطای آزمایش برابر است با:

1) 17 　 2) 19 　 3) 20 　 4) 18

11ـ اگر در یک آزمایش فاکتوریل 2^3 با 4 تکرار اثر متقابل ABC اختلاط کامل یافته باشد، درجه آزادی اشتباه آزمایش و بلوک داخل تکرار به تریب از راست به چپ برابر خواهد بود با:

1) 21 و 4 　 2) 18 و 8 　 3) 21 و 8 　 4) 18 و 4

12ـ کدام یک از گزینه‌های زیر برای کم کردن خطاهای مناسب نیست؟

1) طرح مناسب به کار ببریم.

2) تعداد خطوط کاشت در هر واحد آزمایشی را به حداقل برسانیم.

3) تکرار آزمایش را تا حد مجاز زیاد باشد.

4) انتساب تیمارها به واحدهای آزمایشی کاملاً تصادفی باشد.

13ـ یک آزمایش در صورتی دقیق است که:

1) با دقت فراوان انجام شود و مشاهدات آن شبیه هم باشند.

2) دقت زیادی در پیاده کردن ومراقبت از آن به کار رفته باشد.

3) میانگین مربعات خطای آزمایش آن کم باشد.

4) F تیمارها در آن خیلی معنی‌دار شود.

14ـ ضریب تغییرات (C.V) در یک آزمایش عبارت است از:

1) خارج قسمت واریانس کل به میانگین کل ضربدر صد

2) خارج قسمت واریانس تیمارها به میانگین کل تیمارها ضربدر سد

3) خارج قسمت جذر میانگین مربعات اشتباه آزمایشی بر میانگین کل ضربدر صد

4) خارج قسمت واریانس اشتباهات به میانگین کل ضربدر صد

15ـ مزایای آزمایش‌های فاکتوریل عبارت از:

1) به دست آوردن اثرات متقابل

2) صرفه‌جویی در کار، زمان و بودجه و آگاهی از اثرات متقابل عامل‌ها

3) صرفه‌جویی در بودجه و کار و به دست آوردن اثرات تک تک عامل‌ها

4) یافتن اثرات اصلی و متقابل چند عامل

16ـ موارد استفاده از طرح کرت‌های خرد شده عبارت است از:

1) وقتی که یک عامل مهم‌تر از عامل دیگر بوده و ماده آزمایشی بیشتری نیز نیاز دارد.

2) وقتی که یکی از عامل‌ها مهم‌تر از دیگری است و دقت بیشتری در مورد آن ضروری است. یا هنگامی که یک عامل احتیاج به ماده آزمایشی بیشتری نسبت به عامل دیگر دارد.

3) وقتی که دقت زیادی در مورد هر دوعامل موردنیاز باشد.

4) وقتی که یک عامل احتیاج به ماده آزمایشی بیشتری نسبت به عامل دیگر دارد و برآورد بهتری از آن موردنظر باشد.

17ـ در طرح کرت‌های خرد شده، انحراف معیار میانگین هر سطح عامل A (عامل اصلی) عبارت است از: ($a =$ **تعداد سطوح عامل** A، $b =$ **تعداد سطوح عامل** B **و** $r =$ **تعداد تکرار)**

1) جذر $\frac{MSE(a)}{rb}$ 2) جذر $\frac{MSE(a)}{ra}$ 3) جذر $\frac{MSE(a)}{r}$ 4) جذر $\frac{MSE(a)}{b}$

18ـ در یک طرح بلوک‌های تصادفی با $t = 5$ **تیمار و** $r = 4$ **تکرار و** $S = 2$ **نمونه، چنانچه مقدار** $LSD_{5\%} = 10/9$ **و** $t_{5\%12} = 2/18$ **و** $t_{5\%20} = 2/09$ **باشد، مقدار مجموع مربعات خطای آزمایشی** (SS_e) **برابر است با:**

1) 100 2) 50 3) 600 4) 1200

19ـ فرمول $\frac{\sum X_{OjO}^2}{ra} - \frac{\sum X_{ijO}^2}{r}$ **مربوط به محاسبه‌ی مجموع مربعات منبع تغییری است که درجه آزادی آن برابر است با:**

1) $a(b-1)$ 2) $(a-1)(b-1)$ 3) $b(a-1)$ 4) $ab-1$

20ـ با توجه به اطلاعات زیر مجموع مربعات بین گروه‌ها (تیمارها) برابر است با:

$\bar{X}_{10} = 6 \quad r_1 = 2$

$\bar{X}_{20} = 7 \quad r_2 = 3$

$\bar{X}_{30} = 8 \quad r_3 = 5$

1) 2/27 2) 6/81 3) 0/886 4) 6/10

21ـ **برای مقایسه یک منبع تغییر با امید ریاضی** $\sigma_e^2 + r\sigma_{tp}^2 + rt\sigma_p^2$ **مخرج کسر** F **بایستی چه امید ریاضی داشته باشد؟**

1) $\sigma_e^2 + r\sigma_{tp}^2$ 2) σ_e^2 3) $\sigma_e^2 + rt\sigma_p^2$ 4) $\sigma_\varepsilon^2 + t\sigma_{rp}^2$

22ـ **هدف اصلی از تصادفی کردن در طرح آزمایش‌های کشاورزی است؟**

1) به حداقل رساندن اشتباه آزمایشی 2) برآورد ناریب اشتباه آزمایشی

3) ثابت نگهداشتن اشتباه آزمایشی 4) حذف اشتباه آزمایشی

23ـ **در آزمایش‌های** ''in vitro'' **گیاهی و همچنین آزمایشات دام به ترتیب کدام منابع تغییرات مؤثرتر است؟**

1) ژنوتیپ ـ محیط 2) محیط ـ ژنوتیپ 3) محیط ـ مجریان طرح 4) مجریان طرح ـ ژنوتیپ

24ـ **تیمار عبارت است از:**

1) همه صفات مورد مطالعه در آزمایش 2) موجودی که روی آن آزمایش انجام می‌گیرد.

3) هر یک از عوامل که در آزمایش مرو 4) افراد یک جامعه که با هم تفاوت دارند.

25ـ **عیب عمده طپرح** CRD **کدام است؟**

1) محدودیت در تعداد تیمار 2) محدودیت از نظر اجرا

3) یک منبع قابل کنتل دارد. 4) کم بودن درجه آزادی اشتباه آزمایشی

پاسخنامه

1ـ گزینه (2) صحیح است.

2ـ گزینه (1) صحیح است.

$$df_e = S(r-1)^2 - (r-1) = 3(4) - 2 = 10$$

$$df_e = D(r-1)(r-2) + (S-1)(r-1) = 3(2)(1) + (2\times 2) = 10$$

3ـ گزینه (3) صحیح است.

4ـ گزینه (1) صحیح است.

	a_1	a_2	a_3	a_4	r_b	$\sum C_j^2$
خطی درجه 1	-3	-1	1	3	15	20
درجه 2	1	-1	-1	1	15	4
درجه 3	-1	3	-3	1	15	20

$$SSQ \frac{Q^2}{rb\sum C_j^2} = \frac{Q^2}{15\times 4} = \frac{Q^2}{60}$$

5ـ گزینه (2) صحیح است.

	تیمار	(1)	a	b	ab
	X.j	6	8	10	16
برای عامل A	C_j	-1	+1	-1	+1
برای عامل B	C_j	-1	-1	+1	+1
برای عامل A	X_jC_j	-6	+8	-10	+16
برای عامل B	X_jC_j	-6	-8	+10	+16

$$SS_A \frac{Q_A^2}{r\sum C_j^2} = \frac{64}{4\times 4} = 4$$

$$SS_B \frac{Q_A^2}{r\sum C_j^2} = \frac{144}{16} = 9$$

6ـ گزینه (1) صحیح است.

7ـ گزینه (3) صحیح است.

$$CV=\sqrt{\frac{MS}{\bar{X}}}\Rightarrow 0/25=\frac{\sqrt{MSE}}{4}\Rightarrow\sqrt{MS_e}=1\Rightarrow MS_e=1$$

$$df_e=5(2)=10\quad SS_e=df_e\times MS_e\Rightarrow 10\times 1=10$$

8ـ گزینه (1) صحیح است.

SSR در آزمون دانکن که با توجه به سطح احتمال (α) و درجه آزادی خطا df_eبرای دامنه‌های موردنیاز از جدول استخراج می‌گردد.

9ـ گزینه (4) صحیح است.

10ـ گزینه (1) صحیح است.

$$df_e=(t-1)(r-1)-r=(8-1)(4-1)=17$$

11ـ گزینه (2) صحیح است.

برای کم کردن اشتباه آزمایشی باید به این نکات توجه داشت: 1ـ به کار بردن طرح مناسب 2ـ تکرار بیشتر تا حد مجاز 3ـ ماده آزمایشی همگن

12ـ گزینه (2) صحیح است.

13ـ گزینه (3) صحیح است.

$$CV=\frac{\sqrt{MS_e}}{\bar{X}_{oo}}\times 100$$

14ـ گزینه (2) صحیح است.

از مزایای آزمایش فاکتوریل، بررسی همزمان چند عامل و اثر متقابل بین عوام مختل است که در کل باعث صرفه‌جویی در وقت، هزینه و افزایش دقت می‌شود.

15ـ گزینه (1) صحیح است.

زیرا اثرات اصلی را می‌توان با استفاده از طرح‌های دیگر نیز محاسبه نمود.

16ـ گزینه (2) صحیح است.

به طور کلی زمانی که یکی از فاکتورها احتیاج به کرت بزرگ‌تری داشته باشند، از این روش استفاده می‌کنیم.

17ـ گزینه (1) صحیح است.

$S_{\bar{X}}\sqrt{\frac{MSE_a}{rb}}$ برای مقایسه سطوح عامل اصلی (A) با یکدیگر

18ـ گزینه (4) صحیح است.

$$df_e = (r-1)(t-1) = 4\times 3 = 12$$

$$LSD = t\times S_{\bar{d}} \Rightarrow 10/9 = 2/18\times S_{\bar{d}} \Rightarrow S_{\bar{d}} = 5 = \sqrt{\frac{2MS_e}{rs}}$$

$$25 = \frac{2MS_e}{4\times 2} \Rightarrow MS_e = 100 = SS_e = MS_e \times df_e = 10012 = 1200$$

19ـ گزینه (3) صحیح است.

$$ab - b = b(a-1)$$

20ـ گزینه (4) صحیح است.

$$\bar{X}_{10} = 6 \qquad \bar{X}_{20} = 7 \qquad \bar{X}_{30} = 8$$

$$CF = \frac{X_{oo}^2}{rt} = \frac{(12+21+40)^2}{10} = 532/9$$

$$SS_t = \left(\sum \frac{X_{oj}^2}{r_j}\right) - CF = \left(\frac{12^2}{2} + \frac{21^2}{3} + \frac{40^2}{5}\right) - CF = 539 - 532/9 = 6/1$$

21ـ گزینه (1) صحیح است.

22ـ گزینه (1) صحیح است.

برای هر آزمایش باید طرح مناسب انتخاب گردد تا خطای آزمایشی کم باشد.

23ـ گزینه (1) صحیح است.

در آزمایش‌های in vitor (درون شیشه) به دلیل کنترل شرایط محیطی ژنوتیپ از منابع تغییرات می‌باشد.

24ـ گزینه (1) صحیح است.

هر یک از عواملی که در آزمایش مورد مطالعه قرار می‌گیرند، تیمار نامیده می‌شوند.

25ـ گزینه (3) صحیح است.

منابع و مآخذ

- جزوه دکتر بابائیان
- طرح (دکتر شیرانی راد و مهندس خانی)
- طرح (دکتر یزدی صمدی، رضایی، ولی زاده)
- طرح (دکتر بصیری)