

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

تنوع در طرح کت‌های خردشده

تألیف

والق. تی. فدرر

فریدوم کینگ

ترجمه

دکتر سیدعلی پیغمبری

دکتر فواد فاتحی

دکتر زهرا طهماسبی

توجه!

این کتاب مشمول قانون حمایت از حقوق مؤلفان و مصنفان است. تکثیر کتاب به هر روش اعم از فتوکپی، ریسوگرافی، تهیه فایل‌های pdf، لوح فشرده، بازنویسی در وبلاگ‌ها، سایت‌ها، مجله‌ها و کتاب، بدون اجازه کتبی ناشر مجاز نیست و موجب پیگرد قانونی می‌شود.



انتشارات دانشگاه تهران

شماره ۳۲۹۵

شماره مسلسل ۷۲۲۸

Federer, Walter Theodore.

فدرر، والتر تئودور، ۱۹۱۵ - م. تنوع در طرح کرت‌های خرد شده / تألیف والتر. تی. فدرر، فریدوم کینگ : ترجمه سیدعلی پیغمبری، فواد فاتحی، زهرا طهماسبی. تهران: دانشگاه تهران، مؤسسه انتشارات، ۱۳۹۱.
س + ۱۰۵ ص. مصوب، جدول، نمودار. (انتشارات دانشگاه تهران؛ شماره ۳۲۹۵).
ISBN 978-964-03-6333-1

فهرست‌نویسی بر اساس اطلاعات نیا.
عنوان اصلی: Variations on Split Plot and Split Block Experiment Designs, 2007.

واژه‌نامه. کتابنامه.
طرح‌های آزمایشی. Blocks Group theory کینگ، فریدوم. ۱۹۵۵ - م. King, Freedom. پیغمبری، سیدعلی، ۱۳۹۷ - مترجم. فاتحی، فواد، ۱۳۶۱ - مترجم. طهماسبی، زهرا، ۱۳۶۰ - مترجم. دانشگاه تهران، مؤسسه انتشارات.
۱۳۹۱
۲۷۴۹۸۶۶
۵۱۹/۵۷
QA ۲۷۹ / ت ۴
شماره کتابشناسی ملی

عنوان: تنوع در طرح کرت‌های خرد شده

تألیف: والتر. تی. فدرر - فریدوم کینگ

ترجمه: دکتر سیدعلی پیغمبری - دکتر فواد فاتحی - دکتر زهرا طهماسبی

ویراستار: فاطمه جهانگیری

نوبت چاپ: اول

تاریخ انتشار: ۱۳۹۱

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران

چاپ و صحافی: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران

«مسئولیت صحت مطالب کتاب با مترجمان است»

«کلیه حقوق برای ناشر محفوظ است»

بها: ۸۰۰۰۰ ریال

خیابان کارگر شمالی - خیابان شهید فرشی مقدم - مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران

پست الکترونیک: press@ut.ac.ir - سایت: <http://press.ut.ac.ir>

بخش و فروش: تلفکس ۸۸۰۱۲۰۷۷

ISBN: 978-964-03-6333-1



9 789640 363331

فهرست مطالب

پیشگفتار.....	۵
فصل اول : طرح آزمایشی کرت خردشده استاندارد.....	۱
۱-۱- مقدمه.....	۱
۱-۲- طرح آماری.....	۳
۱-۳- مثال هایی از طرح کرت های خردشده استاندارد.....	۶
۱-۴- تجزیه واریانس.....	۹
۱-۵- آزمون F.....	۱۲
۱-۶- خطای استاندارد میانگین ها و تفاوت بین آنها.....	۱۴
۱-۷- مثال عددی.....	۱۵
۱-۸- مقایسات میانگین چندگانه.....	۲۳
۱-۹- یک تکرار از یک طرح کرت خردشده و مشاهدات گمشده.....	۲۵
۱-۱۰- ماهیت تغییرات آزمایشی.....	۲۷
۱-۱۱- آزمایش اندازه گیری های تکرار شده.....	۲۸
۱-۱۲- دقت مقایسات.....	۲۸
۱-۱۳- مسائل.....	۳۰
۱-۱۴- منابع.....	۳۲
پیوست ۱-۱. مثال ۱-۱.....	۳۳
پیوست ۱-۲. مثال ۱-۲.....	۳۳
فصل دوم : طرح بلوک خردشده استاندارد.....	۳۹
۲-۱- مقدمه.....	۳۹
۲-۲- مثال ها.....	۴۱
۲-۳- تجزیه واریانس.....	۴۳
۲-۴- آزمون های F.....	۴۴
۲-۵- خطاهای استاندارد برای مقایسه اثرات.....	۴۵
۲-۶- مثال عددی.....	۴۶
۲-۷- مقایسات چندگانه.....	۵۲
۲-۸- یک تکرار از یک طرح بلوک خردشده.....	۵۳
۲-۹- دقت.....	۵۳
۲-۱۰- نظرها.....	۵۴

۵۵	۲-۱۱- مسائل
۵۶	۲-۱۲- منابع
۵۷	پیوست ۲-۱. مثال ۲-۱
۵۷	پیوست ۲-۲. مثال ۲-۲
۶۱	پیوست ۲-۳. مسئله ۲-۱ و ۲-۲
۶۳	فصل سوم: تغییرات طرح آزمایشی کرت خردشده
۶۳	۳-۱- مقدمه
۶۴	۳-۲- طرح آزمایشی کرت‌های دوبار خردشده
۶۹	۳-۳- طرح آزمایشی کرت‌های سه‌بار خردشده
۷۴	۳-۴- کرت‌های اصلی در آرایش فاکتوریل نباشند
۷۵	۳-۵- تیمارهای کرت خردشده در طرح آزمایشی بلوک ناقص داخل هر کرت اصلی
۷۶	۳-۶- تیمارهای کرت خردشده در یک آرایش مربع لاتین داخل هر کرت اصلی و در کرت اصلی متفاوت
۷۷	۳-۷- کرت‌های اصلی در یک آرایش سیستماتیک
۷۷	۳-۸- کرت‌های فرعی در یک آرایش سیستماتیک
۷۸	۳-۹- خصوصیات یا صفات به عنوان تیمارهای کرت اصلی
۸۰	۳-۱۰- خطای نمونه‌برداری یا آزمایشی؟
۸۱	۳-۱۱- زمان به عنوان یک عامل ناپیوسته به جای یک عامل پیوسته
۸۷	۳-۱۲- مدل نادرست؟
۹۰	۳-۱۳- اختلاط کامل برخی اثرات و طرح‌های آزمایشی کرت خردشده
۹۱	۳-۱۴- نظرها
۹۲	۳-۱۵- مسائل
۹۴	۳-۱۶- منابع
۹۵	پیوست ۳-۱. داده‌ها و برنامه جدول ۳-۱
۹۹	فصل چهارم: تغییرات در آزمایشی‌های طرح بلوک خردشده
۹۹	۴-۱- مقدمه
۹۹	۴-۲- سطوح عامل اول در قالب طرح بلوک کامل تصادفی و سطوح عامل دیگر در قالب طرح مربع لاتین
۱۰۰	۴-۳- دو گروه تیماری در آرایش بلوک خردشده
۱۰۲	۴-۴- طرح آزمایشی بلوک دوبار خردشده یا نواری دوبار خردشده
۱۰۷	۴-۵- یک گروه از تیمارها در قالب طرح بلوک ناقص و گروه دوم در قالب بلوک کامل تصادفی
۱۰۸	۴-۶- آزمایش طرح بلوک خردشده

۴-۷- اختلاط در آزمایش فاکتوریل و در یک طرح بلوک خردشده.....	۱۱۰
۴-۸- آزمایش طرح بلوک خردشده به همراه یک شاهد.....	۱۱۲
۴-۹- نظرها.....	۱۱۵
۴-۱۰- مسائل.....	۱۱۵
۴-۱۱- منابع.....	۱۱۷
پیوست ۴-۱. مثال ۴-۱:.....	۱۱۸
فصل پنجم: ترکیب طرح‌های کرت خردشده و بلوک خردشده.....	
۵-۱- مقدمه.....	۱۲۳
۵-۲- سطوح عوامل A و B در طرح بلوک خردشده و سطوح عامل C در یک آرایش کرت خردشده برای عوامل A و B.....	۱۲۳
۵-۳- سطوح عامل A تیمارهای کرت اصلی و ترکیبات سطوح عوامل B و C در یک آرایش بلوک خردشده در داخل هر کرت اصلی.....	۱۲۸
۵-۴- سطوح عوامل A و B در طرح کرت خردشده استاندارد و سطوح عامل C در یک آرایش بلوک خردشده در تمام سطوح عوامل A و B.....	۱۲۹
۵-۵- طرح آزمایشی پیچیده.....	۱۳۲
۵-۶- برخی اصول یافتن تجزیه برای طرح‌های آزمایشی پیچیده.....	۱۳۷
۵-۷- نظرها.....	۱۳۹
۵-۸- مسائل.....	۱۴۰
۵-۹- منابع.....	۱۴۱
پیوست ۵-۱. مثال ۵-۱:.....	۱۴۲
پیوست ۵-۲. داده‌ها، برنامه و خروجی داده‌های مثال ۵-۲:.....	۱۴۷
فصل ششم: رکورد جهانی برای بزرگترین جدول تجزیه واریانس (۲۵۹ ردیف) با بیشترین تعداد خطا (۶۲ خطا) در یک جدول تجزیه واریانس.....	
۶-۱- مقدمه.....	۱۵۱
۶-۲- توصیف آزمایش.....	۱۵۱
۶-۳- تجزیه مقدماتی آزمایش.....	۱۵۸
۶-۴- تجزیه واریانس مرکب برای تقسیم‌بندی درجات آزادی.....	۱۶۱
۶-۵- نکات مهم.....	۱۶۷
۶-۶- مسائل.....	۱۶۷
۶-۷- منابع.....	۱۶۸

پیوست ۶-۱- شکل ۶-۱ تا شکل ۶-۶ ۱۶۹

فصل هفتم : طرح آزمایشی کرت خردشده آگمنت ۱۷۵

۷-۱- مقدمه ۱۷۵

۷-۲- تیمارهای آگمنت به عنوان تیمار کرت اصلی ۱۷۶

۷-۳- تیمارهای آگمنت به عنوان تیمار کرت خردشده ۱۸۰

۷-۴- طرح آزمایشی کرت دو بار خردشده آگمنت ۱۸۱

۷-۵- بحث ۱۸۵

۷-۶- مسائل ۱۸۶

۷-۷- منابع ۱۸۷

پیوست ۷-۱- کدهای SAS برای ASPED با داده‌های مثال ۷-۱، با در نظر گرفتن ژنوتیپ‌ها به عنوان تیمار کرت

اصلی ۱۸۸

پیوست ۷-۲- کدهای SAS برای ASPED با داده‌های مثال ۷-۲، با در نظر گرفتن ژنوتیپ‌ها به عنوان تیمار کرت

فرعی ۱۹۱

پیوست ۷-۳- کدهای SAS برای SSPED با داده‌های مثال ۷-۳ ۱۹۲

فصل هشتم : طرح بلوک خردشده آگمنت ۱۹۵

۸-۱- مقدمه ۱۹۵

۸-۲- طرح‌های آزمایشی بلوک خردشده آگمنت ۱۹۵

۸-۳- کاربرد طرح‌های بلوک خردشده آگمنت برای آزمایش‌های کشت مخلوط ۱۹۹

۸-۴- مثال عددی بخش ۸-۱ ۲۰۱

۸-۵- نکات مهم ۲۰۳

۸-۶- مسائل ۲۰۴

۸-۷- منابع ۲۰۵

پیوست ۸-۱- کدهای مربوط به مثال عددی ۸-۱ ۲۰۶

فصل نهم : داده‌های گمشده در طرح‌های آزمایشی کرت خردشده و بلوک خردشده ۲۱۱

۹-۱- مقدمه ۲۱۱

۹-۲- مشاهدات گمشده در یک طرح آزمایشی کرت خردشده ۲۱۱

۹-۳- مشاهده گمشده در یک طرح آزمایشی بلوک خردشده ۲۱۳

۹-۴- نکات مهم ۲۱۳

۹-۵- مسائل ۲۱۳

۲۱۵	۹-۶- منابع
۲۱۶	پیوست ۱-۹- کدهای SAS مربوط به مثال عددی بخش ۲-۹
۲۱۷	پیوست ۲-۹- کدهای SAS مربوط به مثال عددی بخش ۳-۹
۲۲۳	فصل دهم: آزمایش‌های مرکب در قالب طرح کرت خردشده یا بلوک خردشده در چند مکان
۲۲۳	۱۰-۱- مقدمه
۲۲۳	۱۰-۲- تجزیه مرکب طرح‌های کرت خردشده در چند مکان
۲۲۶	۱۰-۳- طرح‌های آزمایشی مرکب در قالب بلوک خردشده در چند مکان
۲۲۸	۱۰-۴- بحث
۲۲۹	۱۰-۵- مسائل
۲۳۰	۱۰-۶- منابع
۲۳۱	پیوست ۱-۱۰- مثال ۱-۱۰
۲۴۲	پیوست ۲-۱۰- مثال ۲-۱۰
۲۵۳	فصل یازدهم: تجزیه کواریانس طرح‌های آزمایش کرت خردشده و بلوک خردشده
۲۵۳	۱۱-۱- مقدمه
۲۵۴	۱۱-۲- تجزیه کواریانس طرح کرت خردشده استاندارد
۲۶۳	۱۱-۳- تجزیه کواریانس طرح آزمایشی بلوک خردشده
۲۶۸	۱۱-۴- تجزیه کواریانس طرح آزمایشی کرت دوبار خردشده
۲۷۱	۱۱-۵- تجزیه کواریانس انواع طرح‌های تغییر یافته
۲۷۲	۱۱-۶- بحث
۲۷۲	۱۱-۷- مسائل
۲۷۴	۱۱-۸- منابع
۲۷۵	پیوست ۱-۱۱- کدهای SAS برای مثال ۱-۱۱
۲۷۶	پیوست ۲-۱۱- کدهای SAS برای مثال ۲-۱۱
۲۷۷	پیوست ۳-۱۱- کدهای SAS برای مثال ۳-۱۱
۲۷۹	ضمائم
۲۷۹	اعداد لاتین و یونانی
۲۸۰	القبا یونانی
۲۸۱	واژه‌نامه فارسی به انگلیسی
۲۹۱	واژه‌نامه انگلیسی به فارسی

۳۰۳	جدول ۱: توزیع فراوانی نرمال تراکمی سطح زیر منحنی نرمال (۰ تا Z).....
۳۰۴	جدول ۲: توزیع تراکمی کی‌دو (χ^2).....
۳۰۶	جدول ۳: توزیع t (آزمون دوطرفه).....
۳۰۸	جدول ۴: توزیع t (آزمون یک‌طرفه).....
۳۱۰	جدول ۵: توزیع F.....
۳۱۸	جدول ۶: سطوح معنی‌دار ضریب همبستگی r (آزمون دوطرفه).....
۳۱۹	جدول ۷: اعداد تصادفی.....
۳۲۳	جدول ۸: مقادیر دامنه‌های معنی‌دار استیودنت (SSR).....
۳۲۵	جدول ۹: مقادیر دامنه‌های معنی‌دار استیودنت (Q) در آزمون توکی و SKN.....
۳۲۷	جدول ۱۰: مقادیر t' برای آزمون دوطرفه مقایسه میانگین تیمارها با شاهد (دانت).....
۳۲۹	جدول ۱۱: مقادیر t' برای آزمون یک‌طرفه مقایسه میانگین تیمارها با شاهد (دانت).....
۳ تا	جدول ۱۲: ضرایب مقایسه‌های مستقل رگرسیون با مقسوم‌علیه و مقادیر k برای برآزش منحنی پاسخ از ۳ تا
۳۳۱	۱۰ تیمار.....

سخن مترجمان

سپاس خدای یکتا را که به ما توفیق عطا فرمود تا بتوانیم با ترجمه این کتاب، بخشی از وظیفه خود را به جامعه علمی کشور و به ویژه دانشجویان و علاقه‌مندان رشته‌های کشاورزی و منابع طبیعی ادا کنیم.

برای درک مطالب و بهره‌گیری از طرح‌های ارائه شده در این کتاب، پژوهشگران باید آگاهی‌های لازم در مورد طرح‌های آزمایشی پایه (طرح کاملاً تصادفی، طرح بلوک‌های کامل تصادفی و طرح مربع لاتین) و آزمایش‌های چند عاملی را داشته باشند. در این گونه طرح‌ها، پژوهشگران می‌بایستی همه اثرات را به دلیل ثابت بودن آنها با یک خطای آزمایشی آزمون کنند.

در طرح کرت‌های خرد شده در مکان و طرح کرت های خرد شده در زمان، با دو نوع خطا، در طرح کرت‌های دوبارخرد شده و طرح بلوک‌های خرد شده با سه خطا و در طرح کرت‌های نواری خرد شده و طرح کرت‌های خرد در زمان و مکان با چهار خطا روبه‌رو هستیم.

در این کتاب که بیشتر جنبه درسی دارد، انواع مختلف طرح‌های آزمایشی چندعاملی پیچیده، توسط مؤلفان پیشنهاد و ارائه شده است تا نیاز پژوهشگران را بدون مراجعه به منبع دیگری فراهم کند. در فصل ششم این کتاب رکورد جهانی بزرگ ترین جدول تجزیه واریانس شامل ۲۵۹ ردیف با ۶۲ خطا که از مجموع دو تا چندین اثر متقابل کم اهمیت تشکیل شده است که با توجه به ثابت یا تصادفی بودن اثرات و با توجه به مؤلفه‌های موجود در امید ریاضی میانگین مربعات می‌توان مخرج کسر F را برای آزمون هر اثری تعیین کرد.

در پژوهش‌هایی که توسط محققین انجام می‌شود گاهی افراد با آزمایش‌هایی روبه‌رو می‌شوند که هیچ یک از طرح‌های موجود در منابع قبلی قادر به تجزیه داده‌ها نیست. در چنین شرایطی کتاب حاضر می‌تواند با ارائه انواع مختلف طرح‌های چندعاملی پاسخگوی پیچیدگی‌های این آزمایش‌ها باشد. برای مراجعه با کلیه پیچیدگی‌ها و سردرگمی احتمالی پیش روی محققان، راه‌حلی در این کتاب پیشنهاد شده است که آنها بتوانند در صورت برخورد با چنین شرایطی بدون هیچ نگرانی به صورت مرحله به مرحله منابع تغییرات آزمایش را اضافه و به تجزیه نهایی برسند. امروزه با استفاده از نرم‌افزارهایی مانند: Minitab, SAS, SPSS, MSTAT-C, Eexcel و... بدون ترس از بزرگ شدن آزمایش، با پردازش داده‌ها می‌توان چندین عامل، هر کدام در چند سطح را در قالب یکی از طرح‌های پایه به صورت آزمایش‌های چندعاملی با خطاهای مربوط آزمون کرد.

بیشتر مثال‌های ارائه شده در این کتاب نتایج آزمایشات واقعی می‌باشند که توسط محققین در زمینه‌های مختلف کشاورزی به دست آمده و بهترین تجزیه‌های ممکن برای به دست آوردن بهترین نتایج ارائه شده است. کتاب حاضر می‌تواند به‌عنوان منبعی مفید در راهنمایی و مشاوره تجزیه طرح‌های آزمایشی مورد استفاده قرار گیرد.

در پایان هر فصل فایل داده‌های مثال آن فصل برای اجرا با نرم افزار SAS همراه با خروجی آن آمده است. همچنین مؤلفان چگونگی کاهش خطاهای آزمایشی را از طریق بلوک‌بندی یا با تجزیه کوارینانس و یا با استفاده از هر دوی آنها به طور همزمان پیشنهاد کرده‌اند. مترجمان امیدوارند که این کتاب بتواند نیازهای پژوهشگران را برای طرح‌های پیچیده برآورده سازد.

زهرآ طهماسبی
استادیار دانشگاه ایلام

فواد فاتحی

سید علی پیغمبری
دانشیار دانشگاه تهران

پیشگفتار

بسیاری از پژوهشگران رشته‌های اصلاح نباتات، علوم جانوری، علوم بهداشتی و... اغلب بدون آنکه تخصص کافی در زمینه تجزیه آماری داشته باشند، هنگام طراحی آزمایش‌ها ناچار به تدوین طرح‌های بسیار پیچیده می‌شوند. هرچند دوره‌های آموزشی آماری برای این پژوهشگران تشکیل می‌شود، با توجه به این که دوره‌ها در سطحی نیستند که بتوانند پژوهشگران را در تجزیه آماری طرح‌های پیشرفته و پیچیده کمک کنند و همچنین به دلیل نقص‌های موجود در کتاب‌های درسی، پژوهشگران هنگام تجزیه داده‌های طرح‌های بسیار پیچیده به بهره‌گیری از نظرهای مشاوران آماری نیاز پیدا می‌کنند.

هدف از تألیف این کتاب، رفع نیازهای تجزیه‌ای پژوهشگران بود و امیدواریم که برای بسیاری از آنان سودمند باشد.

برای کسب مهارت در بهره‌گیری از طرح‌های ارائه شده در این کتاب، پژوهشگر باید پیش از آگاهی‌های لازم در مورد طرح‌های آزمایشی پایه، مانند طرح‌های کامل تصادفی یکطرفه، طرح‌های آزمایشی چندعاملی (کاملاً تصادفی)، طرح بلوک‌های کامل تصادفی، مربع لاتین و مانند اینها را داشته باشد. تجزیه این گونه طرح‌های پایه آسان است. زیرا پژوهشگر با یک نوع خطای آزمایشی و سطوح یک عامل از تصادفی کردن ترکیبات تیماری بین سطوح عامل‌های مختلف برای واحدهای آزمایشی کار می‌کند. با وجود این، در بعضی آزمایش‌ها با توجه به شرایط آزمایش و تنگناهایی که به دلیل محدودیت منابع اعمال می‌شود، استفاده از این نوع تصادفی کردن ساده‌انگارانه و نامناسب است. برای نمونه، آزمایش کننده ممکن است در آزمایش ناچار از چند مرحله تصادفی کردن متفاوت باشد؛ یعنی واحدهای آزمایشی اندازه‌های نابرابر در سطوح مختلف تصادفی کردن داشته باشند، تا بر محدودیت‌های فناوریانه یک آزمایش غلبه کنند. این مسئله طرح‌های پیچیده‌تری را - که طرح‌های کورت خردشده یا بلوک خردشده نامیده می‌شوند - دست کم با دو نوع خطای آزمایشی ایجاد می‌کند. انواع مختلف این دو نوع طرح آزمایشی با امکان تقسیم‌بندی بیشتر واحدهای آزمایشی به وجود می‌آید که به ایجاد واحدهای آزمایشی کوچک‌تر و کوچک‌تر، همراه با تعداد زیادی از انواع خطای آزمایشی منجر می‌شود که برای آزمون معنی‌داری اثرات عامل‌های مختلف به کار می‌رود. به علاوه، یک طرح آزمایشی می‌تواند شامل ترکیبی از این دو نوع طرح باشد، که در آنها بعضی از عوامل مورد بررسی در قالب طرح پایه قرار می‌گیرند.

در این کتاب درسی (مرجع) به انواع مختلف طرح‌های «کورت خردشده» و «بلوک خردشده» پرداخته شده است تا نیاز فوری پژوهشگرانی که با طرح‌های پیچیده سروکار دارند، تأمین شود. ما در خلال فعالیت‌های مشاوره آماری با بسیاری از پژوهشگران که برای آنها هیچ منبع قابل دسترسی در این زمینه وجود ندارد، روبه‌رو شده‌ایم و بر این باوریم که این کتاب می‌تواند منبع قابل استفاده و ارزشمندی، نه تنها برای پژوهشگران بلکه برای تدریس در دوره‌های آموزشی طرح‌های آزمایشی باشد. همچنین برای دانش‌آموختگان نیز قابل استفاده خواهد بود تا بتوانند به اندازه کافی مهارت پردازش طرح‌های پیچیده را کسب کنند و آمادگی بیشتری برای رویارویی با چالش‌هایی که در طرح‌های آزمایشی فعالیت‌های پژوهشی واقعی خود با آنها روبه‌رو خواهند شد، داشته باشند.

نوآوری مهم دیگر در این کتاب ارائه چگونگی کاهش خطاهای آزمایشی از راه بلوک‌بندی، تجزیه کواریانس یا هر دو آنهاست. بلوک‌بندی واحدهای آزمایشی درون گروه‌ها را نسبتاً یکنواخت می‌کند و می‌تواند موجب کاهش چشمگیر خطای آزمایشی شود گاهی موقعیت‌هایی پیش می‌آید که در آنها این کار به تنهایی کافی و قابل قبول نیست، بنابراین کاهش معنی‌دار خطای آزمایشی از راه تجزیه کواریانس با بهره‌گیری از داده‌های اطلاعات اضافی موجود در واحدهای آزمایشی به اثبات رسیده است. در صورتی که عامل‌های کواریانس خردمندانه گزینش شده باشند، تجزیه کواریانس به کنترل بهتر خطای آزمایشی کمک می‌کند. ما همچنین بخشی در مورد تجزیه کواریانس افزودیم تا به‌طور ویژه پژوهشگران را با ابزار سودمند تجزیه‌ای مورد نیاز هنگام کار با کواریانس‌ها در طرح‌های پیچیده آشنا کند.

والتر. تی. فدرر
فریدوم کینگ