

# 使用rstatix包进行混合设计方差分析

Alex / 2024-04-27 / [free\\_learner@163.com](mailto:free_learner@163.com) / [AlexBrain.cn](http://AlexBrain.cn)

本文介绍在R环境下使用 `rstatix` 包进行混合设计方差分析（mixed design ANOVA）的基本方法。

## 一、背景

在混合设计方差分析中，包含两类因子变量，一类是被试间的因子变量，另一类是被试内的因子变量。如果有一个被试间的因子变量和一个被试内的因子变量，那么称为双因素混合设计方差分析。混合设计方差分析常用于分析随机对照试验（Randomized Controlled Trial, RCT）数据。

## 二、样例数据

我这里使用的是 `datarium` 包里的 `anxiety` 数据集。该数据集包含三组被试在三个时间点的焦虑分数，其中组别是被试间因子变量，表示不同的体育锻炼强度，时间点是`被试内`因子变量。

```
> ## Load packages
> library(rstatix)
> library(ggplot2)
> ## Load data
> data("anxiety", package = "datarium")
> str(anxiety)
tibble [45 × 5] (S3: tbl_df/tbl/data.frame)
 $ id   : Factor w/ 45 levels "1","2","3","4",...: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 ...
 $ group: Factor w/ 3 levels "grp1","grp2",...: 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 ...
 $ t1   : num [1:45] 14.1 14.5 15.7 16 16.5 16.9 17 17 17.3 17.3 ...
 $ t2   : num [1:45] 14.4 14.6 15.2 15.5 15.8 16.5 16.8 17.1 16.9 17.1 ...
 $ t3   : num [1:45] 14.1 14.3 14.9 15.3 15.7 16.2 16.5 16.6 16.5 16.7 ...
```

从上面可以看到，不同时间点的焦虑分数放在不同的列中，这种称为宽型数据（wide format），需要转换成`长型`数据（long format），即用`一列`来表示时间点，另一列来表示焦虑分数。

```

> ## convert data from wide to long format
> anxiety_long <- gather(anxiety, key = "time", value = "score", t1, t2, t3, factor_key=TRUE)
> str(anxiety_long)
tibble [135 × 4] (S3: tbl_df/tbl/data.frame)
 $ id   : Factor w/ 45 levels "1","2","3","4",...: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 ...
 $ group: Factor w/ 3 levels "grp1","grp2",...: 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 ...
 $ time : Factor w/ 3 levels "t1","t2","t3": 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 ...
 $ score: num [1:135] 14.1 14.5 15.7 16 16.5 16.9 17 17 17.3 17.3 ...

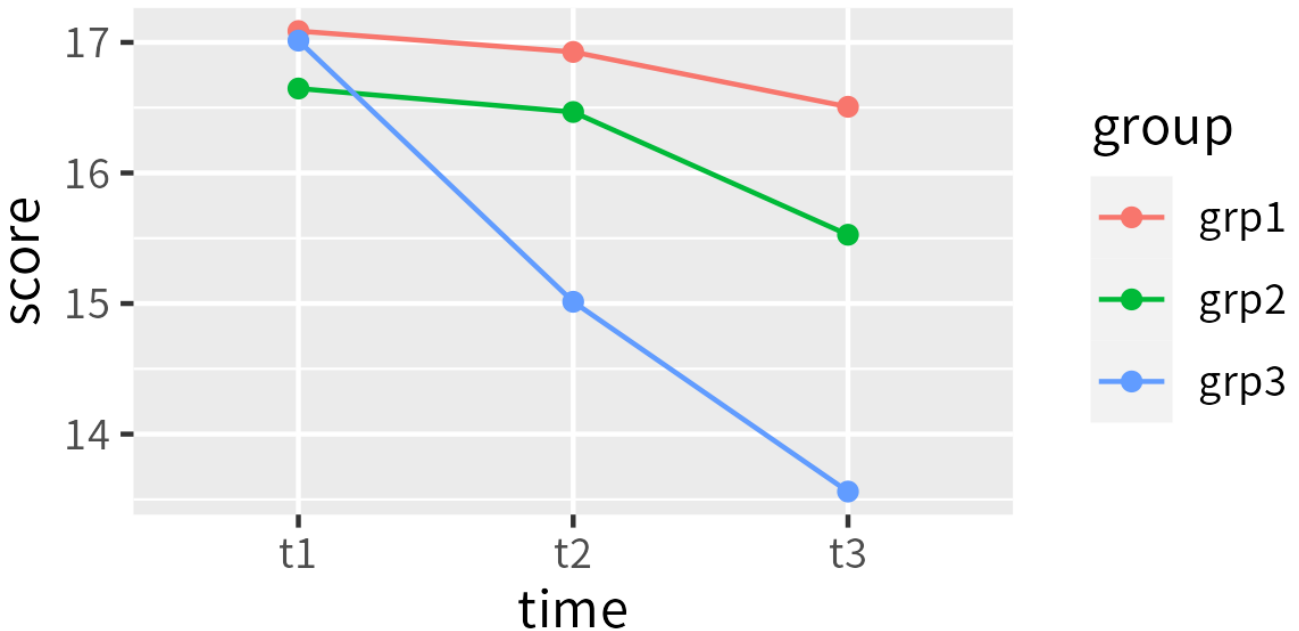
```

对数据做一个简单可视化，便于理解后续ANOVA分析结果。

```

> ggplot(anxiety_long, aes(x=time, y=score, color=group, group=group))+
+   stat_summary(fun = mean, geom = "line")+
+   stat_summary(fun = mean, geom = "point")

```



### 三、ANOVA检验 (F检验)

使用 `rstatix` 包的 `anova_test` 函数进行ANOVA检验，注意这里的测试数据是平衡设计数据，但是对于非平衡数据同样适用。`get_anova_table` 函数默认情况下会对不满足球形检验 (Mauchly's test of sphericity) 的结果进行Greenhouse-Geisser校正。

```

> ## ANOVA test
> anova_dat <- anova_test(score ~ group*time + Error(id/time), data = anxiety_long)
> get_anova_table(anova_dat)
ANOVA Table (type II tests)

```

	Effect	DFn	DFd	F	p	p<.05	ges
1	group	2	42	4.352	1.90e-02	*	0.168
2	time	2	84	394.909	1.91e-43	*	0.179
3	group:time	4	84	110.188	1.38e-32	*	0.108

## 四、简单效应分析

从上面ANOVA检验的结果可以看到，`group` 和 `time` 存在显著的交互作用，即时间的效应在不同组别中是不同的，或者组别的效应在不同时间点上是不同的。为了理解交互作用，需要进行简单效应分析，即在不同时间点上分别检验不同组别的差异，或者在不同组别中分别检验不同时间点的差异。

```

> ## simple effect analysis
> anxiety_long %>%
+   group_by(group) %>%
+   pairwise_t_test(
+     score ~ time, paired = TRUE,
+     p.adjust.method = "bonferroni"
+   )
# A tibble: 9 × 11
  group .y.  group1 group2  n1  n2 statistic  df      p    p.adj p.adj.signif
* <fct> <chr> <chr> <chr> <int> <int> <dbl> <dbl> <dbl> <dbl> <chr>
1 grp1 score t1    t2    15  15    2.01  14 6.5 e- 2 1.94e- 1 ns
2 grp1 score t1    t3    15  15    4.38  14 6.3 e- 4 2 e- 3 **
3 grp1 score t2    t3    15  15    3.77  14 2 e- 3 6 e- 3 **
4 grp2 score t1    t2    15  15    1.82  14 9 e- 2 2.68e- 1 ns
5 grp2 score t1    t3    15  15   10.5  14 5.02e- 8 1.51e- 7 ****
6 grp2 score t2    t3    15  15   11.3  14 2.04e- 8 6.12e- 8 ****
7 grp3 score t1    t2    15  15   19.1  14 1.99e-11 5.97e-11 ****
8 grp3 score t1    t3    15  15   27.1  14 1.72e-13 5.16e-13 ****
9 grp3 score t2    t3    15  15   14.8  14 5.93e-10 1.78e- 9 ****

```

```

> anxiety_long %>%
+   group_by(time) %>%
+   pairwise_t_test(
+     score ~ group,
+     p.adjust.method = "bonferroni"
+   )
# A tibble: 9 × 10
  time .y. group1 group2 n1 n2 p p.signif p.adj p.adj.signif
* <fct> <chr> <chr> <chr> <int> <int> <dbl> <chr> <dbl> <chr>
1 t1 score grp1 grp2 15 15 0.43 ns 1 ns
2 t1 score grp1 grp3 15 15 0.895 ns 1 ns
3 t1 score grp2 grp3 15 15 0.51 ns 1 ns
4 t2 score grp1 grp2 15 15 0.435 ns 1 ns
5 t2 score grp1 grp3 15 15 0.00212 ** 0.00636 **
6 t2 score grp2 grp3 15 15 0.0169 * 0.0507 ns
7 t3 score grp1 grp2 15 15 0.0937 ns 0.281 ns
8 t3 score grp1 grp3 15 15 0.00000638 **** 0.0000191 ****
9 t3 score grp2 grp3 15 15 0.00132 ** 0.00396 **

```

从上面的结果可以看到，对于 grp1，三个时间点上焦虑分数没有差异，对于 grp2，t3 和 t1，t3 和 t2 存在显著差异，对于 grp3，三个时间点之间均存在显著差异。

## 五、事后检验

如果交互作用不显著，但是 group 或 time 的主效应显著，可以进行事后检验。

```

> ## post-hoc tests
> anxiety_long %>%
+   pairwise_t_test(
+     score ~ time, paired = TRUE,
+     p.adjust.method = "bonferroni"
+   )
# A tibble: 3 × 10
  .y. group1 group2 n1 n2 statistic df p p.adj p.adj.signif
* <chr> <chr> <chr> <int> <int> <dbl> <dbl> <dbl> <dbl> <chr>
1 score t1 t2 45 45 5.55 44 1.56e- 6 4.68e- 6 ****
2 score t1 t3 45 45 8.58 44 6.11e-11 1.83e-10 ****
3 score t2 t3 45 45 11.1 44 2.3 e-14 6.9 e-14 ****

```

```

> anxiety_long %>%
+   pairwise_t_test(
+     score ~ group,
+     p.adjust.method = "bonferroni"
+   )
# A tibble: 3 × 9
  .y.  group1 group2  n1  n2      p p.signif  p.adj p.adj.signif
* <chr> <chr> <chr> <int> <int> <dbl> <chr> <dbl> <chr>
1 score grp1  grp2   45  45 0.094    ns    0.282    ns
2 score grp1  grp3   45  45 0.0000199 **** 0.0000597 ****
3 score grp2  grp3   45  45 0.00701  **   0.021    *

```