

## Prácticas del Tema 4

**EJEMPLO 1: Diseño con factores cruzados.** Consideramos el data.frame ‘film’, que está incluido en este paquete. Consta de 36 observaciones sobre las cuatro variables: thickness (grosor, es la variable respuesta), Gate (un vector numérico con valores 2, 4, 6), Operator (un factor con tres niveles) y Day (un vector numérico con valores 1, 2). Durante dos días seleccionados al azar se realizó el siguiente experimento: se seleccionan al azar tres operarios, que hacen dos mediciones del grosor de cierta pieza, que es producida por tres máquinas, cada operario hace las mediciones en las tres máquinas. Los tres factores (día, operario y máquina) están cruzados. Analizamos los datos

```
library(EMSaov)
data(film)
ejemplo1=EMSanova(thickness ~ Gate + Operator + Day, data = film, type = c("F", "R", "R"));
ejemplo1
```

"F" for the fixed effect, "R" for the random effect  
F= FIJO  
R=Anidado

	##	Df	SS	MS	Fvalue	Pvalue	Sig
Gate	##	2	1.573172222	0.786586111			
Operator	##	2	0.112072222	0.056036111	18.7656	0.0506	.
Gate:Operator	##	4	0.042844444	0.010711111	4.3229	0.0926	.
Day	##	1	0.001002778	0.001002778	0.3358	0.6208	
Gate:Day	##	2	0.011338889	0.005669444	2.2881	0.2175	
Operator:Day	##	2	0.005972222	0.002986111	9.188	0.0018	**
Gate:Operator:Day	##	4	0.009911111	0.002477778	7.6239	9e-04	***
Residuals	##	18	0.005850000	0.000325000			

EMS

Gate	Error+2Gate:Operator:Day+6Gate:Day+4Gate:Operator+12Gate
Operator	Error+6Operator:Day+12Operator
Gate:Operator	Error+2Gate:Operator:Day+4Gate:Operator
Day	Error+6Operator:Day+18Day
Gate:Day	Error+2Gate:Operator:Day+6Gate:Day
Operator:Day	Error+6Operator:Day
Gate:Operator:Day	Error+2Gate:Operator:Day
Residuals	Error

Para el contraste de igualdad de efectos de las máquinas tenemos dos opciones:

(a) Aplicar el método de Satterthwaite para construir un F estadístico aproximado.

(a.1) Aplicando la primera opción del apartado 3:

```
CMGat = 0.786586111
CMGatOpe = 0.010711111
CMGatDay = 0.005669444
CMGatOpeDay = 0.002477778

den = CMGatOpe + CMGatDay - CMGatOpeDay
EstF = CMGat/den
EstF
```

```
## [1] 56.57763
```

```
g11 = 3-1  
g12 = den^2/(CMGatOpe^2/4+CMGatDay^2/2+CMGatOpeDay^2/4)  
g11
```

```
## [1] 2
```

```
g12
```

```
## [1] 4.175741
```

```
pvalue = 1-pf(EstF,g11,g12)  
pvalue
```

```
## [1] 0.0009448118
```

(a.2) Aplicando la segunda opción del apartado 3 (es la que aplica el paquete):

```
ApproxF(SS.table = ejemplo1, approx.name = "Gate")
```

```
## $Appr.F  
## [1] 48.17076  
##  
## $df1  
## [1] 2.01261  
##  
## $df2  
## [1] 5.995597  
##  
## $Appr.Pvalue  
## [1] 0.0002010433
```

Se rechaza  $H_0$  con ambas aproximaciones.

Si hacemos lo mismo con los otros factores vemos que, en efecto, el resultado es el que ya devolvía el paquete en ejemplo1:

```
ApproxF(SS.table = ejemplo1, approx.name = "Operator")
```

```
## $Appr.F  
## [1] 18.76558  
##  
## $df1  
## [1] 2  
##  
## $df2  
## [1] 2  
##  
## $Appr.Pvalue  
## [1] 0.050593
```

```
ApproxF(SS.table = ejemplo1, approx.name = "Day")
```

```
## $Appr.F
## [1] 0.335814
##
## $df1
## [1] 1
##
## $df2
## [1] 2
##
## $Appr.Pvalue
## [1] 0.6208333
```

(b) Teniendo en cuenta que la interacción Gate:Day es no significativa, entonces podríamos:

(b.1) utilizar el CM de Gate:Operator como denominador (esto habría que hacerlo “a mano”):

```
CMGat = 0.786586111
CMGatOpe = 0.010711111
```

```
gl1 = 2
gl2 = 4
```

```
EstF = CMGat/CMGatOpe
EstF
```

```
## [1] 73.43646
```

```
pvalue = 1-pf(EstF,gl1,gl2)
pvalue
```

```
## [1] 0.0007029062
```

(b.2) tomar como  $SC_{\varepsilon}^{nueva} = SC_{Gate:Day} + SC_{\varepsilon}$  con grados de libertad  $gl(SC_{\varepsilon}^{nueva}) = gl(SC_{Gate:Day}) + gl(SC_{\varepsilon})$ , cuando una SC no se rechaza se la suma al del error

```
une = c("Gate:Day", "Residuals")
PooledANOVA(ejemplo1, une)
```

```
##           Df      SS      MS  Fvalue Pvalue Sig
## Gate           2 1.5732 0.7866 73.4365 7e-04 ***
## Operator        2 0.1121 0.0560 18.7656 0.0506 .
## Gate:Operator    4 0.0428 0.0107  4.3229 0.0926 .
## Day             1 0.0010 0.0010  0.3358 0.6208
## Operator:Day      2 0.0060 0.0030  3.4745 0.0507 .
## Gate:Operator:Day 4 0.0099 0.0025  2.883 0.0491 *
## Residuals       20 0.0172 0.0009
##
##                                     EMS
## Gate      Error+2Gate:Operator:Day+4Gate:Operator+12Gate
```

```
## Operator                      Error+60operator:Day+120operator
## Gate:Operator                Error+2Gate:Operator:Day+4Gate:Operator
## Day                          Error+60operator:Day+18Day
## Operator:Day                 Error+60operator:Day
## Gate:Operator:Day            Error+2Gate:Operator:Day
## Residuals                    Error
```

De nuevo, se concluye que hay diferencias significativas entre las máquinas. Puesto que se trata de un factor fijo, estudiamos las comparaciones múltiples considerando la EMS y los grados de libertad de Gate:Operator, que se tomó como denominador en la aproximación (b.1):

```
library(agricolae)
snk=SNK.test(film$thickness, film$Gate, 4,0.010711111)
snk$groups
```

```
##   film$thickness groups
## 3      0.9100000      a
## 2      0.7308333      b
## 1      0.4050000      c
```

**EJEMPLO 2: Diseño con factores cruzados y anidados.** Un ingeniero desea estudiar el rendimiento de tres máquinas situadas en distintas ciudades, cada una de las cuales puede funcionar a dos niveles de potencia. Se lleva a cabo un experimento en el que cada máquina se prueba en los dos niveles de potencia, el funcionamiento de cada máquina es controlado por tres operarios, y cada uno de ellos anota tres observaciones para cada nivel.

	Máquina 1			Máquina 2			Máquina 3		
	Operario			Operario			Operario		
Potencia	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	34.1	34.7	35.2	32.1	33.1	32.8	32.9	34.8	33.6
	32.3	35.9	35.8	33.5	34.7	35.1	33	34.4	32.8
	32.6	36	34.1	34	33.9	34.3	33.1	33.8	31.7
2	24.3	25.1	25.7	24.1	24.1	26	24.2	25.2	24.7
	26.3	26.3	26.1	25	25.1	27.1	26.1	27.4	22
	27.1	25.6	24.9	26.3	27.9	25.9	25.3	26	24.8

Analice los resultados suponiendo que:

(a) Todos los factores son fijos:

```
library(EMSAov)
y=c(34.1, 34.7, 35.2, 32.1, 33.1, 32.8, 32.9, 34.8, 33.6,
    32.3, 35.9, 35.8, 33.5, 34.7, 35.1, 33.0, 34.4, 32.8,
    32.6, 36.0, 34.1, 34.0, 33.9, 34.3, 33.1, 33.8, 31.7,
    24.3, 25.1, 25.7, 24.1, 24.1, 26.0, 24.2, 25.2, 24.7,
    26.3, 26.3, 26.1, 25.0, 25.1, 27.1, 26.1, 27.4, 22.0,
    27.1, 25.6, 24.9, 26.3, 27.9, 25.9, 25.3, 26.0, 24.8)
operario=as.factor(rep(1:3, 18))
maquina=as.factor(rep(rep(1:3, each=3),6))
potencia=as.factor(rep(1:2, each=27))
ejemplo2=data.frame(resp=y,maq=maquina,pot=potencia, oper=operario)

sal=EMSAov(resp~maq+oper+pot, data=ejemplo2,type=c("F","F","F"), nested=c(NA,"maq",NA))
sal
```

##	Df	SS	MS	Fvalue	Pvalue	Sig
## maq	2	7.421111	3.7105556	3.4463	0.0427	*
## oper(maq)	6	19.638889	3.2731481	3.0401	0.0165	*
## pot	1	943.342407	943.3424074	876.1694	<0.0001	***
## maq:pot	2	1.538148	0.7690741	0.7143	0.4963	
## oper:pot(maq)	6	7.774444	1.2957407	1.2035	0.3269	
## Residuals	36	38.760000	1.0766667			
##			EMS			
## maq			Error+18maq			
## oper(maq)			Error+6oper(maq)			
## pot			Error+27pot			
## maq:pot			Error+9maq:pot			
## oper:pot(maq)			Error+3oper:pot(maq)			
## Residuals			Error			

(b) Los operarios son seleccionados al azar:

```
sal=EMSanova(resp~maq+oper+pot, data=ejemplo2,type=c("F","R","F"), nested=c(NA,"maq",NA))
sal
```

##	Df	SS	MS	Fvalue	Pvalue	Sig
## maq	2	7.421111	3.7105556	1.1336	0.3823	
## oper(maq)	6	19.638889	3.2731481	3.0401	0.0165	*
## pot	1	943.342407	943.3424074	728.0333	<0.0001	***
## maq:pot	2	1.538148	0.7690741	0.5935	0.5818	
## oper:pot(maq)	6	7.774444	1.2957407	1.2035	0.3269	
## Residuals	36	38.760000	1.0766667			
##			EMS			
## maq			Error+6oper(maq)+18maq			
## oper(maq)			Error+6oper(maq)			
## pot			Error+3oper:pot(maq)+27pot			
## maq:pot			Error+3oper:pot(maq)+9maq:pot			
## oper:pot(maq)			Error+3oper:pot(maq)			
## Residuals			Error			

(c) Los operarios y las máquinas son seleccionadas al azar:

```
sal=EMSanova(resp~maq+oper+pot, data=ejemplo2,type=c("R","R","F"), nested=c(NA,"maq",NA))
sal
```

##	Df	SS	MS	Fvalue	Pvalue	Sig
## maq	2	7.421111	3.7105556	1.1336	0.3823	
## oper(maq)	6	19.638889	3.2731481	3.0401	0.0165	*
## pot	1	943.342407	943.3424074	1226.595	8e-04	***
## maq:pot	2	1.538148	0.7690741	0.5935	0.5818	
## oper:pot(maq)	6	7.774444	1.2957407	1.2035	0.3269	
## Residuals	36	38.760000	1.0766667			
##			EMS			
## maq			Error+6oper(maq)+18maq			
## oper(maq)			Error+6oper(maq)			
## pot			Error+3oper:pot(maq)+9maq:pot+27pot			
## maq:pot			Error+3oper:pot(maq)+9maq:pot			
## oper:pot(maq)			Error+3oper:pot(maq)			
## Residuals			Error			