

AN INTRODUCTION TO LINEAR MIXED-EFFECTS MODELING IN R

VIOLET A. BROWN

2021

Para datos de múltiples ensayos se suelen utilizar ANOVAS, que miden si las medias de las condiciones difieren tomando en cuenta que las observaciones entre intra individuos están correlacionadas. Con otros análisis se viola el supuesto de independencia de las observaciones.

Al analizar datos en los cuales las observaciones se anidan dentro de participantes es preferible usar ANOVA de medidas repetidas sobre ANOVA normal o regresión múltiple, pues ambos ignoran la estructura jerárquica de los datos. Pero los ANOVA de medidas repetidas tampoco son perfectos. Aunque pueden modelar la variabilidad de participante o de item, no pueden tomar ambas fuentes en cuenta, por lo que las observaciones dentro de una condición se deben colapsar entre items o participantes. Al agregar así los datos se pierde variabilidad entre participantes o entre items y poder estadístico (probabilidad de detectar un efecto existente).

Además los ANOVA lidian con los datos faltantes vía *listwise deletion*, es decir, que si falta una única observación, se elimina todo el caso, por lo que ninguna observación de ese individuo será tomada en cuenta. Esto reduce el tamaño de muestra, lo que infla el estimado de error estándar reduce el poder. También, los ANOVA asumen que la variable dependiente es continua u las independientes son categóricas. Cuando los resultados son categóricos, los datos se deben agregar usando otra técnica, y los predictores continuos se deben tratar categóricamente (en *bins*), lo que también reduce el poder y dificulta modelar relaciones no lineales entre predictores y resultados. Finalmente, aunque los ANOVA indican si un efecto es significativo, no indican su dirección o magnitud, es decir, no dan coeficientes individuales que indiquen crecimiento o trayectoria.

MIXED-EFFECTS MODELS TAKE THE STAGE

El modelamiento de efectos mixtos permite examinar la condición de interés y tomar en cuenta la variabilidad intra y entre sujetos e items simultáneamente. También maneja bien datos faltantes: no se remueve un caso entero con una observación faltante. Los participantes o items con observaciones faltantes tienen una menor influencia en los parámetros estimados, y los valores extremos son “achicados” hacia la media. Los predictores continuos no representan un problema, y el modelo ajustado da coeficientes de magnitud y dirección de los efectos de interés. Además, este marco puede extenderse a múltiples

variables de respuesta mediante modelos de efectos mixtos lineales *generalizados* (*generalized linear mixed-effects models*), y permite una transición fácil hacia el modelamiento Bayesiano. Por lo tanto es una aproximación mucho más flexible que ANOVA estándar, de medidas repetidas, y regresión múltiple.

INTRODUCING THE DATA

Los datos de ejemplo son de un estudio intra-sujetos de percepción de habla en el cual a cada uno de 53 participantes se le presentaron 553 palabras aisladas en modalidad auditiva o audiovisual. Se intenta medir el efecto de la modalidad en el tiempo de reacción para reconocer y en la inteligibilidad de las palabras, modelando simultáneamente la variabilidad entre e intra sujetos e items. La modalidad se manipuló entre sujetos e items, es decir, cada participante completó la tarea en ambas modalidades, y cada estímulo fue presentado en ambas modalidades (pero cada palabra ocurrió en una sola modalidad para cada participante).

La condición de solo audio será codificada como 0: y la audiovisual como 1. En los modelos de efectos mixtos el coeficiente de regresión asociado con el intercepto representa la media estimada del tiempo de respuesta en la condición de solo audio (cuando modalidad = 0), y el coeficiente asociado con el efecto de la modalidad indica cómo el tiempo media de respuesta cambia en la condición audiovisual (modalidad = 1). También podría codificarse al revés. Cambiar la codificación no cambia el ajuste del modelo, solo la interpretación de los coeficientes de regresión.

La forma en que los datos deben utilizarse es sin agregar, es decir, cada línea debe representar una única observación, y no un agregado de todas las observaciones de un participante o de un ítem (*e.g.*, figura 1).

Unaggregated data set				Aggregated data set		
PID	modality	stim	RT	PID	modality	RT
301	Audio-only	gown	1024	301	Audio-only	1027
301	Audio-only	might	838	301	Audiovisual	1002
301	Audio-only	fern	1060	302	Audio-only	1047
301	Audio-only	vane	882	302	Audiovisual	1043
301	Audio-only	pup	971	303	Audio-only	883
301	Audio-only	rise	1064	303	Audiovisual	938

Note: PID = participant identification number; stim = stimulus; RT = response time.

Figura 1: Ejemplo de datos sin agregar.

En un ANOVA normal habría solamente dos filas: una por cada modalidad, y cada fila contendría la media del tiempo de respuesta de todas las palabras presentadas a ese individuo.

FIXED AND RANDOM EFFECTS

Los modelos de efectos mixtos se llaman así debido a que modelan a la vez efectos fijos y aleatorios. Los fijos representan efectos a nivel de la población que deberían persistir entre experimentos (*e.g.*, promedio). Las condiciones suelen ser efectos fijos dado que se espera que operen en formas predecibles entre participantes e items. En este caso la modalidad será modelada como un efecto fijo.

Los efectos aleatorios modelan el nivel en el cual las tendencias medias varían entre niveles de un factor de agrupamiento (participantes o items). Son conglomerados de datos dependientes en los cuales las observaciones componentes vienen del mismo grupo de nivel superior (el mismo participante o item), y se incluyen en los modelos para dar cuenta de que la conducta de participantes o items individuales puede diferir de la tendencia media. Los efectos aleatorios son categóricos dado que son unidades discretas muestreadas de la población. Todo efecto que sea continuo tendrá que ser modelado como un efecto fijo. En este ejemplo se modela a participantes e items como efectos aleatorios dado que son muestreados al azar de sus poblaciones respectivas y se quiere dar cuenta de la variabilidad en ellas.