

IEE3773 - Laboratorio de resonancia magnética
Estimación de mapas T1 y T2¹²

Objetivos

- Aprender distintas maneras de reconstruir mapas T1 y T2.
- Aprender el comportamiento de la magnetización en adquisiciones Inversion-Recovery, Look-Locker y Multi-Echo.

Observación 1: En al menos uno de los mapas a estimar (puede ser en la Parte 1 o Parte 2) debe realizar un ajuste por mínimos cuadrados de los datos a las expresiones de evolución de la magnetización, esto es, usted debe programar el ajuste de los datos (sistema matricial e inversión)³.

Observación 2: Para todas las simulaciones, el objeto a simular está compuesto de 4 cilindros, los cuales contienen distintos valores de T1 y T2 (ver figura al final de la página).

Observación 3: En todas las expresiones para la simulación de las imágenes se asumió que la magnetización en el equilibrio térmico era $M_0 = 1$.

Parte 1

La señal adquirida con las secuencias inversión-recuperación (IR) y Look-Locker (LL) está dada por:

$$I_k = DR \exp(-t_k/T1) + \beta, \quad (1)$$

donde $t_k = (k - 1)\tau$ representa el tiempo en el que se adquiere el frame k (con $k = 1, \dots, N$), τ el paso de tiempo y

$$DR = \begin{cases} -2 \exp(-t_k/T1), & \text{para la secuencia IR,} \\ -\frac{1-u}{1-uv} \left(\frac{v(1-(uv)^{N-1})}{1+v(uv)^{N-1}} \right) \sin(\alpha), & \text{para la secuencia LL,} \end{cases} \quad (2)$$

$$\beta = \begin{cases} 1 + \exp(-TR/T1), & \text{para la secuencia IR,} \\ \frac{1-u}{1-uv} \sin(\alpha), & \text{para la secuencia LL.} \end{cases} \quad (3)$$

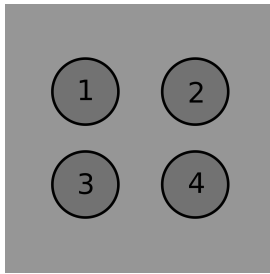
En las expresiones anteriores $u = \exp(-\tau/T1)$ y $v = \cos(\alpha)$ (con α el flip angle). Para la secuencia LL, deben reemplazar $T1$ por $T1_{eff} = \tau/(\tau/T1 - \ln(\cos \alpha))$.

Similarmente, para una secuencia Multi-Echo la señal adquirida está dada por

$$I_k = \exp(-TE_k/T2), \quad (4)$$

donde TE_k denota el k -ésimo tiempo de echo.

1. Considerando el fantoma que se muestra en la Figura 1, simule una adquisición IR y LL. Muestre ejemplos de las imágenes obtenidas y curvas de evolución de la magnetización a lo largo del tiempo. A partir de dichas simulaciones, estime el mapa T1 asociado a cada una de las secuencias. Realice un análisis de sensibilidad variando el número de frames (pasos de tiempo) obtenidos para calcular el mapa.
2. Simule una adquisición multi-eco y estime el mapa T2 asociado. Realice un análisis de sensibilidad variando el número de imágenes obtenidas para calcular el mapa.
3. Para cada una de las simulaciones, agregue ruido a la señal e indique como se comportan los mapas frente a distintas variaciones de ruido.



Cilindro	1	2	3	4
$T1$ [ms]	1000	1500	850	500
$T2$ [ms]	200	300	50	20

Figure 1: Representación de los cilindros y sus respectivos valores de $T1$ y $T2$.

Parte 2

En el repositorio del curso se encuentran los raw-data de un corte axial de un cerebro de un voluntario sano, adquirido con una bobina de 8 elementos utilizando las secuencias de Look-Locker y Multi-echo. A partir de los raw-data:

1. Reconstruya las imágenes I_{LL} (*Look-Locker*) y I_{ME} (multi-eco) para cada TE utilizando SENSE para combinar las bobinas.
2. Reconstruya el mapa T1 utilizando la imagen I_{LL} . Indique qué modelo para la magnetización utilizó para el ajuste de los datos y muestre sus resultados.
3. Reconstruya el mapa T2 a partir de la imagen I_{ME} . Indique qué modelo de la magnetización utilizó y muestre sus resultados.
4. Para cada una de las reconstrucciones, realice un análisis de sensibilidad reduciendo el número de muestras en el tiempo. Indique qué sucede con los resultados.
5. Compare los resultados obtenidos con valores de T1 y T2 descritos en la literatura⁴.

¹Look, D. C., and Locker, D. R. (1970). Time saving in measurement of NMR and EPR relaxation times. Review of Scientific Instruments.

²Tener siempre presente que estos valores cambian dependiendo de la intensidad del campo magnético principal del scanner.

³Puede revisar el repositorio de github del curso para encontrar una página de referencia.