

CAN COGNITIVE PROCESSES BE INFERRED FROM NEUROIMAGING DATA?

L. López López, R. Martín Levy.

Introducción.

Las técnicas de neuroimagen funcional, como la resonancia magnética funcional (fMRI) proporcionan una medida de la actividad cerebral local en respuesta a las tareas cognitivas realizadas durante la exploración. Estos datos permiten al neurocientífico cognitivo inferir algo sobre el papel de regiones cerebrales particulares en la función cognitiva.

Sin embargo, actualmente hay una tendencia que consiste en hacer la inferencia opuesta, es decir, inferir la participación de funciones cognitivas particulares basadas en la activación en regiones cerebrales particulares.

Inferencia en neuroimagen.

El tipo de inferencia que se extrae de los datos de neuroimagen es "si el proceso cognitivo X está activado, entonces el área cerebral Z está activa". Sin embargo, la nueva tendencia de razonamiento lo toma de la siguiente forma:

- En este estudio, cuando se presentó la comparación de tareas A, el área cerebral Z estaba activa.
- En otros estudios, cuando el proceso cognitivo X estaba supuestamente comprometido, entonces el área cerebral Z estaba activa.
- Por lo tanto, la actividad del área Z en el presente estudio demuestra el compromiso del proceso cognitivo X mediante la comparación de tareas A.

La inferencia inversa da un tipo de resultado informal, aunque en muchos estudios es el carácter principal (caso de los dos siguientes estudios).

En el primer estudio, los sujetos fueron escaneados con PET mientras realizaban una tarea de intercambio económico en la que tenían la oportunidad de castigar a los que derrotaban. Se observó una activación en el estriado dorsal cuando los participantes sometieron a los perdedores a un castigo efectivo. Esta activación se infirió para reflejar las propiedades gratificantes del castigo altruista.

En un segundo estudio en el que usó fMRI en ratas se comparó la actividad durante la lactancia de cachorros con ratas a las que se les administró cocaína. Se observó una mayor actividad en el estriado dorsal y ventral durante la lactancia en comparación con la administración de cocaína, lo que llevó a los autores a concluir que "la lactancia de crías de cachorros es más gratificante que la cocaína".

En ambos estudios, se infirió un proceso cognitivo ("recompensa") a partir de la activación en un sistema cerebral particular (el cuerpo estriado). Casi todos los trabajos de neuroimagen usan inferencias inversas similares para explicar la aparición de regiones de activación impredecibles.

Hay que tener en cuenta que este tipo de "inferencia inversa" no es deductivamente válida. Esta relación podría hacerse deductivamente válida si la declaración fuera exclusiva, de modo que el área Z estuviera activa solo si el proceso cognitivo X está involucrado.

Con este fin, la inferencia inversa podría ser útil en el descubrimiento de hechos nuevos e interesantes sobre los mecanismos subyacentes.

Para comprender mejor la información que proporciona la inferencia inversa, es útil reexpresar la inferencia en términos probabilísticos, en cuyo caso las cantidades relevantes se pueden determinar utilizando el teorema de Bayes:

$$P(COG_X|ACT_Z) = \frac{P(ACT_Z|COG_X)P(COG_X)}{P(ACT_Z|COG_X)P(COG_X) + P(ACT_Z|\sim COG_X)P(\sim COG_X)}$$

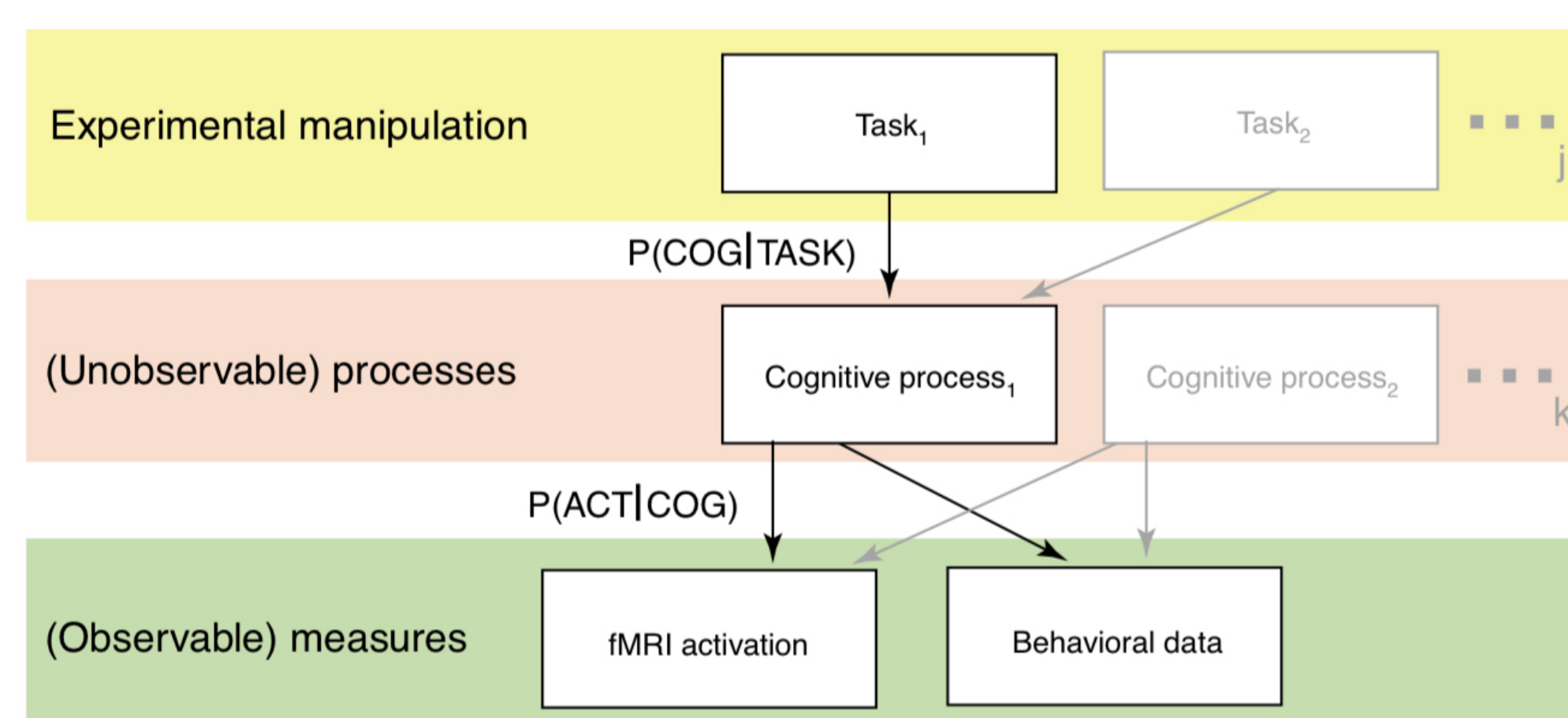


Figura 1. La inferencia como un gráfico probabilístico. La propagación de la incertidumbre entre los niveles de inferencia se hace explícita. De manera más general, este enfoque probabilístico nos permite caracterizar los factores que afectan la calidad de las inferencias inversas.

Referencias.

Can cognitive processes be inferred from neuroimaging data?; Russell A. Poldrack; Department of Psychology and Brain Research Institute, UCLA, Los Angeles, CA 90095-1563, USA.

Estimación selectiva usando bases de datos de mapas cerebrales.

El mayor determinante de la fuerza de una inferencia inversa es el grado en que la región de interés se activa selectivamente por el proceso cognitivo de interés. Si una región es activada por una gran cantidad de procesos cognitivos, entonces la activación en esa región proporciona evidencia relativamente débil del compromiso del proceso cognitivo; a la inversa, si la región se activa de manera relativamente selectiva por el proceso específico de interés, entonces se puede inferir con una confianza sustancial que el proceso está comprometido dada la activación en la región.

En este caso, se examinó la inferencia inversa de que la activación en el "área de Broca" implica la participación de la función del lenguaje.

Como punto de origen fue utilizado un punto en la circunvolución frontal inferior izquierda dorsal que es activo durante la participación del procesamiento fonológico y semántico. Se creó una región de interés centrando un cubo de 20 mm de ancho en esta ubicación. Se realizaron dos búsquedas, una para todas las comparaciones experimentales relevantes para el procesamiento del lenguaje con activaciones en esta región, y otra para todas las comparaciones que no fueron relevantes para el procesamiento del lenguaje con activación en esta región. Además, se realizaron las mismas búsquedas sin la especificación anatómica, para determinar la frecuencia general de esas clases de estudios. Los resultados se muestran en el figura 2:

	Language study	Not language study
Activated	166	199
Not activated	703	2154

Figura 2. Tabla de frecuencia obtenida a partir de una búsqueda que muestra una comparación numérica experimental de cada área en una base de datos de un BrainMap.

La inferencia inversa generalmente se usará cuando queramos inferir la presencia de un proceso cognitivo que no es directamente manipulado por la tarea, y en este caso la participación previa del proceso cognitivo será relativamente baja, en comparación con el caso donde el proceso es directamente manipulado por la tarea.

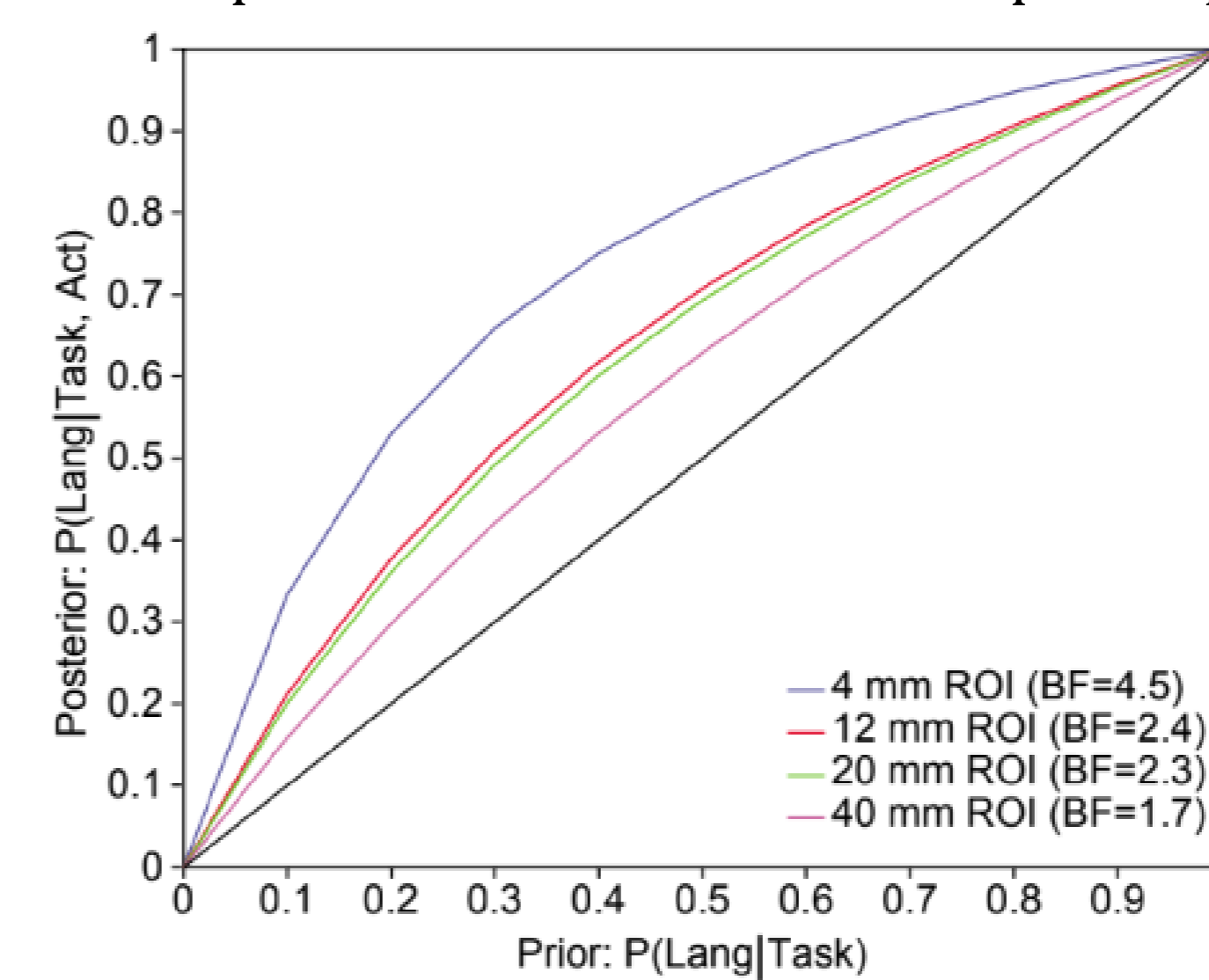
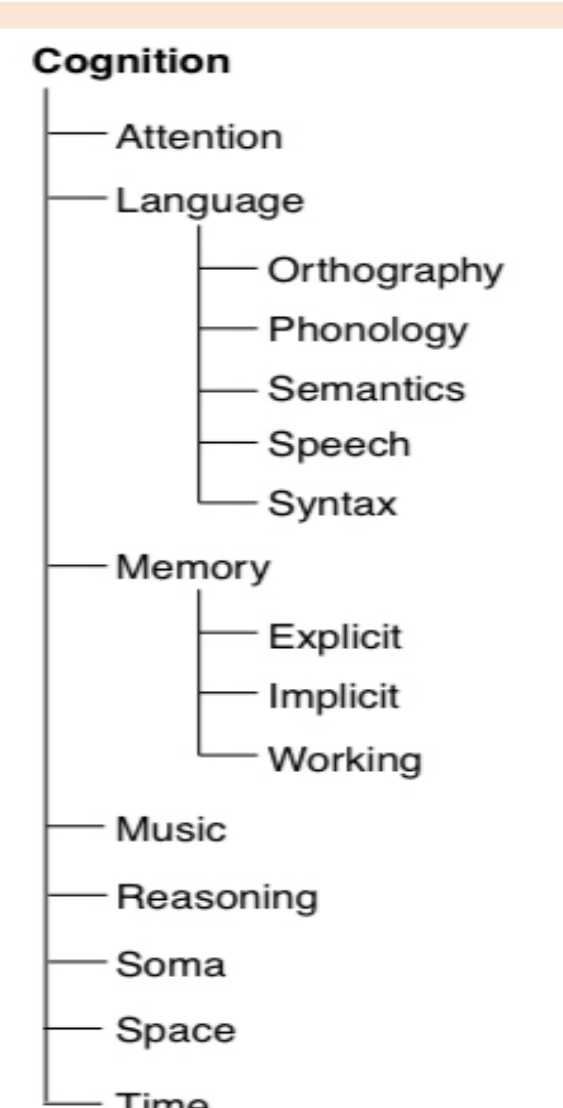


Figura 3. Tamaño de la región y selectividad. Una ilustración de como el tamaño de la región de interés (ROI) afecta a la selectividad de la respuesta. Regiones más pequeñas dan una probabilidad posterior superior (representado en el eje de ordenadas), y por ello, otorga una información adicional sobre el anterior que las regiones más grandes.

La necesidad de una ontología cognitiva.

Lo más importante es que la inferencia inversa generalmente tiene como objetivo identificar la participación de procesos cognitivos particulares, pero esto requiere que los experimentos en la base de datos se codifiquen con respecto a estos procesos cognitivos. En el lenguaje de la informática, esto podría denominarse "ontología cognitiva" de la base de datos.

Figura 4. Taxonomía de dominio conductual del aprendizaje obtenido a partir de un BrainMap de una base de datos.



Mejoras en la inferencia inversa.

Hay dos formas de mejorar la confianza de la inferencia inversa: aumentar la selectividad de respuesta en la región cerebral de interés, o aumentar la probabilidad previa del proceso cognitivo en cuestión. La selectividad está fuera del control del experimentador, pero el análisis anterior sugiere que al menos se puede obtener una estimación de la selectividad. Además, el análisis de conjuntos de regiones podría proporcionar una mayor selectividad que el análisis de regiones individuales. El tamaño de la región también afecta a la selectividad, lo que sugiere que la inferencia inversa a regiones más pequeñas proporcionará más confianza.

También se examinaron los tiempos de respuesta ante un dilema, para clasificarlos como apropiados o inapropiados. Descubrieron que los tiempos de respuesta para los dilemas personales eran más largos cuando los sujetos respondían de forma apropiada que cuando lo hacían de forma inapropiada. Para los dilemas impersonales observaron el patrón inverso.

Argumentaron que este comportamiento era un efecto del conflicto personal para dilemas personales y no impersonales, proporcionando así una evidencia a favor de la inferencia inversa.

Conclusión.

Se debe tener precaución con el uso de inferencia inversa, particularmente en casos donde la creencia previa en el compromiso de un proceso cognitivo y selectividad de activación en la región de interés son bajos. Los resultados también sugieren que la extracción de bases de datos de la neuroimagen puede proporcionar información adicional sobre la fuerza de las inferencias específicas de los datos de neuroimagen, pero que la utilidad de estas bases de datos está limitada. La inferencia inversa debe verse como otra herramienta (aunque imperfecta) con la que avanzar en nuestra comprensión de la mente y el cerebro.