

Un Modelo Computacional de la Mente y Explicación del Desempeño

Enrique P. Latorres
enrique@latorres.org
Universidad ORT del Uruguay

1. Introducción

Ha efectos de poder comprender muchos de los procesos humanos de pensamiento, percepción y aprendizaje, debemos tener un modelo adecuado del proceso cognitivo de la mente, entendida esta en la forma en que opera la información, independientemente de la organización o estructura física con que se haya implementado, a través de la evolución y el azar. El estudio de este tema facultó desarrollar un modelo computacional de la mente que permite unificar diferentes modelos, además de explicar y predecir varios aspectos relacionados con el desempeño mental, la adquisición de conocimiento y posibles estrategias para optimizarlos.

2. Metodología y Propuesta

El modelo propuesto deriva de los modelos modulares de la mente y se basa en investigaciones recientes sobre fisiología y funcionamiento del cerebro. Este es un desarrollo teórico pero utiliza los datos de investigaciones en diversas áreas y aplica una reinterpretación unificadora de las teorías.

Se propone que la memoria es el elemento central del modelo, de forma que los tokens que representan el conocimiento se encuentran en un único módulo, el cual a su vez es relativamente pasivo en su accionar. Este módulo central de memoria está conectado a un conjunto de módulos perceptivos, expresivos y de status. Cualquier módulo tienen tres formas de interactuar con la memoria, ya sea (1) **Preceptivo/expresivo**, que traducen elementos conceptuales hacia el exterior como expresiones, o desde el exterior hacia el interior como percepciones. (2) **Modo de funcionamiento**. A su vez cada módulo es capaz de recibir y procesar comandos que cambian su modo de funcionamiento, por ejemplo filtrando percepciones o cambiando el nivel de detalle de la percepción. (3) **Procesamiento de información**. Y por último cada módulo es capaz de post-procesar información perceptiva, por ejemplo reprocesando una percepción memorizada para reinterpretarla. Además es capaz de procesar información compleja pero especializada al tipo de información de cada módulo.

A su vez existe un módulo razonador que es capaz de realizar transformaciones en la memoria sobre la base de contextos restringidos de conocimiento en una representación del estado de la cuestión y orientado a un patrón objetivo del razonamiento. En esas transformaciones se pueden entremezclar comandos a los diferentes módulos ya sea para cambiar el modo de funcionamiento o para solicitar transformaciones especiales para patrones de información específicos.

En el proceso de razonamiento es posible procesar información mental de dos maneras, ya sea mediante razonamiento abstracto o mediante el procesamiento especializado de módulos que realizan operaciones en estructuras complejas de información especializada. A partir de varias investigaciones vemos que cuando los conceptos a manejar van más allá de las limitaciones epistémicos del razonamiento lógico abstracto

es necesario el procesamiento especializado de módulos. En particular hay estudios que muestran áreas especializadas en temas como el razonamiento abstracto, el procesamiento de emociones, etc.

3. Resultados

El modelo es capaz de predecir ciertas respuestas y funcionamientos de la mente humana. En particular que aspectos de variabilidad genética explican diferentes capacidades de los módulos mentales. A su vez debido a su capacidad de procesamiento especializado, los diferentes módulos permitirán razonar en forma más eficiente sobre estructuras complejas, como ser reconocimiento de caras, seguimiento emocional de individuos, razonamiento espacial y tridimensional, o razonamiento lógico o matemático. Cuando alguna persona por diversidad genética o por impedimento físico dispone de módulos de mayor o menor capacidad estos dirigirán la construcción de conocimiento hacia estructuras emergentes que aprovecharán las mejores capacidades de los módulos disponibles.

4. Conclusiones

El presente trabajo plantea unas hipótesis que se predicen con el modelo. Este tipo de variabilidad en los módulos mentales explicaría las diferentes capacidades encontradas en personas de alto desempeño, sensibilidad especial a ciertos tipos de información, como emociones (Indigo), o ciertos tipos de respuestas equivocadamente identificadas como variedades de dislexia o similares. Incluso asocia a una cierta variabilidad genética la relación entre personas de alto desempeño y ciertos tipos de autismo y otros desordenes de atención y actividad.

5. Referencias

- Bishop, D.V.M.; O'Reilly, J.; McArthur, G.M.; Electrophysiological evidence implicates automatic low-level feature detectors in perceptual asymmetry, *Cognitive Brain Research* 24, Short communication, p.177–179, 2005.
- Bokde, A.L.W.; Dong, W.; Born, C.; Leinsinger, G.; Meindl, T.; Teipel, S.J.; Reiser, M.; Hampel, H.; Task difficulty in a simultaneous face matching task modulates activity in face fusiform area, *Cognitive Brain Research* 25, 701 – 710, 2005.
- Fodor, J.A.; Let your brain alone, *London Review of Books*, Vol. 21 No. 19, 30 September 1999.
- Fodor, J.A.; Pylyshyn, Z.W.; Connectionism and Cognitive Architecture: A Critical Analysis. *Cognition*, 28, 3-71, 1988.
- Fodor, J.A.; *The Modularity of Mind*, MIT Press 1983.
- Krishnan, Ananthanarayan; Xu, Yisheng; Gandour, Jackson; Cariani, Peter; Encoding of pitch in the human brainstem is sensitive to language experience, *Cognitive Brain Research* 25, 161 – 168, 2005.
- Latorres, Enrique; *Hacia un Modelo de Agentes Cognitivos Autónomos*. CACIC 2004.
- Latorres, Enrique; ISKRM, An Implicit Simple Knowledge Representation Model (10), CACIC 2005, XI Congreso Argentino de Ciencias de la Computación, WASI, Argentina, 2005.
- Latorres, Enrique; *Modelo de Semántica y Representación del Conocimiento*. II Congreso de Enseñanza, Fing, UdelaR, 2004.
- Lutz, A.; Greischar, L.L.; Rawlings, N.B.; Ricard, M.; Davidson, R.J.; Long-term meditators self-induce high-amplitude gamma synchrony during mental practice, *The National Academy of Sciences, Proc. Natl. Acad. Sci., U. S. A.*, 2004 November 16; 101(46): 16369–16373. doi: 10.1073/pnas.0407401101. *Neuroscience*. 2004.
- Martin, V.; Pressley, M.; Elaborative Integration effects depend on the nature of the question. *Journal of Educational Psychology*, 83, 253-263. 1991.
- Noppeney, U.; Josephs, O.; Kiebel, S.; Friston, K.J.; Price, C.J.; Action selectivity in parietal and temporal cortex, *Cognitive Brain Research* 25 (2005) 641 – 649.
- O'Boyle, Michael W.; Cunnington, Ross; Silk, Timothy J.; Vaughan, David; Jackson, Graeme; Syngeniotis, Ari; Egan, Gary F.; Mathematically gifted male adolescents activate a unique brain network during mental rotation, *Cognitive Brain Research* 25, 583 – 587, 2005.
Jelena Ristic, Laurent Mottron, Chris Kelland Friesen, Grace Iarocci, Jacob A. Burack, Alan Kingstone; Eyes are special but not for everyone: The case of autism, *Cognitive Brain Research* 24, 715– 718; 2005.
- Silberman, Steve; *The Geek Syndrome*, *Wired Magazine*, Issue 9.12, Dec. 2001.
- Simon A. J. Winder; *A Brief Survey of Central Mechanisms in Primate Visual Perception*, June 21, 2002. unpublished.
- Smith, S.M.; Environmental Context-dependent recognition memory using a short-term memory task for input. *Memory & Cognition*, 14, 347-354, 1986
- Tulving, E.; *Elements of episodic memory*, Oxford University Press, 1983.
- Witelson, Sandra F.; Kigar, Debra L.; Harvey, Thomas; The Exceptional Brain of Albert Einstein, *The Lancet*, 353: 2149-53, 1999

6. Presentación

Sobre la base del modelo Modular de la Mente lo ajustamos a descubrimientos recientes sobre fisiología médica.

La mente es un espacio donde se guarda el conocimiento. Este conocimiento es todo, las creencias, las percepciones, las memorias, las asociaciones, los recuerdos. Todos estos elementos se guardan en algún modelo que es relativamente homogéneo.

Las experiencias de sinestesia natural o inducida[1,Habla de casos de synestesia inducida en forma mental por imagery.][2], la tetracromía en las madres de varones daltónicos[3] sugiere que las conexiones se ajustan en el desarrollo, y las experiencias en animales con el sistema perceptivo y nervioso, muestran que el modelo de representación de la mente es más o menos similar en todos los casos. Es un sistema homogéneo de representación, donde percepciones, ideas y conceptos se deben codificar en modelos de representación similares.

El tema es como esos conceptos y memorias son operados para lograr lo que conocemos como mente.

Es claro que la complejidad del mundo real es infinita e inabarcable. Es imposible pensar que la mente humana puede capturar todo el conocimiento y toda percepción. La limitación epistémico muestra que cuando razonamos sobre elementos complejos solo podemos considerar unos pocos elementos a la vez. [4][5][6][7][8, p.120]

Pensemos en lo que vemos. Esta habitación, se la puede percibir en diferentes niveles de interpretación. Para muchos casos de vuelta a casa nos alcanzará con explicar brevemente el tamaño y la cantidad de personas que se encuentran aquí. Una percepción más minuciosa podría considerar detalles del mobiliario como sillas y mesas. Y otro más con como fueron fabricados y el material que los compone. Pero ya allí nos cuesta tener conciencia de cada uno de los elementos de los que estamos hablando. No estamos teniendo una representación en nuestras cabezas de cada una de las sillas o de cada una de las piezas que las componen. Simplemente contamos a un concepto que las agrupa. Esto muestra que por nuestros ojos recibimos muchísima más información que la que podemos realmente procesar y conceptualizar. Pero como procesamos esa información sin equivocarnos?

Cuando vemos algo, pensando en la visión como un módulo que transduce información del exterior hacia nuestras cabezas, el sistema perceptivo transforma nuestra percepción en un conjunto de percepts. Esto está de acuerdo con Fodor [8] (VI) Input analyzers have shallow outputs. P86 Los módulos tienen salidas llanas. Esto es que devuelven información de bajo nivel semántico. Por ejemplo un sistema perceptivos auditivo no es capaz de por si mismo asignar significado a los fonemas recibidos. En el mejor de los casos devolverá el conjunto de fonemas percibidos en su representación mental pero sin más procesamiento. Fodor describe brevemente esto pero no explica como se asigna el significado P97.

Ahora, la percepción inunda la mente con una enorme cantidad de elementos perceptivos.[9] estos elementos perceptivos son analizados separadamente en función de la necesidad y la atención. En sí siempre estamos filtrando elementos cognitivos a la

hora de interpretar. Ahora como es ese proceso de filtrado de información? Cómo damos significado a esos elementos percibidos?

El proceso de conceptualización propuesto se basa en una visión enciclopédica del significado, aunque un poco distinta a los modelos comunes. Consiste en asignar conocimiento a los percepts de forma que haya una explicación de que representan, y esa explicación sea la que vincule el concepto con el referente a través del sistema perceptivo y el conocimiento.

Esto implica la existencia de información no verbal sobre conceptos que es percibida y almacenada en la memoria. Frases como “Rage like a stormy sea” (Encolerizado como un mar tormentoso) hace uso de muchos elementos cognitivos que no son fáciles de verbalizar sin un juego de metáfora como este, que sin embargo la mayor parte de la gente es capaz de interpretar. Estos elementos son parte del conocimiento que describe a los conceptos asociados.

Algunos estudios sobre psicología cognitiva nos dan una pista.

Si analizamos la forma en que se asocia información, en la mente humana, vemos que para poder recordar información y recuperar información en forma eficiente es muy importante la asociación con el contexto, o referencias clave (encoding specificity)[10], esto es que, en el proceso de memorización, aspectos tanto relativos al tema a memorizar como ambientales son relevantes a la hora de recuperar luego la información. Además este proceso mejora cuando el individuo debe reproducir la información (generation effect), por ejemplo desarrollando un resumen[11]. Este proceso de aprendizaje tiene un efecto mayor cuando a los individuos se les pide que expliquen el porqué, la explicación, de la información que reciben (elaborative interrogation)[12]. Incluso estos efectos fueron identificados mucho antes sin una severidad experimental, a través de la asociación de ideas por Locke, Hume, Berkeley y otros (association of ideas, contiguity and resemblance)[13]. Estas experiencias tomadas en conjunto nos sugieren una cierta forma de organización de la memoria en contextos o grupos de relaciones con atributos ambientales y/o mentales ocurridos conjuntamente con el estímulo.

Tulving[14] muestra como hay diferencias entre la memoria episódica y la memoria general. Esto también explicaría el aprendizaje dependiente del estado (State-dependent Learning) de Overton [15], y otros trabajos similares respaldan este hecho. Estas experiencias refuerzan la tesis de que el entrenamiento y aprendizaje son más efectivos si se realizan junto con las tareas y en el lugar donde se va a aplicar [16], lo cual a su vez plantea la interrogante de qué función cumplen en el proceso cognitivo estas otras percepciones del ambiente. Pero en vista de los otros elementos y estudios, hace dudar si efectivamente son diferentes tipos de memoria o es el caso de diferentes densidades de información (percepts) que hacen más o menos fácil su recuperación. De alguna manera los conceptos de refuerzan (reinforcement) junto con el uso y el vínculo a otros conceptos y relaciones con el conocimiento existente del individuo. Estos vínculos son el conocimiento construido al contrastar el nuevo conocimiento con el tácito del individuo y crear asociaciones nuevas mediante la aplicación de lo aprendido.

El conocimiento se aprende más fácil cuando es posible vincularlo a conocimiento previamente existente [17][18]. Esto deriva en la teoría de Schema Activation[19]. Pero

este concepto cierra con muchos de los otros elementos descriptos antes. Entonces quizás esta es la respuesta sobre como se asigna significado a las nuevas percepciones, simplemente se las vincula al conocimiento existente, que explica y vincula con otro conocimiento relacionado.

Un concepto tiene significado en la medida que está vinculado a conocimiento que lo describe y explica.

Cuando se percibe algo el módulo lo discretiza en elementos perceptivos, el significado de esos elementos debe estar dado por primitivas conceptuales ligadas al módulo. Esto es porque el significado de las percepciones debe tener una semántica primera. Esto se ve en que ciertos atributos de las percepciones tienen decodificadores especializados [20]. También muestra como hay ciertos atributos que son perceptibles y otros no, posiblemente por limitaciones en la discretización de los módulos.

Si un concepto tiene significado cuando se liga a conocimiento, entonces no debe tener significado si no hay conocimiento que lo vincule a otro conocimiento que lo explica y define. Esto sugiere la idea de contextos de interpretación. Un contexto consiste en reglas y relaciones que vinculan ciertos patrones de conocimiento a otros patrones de conocimiento. Si ese contexto solo dispone de ciertos conceptos y no otros, solo los primeros tendrán significado y los segundos se ignorarán. Sugiere que el procesamiento del estímulo depende de la asignación de significado [21]

Un contexto es un conjunto de conocimiento que permite hacer una interpretación de una situación que contiene ciertos patrones de conocimiento. Así cuando entrevistamos al hombre bala (Canon Ball Man) el nos habla de su familia, del mundo del espectáculo, pero cuando se encarama en el cañón y sale disparado, cambiamos de contexto y lo interpretamos como un proyectil. Este modelo de representación debe ser deíctico y mediante patrones debe dar diferente significado a los conceptos.

El procesamiento del contexto es automático. Una vez que un cuerpo de conocimiento (Body of Knowledge) es generado para un cierto tipo de situaciones, este conocimiento del contexto es evaluado automática e inconscientemente. Nuestra conciencia se activa cuando debemos cambiar el contexto, debido a que no podemos conectar al los elementos cognitivos que representan el foco de nuestra atención a un conocimiento que le de significado en el contexto actual. Entonces debemos cambiar de contexto y reinterpretar la situación. Habrá un módulo de cuando no podemos dar significado a algo?

El contexto se obtiene por las reglas y los vínculos entre patrones de conocimiento y contextos, que no son más que conceptos que contienen a otros conceptos. Muestra como sensibilidad en la percepción depende de la experiencia y conocimiento (contexto de interpretación) asociado al sistema perceptivo [22]. Esto es un contexto cuyo conocimiento de qué filtrar y que nó. Y qué interpretar en cada caso se ha hecho muy sofisticado.

Además los módulos pueden cambiar la forma de operar. El sistema cognitivo puede enviar mensajes al módulo para cambiar la sensibilidad y algunos factores de cómo transluce las percepciones. Los módulos expresivos son el caso más típico que permite expresar hacia el medio ambiente los conceptos (habla, sistema motor, etc.).

La sinestesia sugiere que en algunos casos los límites entre los módulos pueden ser algo borrosos.

Un caso particular de módulo es el razonador. Este módulo es capaz de lograr transformaciones en el conocimiento a partir de reglas. En general trabajaría a partir de un estado de la cuestión, y con un contexto de razonamiento que incluye todo el conocimiento y reglas aplicables al estado de la cuestión, el tema es como sabe que llegó a un resultado. La propuesta es que siempre hay un objetivo, un patrón de conocimiento que describe de alguna manera al resultado al que se quiere llegar. Entonces cualquier proceso cognitivo tiene de alguna manera en forma explícita o implícita un estado de la cuestión, un contexto de interpretación y un objetivo de razonamiento. Una cosa interesante es que en este caso el meta-razonamiento es simplemente un cambio de contexto. Más aún el cerebro está constantemente evaluando los razonamientos para que sean coherentes con varias líneas de pensamiento.

Ahora este razonador adolece de las limitaciones epistémicas ya indicadas. Es claro que esas limitaciones son muy fuertes para cierto tipo de procesamiento. Varias investigaciones sugieren que en imaginery el cerebro humano utiliza las mismas partes del cerebro que se usan para activar o percibir esos mismos tipos de información. Por ejemplo para pensar en mover una pierna se utiliza la parte del cerebro que mueve la pierna.[23][24][25].

Podemos razonar con conceptos complejos si los podemos conceptualizar contra el conocimiento existente. Pero si es un concepto complejo y nuevo, diferente a todo lo conocido antes entonces, hay que interpretarlo por atributos (descripción). Esto implica que se debe considerar todos los atributos del concepto para poder clasificarlo adecuadamente. Esto restringe nuestra capacidad de atención al superar las limitaciones epistémicas y este tipo de razonamiento da mucho más trabajo [26]. Pero en muchos casos puede ser que haya módulos especializados para cierto tipo de información.

Los estudios de daño cerebral muestran claramente como ciertas lesiones afectan ciertos tipos de procesamiento [27], y como ciertas áreas del cerebro se especializan en procesar ciertas situaciones y estructuras de información. Por ejemplo el procesamiento de información espacial [28], o el procesamiento de caras donde el módulo tiene más carga de procesamiento cuando las percepciones son más difíciles de procesar [29], las cosas conocidas son más fáciles de procesar que las que no son familiares [30].

Todo esto implica que para procesar estructuras complejas tenemos módulos especializados que el sistema cognitivo lleva a los módulos para que le haga las operaciones pertinentes, y que luego el sistema cognitivo pueda extraer los atributos relevantes filtrados por un adecuado contexto de interpretación. Por lo tanto los módulos operan con ciertos patrones especializados de información.

Debido a las limitaciones epistémicas hay muchos casos donde el procesamiento necesariamente debe ir por el sistema de módulos.

Por otra parte hay evidencias de que los módulos especializados son algo más que simplemente lo que se sugiere de transductores de las percepciones del mundo real, sino

que brindan un preprocesamiento que puede ser extendido con procesamiento de alto nivel por parte de los propios módulos involucrados[31].

Los módulos tienen variaciones, tal como la genética afecta nuestros rasgos y nuestra complejión, también afecta las convoluciones de nuestro cerebro. Si tuvieramos cráneos transparentes pasaría que diríamos cosa como “¡Mirá el nene tiene el cerebro igual al del abuelo! ¡Hay no va a haber quien lo soporte cuando sea grande!”
Por lo tanto puede haber variaciones en la capacidad y conectividad de módulos.

La discusión sobre el cerebro de Einstein y sobre la conformación de la fisura Sylviana[32][33], sugiere que variaciones en ciertas partes del cerebro pueden tener relación con la capacidad de procesamiento. El síndrome Asperger y algunos desórdenes autísticos, parecen estar relacionados con anomalías en la fisura sylviana y zonas cercanas. Curiosamente se vincula la existencia de alta tasa de autismo en familias de alto coeficiente intelectual[34], lo cual sugeriría un factor genético con una cierta variación y que en caso de sobrepasar ciertos límites no es capaz de controlar el razonamiento. Un razonamiento similar pero con otra sustentación para ciertos casos se presenta en [35]. Hay muchos ejemplos en el área computacional, tanto en redes neuronales[p.352, p.251, 36][p.787-8, 37] como en sistemas de producción [pp.93-157, 38], que muestran que a partir de un cierto nivel de complejidad es difícil asegurar que el sistema sea estable para todos los estímulos. Esto probablemente sea aplicable al caso de módulos mentales humanos. Es claro entonces que el funcionamiento o su disfunción puede verse afectados por aspectos de variabilidad genética y fisiológica[39]. Pero en nuestro modelo planteamos que hay aspectos cognitivos relacionados y que posiblemente en muchos casos un tratamiento especial, y entrenamiento especializado, teniendo en cuenta las particularidades de cada individuo, podría ayudar a explotar las cualidades o a subsanar las dificultades. Ejemplos como en [40] nos permiten ver lo significativas que podrían ser técnicas de entrenamiento específico para mejora del uso de las capacidades mentales.

Se sugiere en este trabajo que esto sucede también con personas con leves diferencias de capacidad en diferentes módulos. Así una persona con una menor capacidad de razonamiento lógico pero alta capacidad de manejo tridimensional[41] seguramente lleve los problemas a este espacio para poder resolver en formas poco convencionales los problemas que se le presentan tanto en estudios como en la vida real. Muchos de estos casos se los declara incorrectamente de disléxicos. El conocimiento de las capacidades emergentes a partir del desarrollo de los módulos relevantes puede permitir diseñar estrategias especiales para diferentes capacidades especiales, ya sea discapacidades[42] o superdotación. En particular el caso de los niños índigo podría no ser más que un caso particular donde tienen un desarrollo especial en el módulo de procesamiento emocional[43].

Se sugiere que los individuos aprenden a utilizar los módulos que tienen más desarrollados para resolver los problemas cotidianos, así si un módulo directamente no funciona, debido a daño cerebral, ni para la percepción ni para el funcionamiento del tratamiento de información mental, podría explicar las divergencias en ciertos experimentos como en [44] o los resultados de [45].

Las capacidades de los módulos determinarán en gran medida las capacidades de los individuos, el entrenamiento y educación orientados a maximizar las capacidades

especiales serán fundamentales para el desarrollo de habilidades superiores. De todas maneras las capacidades de módulos superiores permitirá que esos individuos lleguen a un nivel superior de procesamiento para el tipo de información asociado. Es claro que las competencias intelectuales emergerán a partir de la auto-organización del conocimiento, en función de las capacidades de diferentes módulos, como se ve en los siguientes casos [46] [47]. En el primer caso sugieren que la elaboración de oraciones es emergente a partir de algunas restricciones del vocabulario e internas al individuo, y que el proceso de comprensión se asocia a un constructor de estructuras incremental. En el segundo se analiza el comportamiento cerebral de estudiantes con alta capacidad de abstracción matemática y tridimensional en tareas complejas.

Definimos una arquitectura sobre la que basaremos nuestros modelos, la cual describe una estructura para lo que nombramos Agentes Cognitivos Autónomos (ACA). Esta se basa en una propuesta preliminar nuestra [48].

7. Referencias Bibliográficas

- [1] Peter G. Grossenbacher and Christopher T. Lovelace; Mechanisms of synesthesia: cognitive and physiological constraints, *TRENDS in Cognitive Sciences* Vol.5 No.1 January 2001
- [2] Catherine Kavassalis; Synesthesia: The Implications of Cross Modal Communication; *Cognitive Science HDP* 1234 University of Toronto, 05/01/01 URL= <http://www.softwareimpact.com/cathy/Synesthesia.htm>
- [3] Glenn Zorpette; Looking for Madam Tetrachromat, *Red Herring Magazine*, Red Herring Communications, November 1, 2000
- [4] George A. Miller; The Magical Number Seven, Plus or Minus Two: Some Limits on Our Capacity for Processing Information, originally published in *The Psychological Review*, vol. 63, pp. 81-97, 1956.
- [5] Phillips, S., Halford, G. S., & Wilson, W. H. The processing of associations versus the processing of relations and symbols: A systematic comparison. *Proceedings of the Seventeenth Annual Conference of the Cognitive Science Society*, Pittsburgh, PA, 688-691, 1995.
- [6] Just, Marcel A.; Carpenter, Patricia A.; A capacity theory of comprehension: Individual differences in working memory. *Psychological Review*. Vol 99(1) 122-149. Jan, 1992.
- [7] Halford, Graeme S.; Wilson, William H.; Phillips, Steven. Processing Capacity Defined by Relational Complexity: Implications for Comparative, Developmental, and Cognitive Psychology; *Behavioral & Brain Sciences*; 21(6):803-31; discussion 831-64., Dec. 1998.
- [8] Fodor, J.; *The modularity of mind: An essay on faculty psychology*. Cambridge, MA: MIT Press, 1983.
- [9] A. Bartels and S. Zeki. The theory of multistage integration in the visual brain. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B*, 265:2327--2332, 1998.
- [10] Tulving, E.; Osler, S.; Effectiveness of retrieval cues in memory for words. *Journal of experimental psychology*, 77, 593-601.
- [11] Rabinowitz, J.C.; Craik, F.I.M.; Specific enhancement effects associated with word generation. *Journal of Memory and Language*, 25, 226-237. 1986.
- [12] Martin, V.; Pressley, M.; Elaborative Integration effects depend on the nature of the question. *Journal of Educational Psychology*, 83, 253-263. 1991.
- [13] Pinker, S.; *How the Mind Works*, p.113, W.W. Norton and Company, New York, 1997.
- [14] Tulving, E.; *Elements of episodic memory*, Oxford University Press, 1983.
- [15] Overton, D.A.; Contextual Stimulus effects of drugs and internal states. In P.D. Balsam & A. Tomie (Eds.), *Context and Learning* (pp.357-384). Hillsdale, NJ, Lawrence Erlbaum, 1985.
- [16] Smith, S.M.; Environmental Context-dependent recognition memory using a short-term memory task for input. *Memory & Cognition*, 14, 347-354, 1986
- [17] Ausubel, D.P.; The use of advance organizers in the learning and retention of meaningful verbal material. *Journal of Educational Psychology*, 51, 267-272, 1960.
- [18] Ausubel, D.P.; *Educational Psychology: A cognitive View*. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1968.
- [19] Pearson, P.D.; Guided Reading: A response to Isabel Back. In R.C Anderson, J Osborn, & R.J.Tierney (Eds.), *Learning to Read in American Schools* (pp.20-21), Hillsdale NJ, Lawrence Erlbaum, 1984.
- [20] Bishop, D.V.M.; O'Reilly, J.; McArthur, G.M.; Electrophysiological evidence implicates automatic low-level feature detectors in perceptual asymmetry, *Cognitive Brain Research* 24, Short communication, p.177- 179, 2005.
- [21] Jie Pu, Danling Peng, Heath A. Demaree, Yan Song, Jinghan Wei, Lun Xua; The recognition potential: Semantic processing or the detection of differences between stimuli?, *Cognitive Brain Research* 25 (2005) 273 – 282
- [22] Ananthanarayan Krishnan, Yisheng Xu, Jackson Gandour, Peter Cariani; Encoding of pitch in the human brainstem is sensitive to language experience, *Cognitive Brain Research* 25 (2005) 161 – 168

-
- [23] U. Noppeney, O. Josephs, S. Kiebel, K.J. Friston, C.J. Price; Action selectivity in parietal and temporal cortex, *Cognitive Brain Research* 25 (2005) 641 – 649.
- [24] Allen Osman, Kai-Markus Müller, Peter Syre, Brian Russ; Paradoxical lateralization of brain potentials during imagined foot movements, *Cognitive Brain Research* 24 (2005) 727 – 731
- [25] G. Buccino, L. Riggio, G. Melli, F. Binkofski, V. Gallese, G. Rizzolatti; Listening to action-related sentences modulates the activity of the motor system: A combined TMS and behavioral study, *Cognitive Brain Research* 24 (2005) 355– 363.
- [26] Behrad Noudoost, Mehdi Adibi, Ali Moeeny, Hossein Esteky; Configural and analytical processing of familiar and unfamiliar objects, *Cognitive Brain Research* 24 (2005) 436 – 441
- [27] Marian Gomez Beldarrain, J. Carlos Garcia-Monco, Elena Astigarraga, Ainara Gonzalez, Jordan Grafman; Only spontaneous counterfactual thinking is impaired in patients with prefrontal cortex lesions, *Cognitive Brain Research* 24 (2005) 723 – 726.
- [28] Yves Frégnac, Y.; René, A.; Brain encoding and representation of 3D-space using different senses, in different species, *Journal of Physiology - Paris* 98, p.1–18, 2004.
- [29] A.L.W. Bokde, W. Dong, C. Born, G. Leinsinger, T. Meindl, S.J. Teipel, M. Reiser, H. Hampel; Task difficulty in a simultaneous face matching task modulates activity in face fusiform area, *Cognitive Brain Research* 25 (2005) 701 – 710
- [30] Petra Grönholm, Juha O. Rinne, Victor Vorobyev, Matti Laine; Naming of newly learned objects: A PET activation study, *Cognitive Brain Research* 25 (2005) 359 – 371
- [31] István Winkler, Rika Takegata, Elyse Sussman; Event-related brain potentials reveal multiple stages in the perceptual organization of sound, *Cognitive Brain Research* 25 (2005) 291 – 299
- [32] Sandra F. Witelson, Debra L. Kigar, Thomas Harvey; The Exceptional Brain of Albert Einstein, *The Lancet* 1999; 353: 2149-53.
- [33] Diamond, Marian C.; Why Einstein's Brain?; Text of a lecture delivered by Dr. Diamond at Doe Library on January 8, 1999. Copyright © 1999 - 2002 New Horizons for Learning, News from the Neurosciences, URL= http://www.newhorizons.org/neuro/diamond_einstein.htm
- [34] Silberman, Steve; The Geek Syndrome, *Wired Magazine*, Issue 9.12, Dec. 2001.
- [35] Simon Baron-Cohen, Rebecca C. Knickmeyer, Matthew K. Belmonte; Sex Differences in the Brain: Implications for Explaining Autism, *SCIENCE VOL 310 4 NOVEMBER 2005*.
- [36] Bose, N.K.; Liang, P.; *Neural Networks Fundamentals with Graphs, Algorithms, and Applications*, McGraw-Hill, 1996
- [37] Luger, G.F; *Artificial Intelligence: Structures and Strategies for Complex Problem Solving*, Addison Wesley, fourth edition, 2001.
- [38] Baader, F.; Nipkow, T.; *Term Rewriting and All That*, Cambridge University Press, 1998.
- [39] Michael X. Cohen, Jennifer Young, Jong-Min Baek, Christopher Kessler, Charan Ranganath; Individual differences in extraversion and dopamine genetics predict neural reward responses, *Cognitive Brain Research* 25 (2005) 851 – 861.
- [40] Nicolas Cherbuin, Cobie Brinkman; Practice makes two hemispheres almost perfect, *Cognitive Brain Research* 24 (2005) 413 – 422.
- [41] Yves Frégnac, Y.; René, A.; Brain encoding and representation of 3D-space using different senses, in different species, *Journal of Physiology - Paris* 98, p.1–18, 2004.
- [42] Jelena Ristic, Laurent Mottron, Chris Kelland Friesen, Grace Iarocci, Jacob A. Burack, Alan Kingstone; Eyes are special but not for everyone: The case of autism, *Cognitive Brain Research* 24 (2005) 715– 718;
- [43] Alexander Heinzl, Felix Bermpohl, Robert Niese, Andrea Pfennig, Alvaro Pascual-Leone, Gottfried Schlaug, Georg Northoff; How do we modulate our emotions? Parametric fMRI reveals cortical midline structures as regions specifically involved in the processing of emotional valences, *Cognitive Brain Research* 25 (2005) 348 – 358.
- [44] H. Burton. Visual Cortex Activity in Early and Late Blind People. *The Journal of Neuroscience*, 23(10):4005– 4011, May 15, 2003.
- [45] Gothe, J.; Brandt, S.A.; Irlbacher, K; Röricht, S.; Sabel, R.A.; Meyer, B-U; Changes in Visual Cortex excitability in blind subjects as demonstrated by transcranial magnetic stimulation, *Brain*, 125, 479-490, 2002.
- [46] Tabor, W. & Hutchins, S.; Evidence for Self-Organized Sentence Processing: Digging In Effects. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 30(2): 431-450. 2004.
- [47] Michael W. O'Boyle, Ross Cunnington, Timothy J. Silk, David Vaughan, Graeme Jackson, Ari Syngeniotis, Gary F. Egan; Mathematically gifted male adolescents activate a unique brain network during mental rotation, *Cognitive Brain Research* 25 (2005) 583 – 587
- [48] Latorres, Enrique; Hacia un Modelo de Agentes Cognitivos Autónomos. Congreso Argentino de Ciencias de la Computación CACIC 2004.