
Υψηλού επιπέδου υλοποίηση των αλγορίθμων Hierarchical Temporal Memory σε Julia

Κωνσταντίνος Σαμαράς-Τσακίρης

13 Ιουνίου 2019

Επάρκεια

Προσαρμόζεται ένα μοντέλο στα δεδομένα. Αρκεί για να τα περιγράψει ικανοποιητικά; Εξάγει όλη την πληροφορία;

Επάρκεια

Προσαρμόζεται ένα μοντέλο στα δεδομένα. Αρκεί για να τα περιγράψει ικανοποιητικά; Εξάγει όλη την πληροφορία;

this $f \neq d$ Υπόλοιπα iid

Επάρκεια

Προσαρμόζεται ένα μοντέλο στα δεδομένα. Αρκεί για να τα περιγράψει ικανοποιητικά; Εξάγει όλη την πληροφορία;

this f d Υπόλοιπα iid

Έστω, για γραμμικά μοντέλα, λευκός θόρυβος

Λευκός θόρυβος μηδενική αυτοσυσχέτιση ($\rho = 0$)

Portmanteau

Λευκός θόρυβος μηδενική αυτοσυσχέτιση ($\rho = 0$)

Με δεδομένη r , έλεγχος:

$$H_0 = 0 \quad H_1 \neq 0$$

Portmanteau

Λευκός θόρυβος μηδενική αυτοσυσχέτιση ($\rho = 0$)

Με δεδομένη r , έλεγχος:

$$H_0 = 0 \quad H_1 \neq 0$$

Ljung & Box portmanteau statistic

$$Q = n(n+2) \sum_{k=1}^K \frac{r_k^2}{n}$$

$Q \sim \chi^2_k$ με k βαθμούς ελευθερίας

Απόρριψη H_0 αν $Q > \chi^2_{k;1-\alpha}$

Portmanteau

Λευκός θόρυβος μηδενική αυτοσυσχέτιση ($\rho = 0$)

Με δεδομένη r , έλεγχος:

$$H_0 = 0 \quad H_1 \neq 0$$

Ljung & Box portmanteau statistic

$$Q = n(n+2) \sum_{k=1}^K \frac{r_k^2}{n}$$

$Q \sim \chi^2_k$ με k βαθμούς ελευθερίας

Απόρριψη H_0 αν $Q > \chi^2_{k;1-\alpha}$

Αδυναμίες;

Portmanteau μερικής αυτοσυσχέτισης monti1994

Αντικατάσταση στο Q της ολικής με μερική αυτοσυσχέτιση:

$$Q = n(n+2) \sum_{k=1}^K \frac{r_k^2}{n}$$

Portmanteau μερικής αυτοσυσχέτισης monti1994

Αντικατάσταση στο Q της ολικής με μερική αυτοσυσχέτιση:

$$Q = n(n+2) \sum_{k=1}^K \frac{\hat{\gamma}_k^2}{n}$$

Μικρή τάξη AR: εξίσου ισχυρό με Q

Μικρή τάξη MA: πιο ευαίσθητο από Q

Ιδέα:

Μικρότερο βάρος στις αργότερες αυτοσυσχετίσεις
Υπολογίζονται με λιγότερα δείγματα

Ιδέα:

Μικρότερο βάρος στις αργότερες αυτοσυσχετίσεις
Υπολογίζονται με λιγότερα δείγματα

Σταθμισμένα στατιστικά Portmanteau fisher2011

$$Q_w = n(n+2) \sum_{k=1}^m \frac{m-k+1}{m} \frac{r_k^2}{n-k}$$

$$M_w = n(n+2) \sum_{k=1}^m \frac{m-k+1}{m} \frac{r_k^2}{n-k}$$

Κατανομή: γραμμικός συνδυασμός ²

1

¹monti1994.

Εποχικές χρονοσειρές

Περιοδικά υπόλοιπα

Περιοδικά υπόλοιπα

Ένδειξη ανεπαρκούς μοντέλου

Αυτοσυσχέτιση όχι ιδιαίτερα ευαίσθητη στην περιοδικότητα

Periodogram! sekar2010

Παρόμοιο με μετασχηματισμό Fourier:

$$I(f_i) = \frac{2}{n} \left[\left(\sum_{t=1}^n x_t \cos 2\pi f_i t \right)^2 + \left(\sum_{t=1}^n x_t \sin 2\pi f_i t \right)^2 \right]$$

όπου x_t τα δείγματα της χρονοσειράς, $f_i = \frac{i}{n}$ συχνότητα

Cumulative periodogram

Το κανονικοποιημένο ολοκλήρωμα του periodogram:

$$C(f_j) = \frac{\sum_{i=1}^j I(f_i)}{n_a^2}$$

Cumulative periodogram

Το κανονικοποιημένο ολοκλήρωμα του periodogram:

$$C(f_j) = \frac{\sum_{i=1}^j I(f_i)}{n_a^2}$$

Λευκός θόρυβος $C(f_j)$ ευθεία γραμμή μεταξύ (0,0) και (0.5,1)

Περιοδικότητα Απόκλιση από την ευθεία

Έλεγχος σημαντικότητας: Kolmogorov-Smirnov
1-sample test

Αναφορές



M. Mohammadi, A. Al-Fuqaha, S. Sorour και M. Guizani, «Deep Learning for IoT Big Data and Streaming Analytics: A Survey,» *IEEE Communications Surveys Tutorials*, τόμ. 20, αρθμ. 4, σσ. 2923–2960, Fourthquarter 2018, ISSN: 1553-877X. DOI: **10.1109/COMST.2018.2844341.**



J. Piaget, **The Origins of Intelligence in Children**, σύνταξη υπό M. Cook, σειρά The Origins of Intelligence in Children. New York, NY, US: W W Norton & Co, 1952, 419 **pagetotals**. DOI: **10.1037/11494-000.**



P. W. Anderson, «More Is Different,» *Science*, τόμ. 177, αρθμ. 4047, σσ. 393–396, 4 Αύγ. 1972, ISSN: 0036-8075, 1095-9203. DOI: **10.1126/science.177.4047.393.** pmid: 17796623.



D. E. Knuth, «Literate Programming,» *The Computer Journal*, τόμ. 27, αρθμ. 2, σσ. 97–111, 1 Ιαν. 1984, ISSN: 0010-4620. DOI: 10.1093/comjnl/27.2.97.



M. Minsky, **Society Of Mind**. Simon and Schuster, 15 Μαρ. 1988, 342 **pagetotals**, ISBN: 978-0-671-65713-0.



P. Földiák, «Forming sparse representations by local anti-Hebbian learning,» *Biological Cybernetics*, τόμ. 64, αρθμ. 2, σσ. 165–170, 1 Δεκ. 1990, ISSN: 1432-0770. DOI: 10.1007/BF02331346.



H. L. Dreyfus και S. E. Dreyfus, «Making a Mind Versus Modelling the Brain: Artificial Intelligence Back at the Branchpoint,» στο **Understanding the Artificial: On the Future Shape of Artificial Intelligence**, σειρά Artificial Intelligence and Society, M. Negrotti, επιμελήτης, London: Springer London, 1991, σσ. 33–54, ISBN: 978-1-4471-1776-6. DOI: 10.1007/978-1-4471-1776-6_3. διεύθυν.: https://doi.org/10.1007/978-1-4471-1776-6_3 (επίσκεψη 28/05/2019).



D. B. Lenat και E. A. Feigenbaum, «On the Thresholds of Knowledge,» **Artificial Intelligence**, τόμ. 47, αρθμ. 1, σσ. 185–250, 1 Ιαν. 1991, ISSN: 0004-3702. DOI: [10.1016/0004-3702\(91\)90055-0](https://doi.org/10.1016/0004-3702(91)90055-0).



P. Wang, «On the Working Definition of Intelligence,» 1995.



H. J. Chiel και R. D. Beer, «The Brain Has a Body: Adaptive Behavior Emerges from Interactions of Nervous System, Body and Environment,» **Trends in Neurosciences**, τόμ. 20, αρθμ. 12, σσ. 553–557, 1 Δεκ. 1997, ISSN: 0166-2236. DOI: [10.1016/S0166-2236\(97\)01149-1](https://doi.org/10.1016/S0166-2236(97)01149-1).



V. B. Mountcastle, «The columnar organization of the neocortex,» **Brain: A Journal of Neurology**, τόμ. 120 (Pt 4), σσ. 701–722, Απρ. 1997, ISSN: 0006-8950. DOI: [10.1093/brain/120.4.701](https://doi.org/10.1093/brain/120.4.701). pmid: 9153131.



K. Doya, «What are the computations of the cerebellum, the basal ganglia and the cerebral cortex?» **Neural Networks: The Official Journal of the International Neural Network Society**, τόμ. 12, αρθμ. 7-8, σσ. 961–974, Οκτ. 1999, ISSN: 1879-2782. pmid: 12662639.



M. C. W. van Rossum, G. Q. Bi και G. G. Turrigiano, «Stable Hebbian Learning from Spike Timing-Dependent Plasticity,» *Journal of Neuroscience*, τόμ. 20, αρθμ. 23, σσ. 8812–8821, 1 Δεκ. 2000, ISSN: 0270-6474, 1529-2401. DOI: 10.1523/JNEUROSCI.20-23-08812.2000. pmid: 11102489.



S. Song, K. D. Miller και L. F. Abbott, «Competitive Hebbian learning through spike-timing-dependent synaptic plasticity,» *Nature Neuroscience*, τόμ. 3, αρθμ. 9, σ. 919, Σεπτ. 2000, ISSN: 1546-1726. DOI: 10.1038/78829.



R. Stallman, **Free Software, Free Society: Selected Essays of Richard M. Stallman**. Lulu.com, 2002, 188 **pagetotals**, ISBN: 978-1-882114-98-6.



J. C. Horton και D. L. Adams, «The Cortical Column: A Structure without a Function,» *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, τόμ. 360, αρθμ. 1456, σσ. 837–862, 29 Απρ. 2005, ISSN: 0962-8436. DOI: 10.1098/rstb.2005.1623. pmid: 15937015.



G. Roth και U. Dicke, «Evolution of the Brain and Intelligence,» **Trends in Cognitive Sciences**, τόμ. 9, αρθμ. 5, σσ. 250–257, 1 Μάι. 2005, ISSN: 1364-6613. DOI: [10.1016/j.tics.2005.03.005](https://doi.org/10.1016/j.tics.2005.03.005).



A. R. Damasio, **Descartes' Error**. Vintage, 2006, 354 **pagetotals**, ISBN: 978-0-09-950164-0.



S. Legg και M. Hutter, «A Collection of Definitions of Intelligence,» στο **Advances in Artificial General Intelligence: Concepts, Architectures and Algorithms**, IOS Press, 2007, σσ. 17–24.



—, «Universal Intelligence: A Definition of Machine Intelligence,» **Minds and Machines**, τόμ. 17, αρθμ. 4, σσ. 391–444, 1 Δεκ. 2007, ISSN: 1572-8641. DOI: [10.1007/s11023-007-9079-x](https://doi.org/10.1007/s11023-007-9079-x).



P. Wang, «The Logic of Intelligence,» στο **Artificial General Intelligence**, σειρά Cognitive Technologies, B. Goertzel και C. Pennachin, επιμελητές, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2007, σσ. 31–62, ISBN: 978-3-540-68677-4. DOI: [10.1007/978-3-540-68677-4_2](https://doi.org/10.1007/978-3-540-68677-4_2). διεύθυν.: https://doi.org/10.1007/978-3-540-68677-4_2 (επίσκεψη 28/05/2019).



T. Freund και S. Kali, «Interneurons,» **Scholarpedia**, τόμ. 3, αρθμ. 9, σ. 4720, 1 Σεπτ. 2008, ISSN: 1941-6016. DOI: **10.4249/scholarpedia.4720**.



J. A. Starzyk, «Motivation in Embodied Intelligence,» **Frontiers in Robotics, Automation and Control**, 1 Οκτ. 2008. DOI: **10.5772/6332**.



P. Wang, «What Do You Mean by “AI”?,» **presented at** Proceedings of the 2008 Conference on Artificial General Intelligence 2008: Proceedings of the First AGI Conference, IOS Press, 20 Ιούν. 2008, σσ. 362–373, ISBN: 978-1-58603-833-5. διεύθν.:
<http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1566174.1566207>
(επίσκεψη 28/05/2019).



J. Defelipe, H. Markram και K. S. Rockland, «The Neocortical Column,» **Frontiers in Neuroanatomy**, τόμ. 6, 2012, ISSN: 1662-5129. DOI: **10.3389/fnana.2012.00022**.



A. Damasio και G. B. Carvalho, «The nature of feelings: Evolutionary and neurobiological origins,» **Nature Reviews Neuroscience**, τόμ. 14, αρθμ. 2, σσ. 143–152, Φεβ. 2013, ISSN: 1471-0048. DOI: 10.1038/nrn3403.



E. Jauk, M. Benedek, B. Dunst και A. C. Neubauer, «The Relationship between Intelligence and Creativity: New Support for the Threshold Hypothesis by Means of Empirical Breakpoint Detection,» **Intelligence**, τόμ. 41, αρθμ. 4, σσ. 212–221, 1 Ιούλ. 2013, ISSN: 0160-2896. DOI: 10.1016/j.intell.2013.03.003.



E. R. Kandel, T. M. Jessell, J. H. Schwartz, S. A. Siegelbaum και A. J. Hudspeth, **Principles of Neural Science, Fifth Edition**. McGraw Hill Professional, 2013, 1761 **pagetotals**, ISBN: 978-0-07-139011-8.



R. Paton, H. Bolouri, W. M. L. Holcombe, J. H. Parish και R. Tateson, **Computation in Cells and Tissues: Perspectives and Tools of Thought**. Springer Science & Business Media, 14 Μαρ. 2013, 349 **pagetotals**, ISBN: 978-3-662-06369-9.



V. B. Shah, A. Edelman, S. Karpinski, J. Bezanson και J. Kepner, «Novel Algebras for Advanced Analytics in Julia,» στο 2013 IEEE High Performance Extreme Computing Conference (HPEC), Σεπτ. 2013, σσ. 1–4. DOI: [10.1109/HPEC.2013.6670347](https://doi.org/10.1109/HPEC.2013.6670347).



M. Shcherbakov, A. Brebels, A. Tyukov, T. Janovsky και V. Anatol, «A Survey of Forecast Error Measures,», 2013.



M. Benedek, E. Jauk, M. Sommer, M. Arendasy και A. C. Neubauer, «Intelligence, Creativity, and Cognitive Control: The Common and Differential Involvement of Executive Functions in Intelligence and Creativity,» *Intelligence*, τόμ. 46, σσ. 73–83, 1 Σεπτ. 2014, ISSN: 0160-2896. DOI: [10.1016/j.intell.2014.05.007](https://doi.org/10.1016/j.intell.2014.05.007).



Y. Bengio, D.-H. Lee, J. Bornschein, T. Mesnard και Z. Lin, «Towards Biologically Plausible Deep Learning,», 13 Φεβ. 2015. arXiv: [1502.04156 \[cs\]](https://arxiv.org/abs/1502.04156). διεύθυν: <http://arxiv.org/abs/1502.04156> (επίσκεψη 28/05/2019).



S. Billaudelle και S. Ahmad, «Porting HTM Models to the Heidelberg Neuromorphic Computing Platform», 8 Μάι. 2015. arXiv: 1505.02142 [cs, q-bio]. Διεύθυν.: <http://arxiv.org/abs/1505.02142> (επίσκεψη 02/06/2019).



H. Markram, E. Muller, S. Ramaswamy, M. W. Reimann, M. Abdellah, C. A. Sanchez, A. Ailamaki, L. Alonso-Nanclares, N. Antille, S. Arsever, G. A. A. Kahou, T. K. Berger, A. Bilgili, N. Buncic, A. Chalimourda, G. Chindemi, J.-D. Courcol, F. Delalondre, V. Delattre, S. Druckmann, R. Dumusc, J. Dynes, S. Eilemann, E. Gal, M. E. Gevaert, J.-P. Ghobril, A. Gidon, J. W. Graham, A. Gupta, V. Haenel, E. Hay, T. Heinis, J. B. Hernando, M. Hines, L. Kanari, D. Keller, J. Kenyon, G. Khazen, Y. Kim, J. G. King, Z. Kisvarday, P. Kumbhar, S. Lasserre, J.-V. Le Bé, B. R. C. Magalhães, A. Merchán-Pérez, J. Meystre, B. R. Morrice, J. Muller, A. Muñoz-Céspedes, S. Muralidhar, K. Muthurasa, D. Nachbaur, T. H. Newton, M. Nolte, A. Ovcharenko, J. Palacios, L. Pastor, R. Perin, R. Ranjan, I. Riachi, J.-R. Rodríguez, J. L. Riquelme, C. Rössert, K. Sfyarakis, Y. Shi, J. C. Shillcock, G. Silberberg, R. Silva, F. Tauheed, M. Telefont, M. Toledo-Rodriguez, T. Tränkler, W. Van Geit, J. V. Díaz, R. Walker, Y. Wang, S. M. Zaninetta, J. DeFelipe, S. L. Hill, I. Segev και F. Schürmann, «Reconstruction and Simulation of Neocortical Microcircuitry,» *Cell*, τόμ. 163, αρθμ. 2, σσ. 456–492, 8 Οκτ. 2015, ISSN: 1097-4172. DOI: 10.1016/j.cell.2015.09.029. pmid: 26451489.



K. Meier, «A Mixed-Signal Universal Neuromorphic Computing System,» στο **2015 IEEE International Electron Devices Meeting (IEDM)**, Δεκ. 2015, σσ. 4.6.1–4.6.4. DOI: **10.1109/IEDM.2015.7409627**.



A. Adamatzky, επιμελήτης, **Advances in Physarum Machines: Sensing and Computing with Slime Mould**, Emergence, Complexity and Computation, Springer International Publishing, 2016, ISBN: 978-3-319-26661-9. διεύθυν.:
<https://www.springer.com/gp/book/9783319266619>
(επίσκεψη 29/05/2019).



Y. Cui, S. Ahmad και J. Hawkins, «Continuous Online Sequence Learning with an Unsupervised Neural Network Model,» **Neural Computation**, τόμ. 28, αρθμ. 11, σσ. 2474–2504, 14 Σεπτ. 2016, ISSN: 0899-7667. DOI: **10.1162/NECO_a_00893**.



P. Haueis, «The Life of the Cortical Column: Opening the Domain of Functional Architecture of the Cortex (1955–1981),» **History and Philosophy of the Life Sciences**, τόμ. 38, αρθμ. 3, 2016, ISSN: 0391-9714. DOI: **10.1007/s40656-016-0103-4**. pmid: 27325058.



J. Hawkins και S. Ahmad, «Why Neurons Have Thousands of Synapses, a Theory of Sequence Memory in Neocortex,» **Frontiers in Neural Circuits**, τόμ. 10, 2016, ISSN: 1662-5110. DOI: **10.3389/fncir.2016.00023**.



S. Purdy, «Encoding Data for HTM Systems,», 18 Φεβ. 2016. arXiv: **1602.05925 [cs, q-bio]**. διεύθυν.: <http://arxiv.org/abs/1602.05925> (επίσκεψη 02/06/2019).



J. Regier, K. Pamnany, R. Giordano, R. Thomas, D. Schlegel, J. McAuliffe και Prabhat, «Learning an Astronomical Catalog of the Visible Universe through Scalable Bayesian Inference,», 10 Νοέ. 2016. arXiv: **1611.03404 [astro-ph, stat]**. διεύθυν.: <http://arxiv.org/abs/1611.03404> (επίσκεψη 29/05/2019).



J. Bezanson, A. Edelman, S. Karpinski και V. Shah, «Julia: A Fresh Approach to Numerical Computing,» **SIAM Review**, τόμ. 59, αρθμ. 1, σσ. 65–98, 1 Ιαν. 2017, ISSN: 0036-1445. DOI: **10.1137/141000671**.



K. Brading, E. Castellani και N. Teh, «Symmetry and Symmetry Breaking,» στο **The Stanford Encyclopedia of Philosophy**, E. N. Zalta, επιμελήτης, Winter 2017, Metaphysics Research Lab, Stanford University, 2017. διεύθυν.: <https://plato.stanford.edu/archives/win2017/entries/symmetry-breaking/> (επίσκεψη 29/05/2019).



Y. Cui, S. Ahmad και J. Hawkins, «The HTM Spatial Pooler—A Neocortical Algorithm for Online Sparse Distributed Coding,» **Frontiers in Computational Neuroscience**, τόμ. 11, 2017, ISSN: 1662-5188. DOI: 10.3389/fncom.2017.00111.



J. Hawkins, S. Ahmad και Y. Cui, «A Theory of How Columns in the Neocortex Enable Learning the Structure of the World,» **Frontiers in Neural Circuits**, τόμ. 11, 2017, ISSN: 1662-5110. DOI: 10.3389/fncir.2017.00081.



M. Pastell. (22 Μαρ. 2017), Weave.jl: Scientific Reports Using Julia, διεύθυν.: <http://joss.theoj.org> (επίσκεψη 09/06/2019).



S. Sabour, N. Frosst και G. E. Hinton, «Dynamic Routing Between Capsules,» στο **Advances in Neural Information Processing Systems 30**, I. Guyon, U. V. Luxburg, S. Bengio, H. Wallach, R. Fergus, S. Vishwanathan και R. Garnett, επιμελητές, Curran Associates, Inc., 2017, σσ. 3856–3866. διεύθυν.: <http://papers.nips.cc/paper/6975-dynamic-routing-between-capsules.pdf> (επίσκεψη 30/05/2019).



V. Losing, B. Hammer και H. Wersing, «Incremental On-Line Learning: A Review and Comparison of State of the Art Algorithms,» **Neurocomputing**, τόμ. 275, σσ. 1261–1274, 31 Ιαν. 2018, ISSN: 0925-2312. DOI: 10.1016/j.neucom.2017.06.084.



O. Nachum, S. (Gu, H. Lee και S. Levine, «Data-Efficient Hierarchical Reinforcement Learning,» στο **Advances in Neural Information Processing Systems 31**, S. Bengio, H. Wallach, H. Larochelle, K. Grauman, N. Cesa-Bianchi και R. Garnett, επιμελητές, Curran Associates, Inc., 2018, σσ. 3303–3313. διεύθν.:
<http://papers.nips.cc/paper/7591-data-efficient-hierarchical-reinforcement-learning.pdf> (επίσκεψη 30/05/2019).



S. Sabour, N. Frosst και G. Hinton, «Matrix Capsules with EM Routing,», **presented at 6th International Conference on Learning Representations, ICLR**, 2018.



P. Xiong, Y. Zhu, Z. Sun, Z. Cao, M. Wang, Y. Zheng, J. Hou, T. Huang και Z. Que, «Application of Transfer Learning in Continuous Time Series for Anomaly Detection in Commercial Aircraft Flight Data,» στο **2018 IEEE International Conference on Smart Cloud (SmartCloud)**, Σεπτ. 2018, σσ. 13–18. DOI: [10.1109/SmartCloud.2018.00011](https://doi.org/10.1109/SmartCloud.2018.00011).



T. Aglassinger, **Pygount**, 10 Μάι. 2019. διεύθν.:
<https://github.com/roskakori/pygount> (επίσκεψη
10/06/2019).



J. Hawkins, M. Lewis, M. Klukas, S. Purdy και S. Ahmad, «A Framework for Intelligence and Cortical Function Based on Grid Cells in the Neocortex,» **Frontiers in Neural Circuits**, τόμ. 12, 2019, ISSN: 1662-5110. DOI: 10.3389/fncir.2018.00121.



E. Kipouridis και K. Tsihclas, «On the Convergence of Network Systems,», 11 Φεβ. 2019. arXiv: 1902.04121 [cs, math]. διεύθν.:
<http://arxiv.org/abs/1902.04121> (επίσκεψη 10/06/2019).



Numenta, **NuPIC - HotGym Prediction**, Numenta, 4 Ιούν. 2019. διεύθν.:
[https://github.com/numenta/nupic/tree/master/
examples/opf/clients/hotgym/prediction/one_gym](https://github.com/numenta/nupic/tree/master/examples/opf/clients/hotgym/prediction/one_gym)
(επίσκεψη 10/06/2019).



O. Vinyals, I. Babuschkin, J. Chung, M. Mathieu και D. Silver. (2019), AlphaStar: Mastering the Real-Time Strategy Game StarCraft II, διεύθν.: <https://deepmind.com/blog/alphastar-mastering-real-time-strategy-game-starcraft-ii/>.



B. Chazelle. (), Natural Algorithms and Influence Systems, διεύθν.: <https://cacm.acm.org/magazines/2012/12/157889-natural-algorithms-and-influence-systems/abstract> (επίσκεψη 28/05/2019).



M. Innes, **Lazy.Jl**, διεύθν.: <https://github.com/MikeInnes/Lazy.jl> (επίσκεψη 04/06/2019).



Numenta, **NUPIC**, διεύθν.: <https://github.com/numenta/nupic> (επίσκεψη 04/06/2019).



J. Piaget. (), The Psychology of Intelligence, διεύθν.: https://www.goodreads.com/work/best_book/13123281-the-psychology-of-intelligence (επίσκεψη 28/05/2019).



(.). The Fundamentals of Brain Development: Integrating Nature and Nurture - Joan Stiles, Emeritus Professor of Cognitive Sciences Joan Stiles - Google Books, διεύθυν.: https://books.google.gr/books/about/The_Fundamentals_of_Brain_Development.html?id=BAbSGxIINYoC&printsec=frontcover&source=kp_read_button&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false (επίσκεψη 29/05/2019).



P. Wang, «Cognitive Logic versus Mathematical Logic,»,