



Cladística Aplicada a Revisão Sistemática da Literatura

Cladistic Approach to Systematic Reviews

José Ricardo Gomes dos Santos Júnior

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Escola de Ciências e Tecnologia, Programa de Pós Graduação em Engenharia Aeroespacial, Natal/RN, Brazil. 59078-970

Resumo

Assim como a Vida, a Ciência deveria ser enxergada como um sistema evolutivo. Dessa forma, a evolução científica poderia ser organizada por meio de cladogramas. Este trabalho produz como resultado um cladograma sobre decodificação polar como exemplo prático da aplicação da cladística a uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL). Na busca, foram encontrados 39 resultados dos quais 29 compuseram a elaboração do exemplo de cladograma científico.

Palavras-chave: dendrograma, cladograma, revisão sistemática da literatura, codificação polar, decodificação, fpga.

Abstract

The Academy should see Science as an evolutionary system as Life. So, researchers would organize science evolution in cladograms. This paper produces a cladogram about polar decoding as a practical example of the cladistic approach in a systematic review. Was found in the search 39 results within 29 were used in the scientific cladogram example.

Keywords: dendrogram, cladogram, systematic review, polar code, decoding, fpga.

1. INTRODUÇÃO

Não é difícil de se enxergar o progresso acadêmico e científico como um sistema evolutivo. Ele está em constante avanço, e, a informação precisa ser organizada de forma a facilitar o seu acesso por pesquisadores. A cladística possibilitou a confecção de dendrogramas que agrupam espécies em uma mesma rede evolutiva de acordo com metodologias bem definidas. Da mesma forma, este artigo pretende identificar utilizando uma metodologia de revisão sistemática da literatura, características presentes em

trabalhos científicos que permita a confecção da árvore evolutiva da linha de pesquisa escolhida.

Sistemas evolutivos são observados nas mais distintas áreas do conhecimento, desde a evolução das espécies, até na linguagem humana, por exemplo. Esses sistemas apresentam características como reprodução, herança e mutação, e a pressão seletiva: um ímpeto que seleciona as características que tornam indivíduos mais aptos a se reproduzirem.

A produção de conhecimento científico pode ser caracterizada como um sistema evolutivo. A cada novo trabalho, é possível identificar no texto as heranças dos trabalhos usados como referência. As novas características apresentadas pelas propostas mais atuais, surgidas de *insights* dos pesquisadores, pode ser comparada a variabilidade das mutações. E o sistema de revisão por pares que, tal qual a pressão seletiva, seleciona os trabalhos que serão mais relevantes para a comunidade e os que não serão.

Tomando base essa analogia, é possível explorar as semelhanças entre a atual forma de produção de ciência e sistemas evolutivos para compor os resultados de uma revisão sistemática como um dendrograma, baseado num cladograma, com os trabalhos agrupados em grupos taxonômicos, definidos por suas características em comum, data de publicação, e novas proposições.

Nas Ciências da Informação (CI), para melhor organizar o conhecimento, os pesquisadores se debruçam no estudo de instrumentos de representação do conhecimento. Uma das maiores dificuldades está na escolha de um determinado domínio que possibilite às informações armazenadas sua recuperação de forma satisfatória em um momento posterior ao armazenamento. A taxonomia, em seu sentido amplo, se apresenta como uma ferramenta de solução estrutural, de modo a organizar, classificar e agrupar coisas em uma hierarquia de classes e subclasses de acordo com características distintas, atribuindo nomes aos grupos de coisas [1].

A cladística surgiu nos anos 1980 como uma forma sistemática de organização das espécies em oposição aos sistemas que buscavam hierarquizar os seres vivos em mais evoluídos e menos evoluídos. Dessa forma, a organização da informação priorizaria observar a história das relações entre as espécies, o seu parentesco, e seus ancestrais [2]. Ou seja, em vez de buscar qual espécie era mais evoluída, a cladística prezava por encontrar as relações entre espécies mais antigas e mais atuais.

Dessa forma, o cladograma se apresenta como um domínio taxonômico em potencial para a organização do conhecimento científico, de forma a evidenciar a história e as relações entre os trabalhos de uma mesma linha de pesquisa.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

De acordo com Clarke (2001) apud [3], e a partir da natureza exploratória deste trabalho, foi definida como metodologia uma revisão sistemática da literatura (RSL), por utilizar métodos sistemáticos e explícitos capazes de identificar, selecionar, e avaliar criticamente outros trabalhos.

Segundo Acoebeng (2005) apud [3], a revisão sistemática da literatura pode ser definida em 8 passos:

- i. Delimitação da questão a ser pesquisada;
- ii. Escolha das fontes de dados;
- iii. Escolha das palavras-chave para a busca;
- iv. Busca e armazenamento dos resultados;
- v. Seleção de artigos pelo resumo de acordo com critérios de inclusão e exclusão;

- vi. Extração dos dados dos artigos selecionados;
- vii. Avaliação dos artigos;
- viii. Síntese e interpretação dos dados.

Para exemplificar a composição de um dendrograma como resultado da revisão sistemática da literatura foi definido como escopo a seguinte questão: “Quais são os métodos de decodificação polar implementados em FPGA existentes?”.

Foi utilizada como fonte de dados a base de dados Copendex [4] e as palavras-chave utilizadas na busca foram: “polar code” AND “decoding” AND “Field programmable gate arrays FPGA”.

Após se encontrar os resultados da busca, foram definidas as características dos documentos científicos obtidos que a relacionariam com um sistema biológico, sendo essas características análogas as necessárias a composição de um cladograma. As características foram definidas segundo o método filogenético de Henning apud [5]:

- i. Apomorfias: Características derivadas (modificadas);
- ii. Sinapomorfias: Características compartilhadas semelhantes;
- iii. Tempo: Momento do tempo em que os indivíduos existem.

Sempre que uma apomorfia era encontrada, um novo braço era formado, para um novo grupo taxonômico de pesquisa científica. Assim, foi elaborado um dendrograma utilizando os documentos encontrados, organizando-o em grupos os trabalhos com as mesmas sinapomorfias, e hierarquizando os taxos de acordo com o tempo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A busca foi realizada no dia 15 de agosto de 2021 e resultou em uma lista no formato “.pdf” de 39 artigos científicos referenciados de [6] a [44]. Essa lista contém título, autores, fonte, ISSN, DOI, número do artigo, editora, afiliação dos autores, resumo, termos controlados, entre outras características disponibilizada. Desses, os artigos [6], [7], [10], [15], [20]¹, [25]², [26]³, [27]⁴, [38] e [44] foram descartados do dendrograma por não se encaixarem no escopo da questão.

Com base nos passos v, vi, vii e viii da RSL, foram definidos 10 métodos de decodificação de acordo com os resultados da busca, que estão definidos na Tabela 1. Eles foram classificados como Taxos, ou seja, uma classe de coisas, de acordo com características em comum que eram compartilhadas entre trabalhos anteriores e posteriores.

¹ Em [20] é descrito um emulador para polar code implementado em FPGA, não um decodificador.

² [25] se trata de uma revisão com abordagem de tutorial sobre vários tipos de decodificação polar, mas não um novo método.

³ [26] não se tratar de um decodificador polar, mas é possível que seja aplicável a um, apesar de não ter sido incluído no dendrograma.

⁴ [27] se trata de uma revisão dos principais métodos de decodificação polar existentes até sua publicação.

Tabela 1. Taxos dos Métodos de Decodificação Polar

Sigla	Taxo
SC	Successive-Cancellation
BP	Beliefe Propagation
O-R	Oomen-Ravishankar Architecture
LC	Low-Complexity
SCAN	Soft-output CANcellation
A-G	Arpure-Gugulothu Architecture
SIM	Simulation
SCL	Successive-Cancellation List
LA	Learning Assisted
MPE SM-LLR	Merged Processing Element Sign–Magnitude Log-LikelihoodRatio

Na Figura 1 é mostrado o dendrograma que organiza os resultados da busca em 10 taxos distintos, com base nos métodos de decodificação encontrados, sendo definidos por suas características em comum, tomando por base a definição de sinapomorfia.

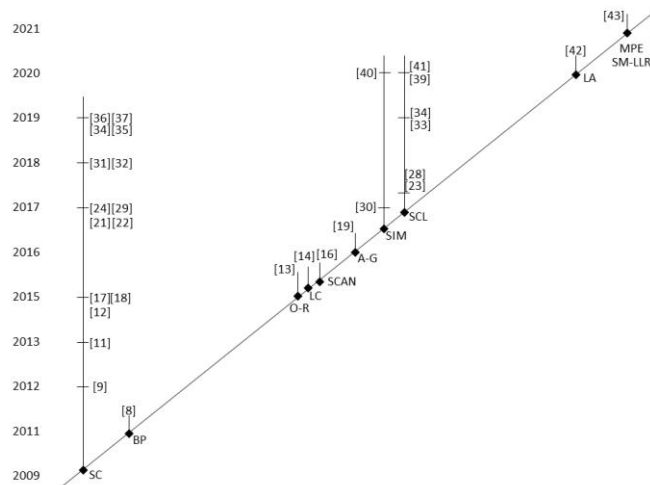


Figura 1 - Dendrograma dos Métodos de Decodificação Polar Utilizando FPGA

A esquerda, na vertical, vê-se a linha temporal que começa em 2009 com a proposição da Codificação Polar por Erdal Arıkan em [45]. Na linha diagonal, está o clado principal, simbolizando o escopo da busca, os métodos de decodificação polar implementados em FPGA. Nos clados verticais está representada a evolução de cada um dos 10 taxos (classificados como métodos de decodificação) encontrados a partir da análise dos resultados da busca.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Utilizar uma abordagem multidisciplinar na pesquisa de revisão sistemática da literatura, incorporando conceitos de taxonomia trazidos da biologia e das ciências da informação

junto da cladística permitiram reforçar as metodologias para obtenção de resultados na revisão.

O dendrograma resultante da RSL permite uma visualização da evolução histórica da linha de pesquisa em questão, os métodos de decodificação polar implementados em FPGA. Fica evidente que os taxos SC e SCL possuem uma maior produção acadêmica, e que algoritmos particulares como O-R e A-G não são abundantes. Isso mostra que a linha de pesquisa utilizada como escopo ainda pode ser mais explorada por pesquisadores dessa área.

Aplicar o dendrograma baseado na cladística permitiu se pensar nas dificuldades enfrentadas no decorrer do progresso científico da linha de pesquisa em questão, desde a proposição até o surgimento de novos paradigmas.

Utilizar cladogramas como método de organização dos resultados de revisões bibliográficas tornaria possível aos pesquisadores exercitar sua própria razão e criticidade sobre a evolução de suas respectivas áreas de pesquisa para extrapolar o *establishment* e promover o avanço científico.

REFERÊNCIAS

- [1] Lopes, PTD. Taxonomia corporativa e taxonomia facetada: análise dos usos e aplicações na ciência da informação e na ciência da computação. MS dissertação. Escola de Ciência da Informação da Universidade Federal de Minas Gerais. 2018.
- [2] Oliveira, DM, Bellini, M, de Almeida, HA. Cladogramas: O que Pensam Alunos de Ciências Biológicas. Universidade Federal Fluminense. Ensino, Saude e Ambiente, 2013; v. 6, n. 2.
- [3] Mendes, I, & Pinto, VB. Taxonomia nas áreas da Biblioteconomia e da Ciência da Informação: uma revisão sistemática. Universidade do Porto, 2019; Páginas a&b: arquivos e bibliotecas: 36-47.
- [4] Compendex. Engineering Village. Elsevier. Agosto 2021. Disponível em: <https://www.engineeringvillage.com/>
- [5] Santos, CMD, Calor, AR. Ensino de biologia evolutiva utilizando a estrutura conceitual da sistemática filogenética-I. Ciência & Ensino (ISSN 1980-8631), v. 1, n. 2, 2008.
- [6] Toovský, P, Vyskocil, P. Software defined transponder architecture. Proceedings of 19th International Conference Radioelektronika, 2009; p 263-266. DOI: 10.1109/RADIOELEK.2009.5158751.
- [7] Onohara, K, Sugihara, T, Konishi, Y, *et al.* Soft-decision-based forward error correction for 100 Gb/s transport systems. IEEE Journal on Selected Topics in Quantum Electronics, September-October 2010; v 16, n 5: p 1258-1267. DOI: 10.1109/JSTQE.2010.2040809.
- [8] Pamuk, A. An FPGA implementation architecture for decoding of polar codes. Proceedings of the International Symposium on Wireless Communication Systems, 2011; p 437-441. DOI: 10.1109/ISWCS.2011.6125398.
- [9] Leroux, C, Raymond, AJ, Sarkis, G, Gross, WJ. A Semi-parallel successive-cancellation decoder for polar codes. IEEE Transactions on Signal Processing, 2013; v 61, n 2: p 289-299. DOI: 10.1109/TSP.2012.2223693.
- [10] Takei, K. Polarization angle diversity for highly-reliable machine-to-machine radio. Proceedings of IEEE International Conference on Circuit,

- Power and Computing Technologies, 2013; p 825-828. DOI: 10.1109/ICCPCT.2013.6528874.
- [11] Pamuk, A, Arıkan, E. A two phase successive cancellation decoder architecture for polar codes. IEEE International Symposium on Information Theory - Proceedings, 2013; p 957-961. DOI: 10.1109/ISIT.2013.6620368.
- [12] Giard, P, Sarkis, G, Thibeault, C, Gross, WJ. 237 Gbit/s unrolled hardware polar decoder. Electronics Letters, 2015; v 51, n 10: p 762-763. DOI: 10.1049/el.2014.4432.
- [13] Oommen, MS, Ravishankar, S. FPGA implementation of an advanced encoding and decoding architecture of polar codes. International Conference on VLSI Systems, Architecture, Technology and Applications, VLSI-SATA, 2015. DOI: 10.1109/VLSI-SATA.2015.7050456.
- [14] Arlı, AC, Colak, A, Gazi, O. A 638 Mbps low-complexity rate 1/2 polar decoder on FPGAs. IEEE Workshop on Signal Processing Systems, SiPS: Design and Implementation, 2015. DOI: 10.1109/SiPS.2015.7345007.
- [15] Matsumoto, R, Kodama, T, Morita, K, Wada, N, Kitayama, KI. Scalable two- and three-dimensional optical labels generated by 128-port encoder/decoder for optical packet switching. Optics Express, 2015; v 23, n 20: p 25747-25761. DOI: 10.1364/OE.23.025747.
- [16] Berhault, G, Leroux, C, Jegou, C, Dallet, D. Hardware implementation of a soft cancellation decoder for polar codes. : Conference on Design and Architectures for Signal and Image Processing, DASIP, 2015. DOI: 10.1109/DASIP.2015.7367252.
- [17] Wüthrich, J, Balatsoukas-Stimming, A, Burg, A. An FPGA-based accelerator for rapid simulation of SC decoding of polar codes. Proceedings of the IEEE International Conference on Electronics, Circuits, and Systems, 2016; p 633-636. DOI: 10.1109/ICECS.2015.7440396.
- [18] Ananthakirupa, VPMB, Aarthi A, Indumathi, G, Ramesh, M. Soft distance metric decoding of polar codes. Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), 2015; v 9496: p 173-183. DOI: 10.1007/978-3-319-27239-9_10.
- [19] Arpure, A, Gugulothu, S. FPGA implementation of polar code based encoder architecture. International Conference on Communication and Signal Processing, ICCSP, 2016; p 691-695. DOI: 10.1109/ICCSP.2016.7754231.
- [20] Xiong, C, Zhong, Y, Zhang, C, Yan, Z. An FPGA emulation platform for polar codes. IEEE Workshop on Signal Processing Systems, SiPS: Design and Implementation, 2016; v 0: p 148-153. DOI: 10.1109/SiPS.2016.34.
- [21] Arlı, AÇ, Çolak, A, Gazi, O. The Implementation of a Successive Cancellation Polar Decoder on Xilinx System Generator. 2nd International Conference on Robotics and Automation Engineering, 2017; p 372-376. DOI: 10.1109/ICRAE.2017.8291440.
- [22] Arlı, AC, Colak, A, Gazi, O. The implementation of a successive cancellation polar decoder on Xilinx system generator. - 24th IEEE International Conference on Electronics, Circuits and Systems, 2017; DOI: 10.1109/ICECS.2017.8291995.
- [23] Xia, CF, Y, Chen, J, *et al.* An implementation of list successive cancellation decoder with large list size for polar codes. 27th International Conference on Field Programmable Logic and Applications, 2017; DOI: 10.23919/FPL.2017.8056843.
- [24] Le Gal, B, Leroux, C, Jegou, C. Successive cancellation decoder for very long polar codes. IEEE Workshop on Signal Processing Systems, SiPS: Design and Implementation, 2017. DOI: 10.1109/SiPS.2017.8110022.
- [25] Giard, P, Thibeault, C, Gross, WJ. High-speed decoders for polar codes. Springer International Publishing, 2017; p 1-98. DOI: 10.1007/978-3-319-59782-9.
- [26] Venkatesh, T, Divya Barathi, T. High speed and low complexity XOR-free technique based data encoder architecture. Proceedings of 2017 International Conference on Innovations in Information, Embedded and Communication Systems, ICIECS 2017; v 2018-January: p 1-4. DOI: 10.1109/ICIECS.2017.8276075.
- [27] Ananthakirupa, VPMB, Aarthi A, Indumathi, G, Ramesh, M. A review on resource efficient polar decoders-present and past. Proceedings of the 2017 IEEE International Conference on Communication and Signal Processing, ICCSP 2017; v 2018-January: p 117-121. DOI: 10.1109/ICCSP.2017.8286701.
- [28] Mude, S, Dasharatha, M, Naik, BR. High-throughput and energy-efficient SCL decoder design using FPGA. Proceedings of the 2017 IEEE International Conference on Communication and Signal Processing, ICCSP 2017; v 2018-January: p 395-399. DOI: 10.1109/ICCSP.2017.8286385.
- [29] Berhault, G, Leroux, C, Jegou, C, Dallet, D. Memory Requirement Reduction Method for Successive Cancellation Decoding of Polar Codes. Journal of Signal Processing Systems, 2017; v 88, n 3: p 425-438. DOI: 10.1007/s11265-016-1179-5.
- [30] Sun, S, Zhang, Z. Designing Practical Polar Codes Using Simulation-Based Bit Selection. IEEE Journal on Emerging and Selected Topics in Circuits and Systems, 2017; v 7, n 4: p 594-603. DOI: 10.1109/JETCAS.2017.2759253.
- [31] Babu, GS, Gopalakrishnan, L. Low-Complexity Successive Cancellation Decoder with Scan Chain. International Conference on Circuits and Systems in Digital Enterprise Technology, ICCSDet 2018. DOI: 10.1109/ICCSDET.2018.8821165.
- [32] Chen, Y, Xia, ZW, Tang, LY, Wan, GC, Tong, MS. An Improved Successive-Cancellation Decoding Algorithm for Polar Code Based on FPGA. Progress in Electromagnetics Research Symposium, v 2018-August, p 756-759. DOI: 10.23919/PIERS.2018.8597997.
- [33] Dong, X, Liu, R, Huang, Z. Fast Simplified Multi-Bit Successive-Cancellation List Decoding of Polar Codes and Implementation. IEEE International Symposium on Broadband Multimedia Systems and Broadcasting, BMSB, v 2019-June. DOI: 10.1109/BMSB47279.2019.8971912
- [34] Nguyen, LVQ, Dion, J, Gresset, N. Polar decoding hardware implementation. 26th IEEE International Conference on Electronics, Circuits and Systems, ICECS 2019; p 622-625. DOI: 10.1109/ICECS46596.2019.8964935.
- [35] Zhou, Y, Chen, Z, Lin, J, Wang, Z. A High-Speed Successive-Cancellation Decoder for Polar Codes Using Approximate Computing. IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Express Briefs, 2019; v 66, n 2: p 227-231. DOI: 10.1109/TCSII.2018.2847441.
- [36] Delomier, Y, Gal, BL, Crenne, J, Jegou, C. Generation of Efficient Self-Adaptive Hardware Polar Decoders Using High-Level Synthesis. : IEEE Workshop on Signal Processing Systems, SiPS: Design and Implementation, v 2019-October; p 242-247. DOI: 10.1109/SiPS47522.2019.9020441.

- [37] Ideguchi, Y, Kamiya, N, Tawada, M, Togawa, N. Effectively Partitioned Implementation for Successive-Cancellation Polar Decoder. Midwest Symposium on Circuits and Systems, v 2019-August; p 981-984. DOI: 10.1109/MWSCAS.2019.8885174.
- [38] Chikhale, V, Wankhede, N, Hande, S. Development of Optical Communication Framework with Xilinx Gigabit Transceivers. International Conference on Nascent Technologies in Engineering, ICNTE 2019. DOI: 10.1109/ICNTE44896.2019.8945995.
- [39] DIZdar, O. A Complexity Reduction Method for Successive Cancellation List Decoding. IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Express Briefs, 2020; v 67, n 4: p 655-659. DOI: 10.1109/TCSII.2019.2922009.
- [40] Delomier, Y, Gal, BL, Crenne, J, Jego, C. Model-based Design of Hardware SC Polar Decoders for FPGAs. ACM Transactions on Reconfigurable Technology and Systems, 2020; v 13, n 2. DOI: 10.1145/3391431.
- [41] Liang, X, Wang, H, Shen, Y, Zhang, Z, You, X, Zhang, C. Efficient stochastic successive cancellation list decoder for polar codes. Science China Information Sciences, 2020; v 63, n 10. DOI: 10.1007/s11432-019-2924-6.
- [42] Lyu, N, Dai, B, Wang, H, Yan, Z. Optimization and Hardware Implementation of Learning Assisted Min-Sum Decoders for Polar Codes. Journal of Signal Processing Systems, 2020; v 92, n 10: p 1045-1056. DOI: 10.1007/s11265-020-01561-y.
- [43] Krasser, FG, Liberatori, MC, Coppolillo, L, Arnone, L, Castiñeira Moreira, J. Fast and efficient FPGA implementation of Polar Codes and SoC test bench. Microprocessors and Microsystems, 2021; v 84. DOI: 10.1016/j.micpro.2021.104264.
- [44] Tamkeen, AS, Hamad, AA. FPGA Implementation of Scaled "Quasi-Cyclic LDPC" Decoder Using High-Level Synthesis. Advances in Intelligent Systems and Computing, 2021; v 1292: p 131-142. DOI: 10.1007/978-981-33-4389-4_14.
- [45] Arikan, E. Channel Polarization: A Method for Constructing Capacity-Achieving Codes for Symmetric Binary-Input Memoryless Channels. IEEE Transactions on Information Theory, 2009; vol. 55, no. 7: pp. 3051-3073. DOI: 10.1109/TIT.2009.2021379.