

Uma Revisão da Literatura em Sistemas Quantum-Fuzzy

**Gabriel Silva¹, Luis Henrique Brum¹, Renata Reiser¹, Adenauer Yamin¹,
Anderson Cruz⁴, Helida Santos², Giancarlo Lucca³, Lizandro Oliveira³**

¹Universidade Federal de Pelotas(UFPel), Pelotas-RS, Brasil

{grosilva, lhdbrum, reiser, adenauer}@inf.ufpel.edu.br

²Universidade Federal do Rio Grande (FURG), Rio Grande-RS, Brasil

helida@furg.br

³Universidade Católica de Pelotas (UCPel), Pelotas-RS, Brasil

{giancarlo.lucca, lizandro.oliveira}@ucpel.edu.br

⁴Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Natal-RN, Brasil

anderson@imd.ufrn.br

Abstract. This Systematic Literature Review (SLR) searched for recent studies focused on the integration of Fuzzy Logic (FL) concepts and techniques simulated via Quantum Computing (QC), which currently also utilizes extensions of Computational Intelligence (CI) techniques. Through the SLR, 19 state-of-the-art papers were selected, covering 2023 to 2025, demonstrating the integration of FL concepts via quantum systems in the research for new approaches to simulations of Flexible Systems (FS). This SLR also contributes to a better understanding QC, reporting increased interest and synergy between these areas.

Resumo. Esta Revisão Sistemática da Literatura (RSL) busca estudos mais recentes, focados na integração de conceitos e técnicas da Lógica Fuzzy (LF) simulados via Computação Quântica (CQ), que atualmente também faz uso de extensões de técnicas da Inteligência Computacional (IC). Através da RSL foram selecionados 19 trabalhos no estado da arte, no período de 2023 a 2025, mostrando a integração dos conceitos da LF via sistemas quânticos na pesquisa por novas abordagens de simulações de Sistemas Flexíveis (SF). Essa RSL contribui para uma melhor compreensão da CQ reportando o incremento no interesse e na sinergia entre estas áreas.

1. Introdução

A Lógica Fuzzy (LF) [Zadeh 1978] promove a modelagem da linguagem natural, promovendo interpretações flexíveis para situações do mundo real que envolvem incerteza e imprecisão, permitindo um raciocínio computacional aproximado inerente aos Sistemas Flexíveis (SF). Sua criação e uso ocorrem devido à necessidade de modelar dados computacionais de maneira mais próxima à realidade, estendendo a representação binária, 0 ou 1, para uma representação multivalorada no intervalo $[0, 1]$.

A Computação Quântica (CQ) considera como unidade base de informação o qubit, que diferentemente da abordagem clássica, assume valores no intervalo

unitário $[0, 1]$ [Sigov et al. 2022]. Para manipulação de qubits, a CQ considera conceitos da física quântica, como sobreposição e emaranhamento quântico, viabilizando a execução de cálculos complexos de maneira mais rápida e eficaz que a computação clássica [Lu et al. 2023].

A CQ e a LF são relevantes áreas de pesquisa teórica, com elevado potencial de integração [de Avila et al. , Sachan and Kumar 2023] na busca de solução para problemas matemáticos/tecnológicos complexos, interpretando representações e modelagens de conectivos fuzzy via registradores e operadores quânticos, que nas simulações, potencializam propriedades inerentes da mecânica quântica. Mais recentemente, agregam-se extensões quânticas de técnicas da Inteligência Computacional (IC), como aprendizagem de máquina e classes de redes neurais, visando otimização fuzzy na simulação híbrida em computadores quânticos. Veja resultados em [Hou et al. 2022], [Pourabdollah et al. 2022] e [Zhang and Zhang 2022].

Na busca e identificação do estado da arte na pesquisa da sinergia destas áreas, a Revisão Sistemática da Literatura (RSL) se mostra como metodologia eficaz [Pollock and Berge 2018]. Neste contexto, diferentes etapas são propostas para selecionar os melhores artigos, que estejam dentro da *questão de pesquisa* construída e que demonstram resultados mais atuais. Outro importante ponto da RSL é a capacidade de servir de suporte para desenvolvimento de outras pesquisas, no caso, no tema *quantum-fuzzy*.

Este artigo foca na realização de uma RSL, incluindo artigos no estado da arte, na área de *quantum fuzzy*, analisando os últimos resultados correlacionando SF e CQ, mostrando que mais recentemente, tem-se uma abordagem híbrida, incluindo técnicas de IC. Busca-se, principalmente, as maneiras em que essas áreas podem colaborar e suas principais aplicações.

O restante deste trabalho está organizado da seguinte forma. Na Seção 2, apresentamos a metodologia utilizada para realizar a RSL. Em seguida, discutimos os resultados e trabalhos obtidos na Seção 3. Finalizando, tem-se as considerações finais na Seção 4.

2. Métodos e Técnicas utilizadas na Pesquisas

Esta seção apresenta as etapas adotadas na condução da RSL. São descritos os critérios de inclusão e exclusão, a definição das questões de pesquisa, as estratégias de busca utilizadas nas bases digitais, além das ferramentas aplicadas para organização e análise dos artigos. Por fim, detalha-se o processo de avaliação de qualidade que guiou a seleção final dos estudos analisados.

2.1. Revisão Sistemática Literária

Para o desenvolvimento da RSL, primeiramente foram definidas as questões de pesquisa, escolha das palavras-chaves, criação das *strings* de pesquisa e seleção das bibliotecas digitais que seriam utilizadas. Na sequência, os critérios de inclusão e exclusão aplicados nos trabalhos foram detalhados, juntamente com a formulação das questões utilizadas na avaliação de qualidade de cada trabalho e extração dos trabalhos finais aceitos.

Para análise de dados, considerou-se duas ferramentas: (i) **Parsifal**¹ que foi uti-

¹<https://parsif.al>

lizada para coordenar as etapas da RSL, e (ii) **Bibliometrix**² aplicada na visualização e organização dos artigos a serem analisados.

2.2. Questões de Pesquisa

As questões utilizadas para a formulação deste trabalho foram:

- **Questão 1:** Como a integração entre a lógica fuzzy e a computação quântica pode enriquecer os sistemas computacionais atuais?
- **Questão 2:** Quais as propriedades relevantes para suporte à simulação e representação de sistemas da computação flexível?
- **Questão 3:** Quais são os principais desafios e limitações encontrados na implementação de sistemas fuzzy em plataformas de computação quântica?
- **Questão 4:** Quais áreas de aplicação mais se beneficiam da integração entre computação quântica e lógica fuzzy nos estudos recentes?

As questões 1 e 2 buscam identificar as principais métodos e áreas presentes nos estudos mais recentes onde a abordagem quântica pode prover suporte para computação flexível. Na Questão 3, foca em entender as limitações reportadas em cada artigo. E, na Questão 4, consideram-se parâmetros para avaliar as áreas de aplicação de algoritmos quânticos na interpretação de sistemas flexíveis.

2.3. Bases de Dados e Processo de Busca

Na composição da *string* de busca utilizamos a seguinte palavra-chave:

- *Quantum Computing, Quantum Fuzzy, Fuzzy Logic, Quantum Circuits, e Flexible Systems.*

2.4. Bibliotecas Digitais

A seleção das bibliotecas digitais, nesta RSL, resultou nas seguintes bases:

- ACM Digital Library. <https://dl.acm.org>
- IEEE Xplore Digital Library. <https://ieeexplore.ieee.org>
- Science Direct. <https://sciencedirect.com>
- arXivLabs. <https://arxiv.org>
- Springer Link. <https://link.springer.com>
- TechScience. <https://www.techscience.com>
- SciTePress. <https://www.scitepress.org>

Para a busca dos artigos nas bases de dados selecionadas foi feita a aplicação da seguinte *string* de busca, adaptada para o formato de cada biblioteca consultada: (“*Quantum Computing*”) AND (“*Quantum Fuzzy*”) AND (“*Fuzzy Logic*” OR “*Flexible Systems*”) AND (“*Quantum Circuits*”).

²<https://bibliometrix.org>

2.5. Critérios de Inclusão e Exclusão

Os seguintes critérios de inclusão e exclusão foram considerados na seleção dos artigos que passariam para a próxima etapa da RSL, sendo aplicados em todos os artigos anteriormente obtidos. Considerou-se 04 Critérios de Inclusão (CI) e 04 de Exclusão (CE), explicitados logo a seguir:

- CI1 - Trabalhos que utilizem a lógica fuzzy ou a computação flexível em computadores quânticos.
 - CI2 - Estudos que abordem explicitamente a aplicação ou integração entre lógica fuzzy e computação quântica.
 - CI3 - Estudos publicados em Inglês, ou Espanhol.
 - CI4 - Estudos que proponham, utilizem ou analisem modelos híbridos de lógica fuzzy com algoritmos quânticos e sistemas flexíveis.
-
- CE1 - Artigo com título ou (DOI) *Digital Object Identifier* duplicado;
 - CE2 - Análise do título, resumo, palavras-chave, solução proposta, resultado e conclusão, sendo possível identificar que o artigo não apresenta uma aplicação da lógica fuzzy em sistemas quânticos;
 - CE3 - Artigo sem acesso público ou institucional;
 - CE4 - Trabalhos anteriores ao ano de 2023.

Considerando o CI3, os autores privilegiaram os repositórios de artigos acadêmicos com métricas relevantes de impacto na pesquisa científica.

2.6. Avaliação de Qualidade e para Seleção Final dos Artigos

Nesta etapa, foi desenvolvida uma avaliação de qualidade, composta de algumas perguntas específicas que poderiam ser respondidas com “Sim”, “Não” e “Parcialmente”. A cada resposta afirmativa o artigo recebeu 1 ponto, para resposta “Parcialmente”, o artigo recebeu 0,5 pontos, e ainda, cada negativa recebeu 0,0. As questões que constituíram essa avaliação foram:

- **Q1:** O artigo apresenta um resultado prático, tal qual um algoritmo ou um modelo, na aplicação da lógica fuzzy ou outro sistema de computação flexível simulado em computadores quânticos?
- **Q2:** O artigo utiliza o modelo de circuitos quânticos na aplicação da ideia proposta no trabalho?
- **Q3:** O trabalho apresenta a utilização da lógica fuzzy ou suas extensões?
- **Q4:** O Trabalho apresenta avanços ou inovações recentes (a partir de 2023) em relação à simulação de sistemas baseados em lógica fuzzy via computação quântica?

A tabela abaixo explicita as bibliotecas digitais utilizadas na RSL, seguidas da quantidade de artigos de cada uma delas aprovados pela última etapa.

3. Análise dos resultados da RSL

Nesta seção é demonstrada a análise dos 19 artigos que chegaram ao final de todo o processo da RSL, além de características marcantes em cada um dos trabalhos.

Table 1. Bases de dados utilizadas e quantidade de trabalhos

Base de Dados	Quantidade Artigos	Selecionados
IEEE Digital Library	7	7
SpringerLink	18	3
ACM Digital Library	33	0
arXivL	11	3
Science Direct	25	6
SciTePress	3	0
TOTAL:	95	19

Abaixo, na Figura 1, vê-se uma nuvem de palavras, gerada pela extração dos artigos analisados e sua inserção na ferramenta *Bibliometrix*, que evidenciou os principais focos abordados nas pesquisas. Enfatiza-se a presença de termos como *Big Data*, *Back-propagation algorithms*, *Data Handling*, *Binary Optimization* e *Artificial Intelligence*. Esses termos trazem a tona a quantidade de áreas que podem ser exploradas e estudadas na integração da computação quântica com a computação flexível em futuros trabalhos.



Figure 1. Nuvem de palavras dos artigos analisados.

Na Tabela 2, temos uma análise mais concreta dos artigos resultantes da RSL. Exibe-se para cada artigo, ordenado por ano, uma síntese do modelo utilizado e desenvolvido no trabalho, a área em que o artigo foca sua pesquisa e a aplicação dos resultados obtidos pelo estudo. Na sequência, adicionam-se informações desses artigos destacando os principais pontos abordados nas questões de pesquisa desta RSL.

[Acampora et al. 2023] - O primeiro motor de inferência fuzzy é apresentado, provendo uma aceleração exponencial na execução de regras fuzzy em comparação com sua contraparte clássica, gerando regras linguísticas fuzzy via algoritmo quântico baseado na noção de oráculo.

[Chen et al. 2023] - Os autores propõem um modelo de regressão fuzzy quântica. Essa

Table 2. Análise dos Artigos Encontrados

Ref	Ano	Modelo / Proposta	Área de Aplicação	Contexto de Uso
[Acampora et al. 2023]	2023	Fuzzy Inference Engine	Fuzzy Systems	Quantum-based fuzzy inference engine
[Chen et al. 2023]	2023	Quantum Fuzzy Regression	Analise de Dados	Regressão eficiente com incerteza em Big Data
[Yan 2023]	2023	Fuzzy Balanced Partitioning	Projeto de Circuitos Quânticos	Otimização de comunicação em DQC
[Huang et al. 2024]	2024	Abordagem Quantum-Fuzzy de Métricas	Aprendizagem de Máquina	Aprendizado com incerteza fuzzy
[Botelho et al. 2024b]	2024	Quantum Game Theory	Teoria dos Jogos	Análise de dilemas via simulação quântica
[Buss et al. 2024]	2024	Fusion Data Qiskit	Lógica Modal / Fuzzy	Tratamento de dados complexos com incerteza
[Anjaria 2024]	2024	Quantum Fuzzy Number Generation	Analise de Incerteza	Geração de números fuzzy por AQC
[Khalil et al. 2024]	2024	Quantum Neural Networks (QNN)	Modelagem de Sistemas Não Lineares	Identificação de sistemas com estabilidade adaptativa
[Botelho et al. 2024a]	2024	Q-Fuzzy Analyzer	Tomada de Decisão Social	Análise de decisões multiajente usando Qiskit
[Huang and Zhang 2024]	2024	QFCNN (Quantum Fuzzy CNN)	Segurança Adversarial	Detecção de ataques adversariais em QML
[Khushal and Fatima 2025]	2025	FQML (Fuzzy Quantum Machine Learning)	Previsão de Doenças	Redução de dimensionalidade em diagnóstico médico
[Dong et al. 2025]	2025	Quantum Conflict Index (QCI)	Detecção de Anomalias	Medição de conflito e out-of-distribution detection
[Botelho et al. 2025b]	2025	Q-Fuzzy Emotion Modeling	Interatividade Social	Simulação de emoções em relações pai-filho
[Lee et al. 2025]	2025	QCI model	Interação Homem Máquina	Inferência fuzzy quântica
[Acampora et al. 2025b]	2025	Síntese de operadores de Clifford	Aprendizagem por Reforço	Círculo quântico para recompensa fuzzy
[Acampora et al. 2025a]	2025	Fuzzy Clustering	Quantum Approximate Optimization Algorithm	Vertex Cover problem
[Buss et al. 2025]	2025	Grouping and Overlapping Functions	Fusion data for X(N)or quantum representation	Interpretação da classe de conectivos X(NO)R fuzzy
[Acampora et al. 2025c]	2025	Type-2 Mamdani Fuzzy Systems	Fuzz Inference	Address computational bottlenecks in IT2FS
[Botelho et al. 2025a]	2025	Emotion-Aware in Computational Intelligent	Interatividade Social	Game Theory

- abordagem combina a lógica fuzzy para tratar incertezas com a computação quântica para acelerar o pré-processamento de dados e a estimativa de parâmetros. [Yan 2023] - Apresenta um algoritmo de particionamento fuzzy para dividir circuitos quânticos distribuídos, visando reduzir os custos de comunicação entre as partes do circuito. [Huang et al. 2024] - Uma proposta de abordagem de aprendizado de métricas quânticas que integram informações fuzzy. O objetivo é melhorar interpretação de incertezas na modelagem de dados durante o treinamento. [Botelho et al. 2024b] - Aplicam a computação quântica para simulação de dilemas clássicos da Teoria dos Jogos. As simulações mostram como as abordagens quânticas podem levar a diferentes decisões em comparação com métodos tradicionais. [Buss et al. 2024] - Propõe interpretar operadores modais da Lógica Fuzzy via Computação Quântica, provendo interpretação para simulação eficiente em computadores quânticos. [Anjaria 2024] - Apresenta um método para gerar números fuzzy a partir de computação quântica adiabática (AQC), possibilitando uma descrição mais completa da incerteza.

- [Khalil et al. 2024] - Introduz redes neurais quânticas com estabilidade de Lyapunov e taxas de aprendizado adaptativas para a identificação de sistemas não lineares. O modelo combina vantagens de redes clássicas com potencialidades da computação quântica.
- [Botelho et al. 2024a] - Utilizando o framework Qiskit, os autores desenvolvem algoritmos fuzzy quânticos que utilizam conectivos como “ou exclusivo” e “média aritmética” permitindo a modelagem de relações entre múltiplos agentes por meio de registradores quânticos multidimensionais, evidenciando avanços potenciais nesta área híbrida de pesquisa
- [Huang and Zhang 2024] - Aplica-se uma rede neural convolucional fuzzy quântica (QFCNN) para detectar ataques adversários em classificadores de aprendizado de máquina quântico. A solução funciona como uma camada de defesa, sem alterar o processo de treinamento original.
- [Khushal and Fatima 2025] - Demonstra uma técnica que integra lógica fuzzy à aprendizagem de máquina quântica para prevenção de doenças. A abordagem reduz a dimensionalidade dos dados e mostra diferenças estatísticas significativas entre modelos QML e FQML.
- [Dong et al. 2025] - Propõe o uso da Teoria Quântica de Dempster-Shafer (QDST) para medir conflitos na tomada de decisão, aplicando interferência quântica para detectar dados fora da distribuição (out-of-distribution).
- [Botelho et al. 2025b] - Explora como a Computação Fuzzy Quântica pode ser aplicada para modelar emoções em interações entre pais e filhos. O estudo compara abordagens clássicas e quânticas, mostrando como os graus de pertinência podem ser representados em circuitos quânticos. Técnicas fuzzy, interpretando conectivo OU exclusivo, são usadas na construção dos operadores quânticos.
- [Lee et al. 2025] - Introduz o modelo QCI (*Quantum Computational Intelligence*), compreendendo a interação homem-máquina para processamento de dados e geração de circuitos quânticos para aplicações do mundo real; e ainda, uma sinergia entre a inteligência humana e de máquina o processamento de dados, abrangendo etapas de pré-processamento, análise e avaliação.
- [Acampora et al. 2025b] - Os resultados consideram a aprendizagem por reforço, uma abordagem promissora para a síntese de circuitos quânticos, particularmente para operadores de Clifford. A recompensa fuzzy é calculada por um sistema baseado em regras fuzzy, via análise da taxa de erro em dispositivos quânticos atuais da IBM.
- [Acampora et al. 2025a] - Apresenta o Algoritmo de Otimização Aproximada Quântica (QAOA), uma abordagem híbrida quântico-clássica que maximiza a probabilidade de obtenção de soluções sub-ótimas para problemas combinatórios por meio do ajuste dos parâmetros das portas quânticas com um otimizador clássico. Essa metodologia é aplicada à resolução do problema de cobertura de vértices, oferecendo assim uma alternativa viável aos métodos convencionais de ajuste de parâmetros.
- [Buss et al. 2025] - Estende a interpretação quantum-fuzzy para a classe de conectivos fuzzy X(N)or, definidos por agregações overlap e grouping, aplicando sobreposição e emaranhamento. Os resultados são validados no Qfuzzy-Analyser, provendo metodologias para análise algébrica da biblioteca qfuzzyAnalyser, com interpretação lógica via modelagem quântica de circuitos.

[Acampora et al. 2025c] - Introduz um framework para computação quântica provendo saídas de inferência baseadas em Lógica Fuzzy Tipo-2, que são posteriormente processados usando redução do tipo clássico e técnicas de defuzzificação.

[Botelho et al. 2025a] - Propõe de explorar uma abordagem híbrida, integrando lógica fuzzy, computação quântica e aprendizado de máquina para modelar cenários complexos de tomada de decisão. As simulações geram um conjunto de dados abrangente, aplicado em um modelo de IC, demonstrando a capacidade da abordagem integrada em revelar padrões complexos em sistemas incertos, mostrando alternativas de soluções na Teoria dos Jogos.

4. Conclusão

A RSL realizada neste artigo trouxe um levantamento fundamental no tema da integração da CQ com diferentes áreas da computação flexível. Destacam-se aspectos observados a partir das questões de pesquisa definidas na Subseção 2.2:

- Totalizaram 19 artigos selecionados, com intervalo de no máximo 3 anos, de 2023 a 2025 e aprovados em todos os processos da revisão e analisados;
- Propriedades como interferência, sobreposição e o emaranhamento quânticos foram exploradas nos trabalhos selecionados;
- O modelo de circuitos quânticos provê suporte para aplicações híbridas, mas com crescentes interações com outros modelos da inteligência computacional, como as redes neurais quânticas;
- Inovações no tema se reportam às novas classes de algoritmos quânticos para suporte às aplicações híbridas, que consigam representar e interpretar sistemas flexíveis, baseadas em circuitos quânticos.

Outro ponto observado foi que grande aporte de trabalhos aplicam sistemas quânticos para desenvolvimento de variados modelos para suporte a sistemas flexíveis. Consideram-se algoritmos voltados a diferentes áreas: Aprendizagem de Máquina, Robótica, Teoria dos Jogos e Análise de Dados, Sistemas Não-Lineares, Detecção de Anomalias, Previsão de Doenças entre tantos outros. Ademais, uma considerável quantidade de estudos exploram a utilização de circuitos quânticos para a interpretação da inferência fuzzy e representação de operadores e conectivos da lógica fuzzy.

Salienta-se que uma análise dos resultados coletados via RSL, mostra um crescente número de publicações relacionadas a sessões técnicas em recentes eventos da área da computação (2023-2025), assim como em revistas qualificadas da área de tecnologia, no tema em Computação Flexível, Inteligente com abordagem quântica.

Agradecimentos

Os autores agradecem as seguintes agências de fomento: CAPES, CNPq (309160/2019-7; 311429/2020-3, 3305805/2021-5, 150160/2023-2), FAPERGS (24/2551-0001396-2), PqG/FAPERGS (21/2551-0002057-1) e FAPERGS/CNPq (23/2551-0000126-8), PRONEX (16/2551-0000488-9).

References

Acampora, G., Chiatto, A., and Vitiello, A. (2025a). Fuzzy clustering-based transferability of qaoa parameters for solving vertex cover problems. In *2025 IEEE Conference on Fuzzy Systems*, pages 01–06. IEEE Xplore.

- Acampora, G., Cuzzocrea, A., Lapegna, M., Schiattarella, R., and Vitiello, A. (2025b). Fuzzy reward-based reinforcement learning for clifford circuit synthesis. In *2025 IEEE Conference on Fuzzy Systems*, pages 01–06. IEEE Xplore.
- Acampora, G., Schiattarella, R., and Vitiello, A. (2023). On the implementation of fuzzy inference engines on quantum computers. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 31(5):1419–1433.
- Acampora, G., Schiattarella, R., and Vitiello, A. (2025c). Hybrid quantum-classical interval type-2 mamdani fuzzy systems. In *2025 IEEE Conference on Fuzzy Systems*, pages 01–06. IEEE Xplore.
- Anjaria, K. (2024). Quantum model regression for generating fuzzy numbers in adiabatic quantum computing. *Information Sciences*, 678:121018.
- Botelho, C., Buss, J., Santos, H., Lucca, G., Cruz, A., Yamin, A., and Reiser, R. (2024a). Exploring social decision models through quantum fuzzy approaches. In *2024 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)*, pages 3025–3030. IEEE.
- Botelho, C., LArissa Schonhofen, L., Santos, H., Lucca, G., Cruz, A., Yamin, A., and Reiser, R. (2025a). Quantum-fuzzy integration for emotion-aware in computational intelligent systems. In *2025 IEEE Conference on Fuzzy Systems*, pages 01–06. IEEE Xplore.
- Botelho, C., Santos, H., Lucca, G., Cruz, A., Yamin, A. C., and Reiser, R. H. S. (2024b). A novel quantum fuzzy approach to interpret dilemmas of game theory. In *2024 Latin American Computer Conference (CLEI)*, pages 1–9. IEEE.
- Botelho, C., Schonhofen, L., Santos, H., Lucca, G., Yamin, A. C., and Reiser, R. H. S. (2025b). Toward a quantum fuzzy approach for emotion modeling in parent-child interactivity. In *Proceedings of the 17th Intl Conf on Agents and Art Intelligence (ICAART 2025) - Volume 3*, pages 1297–1303. SCITEPRESS – Science and Technology Publications, Lda.
- Buss, J., Novack, B., Botelho, C., Santos, H., Lucca, G., Cruz, A., Yamin, A., and Reiser, R. (2024). Fusion data on fuzzy modality: From algebraic interpretations to quantum simulations via qiskit platform. In *2024 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)*, pages 3602–3607. IEEE.
- Buss, J., Novak, B., Santos, H., Lucca, G., Oliveira, L., Yamin, A., Cruz, A., and Reiser, R. (2025). IBM-Qiskit simulations for quantum-fuzzy interpretations of X(N)or-connectives using overlapping and grouping aggregations. In *2025 IEEE Conference on Fuzzy Systems*, pages 01–06. IEEE Xplore.
- Chen, T., Bin Zhang, S., Wang, Q., and Chang, Y. (2023). Quantum fuzzy regression model for uncertain environment. *Computers, Materials & Continua*, 75(2).
- de Avila, A. B., Reiser, R., Pilla, M. L., and Yamin, A. C. Interpreting xor intuitionistic fuzzy connectives from quantum fuzzy computing. In Guervós, J. J. M., Garibaldi, J. M., Linares-Barranco, A., Madani, K., and Warwick, K., editors, *Proceedings of the 11th Intl Joint Conf on Comp Intelligence, IJCCI 2019, Vienna, Austria*, pages = 288–295, doi = 10.5220/0008169702880295,.

- Dong, Y., Zhu, T., Li, X., Dezert, J., Zhou, R., Zhu, C., Cao, L., and Ge, S. S. (2025). Quantum conflict measurement in decision making for out-of-distribution detection. *arXiv preprint arXiv:2505.06516*.
- Hou, M., Zhang, S., and Xia, J. (2022). Quantum fuzzy k-means algorithm based on fuzzy theory. In Sun, X., Zhang, X., Xia, Z., and Bertino, E., editors, *Artificial Intelligence and Security - 8th International Conference, ICAIS 2022, Qinghai, China, July 15-20, 2022, Proceedings, Part I*, volume 13338 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 348–356. Springer.
- Huang, C. and Zhang, S. (2024). Adversarial examples detection based on quantum fuzzy convolution neural network. *Quantum Information Processing*, 23(4):143.
- Huang, C., Zhang, S., Chang, Y., and Yan, L. (2024). Quantum metric learning with fuzzy-informed learning. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 643:129801.
- Khalil, H., Elshazly, O., Baihan, A., El-Shafai, W., and Shaheen, O. (2024). Quantum neural networks based Lyapunov stability and adaptive learning rates for identification of nonlinear systems. *Ain Shams Engineering Journal*, 15(8):102851.
- Khushal, R. and Fatima, U. (2025). Fuzzy quantum machine learning (fqml) logic for optimized disease prediction. *Computers in Biology and Medicine*, 192:110315.
- Lee, C.-S., Wang, M.-H., Chen, C.-Y., Yang, S.-C., Reformat, M., Kubota, N., and Pourabdollah, A. (2025). Quantum fuzzy inference engine with generative ai and taide kg for taiwanese/english co-learning. In *2025 IEEE Conference on Fuzzy Systems*, pages 01–06. IEEE Xplore.
- Lu, Y., Sigov, A., Ratkin, L., Ivanov, L. A., and Zuo, M. (2023). Quantum computing and industrial information integration: A review. *Journal of Industrial Information Integration*, page 100511.
- Pollock, A. and Berge, E. (2018). How to do a systematic review. *International Journal of Stroke*, 13(2):138–156.
- Pourabdollah, A., Acampora, G., and Schiattarella, R. (2022). Fuzzy logic on quantum annealers. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 30(8):3389–3394.
- Sachan, A. and Kumar, N. (2023). Sdn control-enabled and time-quantum-driven max-pressure approach for intersection management in smart city. *IEEE Systems Journal*, 17(1):1694–1702.
- Sigov, A., Ratkin, L., and Ivanov, L. A. (2022). Quantum information technology. *Journal of Industrial Information Integration*, 28:100365.
- Yan, J.-T. (2023). Fuzzy-based balanced partitioning under capacity and size-tolerance constraints in distributed quantum circuits. *IEEE Transactions on Quantum Engineering*, 4:5100115.
- Zadeh, L. A. (1978). Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility. *Fuzzy Sets and Systems*, 1(1):3–28.
- Zhang, K. and Zhang, J. (2022). A technique for designing nano-scale circuits using a fuzzy logic and nature-inspired fish swarm optimization algorithm. *Optik*, 268:169756.