Título da área temática	Vagas para Mestrado em "ampla concorrência"	Vagas para Mestrado em "ações afirmativas"	Vagas para Doutorado em "ampla concorrência"	Vagas para Doutorado em "ações afirmativas"
Advanced control technologies for water and wastewater treatment facilities	2	1	0	0
Antenas, Dispositivos e Sistemas de Radio Frequência e Microondas	0	0	1	1
Aprendizado Profundo para Análise e Classificação de Imagens Médicas em Diagnóstico e Tratamento	0	0	1	1
Arquiteturas multiagentivas baseadas em computação quântica para soluções na área da saúde	0	0	1	0
Cálculo de Assinaturas e de Indisponibilidade de Sistemas de Comunicações Móveis Digitais: Estimação de Sistemas e Detecção de Sinais	1	1	0	0
Comunicação Móvel Celular de 6ª Geração (6G)	2	1	0	0
Desenvolvimento de Dispositivos Planares para Beamsteering	0	0	1	0
Desenvolvimento e Implementação Embarcada de Algoritmos de Aprendizado de Máquinas de Ordem Fracionária para Detecção de Anomalias	1	0	1	0
Fotônica em silício aplicada a computação e comunicações	0	2	0	0
Gerenciamento de interferência em redes 6G	0	0	0	1
Integração Sensoriamento e Comunicação: Alocação de Recursos e Projeto de Transceptores	1	0	1	0
Inteligência Artificial para Análise de Imagens de Fundoscopia no Auxílio ao Diagnóstico	1	0	0	0
Inteligência Artificial para Análise de Imagens de Tc do Tórax na Detecção de Doenças Pulmonares	1	0	0	0

Título da área temática	Vagas para Mestrado em "ampla concorrência"	Vagas para Mestrado em "ações afirmativas"	Vagas para Doutorado em "ampla concorrência"	Vagas para Doutorado em "ações afirmativas"
Mecanismos de Tomada de Decisão em Sistemas Autônomos Inteligentes	0	0	2	1
Metasuperfícies Refletivas para Conversão de Polarização	0	0	1	0
Mineração de Dados Educacionais	1	0	0	0
Modelos Robustos de Aprendizado Federado para Sistemas Distribuídos	0	0	1	0
Planejamento de caminho e prevenção de colisão de robôs autônomos	2	0	1	0
Processamento da Informação Aplicados em Dados Educacionais	1	1	0	0
Processamento de nuvens de pontos 3D e suas aplicações	1	0	2	1
Processamento de Sinais em Arranjos para Superfícies Inteligentes Reconfiguráveis	3	1	1	1
Processamento óptico de funções lógicas não separáveis linearmente	0	0	1	0
Signal Processing for Reconfigurable Intelligent Metasurfaces	2	0	0	0
Tecnologias de Localização e Monitoramento de Desempenho em Ambientes Indoor com Foco em Aplicações Esportivas	0	0	0	1
Total	19	7	15	7

Título

Advanced control technologies for water and wastewater treatment facilities

Descrição

Effectively managing water resources in a sustainable manner has become increasingly crucial in addressing the multifaceted challenges posed by climate change, population growth, and stringent effluent standards. The challenge is to achieve efficient and secure operations, producing high-quality effluents while optimising costs and recovering resources through automation technologies. This is particularly relevant to both drinking water and wastewater technology, where advanced treatment processes must ensure water quality while minimising energy consumption, reducing chemical use, and attaining the required effluent quality. In this project, we address these challenges by utilising tools from control theory, system identification, and probabilistic modelling, with the aim of designing, developing, and applying advanced process control technologies. This includes model-based control methods such as model predictive control and optimal control, as well as the calibration and identification of process models for wastewater treatment plants and drinking water systems. An important aspect of the research is the analysis of the overall system's performance and dynamic behaviour. This analysis is essential for understanding how the system operates under different conditions and identifying areas for improvement, particularly when combined with probabilistic methods that quantify risks and performance variability.

The project seeks highly motivated and enthusiastic students to focus on the development of modelling and control tools using a diverse range of approaches. The research will involve several key steps, beginning with the collection, analysis, and pre-processing of available data, especially from full-scale plants. By utilising both virtual and real-world data from these plants, we will develop and identify dynamic models of the process units. Probabilistic modelling will play a key role in accounting for uncertainties in both treatment processes and environmental factors, enabling more robust and adaptive designs of the control systems.

Palavras-chave

Wastewater treatment, Drinking water treatment, System identification, Probabilistic modelling, Advanced process control

Referências

- [1] Busch, J., Elixmann, D., Kühn, P., Gerken, C., Schlöder, J.P., Bock, H.G., Marquardt, W., 2013. *State estimation for large-scale wastewater treatment plants*. *Water Research*, 47 (13), pp. 4774–4787.
- [2] Francisco, M., Skogestad, S., Vega, P., 2015. *Model predictive control for the self-optimized operation in wastewater treatment plants: Analysis of dynamic issues*. *Computers & Chemical Engineering*, 82, 259–272.

[3] Ljung, L., 2008. *Perspectives on System Identification*. IFAC Proceedings Volumes, 41(2), pp. 7172–7184.

[4] Rawlings, J.B., 2000. *Tutorial overview of model predictive control*. IEEE Control Systems Magazine, 20(3), pp. 38–52.

Título

Antenas, Dispositivos e Sistemas de Radiofrequência e Micro-ondas

Descrição

A tecnologia em Micro-ondas (MW) e Radiofrequência (RF) tem sido adotada em uma vasta área de aplicações como radioastronomia, comunicações a longa distância, navegação espacial, sistemas de radar, equipamentos médicos, sistemas eletrônicos em mísseis etc. Como resultado desta acelerada taxa de crescimento do uso da tecnologia de RF e MW na pesquisa e na indústria, cresce a necessidade de conhecimento das propriedades físicas e químicas dos materiais novos e tradicionais envolvidos na pesquisa e desenvolvimento de novos componentes e dispositivos para uso nestes sistemas. Neste tema, as antenas dielétricas e de microfita são componentes de alto interesse tecnológico para operação em uma vasta faixa de frequências que se estende à região de ondas milimétricas com grande eficiência. Elas são elementos fundamentais em diversos sistemas de comunicação, que vão desde comunicação entre aviões militares e bases em terra, bem como em sistemas de telecomando e telemetria em foguetes, além de aplicações em telefonia celular móvel. Componentes como filtros, osciladores, circuladores e outros também estão no espectro de atuação nesta área.

Palavras-chave

Antenas, Dispositivos de RF e micro-ondas, filtros, osciladores

Referências

- (1) Kumar, S., Dixit, A. S., Malekar, R. R., Raut, H. D., & Shevada, L. K. (2020). *Fifth Generation Antennas: A Comprehensive Review of Design and Performance Enhancement Techniques*. IEEE Access, 8, 163568. DOI: [10.1109/ACCESS.2020.3020952](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3020952)
- (2) Li, Y., Sim, C.-Y.-D., Luo, Y., & Yang, G. (2017). *12-Port 5G Massive MIMO Antenna Array in Sub-6GHz Mobile Handset for LTE Bands 42/43/46 Applications*. IEEE Access, 6, 344. DOI: [10.1109/access.2017.2763161](https://doi.org/10.1109/access.2017.2763161)
- (3) Li, M., Ban, Y.-L., Xu, Z., Guo, J., & Yu, Z.-F. (2017). *Tri-Polarized 12-Antenna MIMO Array for Future 5G Smartphone Applications*. IEEE Access, 6, 6160. DOI: [10.1109/access.2017.2781705](https://doi.org/10.1109/access.2017.2781705)
- (4) Zhang, L., Ban, Y.-L., Sim, C.-Y.-D., Guo, J., & Yu, Z.-F. (2018). *Parallel Dual-Loop Antenna for WWAN/LTE Metal-Rimmed Smartphone*. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 66(3), 1217. DOI: [10.1109/tap.2018.2796724](https://doi.org/10.1109/tap.2018.2796724)

Título

Aprendizado Profundo para Análise e Classificação de Imagens Médicas em Diagnóstico e Tratamento

Descrição

A análise de imagens médicas desempenha um papel fundamental na prática da medicina moderna, permitindo que os profissionais de saúde visualizem estruturas internas do corpo, identifiquem anormalidades e façam diagnósticos precisos. Essas imagens, provenientes de diversas modalidades, como radiografia, tomografia, ressonância magnética e microscopia, oferecem informações valiosas para a compreensão e o tratamento de doenças. No entanto, à medida que a quantidade de dados gerados por exames médicos aumenta exponencialmente, a necessidade de métodos eficazes de análise e interpretação também cresce. A aplicação de técnicas de Aprendizado Profundo (Deep Learning) nesse contexto representa um avanço significativo, permitindo o desenvolvimento de sistemas inteligentes capazes de automatizar a interpretação de imagens médicas, melhorar a precisão diagnóstica e agilizar o processo de tomada de decisões clínicas. Esta linha busca contribuir para esse campo em constante evolução, explorando o potencial das tecnologias de Aprendizado Profundo para aprimorar a prática da Engenharia Biomédica.

Palavras-chave

Engenharia Biomédica, Imagens Médicas, Processamento de Imagens, Redes Neurais Profundas, Segmentação de Imagens, Tomografia Computadorizada, Imagens Médicas 3D, Sistemas de Apoio à Decisão Clínica, Telemedicina, Visão Computacional em Medicina

Referências

- [1] Ohata, E. F., et al. *Automatic detection of COVID-19 infection using chest X-ray images through transfer learning*. IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica, vol. 8, no. 1, pp. 239–248, Jan. 2021. <https://doi.org/10.1109/JAS.2020.1003393>
- [2] Dourado, C. M. J. M., et al. *An Open IoT-Based Deep Learning Framework for Online Medical Image Recognition*. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol. 39, no. 2, pp. 541–548, Feb. 2021. <https://doi.org/10.1109/JSAC.2020.3020598>
- [3] Xu, Y., et al. *A soft computing automatic based in deep learning with use of fine-tuning for pulmonary segmentation in computed tomography images*. Applied Soft Computing, vol. 112, 2021, 107810. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2021.107810>
- [4] Xu, Y., et al. *Deep Learning-Enhanced Internet of Medical Things to Analyze Brain CT Scans of Hemorrhagic Stroke Patients: A New Approach*. IEEE Sensors Journal, vol. 21, no. 22, pp. 24941–24951, 15 Nov. 2021. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2020.3032897>

[5] Santos, M. A. G., et al. *Online heart monitoring systems on the internet of health things environments: A survey, a reference model and an outlook*. Information Fusion, vol. 53, 2020, pp. 222–239. <https://doi.org/10.1016/j.inffus.2019.06.004>

[6] Sarmiento, R. M., et al. *An IoT platform for the analysis of brain CT images based on Parzen analysis*. Future Generation Computer Systems, vol. 105, 2020, pp. 135–147. <https://doi.org/10.1016/j.future.2019.11.033>

Título

Arquiteturas multiagentivas baseadas em computação quântica para soluções na área da saúde

Descrição

Esta área temática investiga a integração entre agentes inteligentes e princípios da mecânica quântica, com foco em aplicações na área da saúde. Engloba tanto agentes clássicos que controlam, otimizam ou interpretam processos em sistemas quânticos, quanto abordagens especulativas de agentes em regime quântico. Na vertente clássica, agentes de software otimizam algoritmos quânticos para tarefas como simulações de moléculas, descoberta de fármacos e análise de dados biomédicos, atuando em arquiteturas híbridas ou sistemas multiagente para acelerar e aprimorar diagnósticos e tratamentos. A vertente mais teórica explora “agentes quânticos” que existem em estados quânticos, utilizando fenômenos como superposição e entrelaçamento para decisões complexas em tempo real, com potencial para revolucionar sistemas autônomos de monitoramento e intervenção clínica. As aplicações visam superar limites clássicos em simulações biológicas, aprendizado de máquina para diagnóstico precoce e otimização de protocolos terapêuticos, posicionando essa área na fronteira entre inteligência artificial, física da informação e biomedicina quântica.

Palavras-chave

Computação Quântica, Sistemas Multiagentes, Aprendizado Quântico, Agentes Quânticos, Orquestração MAS

Referências

SULTANOW, Eldar; TEHRANI, Madjid; DUTTA, Siddhant; BUCHANAN, William J.; KHAN, Muhammad Shahbaz. *Quantum Agents*. 2025. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2506.01536>. Acesso em: 10 jun. 2025.

ZHANG, Jenny; HU, Shengran; LU, Cong; LANGE, Robert; CLUNE, Jeff. *Darwin Godel Machine: Open-Ended Evolution of Self-Improving Agents*. 2025. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2505.22954>. Acesso em: 11 jun. 2025.

CHEN, Shuze; PENG, Tianyi. *Multi-agent Markov Entanglement*. 2025. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2506.02385>. Acesso em: 10 jun. 2025.

LALA, Aarav; CHERUKURI, Kalyan. *Quantum-Evolutionary Neural Networks for Multi-Agent Federated Learning*. 2025. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2505.15836>. Acesso em: 10 jun. 2025.

CHEN, Samuel Yen-Chi; LIANG, Zhiding. *Introduction to Quantum Machine Learning and Quantum Architecture Search*. 2025. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2504.16131>. Acesso em: 10 jun. 2025.

Título

Cálculo de Assinaturas e de Indisponibilidade de Sistemas de Comunicações Móveis Digitais: Estimação de Sistemas e Detecção de Sinais

Descrição

Os processos de estimação de sistemas e detecção de sinais em comunicações móveis passam obrigatoriamente por definir os cenários de comunicações e integrá-los às estratégias de tratamento de sinais adequadas no interesse de garantir o melhor desempenho de suas partes, visando garantir a conectividade e a qualidade dos serviços disponíveis em qualquer situação de camada física, e sua integração com a camada sistêmica, na qual se encontram os usuários das operadoras de serviços de teleinformática públicos e privados. Este tema propõe estudar pelo menos um dos problemas que contaminam o bom desempenho dos sistemas de comunicações no âmbito de pelo menos uma das metodologias das seguintes abordagens:

i) Formulações e soluções para novas formas de onda no contexto lagrangeano da otimização não linear com restrições, para aplicações em sistemas de comunicação sem fio com múltiplas portadoras não ortogonais, considerando o apoio e a disponibilidade dos dados de comunicações e de suas distribuições de probabilidade e características numéricas extraídas dos ambientes de propagação terrestre e/ou satelital;

ii) Modelar e calcular o mapeamento de assinaturas e a indisponibilidade dos sistemas de comunicações móveis digitais.

Para isso, serão investigadas novas estratégias de otimização com funções-custo complexas, métodos e técnicas baseados em quantificação de incertezas, métodos variacionais e processamento tensorial de sinais para o projeto de filtragem nos transmissores e, conseqüentemente, nos receptores, no interesse da recuperação eficiente do sinal transmitido, observando as condições do sinal recebido, taxa de dados, eficiência espectral e relação sinal-ruído, visando satisfazer o cumprimento dos indicadores de desempenho qualitativo e quantitativo do sistema.

Palavras-chave

Aprendizado de máquinas, big data, mineração de dados, predição e retropredição, análise e estatística multivariada, medidas estatísticas, tensores, extração de atributos e características, classificação de padrões, álgebra linear e multilinear, estimação de funções densidade de probabilidade conjunta complexas, funções custo-complexas, estruturas de filtragem adaptativa, método dos elementos finitos, splines, funções de base hilbertianas

Referências

[1] Strohmer, T.; Beaver, S. *Optimal OFDM Design for Time-Frequency Dispersive Channels*. IEEE Transactions on Communications, v. 51, n. 7, jul. 2003.

[2] Papadopoulos, V.; Giovanis, D. G. *Stochastic Finite Element Methods: An Introduction*. Mathematical Engineering, Springer, 2017.

- [3] Lucena, A. M. P. de; Mota, J. C. M.; Cavalcante, C. C. *Optimum detection of non-orthogonal QAM signals with spectral overlapping*. IET Communications, v. 3, n. 2, pp. 249–256, 2009.
- [4] Kozek, W.; Molisch, A. F. *Nonorthogonal pulse shapes for multicarrier communications in doubly dispersive channels*. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, v. 16, n. 8, 1998, pp. 1579–1589.
- [5] Sahin, A.; Guvenc, I.; Arslan, H. *A survey on multicarrier communications: prototype filters, lattice structures, and implementation aspects*. IEEE Communications Surveys & Tutorials, v. 16, n. 3, pp. 1312–1338, 2012.
- [6] Cursi, E. S.; Sampaio, R. *Uncertainty Quantification and Stochastic Modeling with Matlab®*. iSTE Press, ELSEVIER, 2015.
- [7] Hörmander, L. *An Introduction to Complex Analysis in Several Variables*. North Holland, 2^a ed., 1979.
- [8] Krantz, S. G. *Function Theory of Several Complex Variables*. John Wiley and Sons, N.Y., 1982.
- [9] Gunning, R. C. *Introduction to Holomorphic Functions of Several Variables*. Wadsworth & Brooks/Cole, vols. 1–3, 1990.
- [10] Gunning, R. C.; Rossi, H. *Analytic Functions of Several Complex Variables*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1965.

Título

Comunicação Móvel Celular de 6ª Geração (6G)

Descrição

O projeto a ser desenvolvido deverá propor e analisar métodos de alocação de recursos de rádio capazes de estabelecer enlaces robustos de comunicação rádio móvel no contexto da evolução de sistemas 5G em direção a 6G, abrangendo tecnologias e redes de acesso via rádio. Os seguintes temas de investigação relevantes para sistemas 6G serão priorizados:

1. Integração de redes móveis terrestres convencionais com redes não terrestres (NTN) de satélites de baixa órbita, notadamente em áreas onde a cobertura de sinal da rede terrestre é deficiente ou ausente.
2. A exploração de múltiplas antenas para realizar comunicação e sensoriamento integrados (ISAC), visando diversos casos de uso como detecção, posicionamento e rastreamento de alvos.
3. A exploração de topologias avançadas da rede de acesso de rádio, tais como as centralizadas no usuário (“cell-free networks”), para viabilizar a coexistência de diferentes sistemas sem fio compartilhando o mesmo espectro através de uma gestão ativa da interferência.

A proposta deve focar em um dos três temas acima. Em todos os casos, o gerenciamento otimizado dos recursos de rádio (tais como potência, banda e antenas) será instrumental para extrair o melhor desempenho possível em termos de capacidade, latência ou acurácia de sensoriamento. Abordagens matemáticas baseadas em otimização ou aprendizagem de máquina são consideradas opções naturais para os problemas elencados.

A metodologia de estudo deve considerar um misto de análise e simulação computacional em cenários relevantes em termos de ambiente físico de propagação (modelo de canal), bandas de frequência, tipos de serviço (com respectivos indicadores de desempenho) e coexistência de diferentes redes. Pode-se assumir na proposta que a estrutura geral da tecnologia de acesso na camada física está previamente definida (como por exemplo os esquemas de modulação e codificação). As técnicas propostas serão avaliadas comparando o desempenho de esquemas propostos com aquele de alternativas convencionais de acesso. Os cenários de avaliação comparativa devem ser relevantes em termos de número de usuários, demanda de tráfego, restrições de capacidade e/ou latência e demais indicadores chave de desempenho. Para uma dissertação de mestrado espera-se, no mínimo, a implementação, validação e prova de conceito seguida de análise comparativa de desempenho.

Palavras-chave

comunicações móveis 5G/6G; arranjos de antenas; esquemas MIMO; gerência de recursos de rádio; redes sem fio “cell-free”; integração de comunicação e sensoriamento (ISAC); redes móveis não terrestres (NTN); acesso dinâmico ao espectro; coexistência de sistemas sem fio

Referências

- [1] Projeto Hexa-X: <https://hexa-x.eu>
- [2] Projeto Hexa-X II: <https://hexa-x-ii.eu/>
- [3] Liu, R., Yu-Ngok Li, R., Di Renzo, M., Hanzo, L. *A Vision and An Evolutionary Framework for 6G: Scenarios, Capabilities and Enablers*. <https://arxiv.org/pdf/2305.13887.pdf>
- [4] Zhang, J. et al. *Prospective Multiple Antenna Technologies for Beyond 5G*. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol. 38, n. 8, pp. 1637–1660, Aug. 2020. DOI: 10.1109/JSAC.2020.3000826
- [5] Elwekeil, M. et al. *Distributed MIMO for 6G sub-Networks in the Unlicensed Spectrum*. Proc. IEEE CSCN, pp. 389–394, Nov. 2023. DOI: [10.1109/CSCN60443.2023.10453150](https://doi.org/10.1109/CSCN60443.2023.10453150)
- [6] Horizon 6G-NTN Project. *Vision on Non-Terrestrial Networks in 6G system (IMT-2030)*. <https://zenodo.org/records/14007174>
- [7] Zheng, J. et al. *Mobile Cell-Free Massive MIMO: Challenges, Solutions, and Future Directions*. arXiv:2302.02566v2, 13 Jun 2023.
- [8] Buzzi, S.; D’Andrea, C.; Lops, M. *Using Massive MIMO Arrays for Joint Communication and Sensing*. 53rd Asilomar Conference, 2019. DOI: 10.1109/IEEECONF44664.2019.9048857
- [9] Zheng, L. et al. *Radar and Communication Coexistence: An Overview: A Review of Recent Methods*. IEEE Signal Processing Magazine, vol. 36, n. 5, pp. 85–99, Sep. 2019. DOI: 10.1109/MSP.2019.2907329

Título

Desenvolvimento de Dispositivos Planares para Beamsteering

Descrição

A capacidade de direcionamento de campo eletromagnético, chamada de *beamsteering*, tem sua importância para otimização de cobertura e capacidade da rede. Este direcionamento pode ser executado através da aplicação de motores de passo, para movimentação mecânica dos dispositivos (antenas e superfícies seletivas em frequência - FSS), porém com o desenvolvimento dos dispositivos de comunicação, o controle eletrônico das FSS, ou mesmo de antenas, possibilita o direcionamento sem a necessidade de motores de passo. Tal desenvolvimento possibilita maior eficiência energética, menor possibilidade de falhas mecânicas e maior velocidade no escâner.

Para um uso mais eficiente do espectro, principalmente nas comunicações 5G/6G, este tema de pesquisa objetiva desenvolver competências de seus membros para atuar como projetistas de dispositivos de comunicação voltados para melhoria de qualidade de sinal através da aplicação de direcionamento de feixes (*beamsteering*).

Palavras-chave

Beamsteering, Superfícies Seletivas em Frequência, Direcionamento de Feixe, Comunicações 5G/6G

Referências

- [1] Das, P., Mandal, K., Lalbakshsh, A. *Beam-steering of microstrip antenna using single-layer FSS based phase-shifting surface*. International Journal of RF and Microwave Computer-Aided Engineering, pp. 1–14, 2021. <https://doi.org/10.1002/mmce.23033>
- [2] Nadeem, M., Shoaib, N., Raza, A., Saeed, W., Shoaib, I., Shoaib, S. *2-Dimensional (2D) Beam Steering-Antenna Using Active PRS for 5G Applications*. Micromachines, vol. 14, pp. 1–11, 2023. <https://doi.org/10.3390/mi14010110>
- [3] Shuai, K., Yang, J., Liu, C., Yang, X., Liu, X. *Beam-steering transmitarray with active frequency selective surface for wireless power transmission*. International Journal of RF and Microwave Computer-Aided Engineering, pp. 1–11, 2021. <https://doi.org/10.1002/mmce.22907>
- [4] Reis, J. R., Vala, M., Oliveira, T. E., Fernandes, T. R., Caldeirinha, R. F. S. *Metamaterial-Inspired Flat Beamsteering Antenna for 5G Base Stations at 3.6 GHz*. Sensors, vol. 21, pp. 1–14, 2021.

Título

Desenvolvimento e Implementação Embarcada de Algoritmos de Aprendizado de Máquinas de Ordem Fracionária para Detecção de Anomalias

Descrição

Este projeto de pesquisa tem como objetivo maior desenvolver e implementar algoritmos de aprendizado de máquinas de ordem fracionária para detecção de anomalias em séries temporais provenientes da coleta de biossinais (e.g., EEG/ECG/EMG/PPG) de pacientes hospitalares de forma remota. Mais especificamente, dentre as ferramentas de aprendizado de máquinas de ordem fracionária a serem trabalhadas nestas linhas de pesquisa, destacam-se métodos de otimização baseados em gradiente descendente de ordem fracionária, tal como aqueles oriundos de extensões de ordem fracionária de algoritmos clássicos de aprendizado, como a rede MLP e o algoritmo de retropropagação dos erros. Arquiteturas de redes neurais profundas de ordem fracionária, tais como aquelas baseadas em redes autocodificadoras (autoencoders), também serão desenvolvidas e avaliadas na tarefa de detecção de anomalias em biossinais. Isto posto, este projeto possui tanto um viés teórico, em que novas técnicas de aprendizado de máquina deverão ser propostas, quanto um viés experimental, envolvendo o desenvolvimento de aplicações embarcadas em equipamentos biomédicos das ferramentas de detecção de anomalias a serem desenvolvidas. Vale destacar as duas principais áreas de aplicação da proposta:

- (i) Detecção de anomalias em biossinais usando algoritmos de aprendizado de máquinas de ordem fracionária;
- (ii) Implementação embarcada de tais técnicas para monitoramento remoto de pacientes.

Palavras-chave

Aprendizado de máquinas, sistemas de ordem fracionária, detecção de anomalias, gradiente descendente de ordem fracionária, extração de atributos de biossinais, dispositivos embarcados

Referências

- [1] Wang, Z., Liang, S., Chen, B. et al. *Additional fractional gradient descent identification algorithm based on multi-innovation principle for autoregressive exogenous models*. Scientific Reports, vol. 14, 19843, 2024. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-70269-x>
- [2] Tang, J. *Fractional Gradient Descent-Based Auxiliary Model Algorithm for FIR Models with Missing Data*. Complexity, vol. 2023, Article ID 7527478. <https://doi.org/10.1155/2023/7527478>
- [3] Bao, C., Pu, Y., Zhang, Y. *Fractional-Order Deep Backpropagation Neural Network*. Computational Intelligence and Neuroscience, vol. 2018, Article ID 7361628. <https://doi.org/10.1155/2018/7361628>

[4] Raubitzek, S., Mallinger, K., Neubauer, T. *Combining Fractional Derivatives and Machine Learning: A Review*. Entropy, vol. 25, 35, 2023.
<https://doi.org/10.3390/e25010035>

Título

Fotônica em Silício Aplicada à Computação e Comunicações

Descrição

Com o crescente requisito de largura de banda na computação, comunicação e processamento de sinais, as limitações inerentes da interconexão metálica ameaçam seriamente o futuro da indústria tradicional de circuitos integrados (CI). Dos supercomputadores mais rápidos do mundo aos laptops e smartphones, quase todos os dispositivos modernos ainda dependem de conexões metálicas para transmitir dados, uma tecnologia que remonta aos telégrafos do século XIX.

No entanto, à medida que nos aproximamos rapidamente do limite físico da miniaturização de chips, as falhas dos fios de cobre se tornam críticas: largura de banda limitada, vazamento de corrente, interferência entre fios adjacentes, superaquecimento e elevado consumo de energia se tornam gargalos para inovações em computação e telecomunicações.

Uma solução promissora está na utilização da luz como portadora de dados: a fotônica em silício. Assim como cabos de fibra óptica usam fótons para transmitir dados com maior velocidade e largura de banda, a fotônica em silício fornece uma abordagem de baixo custo para superar o gargalo da transmissão de alta taxa de dados, substituindo circuitos integrados eletrônicos por circuitos fotônicos integrados. Isso permite aplicações como: sensores para diagnóstico de doenças, detecção de explosivos, lasers, multiplexadores WDM, moduladores e amplificadores ópticos, e ainda computação e comunicação quânticas.

Palavras-chave

Fotônica, silício, laser, moduladores e amplificadores ópticos, computação e comunicação quânticas, portas lógicas totalmente ópticas

Referências

[1] Bogaerts, W.; Chrostowski, L. *Silicon Photonics Circuit Design: Methods, Tools and Challenges*. Laser & Photonics Reviews, 2018, 12, 1700237. <https://doi.org/10.1002/lpor.201700237>

[2] Pérez, D.; Gasulla, I.; Das Mahapatra, P.; Capmany, J. *Principles, fundamentals, and applications of programmable integrated photonics*. Adv. Opt. Photon. 12, 709–786 (2020). <https://bitly.com/wxnSU>

[3] Qiang, X. et al. *Large-scale silicon quantum photonics implementing arbitrary two-qubit processing*. Nature Photonics, 12, 534–539 (2018). <https://arxiv.org/pdf/1809.09791.pdf>

[4] Silverstone, J. W.; Bonneau, D.; O'Brien, J. L.; Thompson, M. G. *Silicon quantum photonics*. IEEE Journal on Selected Topics in Quantum Electronics, vol. 22, no. 6, pp. 390–402, Nov. 2016. <https://ieeexplore.ieee.org/document/7479523>

[5] Thomson, D. et al. *Roadmap on silicon photonics*. J. Opt. 18 073003 (2016). <https://eprints.soton.ac.uk/400901/>

[6] Fang, Z.; Zhao, C. Z. *Recent Progress in Silicon Photonics: A Review*. ISRN Optics, vol. 2012, 428690. <https://doi.org/10.5402/2012/428690>

Título

Gerenciamento de Interferência em Redes 6G

Descrição

Com a evolução dos sistemas de comunicações móveis para a sexta geração (6G), novas faixas do espectro podem vir a ser utilizadas, como a faixa conhecida como ondas centimétricas (*cmWave*). Esta faixa, no entanto, já é utilizada por diversos outros serviços e aplicações. Neste contexto, torna-se importante gerenciar não somente a interferência entre usuários dentro de um mesmo sistema 6G, mas também a interferência entre sistemas diferentes que utilizam a mesma banda.

Este tema de pesquisa tem por objetivo o estudo de técnicas de otimização para o gerenciamento de tais tipos de interferência, considerando tecnologias baseadas em processamento multi-antena, como o MIMO distribuído ou *cell-free*. Além disso, podem ser também consideradas técnicas de sensoriamento para auxiliar na detecção e mitigação da interferência.

Palavras-chave

Sistemas 6G, MIMO distribuído, otimização, controle de interferência, coexistência entre sistemas

Referências

- [1] Kang, S., Mezzavilla, M., Rangan, S., Madanayake, A., Venkatakrishnan, S. B., Hellborg, G., Ghosh, M., Rahmani, H., Dhananjay, A. *Cellular Wireless Networks in the Upper Mid-Band*. IEEE Open Journal of the Communications Society, vol. 5, pp. 2058–2075, Mar. 2024. <https://doi.org/10.1109/OJCOMS.2024.3373368>
- [2] Demir, Ö. T., Björnson, E., Sanguinetti, L. *Foundations of User-Centric Cell-Free Massive MIMO*. Foundations and Trends in Signal Processing, vol. 14, n. 3–4, pp. 162–472, 2021. <https://arxiv.org/abs/2108.02541>
- [3] Shaik, Z. H., Sarvendranath, R., Larsson, E. G. *Energy-Efficient Resource Allocation for Underlay Spectrum Sharing in Cell-Free Massive MIMO*. IEEE Access, vol. 12, pp. 106895–106911, Jul. 2024. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3432287>
- [4] Shaik, Z. H., Larsson, E. G. *Decentralized Algorithms for Out-of-System Interference Suppression in Distributed MIMO*. IEEE Wireless Communications Letters, vol. 13, n. 7, pp. 1953–1957, May 2024. <https://doi.org/10.1109/LWC.2024.3397559> ou [PDF](#)
- [5] Liu, F., Cui, Y., Masouros, C., Xu, J., Han, T. X., Eldar, Y. C., Buzzi, S. *Integrated Sensing and Communications: Toward Dual-Functional Wireless Networks for 6G and Beyond*. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol. 40, n. 6, pp. 1728–1767, Jun. 2022. <https://doi.org/10.1109/JSAC.2022.3156632> ou <https://arxiv.org/abs/2108.07165>

Título

Integração Sensoriamento e Comunicação: Alocação de Recursos e Projeto de Transceptores

Descrição

O sensoriamento nas redes de comunicação atuais foi identificado como um possível serviço principal para os sistemas sem fio de próxima geração (6G). A principal vantagem dessa previsão é que os sistemas sem fio já dispõem de uma infraestrutura diversificada que pode ser alavancada para serviços de sensoriamento. O sensoriamento refere-se ao uso de sinais de rádio para detectar e estimar características de alvos (*targets*) no ambiente. Ao integrar o sensoriamento aos nós da rede de comunicação, esses passam a agir como sensores de “radar/detecção”, capazes de perceber o mundo físico em que operam. Essa integração é conhecida como Integração Sensoriamento e Comunicação (*Integrated Sensing and Communication – ISAC*).

Esta área temática propõe-se a abordar as limitações atuais para essa integração e propor soluções inovadoras em um cenário de MIMO distribuído (D-MIMO) centrado no usuário, sem células, com foco no projeto de transceptores, bem como na alocação de recursos e pilotos, utilizando ferramentas como otimização convexa clássica e aprendizado de máquina.

Palavras-chave

Radar/sensoriamento/detecção, comunicações móveis, otimização, transceptores, aprendizagem, redes sem fio sem células

Referências

- [1] Lu, S.; Liu, F.; Li, Y. et al. *Integrated Sensing and Communications: Recent Advances and Ten Open Challenges*. IEEE Internet of Things Journal, 2024. DOI: 10.1109/JIOT.2024.3361173
- [2] Rihan, M.; Zappone, A.; Buzzi, S.; Fodor, G.; Debbah, M. *Passive Versus Active Reconfigurable Intelligent Surfaces for Integrated Sensing and Communication: Challenges and Opportunities*. IEEE Network, vol. 38, no. 3, pp. 218–226, May 2024. DOI: 10.1109/MNET.2023.3321542
- [3] Xiong, Y.; Liu, F.; Cui, Y.; Yuan, W.; Han, T. X.; Caire, G. *On the Fundamental Tradeoff of Integrated Sensing and Communications Under Gaussian Channels*. IEEE Transactions on Information Theory, vol. 69, no. 9, pp. 5723–5751, Sep. 2023. DOI: 10.1109/TIT.2023.3284449
- [4] Buzzi, S.; D’Andrea, C.; Lops, M. *Massive MIMO Arrays for Joint Communication and Sensing*. 53rd Asilomar Conference on Signals, Systems, and Computers, 2019, pp. 5–9.

[5] Salem, H.; Quamar, M. D.; Mansoor, A.; Elrashidy, M.; Saeed, N.; Masood, M. *Data-driven Integrated Sensing and Communication: Recent Advances, Challenges, and Future Prospects*. arXiv: <https://arxiv.org/abs/2308.09090>

[6] Xiong, Y.; Liu, F.; Cui, Y.; Yuan, W.; Han, T. X.; Caire, G. *On the Fundamental Tradeoff of Integrated Sensing and Communications Under Gaussian Channels*. IEEE Transactions on Information Theory, vol. 69, no. 9, pp. 5723–5751, Sep. 2023. (duplicado da referência [3])

[7] Santos, M. G.; Fodor, G.; Silva, Y.; Cruz, W.; Palhano, I. *On Estimating the Angle of Arrival and Doppler Frequency in Bistatic and Multistatic Systems*. 3rd International Workshop on Sensing Advances in Wireless Networks (SAWN), VTC2024-Fall.

Título

Inteligência Artificial para Análise de Imagens de Fundoscopia no Auxílio ao Diagnóstico

Descrição

A aplicação da Inteligência Artificial (IA) na área da saúde tem se consolidado como uma estratégia inovadora para aprimorar processos diagnósticos, especialmente por meio da análise automatizada de imagens médicas, reduzindo substancialmente a subjetividade na análise visual por médicos especialistas. No contexto da oftalmologia, a utilização de algoritmos de IA para interpretação de imagens de fundoscopia tem se mostrado particularmente eficaz no apoio ao diagnóstico de diversas doenças oculares, como a retinopatia diabética, o glaucoma e a degeneração macular relacionada à idade.

Técnicas baseadas em aprendizado de máquina, especialmente redes neurais convolucionais (CNNs), têm demonstrado elevada acurácia na detecção de alterações retinianas, muitas vezes com desempenho mais confiável do que especialistas humanos, dada a precisão e objetividade. Essa abordagem contribui não apenas para a detecção precoce e o monitoramento de doenças, mas também para a ampliação do acesso ao diagnóstico em regiões carentes de recursos especializados.

Contudo, para que essas tecnologias sejam plenamente incorporadas à prática clínica, ainda se fazem necessários avanços na padronização de bases de dados, validação multicêntrica dos modelos e enfrentamento de questões éticas relacionadas à privacidade e segurança das informações. Nesse sentido, a IA representa uma ferramenta complementar de grande potencial para a oftalmologia moderna, com perspectivas promissoras de integração ao sistema de saúde.

Palavras-chave

Segmentação do nervo óptico, segmentação da escavação, redes CNNs, aprendizagem de máquinas, retinopatia diabética

Referências

[1] DE ASSIS, D.; CORTEZ, P. C. *A Comparative Analysis of Glaucoma Feature Extraction and Classification Techniques in Fundus Images*. Journal of Communication and Information Systems (JCIS), v. 38, p. 47–60, 2023. <https://doi.org/10.14209/jcis.2023.6>

[2] AAMIR, M.; IRFAN, M.; ALI, T.; ALI, G.; SHAF, A.; AL-BESHRI, A.; ALASBALI, T.; MAHNASHI, M. H. et al. *An adoptive threshold-based multi-level deep convolutional neural network for glaucoma eye disease detection and classification*. Diagnostics, v. 10, n. 8, p. 602, 2020. <https://www.mdpi.com/2075-4418/10/8/602>

[3] ALJOHANI, A.; ABURASAIN, R. Y. *A hybrid framework for glaucoma detection through federated machine learning and deep learning models*. BMC Medical

Informatics and Decision Making, v. 24, n. 1, p. 115, 2024.
<https://link.springer.com/content/pdf/10.1186/s12911-024-02518-y.pdf>

Título

Inteligência Artificial para Análise de Imagens de TC do Tórax na Detecção de Doenças Pulmonares

Descrição

A análise de imagens de tomografia computadorizada (TC) do tórax tem se desenvolvido substancialmente nos últimos anos, em especial na segmentação de estruturas anatômicas e na detecção de doenças pulmonares. Diversos estudos recentes apontam a TC como o exame mais adequado para o diagnóstico preciso de doenças como pneumonia, fibrose pulmonar, tuberculose e COVID-19. A implementação de um sistema automático de auxílio ao diagnóstico, capaz de detectar, localizar, quantificar e avaliar o grau de severidade dessas patologias, poderia trazer benefícios significativos ao sistema de saúde.

A aplicação da Inteligência Artificial (IA), especialmente nas áreas de Machine Learning (ML) e Deep Learning (DL), tem impulsionado métodos inovadores para análise automatizada de imagens de TC do tórax. Modelos baseados em redes neurais convolucionais (CNNs) demonstram alta acurácia na extração de padrões sutis, muitas vezes imperceptíveis ao olho humano, contribuindo para diagnósticos mais precisos, escaláveis e padronizados.

Além da capacidade diagnóstica, a IA possibilita redução de custos operacionais e ampliação do acesso ao diagnóstico, mesmo em contextos com recursos limitados. Contudo, ainda há desafios a superar, como a interpretabilidade dos modelos, a necessidade de grandes bases clínicas diversificadas e validação multicêntrica. A colaboração entre profissionais de saúde e engenheiros de IA é vista como essencial para viabilizar diagnósticos precoces e personalizados, otimizando os tratamentos.

Palavras-chave

Segmentação de pulmões, fibrose, DPOC, vidro fosco, TCAR, redes CNNs

Referências

[1] Salehi, S.; Abedi, A.; Balakrishnan, S.; Gholamrezanezhad, A. *Coronavirus Disease 2019 (COVID-19): a systematic review of imaging findings in 919 patients*. American Journal of Roentgenology, Mar. 2020. <http://dx.doi.org/10.2214/AJR.20.23034>

[2] Zhao, W.; Zhong, Z.; Xie, X.; Yu, Q.; Liu, J. *Relation Between Chest CT Findings and Clinical Conditions of Coronavirus Disease (COVID-19) Pneumonia: a multicenter study*. AJR, v. 214, n. 5, p. 1072–1077, maio 2020. <http://dx.doi.org/10.2214/AJR.20.22976>

[3] Yang, Y. et al. *Deep learning aided decision support for pulmonary nodules diagnosing: a review*. Journal of Thoracic Disease, 10(Suppl 7):S867–S875, 2018. <http://dx.doi.org/10.21037/jtd.2018.02.57>

[4] Valente, I. R. S. et al. *Automatic 3D pulmonary nodule detection in CT images: A survey*. Computer Methods and Programs in Biomedicine, v. 124, p. 91–107, 2016.

Título

Mecanismos de Tomada de Decisão em Sistemas Autônomos Inteligentes

Descrição

Sistemas inteligentes com uso de IoT são cada vez mais frequentes na indústria. A próxima fase da revolução industrial será composta por sistemas em que dispositivos dotados de algoritmos inteligentes precisarão tomar decisões por conta própria. Isso implica no desenvolvimento de novos modelos de processamento de informação, sistemas de comunicação e uso de inteligência na borda que se adaptem às contínuas mudanças dos domínios do conhecimento. Para isso, a computação em nuvem (Cloud Computing) poderá ser uma infraestrutura fundamental para aplicações de Big Data analytics.

A chamada “Autonomia das Coisas” (A-IoT) requer a superação de lacunas tecnológicas em múltiplos domínios para possibilitar a criação de Sistemas Autônomos Inteligentes (IAS), com otimização de desempenho em cenários de *Federated Learning*. Estudos recentes apontam a viabilidade do gerenciamento de dispositivos em ambientes híbridos de Big Data, nos quais aplicações de análise de dados devem ser implementadas com participação humana (*Human-in-the-loop – HiTL*).

A adoção dessas tecnologias viabiliza o desenvolvimento de aplicações em diversas áreas, como veículos autônomos, controle de tráfego aéreo urbano, carros voadores, robôs hospitalares, controle de redes 5G/6G, *helpers*, entre outros.

Palavras-chave

IoT, IAS, Big Data, Deep Learning, Machine Learning, Otimização de Algoritmos

Referências

- [1] Bayram, F.; Ahmed, B. S.; Kassler, A. *From concept drift to model degradation: An overview on performance-aware drift detectors*. Knowledge-Based Systems, v. 245, 2022. DOI: 10.1016/j.knosys.2022.108632
- [2] Rosendo, D.; Costan, A.; Valdúriez, P.; Antoniu, G. *Distributed intelligence on the Edge-to-Cloud Continuum: A systematic literature review*. Journal of Parallel and Distributed Computing, v. 166, p. 71–94, 2022. DOI: 10.1016/j.jpdc.2022.04.004
- [3] dos Anjos, J. C. S. et al. *A Survey on Collaborative Learning for Intelligent Autonomous Systems*. ACM Computing Surveys, v. 1, n. 1, p. 1–36, 2023. DOI: 10.1145/3625544
- [4] Valente Neto, E. G. et al. *Adding Data Quality to Federated Learning Performance Improvement*. IEEE Access, 2025. <https://ieeexplore.ieee.org/document/11029230>

[5] Fernandes, J. et al. *ISABELA – A Socially-Aware Human-in-the-Loop Advisor System*. *Online Social Networks and Media*, v. 16, 2020. DOI: 10.1016/j.osnem.2020.100060

[6] Orlandi, F. C. et al. *Entropy to mitigate non-IID data problem on Federated Learning for the Edge Intelligence environment*. *IEEE Access*, v. 11, p. 78845–78857, 2023. DOI: 10.1109/ACCESS.2023.3298704

Título

Metasuperfícies Refletivas para Conversão de Polarização

Descrição

A conversão de polarização é o processo de mudar a orientação do campo elétrico de uma onda. As metasuperfícies permitem que essa conversão ocorra de forma compacta, eficiente e com grande flexibilidade, diferentemente dos métodos tradicionais, como polarizadores de fio, que são volumosos e operam em banda estreita. Para atender às crescentes demandas por maior taxa de transmissão de dados, eficiência de conversão e aumento de capacidade espectral, a conversão de polarização torna-se essencial, especialmente em sistemas de multiplexação por polarização.

Além disso, os conversores de polarização são relevantes para dar suporte a comunicações em alta frequência, compensando perdas de propagação por meio da concentração mais eficiente da energia do sinal. Dessa forma, este tema de pesquisa objetiva desenvolver competências técnicas voltadas ao projeto e desenvolvimento de conversores de polarização baseados em metasuperfícies refletivas, com foco na melhoria da qualidade do sinal em sistemas de comunicação de alta frequência.

Palavras-chave

Metasuperfícies refletivas, Conversor de Polarização, Razão de Conversão de Polarização, Comunicações 5G/6G

Referências

- [1] Islam, K. M. R., Rahimian, A., Machado, G. G., Abbasi, M. A. B., Cheema, A. A., Meenan, B. J. *A compact single-layer reflective metasurface for high-efficiency polarization conversion applications in C and X bands*. IET Microwaves, Antennas & Propagation, pp. 369–381, 2024. <https://doi.org/10.1049/mia2.12465>
- [2] Yang, H., Wang, S. C., Li, P., He, Y., Zhang, Y. J. *A Broadband Multifunctional Reconfigurable Polarization Conversion Metasurface*. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 71, pp. 5759–5767, 2023. <https://doi.org/10.1109/TAP.2023.3266498>
- [3] Wu, P. C., Sokhoyan, R., Kafaie Shirmanesh, G., Cheng, W.-H., Atwater, H. A. *Near-Infrared Active Metasurface for Dynamic Polarization Conversion*. Advanced Optical Materials, 2021. <https://doi.org/10.1002/adom.202100230>
- [4] Huang, X., Ma, X., Li, X., Fan, J., Guo, L., Yang, H. *Simultaneous realization of polarization conversion for reflected and transmitted waves with bi-functional metasurface*. Scientific Reports, vol. 12, 2022.

Título

Mineração de Dados Educacionais

Descrição

Mineração de Dados Educacionais é uma área interdisciplinar que aplica técnicas de ciência de dados, aprendizado de máquina, estatística e inteligência artificial à análise de dados gerados em ambientes educacionais. Seu objetivo é extrair padrões e insights que possam contribuir para a melhoria da aprendizagem, a personalização do ensino, a predição de desempenho acadêmico, a identificação de alunos em risco, a avaliação de estratégias pedagógicas e o suporte à tomada de decisão por gestores educacionais. Trata-se de uma vertente aplicada da ciência de dados que se consolida como uma ferramenta estratégica no contexto da transformação digital da educação.

Palavras-chave

Mineração de Dados Educacionais, Análise de Aprendizagem, Predição de Desempenho Acadêmico

Referências

- [1] Romero, C.; Ventura, S. *Educational data mining and learning analytics: An updated survey*. arXiv preprint, arXiv:2402.01479, 2024. <https://arxiv.org/abs/2402.01479>
- [2] Lin, Y. et al. *A comprehensive survey on deep learning techniques in educational data mining*. arXiv preprint, arXiv:2309.14198, 2023. <https://arxiv.org/abs/2309.14198>
- [3] Zhang, M. et al. *A review of data mining in personalized education: Current trends and future prospects*. arXiv preprint, arXiv:2402.00034, 2024. <https://arxiv.org/abs/2402.00034>
- [4] Ahmed, S. et al. *A review of educational data mining trends*. *Procedia Computer Science*, v. 237, p. 106–113, 2024. DOI: [10.1016/j.procs.2022.11.137](https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.11.137)
- [5] Youssef, A. M. et al. *Educational data mining and predictive modeling in the age of artificial intelligence*. *Computers*, v. 13, n. 1, p. 18, 2024. DOI: [10.3390/computers13010018](https://doi.org/10.3390/computers13010018)
- [6] Wei, X. et al. *Application of Data Mining Algorithm Based on Rough Set Theory in Aesthetic Education Teaching in Colleges and Universities*. *Journal of Mathematics*, 2024, p. 1–10. DOI: [10.1155/2024/6639707](https://doi.org/10.1155/2024/6639707)

Título

Modelos Robustos de Aprendizado Federado para Sistemas Distribuídos

Descrição

É comum encontrarmos processos e comportamentos complexos emergindo de interações entre elementos simples distribuídos em sistemas compostos por múltiplos agentes. A partir da agregação e processamento de informações dispersas entre os nós do sistema — que individualmente não são capazes de decisões complexas — é possível obter soluções coletivas eficazes.

Redes de comunicações adaptativas e sistemas IoT ilustram esse tipo de estrutura distribuída, com agentes conectados por topologias estáticas ou dinâmicas, frequentemente representadas por grafos. Nesses contextos, os nós interagem via protocolos de comunicação para resolver problemas de estimação, enfrentando incertezas tanto nos dados quanto nas limitações de hardware. Estratégias variam entre modos distribuído, centralizado e não-cooperativo. Embora soluções centralizadas possam oferecer melhor desempenho global, elas impõem riscos de privacidade, sobrecarga de transmissão e dependência crítica do nó central.

Diante desses desafios, esta linha de pesquisa busca desenvolver algoritmos de aprendizado federado que sejam robustos à incerteza e otimizem a troca de informações em sistemas distribuídos. Estratégias baseadas em aprendizado por reforço são de especial interesse, considerando sua capacidade de adaptação contínua ao ambiente e à topologia da rede, preservando a privacidade dos dados dos agentes.

Palavras-chave

Aprendizado federado, Sistemas distribuídos, Aprendizado por Reforço, Métodos Robustos

Referências

- [1] Sayed, A. H. *Adaptive Networks*. Proceedings of the IEEE, vol. 102, n. 4, pp. 460–497, abril 2014.
- [2] Sayed, A. H.; Tu, S.-Y.; Chen, J.; Zhao, X.; Towfic, Z. J. *Diffusion Strategies for Adaptation and Learning over Networks*. IEEE Signal Processing Magazine, vol. 30, n. 3, pp. 155–171, maio 2013.
- [3] Fitzek, F. H.; Katz, M. D. (Eds.). *Cooperation in Wireless Networks – Principles and Applications: Real Egoistic Behavior is to Cooperate!*. Springer, 2006.
- [4] Sayed, A. H. *Adaptation, Learning, and Optimization over Networks*. Now Publishers.

Título

Planejamento de Caminho e Prevenção de Colisão de Robôs Autônomos

Descrição

No contexto de uma sociedade na qual veículos ou máquinas com autonomia de navegação em ambientes não estruturados tornam-se onipresentes, há uma demanda crescente por estratégias e técnicas inteligentes voltadas à geração de trajetórias seguras e eficientes. Métodos clássicos como campos de potenciais artificiais, mapas de rotas probabilísticos e planejamento de caminho topológico exigem conhecimento completo do ambiente, o que nem sempre é viável, além de frequentemente apresentarem problemas de convergência para mínimos locais.

Diante dessas limitações, torna-se necessário o desenvolvimento de novos métodos de navegação que superem tais obstáculos, operando com percepção incremental do ambiente e proporcionando flexibilidade e adaptabilidade em cenários dinâmicos. Esta linha temática tem como foco a proposição de soluções inovadoras para navegação de robôs móveis ou manipuladores industriais, com ênfase no planejamento de caminhos e na prevenção de colisões. Técnicas baseadas em aprendizado de máquina e aprendizado profundo figuram como abordagens particularmente promissoras para a geração de rotas que atendam critérios rigorosos de segurança e eficiência.

Palavras-chave

Navegação autônoma, planejamento de caminho, prevenção de colisões, aprendizado de máquinas

Referências

- [1] Khatib, O. *The potential field approach and operational space formulation in robot control*. In: Adaptive and Learning Systems: Theory and Applications. Springer, Boston, MA, 1986. p. 367–377.
- [2] Kavraki, L. et al. *Probabilistic roadmaps for path planning in high-dimensional configuration spaces*. IEEE Transactions on Robotics and Automation, v. 12, n. 4, p. 566–580, 1996.
- [3] Batista, J. G. et al. *Collision avoidance for a selective compliance assembly robot arm manipulator using topological path planning*. Applied Sciences, v. 13, n. 21, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-3417/13/21/11642>
- [4] Singh, R.; Ren, J.; Lin, X. *A Review of Deep Reinforcement Learning Algorithms for Mobile Robot Path Planning*. Vehicles, 2023, 5(4), 1423–1451. DOI: 10.3390/vehicles5040078

Título

Processamento da Informação Aplicado em Dados Educacionais

Descrição

Nos dias atuais, a Educometria firmou-se como uma disciplina interdisciplinar que integra estatística, aprendizado de máquina, análise de dados massivos e avaliação educacional. Com a crescente demanda por políticas públicas baseadas em evidências quantitativas, a Educometria tornou-se central para decisões educacionais mais objetivas, precisas e cientificamente fundamentadas.

Este tema de pesquisa visa o desenvolvimento de metodologias para extração de conhecimento e predição em contextos educacionais diversos, com foco em avaliação adaptativa, análise de grandes volumes de dados (big data) e modelagem de trajetórias educacionais. O objetivo é gerar subsídios analíticos que contribuam para a formulação de políticas educacionais eficazes e para a melhoria da qualidade da educação por meio de abordagens quantitativas avançadas.

Palavras-chave

Aprendizado de máquinas, big data, mineração de dados, predição e retropredição, análise e estatística multivariada, tensores, extração de atributos e características, análise fatorial, classificação de padrões, quantificação de incertezas, álgebra linear e multilinear

Referências

- [1] Silva, T. E. V. *Educometrics: from theory to application*. Tese de doutorado, Universidade Federal do Ceará, 2017.
- [2] Sahebi, S.; Lin, Y.-R.; Brusilovsky, P. *Tensor Factorization for Student Modeling and Performance Prediction in Unstructured Domain*. Proceedings of the 9th International Conference on Educational Data Mining, 2016.
- [3] Cresswell, J.; Schwantner, U.; Waters, C. *A Review of International Large-Scale Assessments in Education: Assessing Component Skills and Collecting Contextual Data*. PISA, The World Bank/OECD Publishing, Paris, 2015. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264248373-en>
- [4] Braun, H.; von Davier, M. *The use of test scores from large-scale assessment surveys: psychometric and statistical considerations*. Large-scale Assess Educ, 5:17, 2017. <https://doi.org/10.1186/s40536-017-0050-x>
- [5] Cursi, E. S.; Sampaio, R. *Uncertainty Quantification and Stochastic Modeling with Matlab®*. iSTE Press, ELSEVIER, 2015.
- [6] Romero, C.; Ventura, S. *Educational Data Mining: A Review of the State of the Art*. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics – Part C: Applications and Reviews, v. 40, n. 6, p. 601–618, 2010.

Título

Processamento de Nuvens de Pontos 3D e Suas Aplicações

Descrição

Nuvens de pontos tridimensionais são representações espaciais que descrevem a superfície de objetos e ambientes com base em coordenadas 3D, permitindo a análise de forma, distância e orientação. Essas estruturas têm aplicações relevantes em áreas como imageamento biomédico, geologia, biometria, entre outras. A pesquisa sobre nuvens de pontos envolve desafios como reconstrução de superfícies, estimativa de posição e orientação, avaliação volumétrica em contornos irregulares e desenvolvimento de algoritmos robustos para registro e classificação.

Este tema abrange propostas que explorem algoritmos, estruturas de dados e aplicações baseadas em nuvens de pontos. Dentre os focos de investigação, destacam-se:

- Desenvolvimento de pipelines para processamento e visualização de resultados;
- Extração de atributos para uso em registro e segmentação;
- Novas representações e estruturas de dados para suporte computacional;
- Aplicações de classificação baseadas em nuvens de pontos;
- Utilização em diversos domínios científicos e industriais;
- Técnicas baseadas em aprendizagem profunda para representação e processamento de dados tridimensionais.

Palavras-chave

Processamento de imagens 3D; aplicações dependentes do processamento de nuvens de pontos; extração de atributos de nuvens de pontos 3D; registro (ou fusão) de nuvens de pontos 3D; reconstrução de objetos e cenas a partir de nuvens de pontos; aprendizagem profunda em dados de nuvens de pontos.

Referências

[1] Feng, L.; Zhu, R.; Zeng, D.; Zhao, Q.; Liu, X. *Disentangling features in 3D face shapes for joint face reconstruction and recognition*. In: Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2018, p. 5216–5225. Disponível em: <https://arxiv.org/pdf/1803.11366.pdf>

[2] Wang, Y.; Solomon, J. M. *Deep Closest Point: Learning Representations for Point Cloud Registration*. In: Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision, 2019.

[3] Sharma, S.; Kumar, V. *3D Face Reconstruction in Deep Learning Era: A Survey*. Archives of Computational Methods in Engineering, v. 29, n. 5, p. 3475–3507, jan. 2022.

[4] Charles, R. Q.; Su, H.; Kaichun, M.; Guibas, L. J. *PointNet: Deep Learning on Point Sets for 3D Classification and Segmentation*. In: 2017 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). DOI: [10.1109/cvpr.2017.16](https://doi.org/10.1109/cvpr.2017.16)

Título

Processamento de Sinais em Arranjos para Superfícies Inteligentes Reconfiguráveis

Descrição

A tecnologia de processamento de arranjo de sinais de antenas permite a transmissão e recepção direcional de sinais sem fio para fins de comunicação, localização e sensoriamento. Os algoritmos de processamento de sinais que sustentam começaram a ser desenvolvidos há várias décadas. Ainda assim, foi com a implantação das redes móveis sem fio 5G e posteriores que a tecnologia se tornou popular. O número de elementos de antenas em arranjo de estações base (BSs) 5G, superfícies inteligentes reconfiguráveis (RIS) e equipamentos de usuário (UEs) pode ser medido na ordem de centenas e dezenas, respectivamente. À medida que as redes migram para o uso de bandas de frequência mais altas, mais antenas cabem em uma determinada abertura. Para fins de comunicação, as matrizes são aproveitadas para formar feixes nas direções desejadas, a fim de melhorar a relação sinal-ruído (SNR) e multiplexar sinais de dados no domínio espacial (para um ou vários dispositivos) e suprimir interferências por filtragem espacial. Para fins de localização, essas matrizes são empregadas para manter a SNR ao operar em larguras de banda mais amplas, para estimativa do ângulo de chegada e para separar múltiplas fontes e dispersores. O uso prático desses recursos exige que cada conjunto de antenas seja equipado com algoritmos de processamento de sinal bem projetados. Com a introdução do RIS e da arquitetura avançada do RIS, a estimativa dos parâmetros do canal e a formação de feixes ainda são desafios em aberto.

Palavras-chave

Processamento de arranjo de sinais, estimativa de parâmetros, estimativa de canal, formação de feixes e pré-codificação, bandas de ondas milimétricas e terahertz, superfície inteligente reconfigurável (RIS)

Referências

- [1] Emil Björnson et al. *Reconfigurable Intelligent Surfaces: A signal processing perspective with wireless applications*. IEEE Signal Processing Magazine, vol. 39, n. 2, março 2022. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9721205>
- [2] Li, H., Nerini, M., Shen, S., Clerckx, B. *A Tutorial on Beyond-Diagonal Reconfigurable Intelligent Surfaces: Modeling, Architectures, System Design and Optimization, and Applications*. 2025. Disponível em: <https://arxiv.org/pdf/2505.16504>
- [3] Rappaport, T. S. *Wireless Communications and Applications Above 100 GHz: Opportunities and Challenges for 6G and Beyond*. IEEE Access, vol. 7, 2019. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8732419>

[4] Wang, Z. *A Tutorial on Extremely Large-Scale MIMO for 6G: Fundamentals, Signal Processing, and Applications*. IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 26, n. 3, 2024. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10379539>

[5] Wild, T. *Joint Design of Communication and Sensing for Beyond 5G and 6G Systems*. IEEE Access, vol. 9, 2021. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9354629>

Título

Processamento Óptico de Funções Lógicas Não Separáveis Linearmente

Descrição

Com o crescimento exponencial da demanda computacional e do consumo energético por centros de dados, torna-se urgente o desenvolvimento de soluções tecnológicas mais sustentáveis. Este projeto propõe arquiteturas ópticas baseadas em fibras de cristal fotônico para realizar processamento lógico de sinais com consumo energético extremamente reduzido.

A pesquisa explora duas abordagens principais: (i) a propagação linear de pulsos ópticos em fibras para construção de circuitos lógicos previsíveis e escaláveis, e (ii) o uso de redes neurais ópticas treinadas com algoritmos evolutivos. A proposta busca integrar inteligência artificial, ótica e algoritmos genéticos na criação de sistemas físicos computacionais otimizados, capazes de executar funções lógicas complexas sem necessidade de conversão eletro-óptica. Trata-se de uma área multidisciplinar na interseção entre engenharia, física e ciência da computação, com grande potencial de impacto no avanço de tecnologias sustentáveis para processamento de dados.

Palavras-chave

Computação óptica, cristal fotônico, redes neurais difrativas, algoritmos genéticos, inteligência artificial eficiente

Referências

- [1] International Energy Agency. *Energy and AI: World Energy Outlook Special Report*. Paris, 2024.
- [2] Shor, P. W. *Algorithms for quantum computation: discrete logarithms and factoring*. In: Proceedings 35th Annual Symposium on Foundations of Computer Science, IEEE, 1994, pp. 124–134.
- [3] Bhalla, A.; Kenneth, E.; Matthew, H. *Quantum computing, Shor's algorithm, and parallelism*. Accessed on: Aug, vol. 23, 2019.
- [4] Agrawal, G. P. *Fiber-optic Communication Systems*. John Wiley & Sons, 2012.
- [5] Brambilla, G.; Finazzi, V.; Richardson, D. J. *Ultra-low-loss optical fiber nanotapers*. Optics Express, vol. 12, n. 10, pp. 2258–2263, 2004.
- [6] Martins, F. L. B.; Rodrigues, J. P. T.; Nascimento, J. C. *Configurable conditional-logic multi-functional logic gate in a linear three-core optical fiber coupler*. Applied Optics, vol. 64, p. 2865, abr. 2025.
- [7] Martins, F. L. B.; Rodrigues, J. P. T.; Nascimento, J. C. *All-optical half-adder in a linear three-core fiber device*. Applied Optics, vol. 62, p. 4935, jun. 2023.

[8] Dan, Y. et al. *All-type optical logic gates using plasmonic coding metamaterials and multi-objective optimization*. Optics Express, vol. 30, p. 11633, mar. 2022.

[9] Qian, C. et al. *Performing optical logic operations by a diffractive neural network*. Light: Science and Applications, vol. 9, dez. 2020.

[10] Zarei, S.; Khavasi, A. *Realization of optical logic gates using on-chip diffractive optical neural networks*. Scientific Reports, vol. 12, dez. 2022.

Título

Signal Processing for Reconfigurable Intelligent Metasurfaces

Descrição

Recentes estudos destacam o potencial e os desafios do uso de metasuperfícies inteligentes reconfiguráveis (RIM) como assistentes em sistemas de comunicação sem fio voltados às futuras redes 6G. As RIMs são estruturas bidimensionais compostas por elementos de radiofrequência passivos ou semi-passivos, capazes de controlar propriedades eletromagnéticas das ondas incidentes, favorecendo a coerência dos sinais refletidos ou refratados no receptor desejado. Essa capacidade pode ampliar significativamente a cobertura e o desempenho global do sistema.

Dentre os desafios de pesquisa, destacam-se o desenvolvimento de algoritmos para estimação de canal, otimização da superfície e detecção de símbolos, especialmente em virtude da escala dos sistemas, que pode envolver centenas ou milhares de elementos. A maior parte dos trabalhos atuais se baseia em modelos idealizados ou em estruturas puramente passivas. Este projeto pretende abordar a estimação conjunta de canal e símbolos, além da otimização de transceptores em sistemas avançados assistidos por RIM, incluindo arquiteturas inovadoras. Também se pretende investigar o papel das RIMs em sistemas que integram comunicação e sensoriamento de forma conjunta.

Palavras-chave

Communication systems reconfigurable surfaces; signal processing; channel estimation; transceiver algorithms

Referências

- [1] Gong, S.; Lu, X.; Hoang, D. T.; Niyato, D.; Shu, L.; Kim, D. I.; Liang, Y.-C. *Toward smart wireless communications via intelligent reflecting surfaces: A contemporary survey*. IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 22, no. 4, pp. 2283–2314, 2020.
- [2] Pan, C. et al. *An overview of signal processing techniques for RIS/IRS-aided wireless systems*. IEEE Journal on Selected Topics in Signal Processing, 2022.
- [3] de Araújo, G. T.; de Almeida, A. L. F.; Boyer, R. *Channel estimation for intelligent reflecting surface assisted MIMO systems: A tensor modeling approach*. IEEE Journal on Selected Topics in Signal Processing, vol. 15, no. 3, 2021.
- [4] Alexandropoulos, G. C.; Shlezinger, N.; Alamzadeh, I.; Imani, M. F.; Zhang, H.; Eldar, Y. C. *Hybrid Reconfigurable Intelligent Metasurfaces: Enabling Simultaneous Tunable Reflections and Sensing for 6G Wireless Communications*. IEEE Vehicular Technology Magazine, vol. 19, no. 1, pp. 75–84, mar. 2024.

Título

Tecnologias de Localização e Monitoramento de Desempenho em Ambientes Indoor com Foco em Aplicações Esportivas

Descrição

Este tema de pesquisa visa o estudo, o desenvolvimento e a aplicação de tecnologias de medição de posição local (Local Position Measurement – LPM), com ênfase em ambientes internos (indoor) e sua integração com dispositivos vestíveis. O objetivo principal é possibilitar o monitoramento preciso de movimento e comportamento tático de indivíduos em contextos de atividades físicas e esportivas de alto desempenho.

O foco está no uso de tecnologias de comunicação de rádio de alta precisão, especialmente sistemas baseados em Ultra-Wideband (UWB), que oferecem medições de posição com resolução centimétrica, mesmo em ambientes com múltiplos obstáculos e alta interferência, comuns em instalações esportivas fechadas. A proposta abrange aspectos de projeto, confiabilidade e integração com sistemas embarcados e de Internet das Coisas (IoT).

Palavras-chave

UWB; Local Position Measurement; IoT; Sistemas Embarcados; Antenas

Referências

- [1] Brunacci, V.; De Angelis, A.; Costante, G.; Carbone, P. *Development and Analysis of a UWB Relative Localization System*. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, vol. 72, art. no. 8505713, pp. 1–13, 2023. DOI: 10.1109/TIM.2023.3305661.
- [2] Pino-Ortega, J.; Bastida-Castillo, A.; Gómez-Carmona, C. D.; Rico-González, M. *Validity and reliability of an eight antennae ultra-wideband local positioning system to measure performance in an indoor environment*. Sports Biomechanics, 23(2), pp. 145–155, 2020.
- [3] Cerro, G.; Ferrigno, L.; Laracca, M.; Miele, G.; Milano, F.; Pingerna, V. *UWB-Based Indoor Localization: How to Optimally Design the Operating Setup?* IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, vol. 71, art. no. 9509012, pp. 1–12, 2022. DOI: 10.1109/TIM.2022.3194924.
- [4] Efremova, E. V.; Kuzmin, L. V.; Itskov, V. V. *Measuring Received Signal Strength of UWB Chaotic Radio Pulses for Ranging and Positioning*. Electronics, 12(21), 4425, 2023. <https://doi.org/10.3390/>
- [5] Gamble, A. S. D.; Bigg, J. L.; Pignanelli, C.; Nyman, D. L. E.; Burr, J. F.; Spriet, L. L. *Reliability and validity of an indoor local positioning system for measuring external load in ice hockey players*. European Journal of Sport Science, 23(3), pp. 311–318, 2022. <https://doi.org/10.1080/>