

Ferramentas Computacionais para ciência dos dados (28504)

()

Ano Letivo 2023/2024
Responsável João Carlos Cardoso da Silva
Área Disciplinar Ciências da Computação (Computer Science)
Departamento Tecnologias de Computação e Informação

Plano de estudos

| Curso | Regime | Semestre | Ano Curricular | ECTS | Total de Horas | Horário |
|-------------|--------|----------|----------------|------|----------------|---------|
| MIAA (9421) | PL | S1 | 1 | 6.0 | 165 | N/D |

Docencia

| Nome | Curso | Semestre |
|------------------------------------|-------|----------|
| João Carlos Cardoso da Silva (122) | MIAA | S1 |

Enquadramento

Objetivos da Unidade Curricular



A unidade curricular está desenhada para proporcionar aos estudantes um entendimento abrangente e competências práticas na aplicação de ferramentas sofisticadas de análise prescritiva para impulsionar processos de tomada de decisão para alcançar objetivos empresariais específicos. Ao explorar uma variedade de casos de uso específicos de cada indústria, incluindo logística, produção, finanças e investimento, energia e utilidades, bem como saúde, os alunos obterão percepções sobre como a otimização matemática pode ser eficazmente aproveitada em setores diversos.

O curso irá aprofundar as complexidades da competência de modelação, focando-se nos fundamentos e técnicas de otimização matemática. Os estudantes aprenderão a utilizar uma gama de solvers de otimização, melhorando a sua capacidade de selecionar e aplicar a ferramenta apropriada para cada contexto.



The curricular unit is designed to provide students with a comprehensive understanding and practical skills in the application of sophisticated prescriptive analytics tools to drive decision-making processes toward achieving specific business objectives. By exploring a variety of industry-specific use cases, including logistics, manufacturing, finance and investment, energy and utilities, and healthcare, students will gain insights into how mathematical optimization can be effectively leveraged across diverse sectors.

The course will delve into the intricacies of modeling competence, focusing on the foundation and techniques of mathematical optimization. Students will learn to utilize a range of optimization solvers, enhancing their ability to select and apply the appropriate tool for each context.

Conhecimentos e competências a adquirir



Após a conclusão desta unidade curricular, os alunos terão desenvolvido a capacidade de:

1. Compreender os princípios da análise prescritiva e o seu papel na tomada de decisão estratégica em várias indústrias;
2. Desenhar e construir modelos de otimização robustos que enfrentem desafios reais do mundo empresarial;
3. Recorrer a diferentes solver para encontrar as melhores soluções para esses desafios;
4. Dominar o poder das Linguagens de Modelação Algébrica para traduzir problemas empresariais em formulações matemáticas resolvíveis;

5. Analisar criticamente os resultados dos modelos de otimização e fazer recomendações informadas para estratégias acionáveis.

Os alunos serão capazes de influenciar e guiar o processo de tomada de decisão de uma organização através do uso estratégico de ferramentas de análise prescritiva baseadas em dados.



Upon completion of this curricular unit, students will have developed the capability to:

1. Comprehend the principles of prescriptive analytics and its role in strategic decision-making within various industries;
2. Design and construct robust optimization models that address real-world business challenges;
3. Deploy different optimization solvers to find the best solutions to these challenges;
4. Harness the power of Algebraic Modeling Languages to translate business problems into solvable mathematical formulations;
5. Critically analyze the outcomes of optimization models and make informed recommendations for actionable strategies.

Students will be capable of influencing and guiding an organization's decision-making process through the strategic use of data-driven, prescriptive analytics tools.

Programa

Conteúdos Programáticos



1. Ferramentas Avançadas de Análise
Ferramentas Descritivas / Preditivas / Prescritivas
2. Otimização Matemática
3. Linguagens de Modelação Algébrica
Pyomo / Picat
4. Modelação de Otimização
5. Resolução de Problemas de Otimização
Z3 / Gurobi Solvers
Servidor NEOS



1. Advanced Analytics Tools
Descriptive / Predictive / Prescriptive Tools
2. Mathematical Optimization
3. Algebraic Modeling Languages
Pyomo / Picat
4. Optimization Modeling
5. Solving Optimization Problems
Z3 / Gurobi Solvers
NEOS server

Bibliografia

Principal

Sabharwal, A., & Selman, B. (2011). S. Russell, P. Norvig, Artificial Intelligence: A Modern Approach, Third Edition. Artif. Intell., 175, 935-937.

Bynum, Michael L., Gabriel A. Hackebeil, William E. Hart, Carl D. Laird, Bethany L. Nicholson, John D. Sirola, Jean-Paul Watson, and David L. Woodruff. Pyomo - Optimization Modeling in Python. Third Edition Vol. 67. Springer, 2021.

Neng-Fa Zhou, Hkan Kjellerstrand, and Jonathan Fruhman. 2015. Constraint Solving and Planning with Picat (1st. ed.). Springer Publishing Company, Incorporated.

Complementar

<https://www.pyomo.org/>

<http://picat-lang.org/>

<https://www.gurobi.com/>

<https://github.com/z3prover/z3>

Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos da UC



Cada componente do curso foi escolhido para construir um quadro de conhecimento que capacita os estudantes a atingir os objetivos estabelecidos. A seguir, apresenta-se uma demonstração desta coerência:

1. Ferramentas Avançadas de Análise (Ferramentas Descritivas / Preditivas / Prescritivas): Esta secção do programa introduz os alunos às diferentes categorias de ferramentas analíticas, estabelecendo a base para compreender como os dados podem ser interpretados (descritivos), projetados (preditivos) e utilizados para recomendar ações (prescritivos). Este conhecimento é essencial para alcançar o objetivo da UC de aplicar análises prescritivas em contextos empresariais.
2. Otimização Matemática: Os métodos e teoria subjacentes à otimização matemática são cruciais para entender como modelar e resolver problemas que maximizam ou minimizam objetivos empresariais, alinhando-se diretamente com a meta da UC de explorar a aplicação prática da otimização em vários setores.
3. Linguagens de Modelação Algébrica (Pyomo / Picat): O dominar destas linguagens equipa os alunos com a habilidade de expressar problemas de otimização de forma estruturada e clara, facilitando a utilização de solvers avançados. A inclusão de Pyomo e Picat no currículo suporta diretamente o objetivo de aprofundar a competência de modelação dos estudantes.
4. Modelação de Otimização: Este componente concentra-se na construção de modelos de otimização representativos de cenários do mundo real. Através deste conteúdo, os alunos aprendem a traduzir objetivos empresariais em problemas matemáticos, um passo integral para a tomada de decisões baseadas em análise prescritiva.
5. Resolução de Problemas de Otimização (Z3 / Gurobi Solvers, Servidor NEOS): O programa ensina os estudantes a aplicar solvers especializados para encontrar soluções ótimas ou satisfatórias para os modelos criados. Além disso, a exposição ao servidor NEOS permite que os alunos explorem uma variedade de solvers na *cloud*, o que amplia a aplicabilidade prática dos conhecimentos adquiridos.

A sequência do currículo, começando com uma base teórica e avançando para aplicações práticas, alinha-se com a missão da UC. Os alunos começam com conceitos teóricos e progressivamente aplicam esse conhecimento em

cenários cada vez mais complexos e práticos, culminando na capacidade de resolver problemas reais de otimização. Essa progressão garante que, ao final do curso, os estudantes estejam preparados para enfrentar os desafios de tomada de decisão em diversos setores, utilizando ferramentas de análise avançada, conforme proposto pelos objetivos da UC.



Each course component has been carefully selected to construct a knowledge framework that empowers students to achieve the established objectives. Below is a demonstration of this coherence:

1. **Advanced Analytics Tools (Descriptive / Predictive / Prescriptive Tools):** This section of the program introduces students to different categories of analytical tools, laying the groundwork for understanding how data can be interpreted (descriptive), projected (predictive), and used to recommend actions (prescriptive). This knowledge is essential for achieving the course objective of applying prescriptive analytics in business contexts.
2. **Mathematical Optimization:** The methods and theory underlying mathematical optimization are crucial for understanding how to model and solve problems that maximize or minimize business objectives, aligning directly with the course goal of exploring the practical application of optimization across various sectors.
3. **Algebraic Modeling Languages (Pyomo / Picat):** Mastering these languages equips students with the ability to express optimization problems in a structured and clear manner, facilitating the use of advanced solvers. The inclusion of Pyomo and Picat in the curriculum directly supports the objective of deepening students' modeling competence.
4. **Optimization Modeling:** This component focuses on the construction of optimization models that are representative of real-world scenarios. Through this content, students learn to translate business objectives into mathematical problems, an integral step for decision-making based on prescriptive analysis.
5. **Solving Optimization Problems (Z3 / Gurobi Solvers, NEOS Server):** The program teaches students how to apply specialized solvers to find optimal or satisfactory solutions for the created models. Moreover, exposure to the NEOS server allows students to explore a variety of solvers in the cloud, which broadens the practical applicability of the knowledge gained.

The curriculum sequence, starting with theoretical foundations and advancing to practical applications, aligns with the mission of the course. Students begin with theoretical concepts and progressively apply this knowledge to increasingly complex and practical scenarios, culminating in the ability to solve real optimization problems. This progression ensures that by the end of the course, the students are prepared to tackle decision-making challenges across various sectors, utilizing advanced analytical tools as proposed by the course objectives.

Metodologias de Ensino/Aprendizagem

Metodologias



A metodologia de ensino passa pela apresentação dos conceitos fundamentais, com exemplos de aplicação da matéria abordada em cada tópico, em contexto de aula. Pretende que os estudantes desenvolvam projetos práticos que englobam diversos aspetos dos assuntos abordados.



The teaching methodology involves presenting the fundamental concepts and practical examples for each topic, in the classroom. Students will then develop projects that encompass several aspects of the syllabus.

Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos E/A da UC



Procura-se que os estudantes, simultaneamente, conheçam ferramentas computacionais para ciência dos dados ao seu dispor e sejam também capazes de implementar na prática soluções por si estruturadas para situações concretas.

A leccionação debruça-se inicialmente sobre a exposição das tarefas típicas e ferramentas correspondentes, com algumas demonstrações práticas, e coloca-se depois também ênfase na implementação prática de sistemas que integrem essas funcionalidades.



The aim is to enable students to simultaneously know computational tools for data science at their disposal and are also able to implement practical solutions that they have structured for concrete situations.

The course initially focuses on the explanation of typical tasks and their corresponding libraries, with some practical demonstrations, and then there is also an emphasis on the practical implementation of systems that use these functionalities.

Metodologias de Avaliação



A avaliação é realizada através de 2 projectos práticos.
Cada projecto tem um peso de 50% na nota final.
A nota mínima de cada projeto é 8 valores.



Grading is done through 2 practical projects throughout the course.
Each project has a weight of 50% in the final grade.
The minimum grade for each project is 8.