الجمهوريـــــــة الجزائريـــــة الديمقراطيـــــة الشعبيـــــة
PEOPLE'S DEMOCRATIC REPUBLIC OF ALGERIA

وزارة التعليـــم العالـــي والبحـــث العلمـــي
MINISTRY OF HIGHER EDUCATION AND SCIENTIFIC RESEARCH

المدرسة الوطنية العليا للفلاحة
HIGHER NATIONAL SCHOOL OF AGRONOMY

Department of Rural Engineering
Digital Agriculture Specialty

قسم الهندسة الريفية
تخصص زراعة رقمية

End-of-study thesis
To obtain the Master 2 diploma

THEME

Optimizing water management using artificial intelligence

Presented by: Benseghir Neila defended on 17/12/2024

In front of the jury composed of:

President: M. ETSOURI Salim	Lecturer class A, ENSA
Supervisor: M. DELLI Reda	Lecturer class B, ENSA
Co-supervisor: M. AIT ALI YAHIA Yassine	Lecturer class B, ESI
Examiner : M. KACI Ahcene	Professor, ENSA
Examiner : Mme LOUNIS Amel	Lecturer class B, ENSA

Promotion 2019-2024

Table of Contents

Dedications 3
Acknowledgment 4
List of abbreviations 9
Figure List 10
List of tables 11
General Introduction 12
I. Bibliographic synthesis 16
I.1 Irrigation 16
Introduction 16
1.1. Definition 16
1.2. Parameters and factors influencing irrigation 16
1.3. Why irrigate ? 18
1.4. How much water is needed for irrigation? 19
1.5. When irrigate? 20
1.6. How to irrigate ? 21
1.7. Problems related to water ressources in irrigation 24
Conclusion 25
I.2 Smart irrigation 27
Introduction 27
2.1. Precision agriculture definition 27
2.2. History and evolution 28
2.3. Basic concepts and tools 28
2.4. Advantages of precision agriculture 33
2.5. Challenges of precision agriculture 33
2.6. Precision Agriculture Applications 34
2.7. Smart irrigation definition 36
2.8. Sensors and technologies used 37
2.9. Case Study 44
2.10. State of the art 45
Conclusion 46
I.3. Introduction to Artificial intelligence 48
Introduction 48
3.1. Definitions of AI 48

3.2. Overview of AI 49
3.3. AI fields 50
3.4. Machine learning 50
3.5. Examples of AI applications in agriculture 55
Conclusion 57
II. Materials and methods 59
Introduction 59
II.1. Tools used 61
1.1. Programming language (Python) 61
1.2. Anaconda platform 61
1.3. Anaconda Navigator 62
1.4. Jupyter notebook 62
1.5. Kaggle 62
II.2. Irrigation decision prediction 65
2.1. Libraries used 65
2.2. Data used 66
2.3. Building the model 66
2.4. Models creation 68
II.3. Prediction of the quantity to be provided 71
3.1. Libraries used 71
3.2. Data used 72
3.3. Building the model 73
Conclusion: 74
III. Results and discussion 77
II.1. Irrigation decision prediction results 77
Introduction 77
1.1. Obtaining the best parameters of the logistic regression model 77
1.2. Interpretation of the results of the best parameters 78
1.3. 5-fold cross-validation results 78
1.4. Results of the model evaluation 79
1.5. Interpretation of results 79
1.6. Results of the Learning set 81
Conclusion 82
III.2. Results concerning the prediction of the quantity to be provided 84
Introduction 84

2.1. Results of the training and evaluation of the LSTM model 84
2.2. Training results and evaluation of the LSTM-CNN model 87
Conclusion 90
IV. Business Plan 92
Overall conclusion 101
Bibliographic References 102
Webliography 106

Résumé

Une gestion efficace de l'irrigation est devenue de plus en plus vitale en raison des ressources en eau limitées, de la demande de cultures à grande échelle, du changement climatique, de la salinité des sols et de la dépendance à des pratiques agricoles obsolètes. Bien qu'elles soient largement utilisées, les méthodes d'irrigation traditionnelles entraînent souvent une utilisation inefficace de l'eau, ce qui exacerbe la pénurie d'eau dans des régions comme l'Algérie, où les pivots centraux consomment jusqu'à 12 000 m³/hectare/an.

Cette thèse propose un modèle d'irrigation intelligent exploitant l'intelligence artificielle (IA) et l'apprentissage automatique (ML) pour optimiser l'utilisation de l'eau en agriculture. Le modèle intègre des techniques d'apprentissage d'ensemble, combinant la régression logistique et les classificateurs SVM (Support Vector Machine) pour déterminer les besoins d'irrigation, et les réseaux LSTM (Long Short-Term Memory) et CNN pour prédire avec précision les besoins en eau. Ces outils pilotés par l'IA visent à moderniser les systèmes d'irrigation, en particulier les pivots centraux, afin de réduire la consommation d'eau et d'atténuer durablement les risques de salinisation.

Mots clés : Gestion de l'irrigation, Optimisation de l'eau, Intelligence artificielle (IA), Apprentissage automatique (ML), Irrigation intelligente

Abstract

Effective irrigation management has become increasingly vital due to limited water resources, large-scale crop demands, climate change, soil salinity, and reliance on outdated agricultural practices. While widely used, traditional irrigation methods often result in inefficient water usage, exacerbating water scarcity in regions like Algeria, where center pivots consume up to 12,000 m³/hectare/year.

This thesis proposes an intelligent irrigation model leveraging artificial intelligence (AI) and machine learning (ML) to optimize water usage in agriculture. The model integrates ensemble learning techniques, combining logistic regression and support vector machine (SVM) classifiers to determine irrigation needs, Long Short-Term Memory (LSTM), and CNN to predict precise water requirements. These AI-driven tools aim to modernize irrigation systems, particularly center pivots, to reduce water consumption and mitigate salinization risks sustainably.

Keywords: Irrigation management, Water optimization, Artificial intelligence (AI), Machine learning (ML), Smart irrigation

ملخص

أصبحت الإدارة الفعالة للري حيوية بشكل متزايد بسبب الموارد المائية المحدودة، والطلب على المحاصيل على نطاق واسع، وتغير المناخ، وملوحة التربة، والاعتماد على الممارسات الزراعية التي عفا عليها الزمن. على الرغم من استخدامها على نطاق واسع، غالبا ما تؤدي طرق الري التقليدية إلى استخدام غير فعال للمياه، مما يؤدي إلى تفاقم ندرة المياه في مناطق مثل الجزائر، حيث تستهلك المحاور المركزية ما يصل إلى 12,000 متر مكعب / هكتار / سنة.

تقترح هذه الأطروحة نموذج ري ذكي يستفيد من الذكاء الاصطناعي وتعلّم الآلة (ML) لتحسين استخدام المياه في الزراعة. يدمج النموذج تقنيات التعلم التجميعي، والجمع بين الانحدار اللوجستي خوارزمية آلة المتجه الداعم (SVM) لتحديد احتياجات الري، الشّبكة العصبونيَّة ذات الذَّاكرة الطَّويلة قصيرة (LSTM) والشبكة العصبية الترشيحية (CNN) للتنبؤ بمتطلبات المياه الدقيقة. تهدف هذه الأدوات التي تعتمد على الذكاء الاصطناعي إلى تحديث أنظمة الري، وخاصة المحاور المركزية، لتقليل استهلاك المياه والتخفيف من مخاطر التملح بشكل مستدام.

الكلمات الرئيسية: إدارة الري، تحسين المياه، الذكاء الاصطناعي، التعلم الآلي، الري الذكي .