



Τεχνολογικό  
Πανεπιστήμιο  
Κύπρου

Σχολή Μηχανικής και  
Τεχνολογίας

**Πτυχιακή εργασία**

**ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΕΧΝΗΤΗΣ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ  
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΗ ΚΑΙ ΑΠΟΔΟΤΙΚΗ ΑΡΔΕΥΣΗ  
ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ**

**Τσαμπαλός Αλέξης**

**Λεμεσός, Μάιος 2022**



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Πτυχιακή εργασία

ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΕΧΝΗΤΗΣ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ  
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΗ ΚΑΙ ΑΠΟΔΟΤΙΚΗ ΑΡΔΕΥΣΗ  
ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ

του

Τσαμπαλού Αλέξη

Επιβλέπων Καθηγητής  
Δρ. Διόφαντος Χατζημιτσής

Λεμεσός, Μάιος 2022

## **Πνευματικά δικαιώματα**

Copyright © Αλέξης Τσαμπαλός , 2022

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Η έγκριση της πτυχιακής εργασίας από το Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών και Μηχανικών Γεωπληροφορικής του Τεχνολογικού Πανεπιστημίου Κύπρου δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα εκ μέρους του Τμήματος.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τους γονείς μου, τον Δημήτρη και την Ίνγκα για την υπομονή και την υποστήριξη που μου έδωσαν καθ'όλην την διάρκεια της εκπαίδευσης μου.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εστιάζεται στην ανάπτυξη συστήματος τεχνητής νοημοσύνης με χρήση ενισχυτικών τεχνικών εκμάθησης για τη βελτιστοποίηση απόδοσης της καλλιέργειας πατάτας υπό περιορισμό προϋπολογισμού άρδευσης και εδαφικών ορίων υγρασίας στη γεωργική περιοχή μελέτης στα Μανδριά της Πάφου.

Μια μαθηματική μεθοδολογία ακολουθείται στο πλαίσιο ενισχυτικής μάθησης όπου διατυπώνουμε την συνάρτηση επιβράβευσης η οποία συγκλίνει κοντά στην περιοχή βέλτιστης λύσης με βάση την παραμετροποίηση υπό περιορισμούς και a priori εκτίμηση των βέλτιστων παραμέτρων. Η παραμετροποιημένη συνάρτηση ανταμοιβής διαμορφώνεται με βάση τα κατώφλια υγρασίας σε κάθε στάδιο του φαινολογικού κύκλου της πατάτας-στόχου, τη μέγιστη απόδοση καλλιέργειας αλλά και τον προϋπολογισμό της άρδευσης. Χρησιμοποιήσαμε τη μέθοδο Nelder – Mead για την αρχική εκτίμηση των ορίων βέλτιστης απόδοσης νερού στο έδαφος για κάθε φαινολογικό στάδιο και την αντιμετωπίσαμε ως είσοδο βέλτιστων τιμών για να επισπεύσουμε και να οδηγήσουμε τη σύγκλιση κοντά στη βέλτιστη απόδοση.

Αναπτύχθηκε ένα εκπαιδευτικό περιβάλλον προκειμένου να συνδεθεί ο προσομοιωτής AquaCrop (FAO) με συγχρονισμό βημάτων περιβάλλοντος και μοντέλου καλλιέργειας σε χρόνο βημάτων 1:1. Τα δεδομένα-στόχοι αποκτήθηκαν από το έργο SWSOIP μέσω εκτιμήσεων τηλεπισκόπησης και επιτόπιων παρατηρήσεων, προκειμένου να προσομοιωθεί η ανάπτυξη της πατάτας και οι δυναμικές αλληλεπιδράσεις της στον πραγματικό κόσμο.

Στο πεδίο δράσης του πράκτορα ορίστηκε ένα διακριτό σύνολο άρδευσης βάθους για κάθε βήμα της προσομοίωσης εκπαίδευσης. Η αρχιτεκτονική του πράκτορα ακολουθεί την υλοποίηση του Deep-Q-Network με βάση τις προδιαγραφές του χώρου παρατήρησης και δράσης. Τέλος, εκπαιδεύουμε τον πράκτορα για ένα προκαθορισμένο μέγεθος δείγματος και αξιολογούμε την απόδοση του εκτός του δείγματος εκπαίδευσης.

**Λέξεις κλειδιά:** Τεχνητή νοημοσύνη, Τεχνικές ενισχυτικής εκμάθησης, Δίκτυο βαθιάς Q-μάθησης, Προσομοίωση καλλιέργειας, Βελτιστοποίηση απόδοσης καλλιέργειας.

## **ABSTRACT**

The present dissertation aims to design and develop an artificial intelligence system by employing reinforcing learning techniques for yield optimization of potato cultivation under water budget and soil moisture threshold constraints at the agricultural study area located in Mandria, Paphos.

A heuristic methodology is followed within the reinforcement learning framework where we formulate the near optimal reward function based on potential parametrization under constraints with a prior estimation of optimal parameters. The parameterized reward function is shaped with limits based on water content thresholds for each stage of the phenological cycle of the target potato and maximum yield. We used the Nelder – Mead method for the initial estimation of the optimal performance water thresholds in the soil for each phenological stage and treated it as input of optimal values in order to drive convergence near optimality.

A training environment was developed in order to couple the AquaCrop simulator (FAO) within step-to-step model synchronization. The target data were acquired from SWSOIP project through remote sensing estimations and on-site observations in-order to simulate the potato growth and its real-world dynamic interactions.

The agent's field of action was set a discrete set of depth irrigation for each step of the training simulation. The architecture of the agent follows the implementation of Deep Q Network based on the specification of the observation and action space. Finally, we train the agent for a predetermined sample size and evaluate the agent's performance with out of sample data.

**Keywords:** Artificial intelligence, Reinforcement learning, Deep-Q-Network agent, Yield optimization, Water conservation, Near optimal potential based reward shaping