

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



Ανάπτυξη Εφαρμογής Ιστού για Κατάρτιση και Προβολή Ωρολογίων
Προγραμμάτων Πανεπιστημιακών Εξετάσεων με Εξατομίκευση Περιορισμών
και Προτιμήσεων

ΜΑΡΙΟΣ ΣΤΡΑΤΗΣ

Εξεταστική Επιτροπή

Καθ. Μιχαήλ Γ. Λαγουδάκης, επιβλέπων (Σχολή ΗΜΜΥ)

Καθ. Αντώνιος Δεληγιαννάκης (Σχολή ΗΜΜΥ)

Δρ. Ευαγγελία Κρασαδάκη (Σχολή ΜΠΔ)

Χανιά, 2024

TECHNICAL UNIVERSITY OF CRETE
SCHOOL OF ELECTRICAL AND COMPUTER
ENGINEERING

DIPLOMA THESIS



Development of a Web Application for Forming and Viewing Timetables of
University Exams with Personalization of Constraints and Preferences

MARIOS STRATIS

Thesis Committee

Prof. Michail G. Lagoudakis, supervisor (School of ECE)

Prof. Antonios Deligiannakis (School of ECE)

Dr. Evangelia Krassadaki (School of PEM)

Chania, 2024

Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	5
ABSTRACT.....	6
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	7
ΛΙΣΤΑ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ.....	8
Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή.....	9
Κεφάλαιο 2. Θεωρητικό Υπόβαθρο	11
2.1 Ορισμός Προβλήματος Ωρολογίου Προγραμματισμού	11
2.2 Ανασκόπηση Βιβλιογραφίας	11
2.2.1 Ακέραιος Γραμμικός Προγραμματισμός.....	13
2.2.2.Μοντέλο Δικτυακών Ροών.....	14
2.2.3. Αναζήτηση Tabu.....	15
2.2.4 Προσομοιωμένη Ανόπτηση	16
2.2.5 Προγραμματισμός με Περιορισμούς.....	16
2.2.6 Γενετικοί Αλγόριθμοι	17
2.2.7 Free Timetabling Software (FET).....	20
2.2.8 UdpScheduler.....	22
Κεφάλαιο 3. Ωρολόγιο Πρόγραμμα Εξετάσεων Πανεπιστημίου.....	25
3.1 Περιγραφή Προβλήματος Ωρολογίου Προγράμματος Εξετάσεων	25
3.1.1 Χρονοπρογραμματισμός Μαθημάτων	25
3.1.2 Χρονοπρογραμματισμός Εξετάσεων	26
3.2 Οι Εμπλεκόμενοι του Προβλήματος στα Πανεπιστημιακά Ιδρύματα.....	27
3.3 Περιορισμοί	28
3.3.1 Σκληροί (Hard) Περιορισμοί	28
3.3.2 Ήπιοι (Soft) Περιορισμοί.....	28
3.4 Σύνοψη Προβλήματος Ωρολογίου Προγράμματος Εξετάσεων.....	29
Κεφάλαιο 4. Ωρολόγιο Πρόγραμμα Εξεταστικής Περιόδου στο Πολυτεχνείο Κρήτης	31
4.1 Δεδομένα και Περιορισμοί του Προβλήματος	31
4.2 Ακαδημαϊκή Δομή Πολυτεχνείου Κρήτης.....	32
4.2.1 Έτη Σπουδών, Εξάμηνα, Εξεταστικές Περιόδοι	34
4.2.2 Υποχρεωτικά Μαθήματα και Μαθήματα Επιλογής	34
4.2.3 Ενδεικτική Εξεταστική περίοδος Σεπτεμβρίου 2023 στο ΠΚ.....	40
4.2.4 Αίθουσες	41
Κεφάλαιο 5. Διαδικτυακή Εφαρμογή Ωρολογίου Προγράμματος Εξετάσεων	44
5.1. Σκοπός Διαδικτυακής Εφαρμογής	44
5.2. Αρχιτεκτονική Εφαρμογής	44

5.3. Back – End Εφαρμογής	46
5.3.1 Πρωτόκολλο Μεταφοράς Υπερκειμένου (HTTP)	46
5.3.2 REST.....	47
5.3.3 Μέθοδοι Hypertext Transfer Protocol.....	47
5.3.4 JavaScript Object Notation.....	48
5.3.5 JSON Web Token.....	48
5.4 Χρήση Postman.....	50
5.4.1 Εγγραφή Χρήστη	50
5.4.2 Σύνδεση Χρήστη.....	51
5.4.3 Ταυτοποίηση Χρήστη.....	52
5.5 Περιγραφή Βάσης Δεδομένων.....	53
5.6 Front - End.....	57
5.6.1 Εργαλεία υλοποίησης Διεπαφής Χρήστη (User Interface).....	57
5.6.2 Παρουσίαση Περιβάλλοντος χρήστη.....	58
5.7 Αλγόριθμος Επίλυσης Προβλήματος ΩΠ Εξετάσεων	71
Κεφάλαιο 6. Αξιολόγηση Εφαρμογής	77
6.1 Ερωτηματολόγιο	77
6.2 Αποτελέσματα	80
Κεφάλαιο 7. Συμπεράσματα – Μελλοντικές προεκτάσεις	83
7.1 Συμπεράσματα.....	83
7.2 Μελλοντικές Προεκτάσεις	84
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	86

Περίληψη

Η κατάρτιση ωρολογίων προγραμμάτων σε πανεπιστημιακά ιδρύματα είναι μια πολύπλοκη διαδικασία με πολλές παραμέτρους και περιορισμούς που πρέπει να ληφθούν υπόψη για αποτελεσματικές λύσεις. Πολλές φορές αυτή η διαδικασία γίνεται χειρωνακτικά, αξιοποιώντας την ανθρώπινη εμπειρία προηγούμενων ετών, χωρίς κάποια ιδιαίτερη αυτοματοποίηση. Ο βασικός στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η ψηφιακή οργάνωση του ωρολογίου προγράμματος των εξετάσεων σε πανεπιστημιακά ιδρύματα, με την ανάπτυξη μιας διαδικτυακής εφαρμογής για την αποτελεσματική συλλογή, διαχείριση δεδομένων και την κατάρτιση ωρολογίου προγράμματος εξετάσεων. Η εφαρμογή που αναπτύχθηκε δίνει τη δυνατότητα στους αρμόδιους χρήστες να εισέρχονται με τα διαπιστευτήριά τους, να εισάγουν, να ενημερώνουν και να διαχειρίζονται δεδομένα για τα μαθήματα, τους διδάσκοντες, τις εγγραφές φοιτητών σε μαθήματα και τους σχετικούς πόρους των εξετάσεων (αίθουσες, ημερομηνίες, ωράρια), επιτρέποντας την αποτελεσματική οργάνωση και προβολή των σχετικών πληροφοριών για τη δημιουργία ωρολογίων προγραμμάτων εξετάσεων. Η εφαρμογή είναι δομημένη βάσει της αρχιτεκτονικής Model View Controller (MVC) και χωρίζεται σε δύο μέρη: το τμήμα διαχείρισης (back-end) και τη διεπαφή χρήστη (front-end). Ειδικότερα, για το back-end της εφαρμογής χρησιμοποιήθηκε το Spring Boot Framework για υψηλή απόδοση και ευκολία συντήρησης. Όλα τα δεδομένα συγκεντρώνονται και αποθηκεύονται σε μια βάση δεδομένων MySQL και η επικοινωνία με το front-end επιτυγχάνεται μέσω υπηρεσιών REST με αναπαράσταση δεδομένων στο πρότυπο JavaScript Object Notation (JSON). Για το front-end της εφαρμογής χρησιμοποιήθηκε η πλατφόρμα ανάπτυξης React, αξιοποιώντας στοιχεία της βιβλιοθήκης Material User Interface. Η ιστοσελίδα της εφαρμογής δίνει τη δυνατότητα στους χρήστες να διαχειρίζονται τα απαραίτητα δεδομένα και να θέτουν τις απαιτήσεις και τους περιορισμούς του προγράμματος εξετάσεων, μέσω ενός σύγχρονου, ευέλικτου και εύχρηστου γραφικού περιβάλλοντος. Τέλος, μέσω της εφαρμογής γίνεται η αυτόματη κατάρτιση ωρολογίου προγράμματος εξετάσεων με τη χρήση ενός απλού, ευριστικού, αλλά ικανού αλγορίθμου, ο οποίος αναζητεί λύση που αποτρέπει παραβιάσεις των περιορισμών και ικανοποιεί όσο το δυνατόν μεγαλύτερο αριθμό επιθυμητών στόχων με την ταυτόχρονη αποφυγή συγκρούσεων. Η εφαρμογή, με κάποιες επιπλέον χρηστικές προσθήκες, μπορεί να αποτελέσει ένα χρήσιμο ψηφιακό εργαλείο για τις αρμόδιες διοικητικές υπηρεσίες του Πολυτεχνείου Κρήτης, όσον αφορά στην έγκυρη συλλογή δεδομένων και την εύκολη κατάρτιση ωρολογίου προγράμματος εξετάσεων σε κάθε εξεταστική περίοδο.

Abstract

The creation of timetables in universities is a complex process with many parameters and constraints that must be considered for effective solutions. Many times this process is done manually, exploiting the human experience of past years, without any particular automation. The main objective of this diploma thesis is the digital organization of the timetable of examinations in universities, with the development of an online application for the efficient collection, management of data and the creation of the timetable for exam periods. The developed application enables the related users to login with their credentials, enter, update and manage data about the courses, instructors, student registrations in courses and related resources for exams (rooms, dates, time slots), allowing the efficient organization and display of all relevant information to create exam timetables. The application is based on the Model View Controller (MVC) architecture and is divided in two parts: the management part (back-end) and the user interface (front-end). In particular, the Spring Boot Framework was used for the back-end of the application for high performance and ease of maintenance. All data are collected and stored in a MySQL database and communication with the front-end is achieved through REST services with data representation in the JavaScript Object Notation (JSON) standard. For the front-end of the application, the React development platform was used, leveraging elements of the Material User Interface library. The application website enables users to manage the necessary data and set the requirements and constraints for the exam timetable, through a modern, flexible and easy-to-use graphical environment. Finally, through the application, an exam timetable is automatically compiled using a simple, heuristic, but capable algorithm, which searches for a solution that prevents constraint violations and satisfies as many desired goals as possible while avoiding conflicts. The application, with some additional usability additions, can be a useful digital tool for the relevant administrative services of the Technical University of Crete, in terms of valid data collection and easy creation of an exam timetable in each examination period.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον Καθηγητή κύριο Μιχαήλ Γ. Λαγουδάκη για την επίβλεψη της διπλωματικής εργασίας και για την εξαιρετική συνεργασία. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την Δρ. Ευαγγελία Κρασαδάκη για την εμπιστοσύνη της και για την καθοδήγησή της κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας, όπως επίσης και τον Καθηγητή Αντώνιο Δεληγιαννάκη για την συμμετοχή του στην εξεταστική επιτροπή.

Ευχαριστώ όλους τους καθηγητές και μέλη του Πολυτεχνείου Κρήτης που διέθεσαν πολύτιμο χρόνο, για να μου προσφέρουν χρήσιμες πληροφορίες και συμβουλές για τις ανάγκες της διπλωματικής εργασίας.

Τέλος, ένα μεγάλο ευχαριστώ οφείλω στην οικογένεια μου και στην αρραβωνιαστικιά μου για την αγάπη και τη στήριξη τους κατά τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας, αλλά και καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου στο Πολυτεχνείο Κρήτης.

Λίστα Συντομογραφιών

ΩΠ	Ωρολόγιος Προγραμματισμός
ΠΚ	Πολυτεχνείο Κρήτης
CP	Constraint Programming (Προγραμματισμός με Περιορισμούς)
CSP	Constraint Satisfaction Problem (Πρόβλημα Ικανοποίησης Περιορισμών)
GA	Genetic Algorithms (Γενετικοί Αλγόριθμοι)
DNA	DeoxyriboNucleic Acid (Δεσοξυριβονουκλεϊνικό Οξύ)
FET	Free Timetabling Software (Δωρεάν Λογισμικό Χρονοδιαγραμμάτων)
UDP	Universidad Diego Portales
ΜΠΑ	Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης
ΜΗΧΟΠ	Σχολή Μηχανικών Ορυκτών Πόρων
ΗΜΜΥ	Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών
ΧΗΜΗΠΕΡ	Σχολή Χημικών Μηχανικών και Μηχανικών Περιβάλλοντος
ΑΡΜΗΧ	Σχολή Αρχιτεκτόνων Μηχανικών
ΕΠ	Εξεταστική Περίοδος
MVC	Model View Controller (Ελεγκτής Προβολής Μοντέλου)
API	Application Programming Interface (Διεπαφή Προγραμματισμού Εφαρμογών)
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
JSON	JavaScript Object Notation
JWT	JSON Web Token
REST	Representational State Transfer
ERD	Entity Relationship Diagram(Διάγραμμα Σχέσης Οντοτήτων)
LDAP	Lightweight Directory Access Protocol (Ελαφρύ Πρωτόκολλο Πρόσβασης Καταλόγου)
UEQ	User - Experience - Questionnaire

Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή

Εδώ και πολλές δεκαετίες η προσοχή της επιστημονικής κοινότητας έχει στραφεί στο πρόβλημα και τις μεθόδους επίλυσης του ωρολογίου προγραμματισμού (ΩΠ), αφού συνειδητοποιήθηκε η σημαντικότητά του, τόσο στην οργάνωση, όσο και στη διοίκηση των διάφορων οργανισμών. Έτσι και τα εκπαιδευτικά - πανεπιστημιακά ιδρύματα στο πλαίσιο της αποτελεσματικής οργάνωσης και λειτουργίας τους, θεωρούν τον ΩΠ των διαλέξεων, των μαθημάτων και των εξετάσεων, σημαντική παράμετρο του εκπαιδευτικού έργου, που ωφελεί τόσο τη διοίκηση, όσο και όλους τους εμπλεκόμενους στην εκπαιδευτική διαδικασία.

Ο ΩΠ είναι ένα πρόβλημα, στο οποίο απαιτείται να προγραμματιστούν γεγονότα ή δραστηριότητες στον κατάλληλο χρόνο, λαμβάνοντας υπόψη τους διάφορους πόρους και σύμφωνα πάντα με κάποιους περιορισμούς. Όσον αφορά στη δημιουργία ΩΠ στα πανεπιστημιακά ιδρύματα, έχει διατυπωθεί πληθώρα απόψεων σε έρευνες, εργασίες και δημοσιεύσεις. Έχουν επίσης αναπτυχθεί τεχνικές επίλυσης του προβλήματος και επιτυχημένες εφαρμογές λογισμικού, που στοχεύουν στη δημιουργία ΩΠ, που θα είναι αποδεκτός από όλους τους εμπλεκόμενους, παρόλο που η «δυσκολία» του προβλήματος αυτού είναι μεγάλη, λόγω της πολυπλοκότητάς του.

Πιο συγκεκριμένα, για την κατασκευή ΩΠ εξεταστικής περιόδου σ' ένα πανεπιστήμιο, πρέπει να ληφθούν υπόψη και να γίνουν σεβαστοί οι πόροι (φοιτητές, καθηγητές, αίθουσες, κ.ά.) καθώς και οι περιορισμοί, οι οποίοι συνήθως διακρίνονται σε «σκληρούς» και «ήπιους». Οι μεν «σκληροί» (**hard**) περιορισμοί θεωρούνται δεσμευτικοί και επιβάλλεται να ικανοποιηθούν. Τέτοιου είδους περιορισμοί είναι για παράδειγμα η ταυτόχρονη εξέταση δύο μαθημάτων του ίδιου εξαμήνου, (ίδια ώρα, μέρα, αίθουσα). Οι δε «ήπιοι» (**soft**) περιορισμοί, θεωρούνται επιθυμητοί, αλλά δεν είναι και εντελώς απαραίτητοι. Τέτοιου είδους περιορισμοί είναι π.χ. η εξέταση ενός μαθήματος να ξεκινά μετά τις 2:00 μ.μ.

Παρόλο που στην κατάρτιση ΩΠ οι **soft** περιορισμοί είναι δευτερεύουσας σημασίας, εντούτοις η ικανοποίηση όσο το δυνατόν περισσότερων επιθυμητών περιορισμών καθορίζει και την ποιότητα ενός ΩΠ. Επομένως, ένας καλός προγραμματισμός είναι αυτός που ικανοποιεί όλους τους δεσμευτικούς περιορισμούς, και σε μεγάλο βαθμό ικανοποιεί και τους επιθυμητούς περιορισμούς.

Μια αναδρομή στη βιβλιογραφία, αναδεικνύει πως η δημιουργία ΩΠ, από τις πρώτες «χειροποίητες» προσεγγίσεις ως τις σύγχρονες αυτοματοποιημένες, είναι μια επίπονη και χρονοβόρα διαδικασία. Πολλές φορές δεν οδηγεί σε λύσεις αδιαμφισβήτητης ποιότητας και αξίας, εξαιτίας των πολλαπλών περιορισμών που πρέπει να ληφθούν υπόψη, οι οποίοι πρέπει να καταγραφούν και να εξισορροπηθούν.

1.1 Συνεισφορά Διπλωματικής Εργασίας

Στην παρούσα διπλωματική εργασία γίνεται μια προσπάθεια συλλογής, καταγραφής και εξισορρόπησης των περιορισμών για τον ΩΠ εξετάσεων στο Πολυτεχνείο Κρήτης, μέσω μιας εφαρμογής στον Ιστό. Προτείνεται ένα web application με σημαντικό πλεονέκτημα την απλότητα στη χρήση, την ακρίβεια, την εξοικονόμηση χρόνου και την άμεση αλληλεπίδραση με τις Γραμματείες των Σχολών του ΠΚ, με στόχο τη συλλογή δεδομένων, πόρων και την κατάρτιση ΩΠ εξετάσεων. Η χρήση μιας αποτελεσματικής εφαρμογής όπως αυτή που προτείνεται στην παρούσα διπλωματική εργασία σε συνδυασμό με έναν απλό, ευριστικό, αλλά ικανό αλγόριθμο, όπως αυτός που υλοποιήθηκε, μπορούν με απλό και καθόλου χρονοβόρο τρόπο να οδηγήσουν σε αποτελεσματική λύση κατάρτισης ΩΠ εξετάσεων, που προκαλεί ελάχιστες παραβιάσεις και ικανοποιεί πλήθος κριτηρίων.

1.2 Διάρθρωση Διπλωματικής Εργασίας

Η δομή της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η εξής: Στο Κεφάλαιο 2 ορίζεται και παρουσιάζεται το πρόβλημα ΩΠ και οι μέθοδοι επίλυσης. Γίνεται μια αναδρομή στην ιστορία του προβλήματος και παρουσιάζεται το θεωρητικό υπόβαθρο μέσα από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας. Στο Κεφάλαιο 3 περιγράφεται και συνοψίζεται το πρόβλημα δημιουργίας ΩΠ στα πανεπιστημιακά ιδρύματα. Στο Κεφάλαιο 4 παρουσιάζεται ο ΩΠ εξετάσεων στο ΠΚ με περιγραφή των πόρων και των περιορισμών. Στο Κεφάλαιο 5 παρουσιάζεται η διαδικτυακή εφαρμογή για τη συλλογή, καταγραφή των πόρων και των περιορισμών, καθώς επίσης και η κατάρτιση ΩΠ εξετάσεων μέσω της εφαρμογής. Στο Κεφάλαιο 6 παρουσιάζεται το ερωτηματολόγιο προς συμπλήρωση από δυνητικούς χρήστες. Στη συνέχεια ακολουθούν τα αποτελέσματα του ερωτηματολογίου και ο σχολιασμός. Τέλος, στο Κεφάλαιο 7 καταγράφονται τα συμπεράσματα και οι προτάσεις για μελλοντικές βελτιώσεις.

Κεφάλαιο 2. Θεωρητικό Υπόβαθρο

2.1 Ορισμός Προβλήματος Ωρολογίου Προγραμματισμού

Ο χρονοπρογραμματισμός έχει καθοριστικό ρόλο στην καθημερινότητά μας και καλύπτει ένα ευρύ φάσμα τομέων της καθημερινής ζωής, όπως π.χ. τα προγράμματα προπονήσεων, αθλητικών αγώνων, χρονοδιαγράμματα κίνησης μέσω συγκοινωνίας, προγράμματα μαθημάτων και εξετάσεων στα εκπαιδευτικά ιδρύματα. [1]

Η δημιουργία ΩΠ αποτελεί ένα είδος προβλήματος, στο οποίο είναι απαραίτητο να προγραμματιστούν γεγονότα ή δραστηριότητες σε αντιστοίχιση με συγκεκριμένο αριθμό χρονικών περιόδων, αφού ληφθούν υπόψη διάφοροι πόροι και κάποιοι περιορισμοί. Ο ΩΠ ορίζεται ως «ένα πρόβλημα κατανομής γεγονότων που υπόκεινται σε περιορισμούς δεδομένων πόρων και τοποθετούνται σε ένα χρονικό διάστημα με τέτοιο τρόπο ώστε να ικανοποιούν στον υψηλότερο δυνατόν βαθμό ένα σύνολο επιθυμητών στόχων». [2]

Η κατασκευή και ο σχεδιασμός ΩΠ καθώς και η βελτιστοποίηση είναι εφαρμογές προβλημάτων περιορισμών και διαχρονικά εντάσσονται στον τομέα της επιχειρησιακής έρευνας. Στην πλειονότητά τους εμφανίζουν μεγάλη ποικιλομορφία και στη γενική τους μορφή είναι προβλήματα NP-complete (**non-deterministic polynomial-time complete**), γεγονός που καθιστά δύσκολη τη βελτιστοποίηση και έως αδύνατη τη βέλτιστη επίλυσή τους. Η προσοχή της επιστημονικής κοινότητας εδώ και δεκαετίες είναι στραμμένη στις μεθόδους επίλυσης ΩΠ.

2.2 Ανασκόπηση Βιβλιογραφίας

Με δεδομένο ότι το πρόβλημα του ΩΠ δεν είναι ένα σύγχρονο ζήτημα, αλλά απασχολεί τους ερευνητές εδώ και δεκαετίες, είναι προφανές ότι η αρχική προσέγγιση της λύσης γινόταν «με το χέρι». Η μέθοδος αυτή περικλείει πάντα τον κίνδυνο, η λύση που θα προκύψει από την χειρωνακτική προσέγγιση να μην ικανοποιεί όλες τις παραμέτρους του προβλήματος, ούτε να μπορεί να ελεγχθεί για την πληρότητά της, δεδομένου ότι δεν υπάρχει συστηματική διαδικασία ελέγχου. Γι' αυτούς τους λόγους και επειδή η χειρωνακτική

προσέγγιση ήταν μια επίπονη και χρονοβόρα διαδικασία, οι ερευνητές έστρεψαν την προσοχή τους στον αυτοματοποιημένο χρονοπρογραμματισμό.

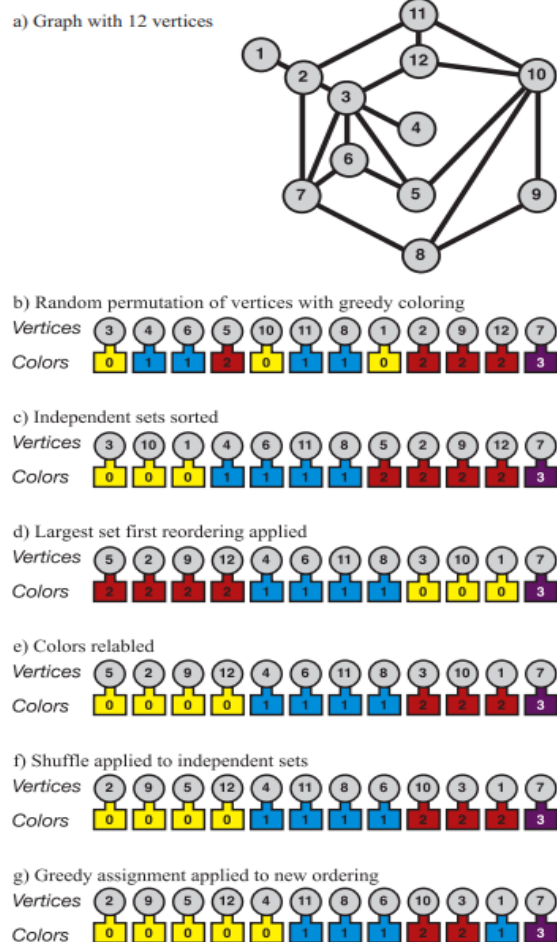
Το 1963 ο Gilbert, (όπως αναφέρεται στους Shadkam και Rajabi, 2021) [1] δημοσίευσε σε επιστημονικά περιοδικά και επιστημονικά συνέδρια πολυάριθμες εργασίες για τον αυτοματοποιημένο προγραμματισμό, με στόχο τη βελτιστοποίηση ενός σχεδίου, που θα ικανοποιούσε τους στόχους, τις ανάγκες και τους πόρους ενός οργανισμού.

Μέχρι σήμερα έχουν περιγραφεί στη βιβλιογραφία και έχουν εφαρμοστεί σε πραγματικά δεδομένα ποικίλες προσεγγίσεις των προβλημάτων ΩΠ. Στην πλειονότητά τους οι πρώτες τεχνικές και προσπάθειες αυτοματοποίησης της διαδικασίας για επίλυση προβλημάτων ΩΠ, μιμήθηκαν τον χειροποίητο τρόπο, όπως και οι Schmidt και Strohlein 1979, (όπως αναφέρεται στον Κουνδουράκη, 2013) [2], οι οποίοι βασίστηκαν σε μια προσομοίωση του ανθρώπινου «χειροκίνητου» τρόπου επίλυσης. Οι τεχνικές αυτές ονομάζονται άμεσα ευρετικές μέθοδοι (**direct heuristics**) και στην πλειονότητά τους στηρίχτηκαν στη διαδοχική επαύξηση του προβλήματος. Κατευθυντήρια αρχή της προσέγγισης του διαδοχικού προγραμματισμού, ήταν ότι έπρεπε να προγραμματίζεται πρώτα η ώρα διεξαγωγής του γεγονότος με τις περισσότερες «δυσκολίες» και μετά να ακολουθούν τα υπόλοιπα. Με την εφαρμογή των προσεγγίσεων αυτών προέκυψαν παραλλαγές, που αφορούσαν στον προσδιορισμό της έννοιας «δυσκολία». Σύμφωνα με τους Carter (1986) [3] και Werra (1985)[4] «δυσκολία» ορίστηκε η περίπτωση που ένα μάθημα αντικρουόταν με άλλα και ο στόχος του ΩΠ ήταν η διαδοχική κατασκευή ενός χρονοδιαγράμματος, το οποίο θα διασφάλιζε τις απαιτήσεις των «αντικρουόμενων» μαθημάτων.

Το 1985, ο Werra [4] πρότεινε την τεχνική χρωμογραφημάτων (**graph coloring**) σύμφωνα με την οποία η κατασκευή ΩΠ μοντελοποιείται ως πρόβλημα χρωματισμού γραφήματος. Πιο συγκεκριμένα, στο γράφημα τα γεγονότα (μαθήματα, εξετάσεις) εμφανίζονται ως κορυφές, ενώ οι συγκρούσεις ως ακμές. Στόχος είναι να μην υπάρχουν συγκρούσεις. Γι' αυτό δύο γειτονικοί κόμβοι που είναι ενωμένοι δεν πρέπει να έχουν το ίδιο χρώμα, αφού κάθε χρονική στιγμή αποτελεί και διαφορετικό χρώμα στο γράφημα.

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 1, οι αριθμημένοι κόμβοι 1 μέχρι 12 αντιστοιχούν σε μαθήματα και οι ακμές στις συγκρούσεις τους. Τα χρώματα στους κόμβους καθορίζουν την περίοδο διεξαγωγής του κάθε μαθήματος, και επομένως δύο κόμβοι, οι οποίοι είναι συνδεδεμένοι μεταξύ τους δεν μπορούν να έχουν το ίδιο χρώμα.

Local Search Operations



Σχήμα 1. Αναπαράσταση ΩΠ ως χρωμογράφημα [5]

2.2.1 Ακέραιος Γραμμικός Προγραμματισμός

Αργότερα οι ερευνητές προσέγγισαν τα προβλήματα ΩΠ, χρησιμοποιώντας τεχνικές που βασίζονταν στον Ακέραιο Γραμμικό Προγραμματισμό (**Integer Linear Programming**). Τα μοντέλα ακέραιου γραμμικού προγραμματισμού προκάλεσαν το ενδιαφέρον των ερευνητών, γιατί μπορούσαν να εφαρμοστούν σε πολλά προβλήματα του πραγματικού κόσμου, αφού πολλές μεταβλητές στον πραγματικό κόσμο έχουν ακέραιες τιμές. Επίσης, με την προσέγγιση αυτή δίνεται ευελιξία στην επίλυση προβλημάτων μεγάλου μεγέθους, όπως είναι τα προβλήματα ΩΠ σε πανεπιστημιακά ιδρύματα και μεγάλους οργανισμούς. [6] Παρόλα αυτά είναι περιορισμένος ο αριθμός εργασιών που αναφέρονται στον ΩΠ εξετάσεων σε πανεπιστημιακά ιδρύματα. Επίσης, είναι γεγονός ότι έχει δοθεί μεγαλύτερη έμφαση στη

μέθοδο επίλυσης μοντέλων, παρά στην καινοτομία της μοντελοποίησης του προβλήματος. Πρόσφατα στο Πανεπιστήμιο Khayyam στο Ιράν, οι ερευνητές πρότειναν ένα καινοτόμο μοντέλο ακέραιου προγραμματισμού για χρονοπρογραμματισμό εξετάσεων με σκοπό τη μεγιστοποίηση των χρονικών διαστημάτων μεταξύ των μαθημάτων που θα εξετάζονταν. [1]

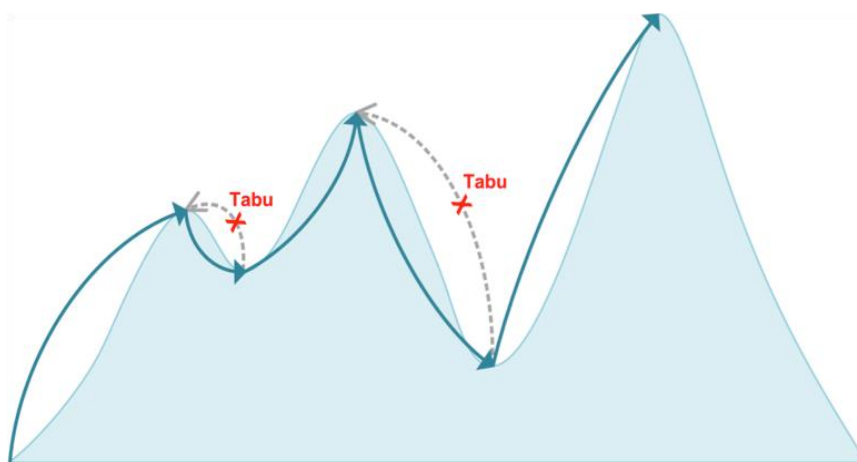
2.2.2. Μοντέλο Δικτυακών Ροών

Πολλοί ερευνητές χρησιμοποίησαν το μοντέλο των δικτυακών ροών (**Network Flow Model**) για την επίλυση του προβλήματος ΩΠ, όπως και ο Dinkel (1989), [7] ο οποίος πρότεινε ένα μοντέλο τριών τμημάτων. Σύμφωνα με αυτό, το 1^ο επίπεδο «Τμημάτων» (**Department Level**) αποτελείται από κορυφές που αναλογούν σε κάθε τμήμα του πανεπιστημίου και όλες είναι ενωμένες με μια κεντρική «πηγή». Το 2^ο επίπεδο «Σχολών και Προσωπικού» (**Faculty/ Stuff Level**), έχει επίσης κορυφές που αντιπροσωπεύουν πιθανούς συνδυασμούς καθηγητών και μαθημάτων και όλες οι κορυφές του 2^{ου} επιπέδου ενώνονται με το 1^ο επίπεδο ανάλογα με το τμήμα στο οποίο ανήκει κάθε καθηγητής. Το 3^ο επίπεδο «Μέγεθος Αιθουσών και Χρονικές Περίοδοι», περιλαμβάνει κορυφές για πιθανούς συνδυασμούς αιθουσών και χρονικών περιόδων. Οι κορυφές του 3^{ου} επιπέδου συνδέονται με τις κορυφές του 2^{ου} επιπέδου όταν το μέγεθος της αίθουσας αντιστοιχεί με τον αριθμό των φοιτητών. Είναι γεγονός ότι τα μοντέλα των δικτυακών ροών, παρόλο που μπορούσαν να λυθούν σε πολυωνυμικό χρόνο, εντούτοις δεν οδηγούσαν πάντα σε λύσεις χωρίς συγκρούσεις, γι' αυτό ήταν απαραίτητο να επαναληφθεί πολλές φορές η διαδικασία λύσης, με ανθρώπινη μάλιστα παρέμβαση, μέχρι να προκύψει η εφικτή λύση. [7]

Στη συνέχεια και πιο πρόσφατα χρησιμοποιήθηκαν προσεγγίσεις που βασίζονται σε τεχνικές αναζήτησης λύσεων από τον χώρο της Τεχνητής Νοημοσύνης. Παραδείγματα τέτοιων αλγόριθμων είναι η αναζήτηση Tabu (**Tabu Search**), η προσομοιωμένη απόπτηση (**simulated annealing**), η ικανοποίηση περιορισμών (**constraint satisfaction**), οι γενετικοί αλγόριθμοι (**genetic algorithm**), κ.ά.

2.2.3. Αναζήτηση Tabu

Το 1986 ο Glover [13] ανέπτυξε τη μέθοδο αναζήτησης «tabu», η οποία βασίζεται στην έννοια της «γειτονιάς». Ο αλγόριθμος **tabu search** στηρίζεται σε μια σειρά από επαναλήψεις, όπου σε κάθε στάδιο υπάρχει μια τρέχουσα λύση υπό επεξεργασία, στη «γειτονιά» της οποίας υπάρχουν γειτονικές λύσεις και απαγορευμένες (tabu). Συνοπτικά με την tabu search επιλέγεται μια αρχική, τρέχουσα λύση, η οποία καθορίζει μια γειτονιά από τοπικές λύσεις, εξαιρώντας τις απαγορευμένες. Απ' αυτές τις τοπικές λύσεις επιλέγεται η βέλτιστη νέα τρέχουσα λύση, της οποίας τα χαρακτηριστικά τοποθετούνται στον πίνακα μνήμης. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται από τη νέα τρέχουσα λύση, μέχρι να ικανοποιηθεί το κριτήριο τερματισμού. [14]



Σχήμα 2. Αναζήτηση βέλτιστης λύσης με απαγορευμένες καταστάσεις. [14]

Η αναζήτηση tabu εφαρμόστηκε με μεγάλη επιτυχία σε πολλές πραγματικές περιπτώσεις ΩΠ εξετάσεων. Το 1991 ο Hertz [16] ήταν από τους πρώτους που προσπάθησε να προσαρμόσει το μεταερευτικό αυτό μοντέλο για να λύσει το πρόβλημα του χρονοδιαγράμματος εξετάσεων μέσα από μια διαδικασία δυο φάσεων. Στην πρώτη φάση βρίσκεται η εφικτή λύση, η οποία συνεχώς βελτιώνεται στη δεύτερη φάση. Το 2001, οι White και Xie [17] χρησιμοποίησαν λίστες μακροπρόθεσμης και βραχυπρόθεσμης μνήμης και τα αποτελέσματά τους ξεπερνούν αυτά των Carter (1996) [18] και Di Gaspero και Schaerf (2001) [19] που χρησιμοποίησαν αναζήτηση tabu μόνο με λίστα βραχείας μνήμης. [20]

Τόσο η **tabu search**, όσο και η προσομοιωμένη απόπτηση (**simulated annealing**), σχεδιάστηκαν για την τοπική αναζήτηση βέλτιστων λύσεων, γι' αυτό και χρησιμοποιούνται

συχνά σε συνδυασμό με άλλες μεθόδους, για να βελτιώσουν την ικανότητά τους στην τοπική αναζήτηση βέλτιστων λύσεων. [13]

2.2.4 Προσομοιωμένη Ανόπτηση

Μια άλλη μεταερευνητική μέθοδος που έχει εφαρμοστεί στο πρόβλημα του ΩΠ εξετάσεων είναι η προσομοίωση ανόπτησης. Το 2003 οι Burke et al. (όπως αναφέρεται στους Abdelaziz, Hichem, Abdelkarim, 2007) [20], χρησιμοποίησαν τη μέθοδο αυτή για να βελτιώσουν μια αρχική λύση, που προήλθε από ευρετικό χρωματισμό γραφήματος μεγαλύτερου βαθμού που χρησιμοποιούσε backtracking. Το 2004 οι Duong και Lam, (όπως αναφέρεται στους Abdelaziz, Hichem, Abdelkarim, 2007) [20], χρησιμοποίησαν τη μέθοδο αυτή σε δύο φάσεις. Στην πρώτη προγραμματίζονταν οι περιορισμοί για τη δημιουργία μιας αρχικής λύσης και στη δεύτερη βελτιωνόταν η αρχική λύση με την εφαρμογή προσομοιωμένης ανόπτησης.

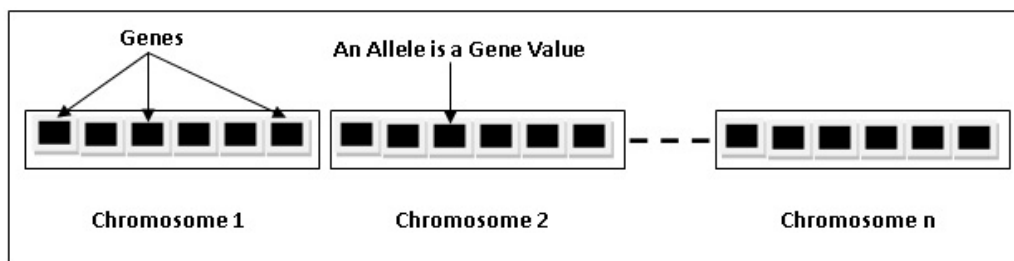
2.2.5 Προγραμματισμός με Περιορισμούς

Ο προγραμματισμός με περιορισμούς (**Constraint Programming - CP**) εφαρμόζεται κυρίως για την επίλυση συνδυαστικών προβλημάτων βελτιστοποίησης, που περιγράφονται ως προβλήματα ικανοποίησης περιορισμών. Η κατευθυντήρια ιδέα στην οποία βασίζεται είναι η μοντελοποίηση του προβλήματος, ως ενός συνόλου μεταβλητών, που σε κάθε μεταβλητή αντιστοιχεί ένα πεδίο τιμών και ένα σύνολο περιορισμών για τους πιθανούς συνδυασμούς τιμών και μεταβλητών. Στόχος είναι η ικανοποίηση των περιορισμών, μέσω της εύρεσης των τιμών των μεταβλητών, π.χ. το πρόβλημα ικανοποίησης περιορισμών (**CSP**) είναι ένα σύνολο μεταβλητών X_1, X_2, \dots, X_n ένα σύνολο τιμών, οι οποίες αντιστοιχούν σε μια μεταβλητή, καθώς και ένα σύνολο περιορισμών C_1, C_2 , κλπ. Κάθε περιορισμός αναφέρεται σε κάποιο υποσύνολο μεταβλητών και καθορίζει τους επιτρεπτούς συνδυασμούς τιμών και μεταβλητών. Όταν μια ανάθεση τιμής δεν παραβιάζει κανένα περιορισμό ονομάζεται συνεπής ή νόμιμη ανάθεση. Όταν σε μια λύση περιλαμβάνονται όλες οι μεταβλητές και ικανοποιούνται όλοι οι περιορισμοί τότε μιλάμε για πλήρη ανάθεση τιμών. [23] Διάφορα παραδείγματα CSP είναι το πρόβλημα του χρωματισμού χάρτη, το πρόβλημα του σταυρολέξου, της τοποθέτησης των Ν Βασιλισσών πάνω στη σκακιά, κ.ά.

Ο CP παρουσιάζει κοινά στοιχεία με τον λογικό προγραμματισμό, γεγονός που διαπίστωσαν και οι Gallaire, Jaffer και Lassez, (όπως αναφέρει ο Μπαϊράμογλου, 2012), [15] οι οποίοι παρατήρησαν ότι ο λογικός προγραμματισμός ήταν ένα ιδιαίτερο είδος CP. Γι' αυτό ο συνδυασμός των δυο πιο πάνω μεθοδολογιών, υπήρξε σημαντικός παράγοντας εξέλιξης των προβλημάτων περιορισμών, που αξιοποιούν μεθοδολογίες και ιδέες από διάφορα πεδία (επιχειρησιακή έρευνα, τεχνητή νοημοσύνη, υπολογιστική λογική, αλγόριθμοι κ.ά.). [15]

2.2.6 Γενετικοί Αλγόριθμοι

Οι γενετικοί αλγόριθμοι (**genetic algorithms - GA**) είναι τεχνικές, που μιμούνται τους μηχανισμούς της φυσικής εξέλιξης και τη γενετική, όπως η κληρονομικότητα και η μετάλλαξη. Ξεκινούν από ένα σύνολο τυχαίων και πιθανών λύσεων, που ονομάζονται «πληθυσμοί» (φαινότυποι) και κάθε άτομο στον πληθυσμό ονομάζεται «χρωμόσωμα» (γονότυπος). Το κάθε χρωμόσωμα αποτελείται από γονίδια (μεταβλητές) και μια τιμή γονιδίου λέγεται αλληλόμορφο. [21]



Σχήμα 3. N χρωμοσώματα που αποτελούνται από τον ίδιο αριθμό γονιδίων [21]

Το γονίδιο είναι η κύρια δομική μονάδα στη Γενετική, όπως και στις μεθόδους βελτιστοποίησης με τη χρήση GA. Τα γονίδια αποτελούν την κωδικοποιημένη παράσταση των παραμέτρων βελτιστοποίησης, ενώ τα χρωμοσώματα περιέχουν το σύνολο των γονιδίων. Συνεπώς, κάθε πιθανή λύση παριστάνεται με μια συμβολοσειρά ενός αλφαβήτου. Κάθε στοιχείο της συμβολοσειράς είναι ένα γονίδιο, ενώ η ίδια η συμβολοσειρά είναι ένα χρωμόσωμα. Στο DNA (DeoxyriboNucleic Acid - Δεσοξυριβονουκλεϊνικό Οξύ), το αλφάβητο απαρτίζεται από τα στοιχεία A, G, T και C, ενώ στους GA συνήθως χρησιμοποιείται δυαδικό αλφάβητο, αλλά και πιο σύνθετες μορφές αναπαράστασης.

Ανάλογα με το είδος του προβλήματος προκύπτουν και οι αναπαραστάσεις, είτε ως ακέραιοι, είτε διανύσματα πραγματικών αριθμών, είτε ως αλφαριθμητικοί χαρακτήρες. Έτσι, κάθε συμβολοσειρά είναι ένα χρωμόσωμα και κάθε στοιχείο της είναι ένα γονίδιο.

Μέσω διαδοχικών επαναλήψεων, τα χρωματοσώματα εξελίσσονται και προκύπτουν οι γενιές. Οι παλιές γενιές (γονείς) δημιουργούν τη νέα γενιά χρωματοσωμάτων, (παιδιά/ απόγονοι) χρησιμοποιώντας «γενετικούς τελεστές», όπως η «επιλογή», η «διασταύρωση», η «μετάλλαξη». Οι GA έχουν χρησιμοποιηθεί για την επίλυση προβλημάτων ΩΠ εξετάσεων.

Οι Ross και Corne, (1994), (όπως αναφέρεται στους Abdelaziz, Hichem, Abdelkarim, 2007) [20], χρησιμοποίησαν GA στο πρόβλημα χρονοδιαγράμματος εξετάσεων και επεσήμαναν ότι οι GA μπορεί να αποτύχουν σε προβλήματα μέτριου περιορισμού, αλλά έχουν πολύ καλή απόδοση σε προβλήματα ήπιου και υψηλού περιορισμού. Οι GA εφαρμόζονται σε πολύπλοκα προβλήματα βελτιστοποίησης, που έχουν διαφορετικές παραμέτρους ή χαρακτηριστικά, τα οποία πρέπει να συνδυαστούν για την αναζήτηση της καλύτερης λύσης και δεν μπορούν να αναπαρασταθούν μαθηματικά.

Τα προβλήματα του ΩΠ αντιμετωπίστηκαν κυρίως με ευρετικές μεθόδους, λόγω της δομής και της πολυπλοκότητάς τους. Πολλοί όμως ερευνητές και συγγραφείς ασχολήθηκαν και ασχολούνται με τη σύγκριση και την αξιολόγηση της απόδοσης των μεταευρετικών μεθόδων επίλυσης προβλημάτων ΩΠ. Καμία όμως μέθοδος δεν μπορεί να χαρακτηριστεί ως η καλύτερη. Στον πίνακα 1 παρουσιάζονται τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, καθώς και τα εργαλεία που μπορούν να εφαρμοστούν για την ανάπτυξη μιας αποτελεσματικής λύσης στο πρόβλημα του ΩΠ εξετάσεων/ μαθημάτων στα πανεπιστήμια. [22]

Year	Technique	Tools	Advantages	Disadvantages
2015	PSO	Programming languages, such as Python. Supported by Gaussian 09 program package.	Simple to implement.	Does not converge fast.
2017	Integer programming	Various solver packages for global optimization.	Few parameters that need to be adjusted.	Difficult to define the initial design parameters.
2016	Multi-objective optimization	Can be implemented using various programming languages.	Able to run parallel computation.	Can converge prematurely.
2016	Hyper-heuristics	Python or R programming languages.	Can be robust.	Complex to implement for inexperienced programmers.
2017	Integer programming	Solver packages, such as BARON.	Have higher probability and efficiency in finding the highest optimization	Cannot work out problems of scattering.
2015	Metaheuristic techniques	Python or R programming languages.	Can converge fast	Does not have short computational time.
2018	Fix-and-optimize metaheuristic	Python or R programming languages.	Does not overlap and mutate	Not efficient in working problems linked with scattering.
2015	Great deluge algorithm	Matlab	Has short computational time.	Complex to implement for inexperienced programmers.
2016	Linear integer model	Solver packages, such as GAMS library.	Efficient in solving problems that do not have accurate mathematical models.	Complex to implement for inexperienced programmers.
2017	Artificial bee colony algorithm	Matlab	It is easy to use and can interface with other algorithms efficiently.	Converges prematurely, resulting in no solutions in some instances.
2017	Stochastic gradient descent	Stochastic simulation toolkit (StochKit)	Simple to implement and works fast when applied to small datasets.	Hyperparameters need to be tuned manually. Hence, people not familiar with it find it challenging to use.
2018	Broyden-Fletcher-Goldfarb-Shanno (BFGS) algorithm	The libLBFGS library written in the C++.	Has better convergence than most algorithms	Performs poorly in the context of non-smooth optimization.
2020	Simulated annealing algorithm	Software tools, such as KDSimStudio and Simulated Conversation Development tool.	Gradually converges to a global optimal solution and, thereby, escapes from a local solution.	Requires enhancements to function effectively.
2020	Tabu search algorithm	Available frameworks, such as the Tabu Search Framework written in C++.	Together with a memory concept, it can be utilized to explore iteration problems more precisely than other algorithms.	It performs poorly in large dimension problems.
2020	Tabu search algorithm	Frameworks, such as the Tabu Search Framework.	Ignores recently explored neighborhoods to avoid settling on a local optimum solution.	As it does not have memory, it requires other algorithms or additional components to function effectively.
2020	Elite immune ant colony optimization algorithm	Matlab	Combines the strengths of both the ant colony and immune theory to ensure its efficiency.	Complex to implement.

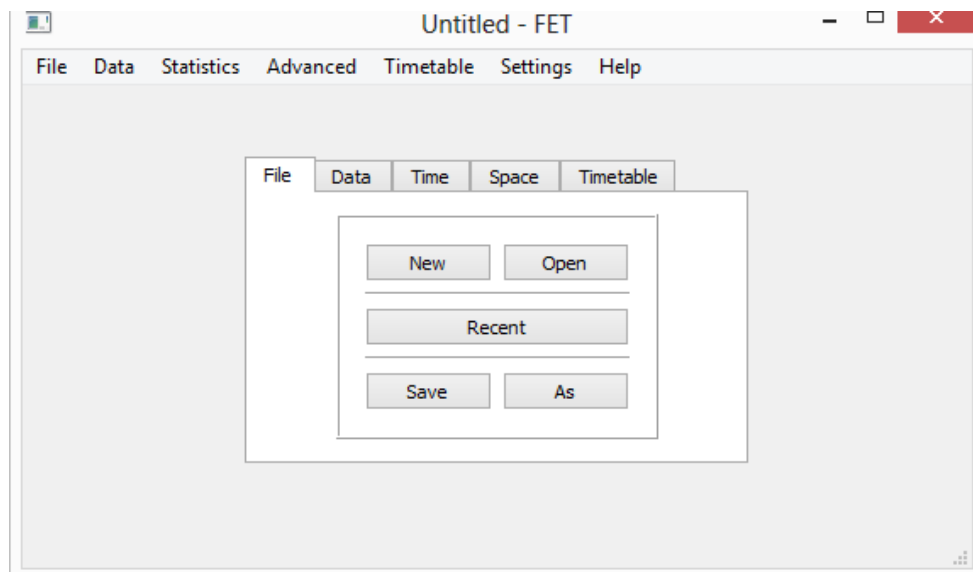
Πίνακας 1. Σύγκριση Διαφορετικών Αλγορίθμων Προγραμματισμού και Βελτιστοποίησης [22]

2.2.7 Free Timetabling Software (FET)

Πρώτοι δημιουργοί του FET ήταν οι Liviu Lalescu (2002-2003) και ο Volter Dirr. Αρχικά χρησιμοποιήθηκε ένας εξελικτικός αλγόριθμος, που δεν ήταν ικανός να λύσει πολύπλοκα χρονοδιαγράμματα. Όμως το 2007, μετά από συνεχείς προσπάθειες στην έρευνα, έγινε μια σπουδαία ανακάλυψη. Ένας ευρετικός αλγόριθμος, γνωστός και ως «τεχνική αναδρομικής εναλλαγής», έδωσε λύση σε δύσκολα και περίπλοκα χρονοδιαγράμματα σε λίγα λεπτά. [27] Από τότε και έως και σήμερα το FET χρησιμοποιείται για τον προγραμματισμό χρονοδιαγραμμάτων. [28]

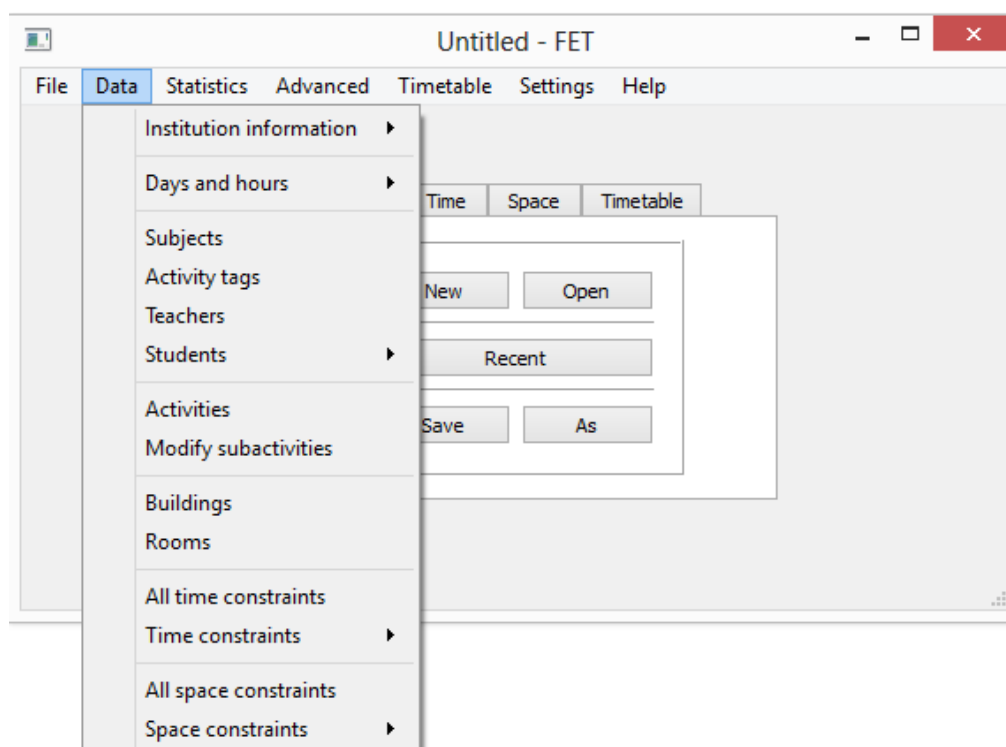
Πιο συγκεκριμένα το FET είναι ένα ελεύθερο λογισμικό ανοικτού κώδικα, με το οποίο καταρτίζονται αυτοματοποιημένα ωρολόγια προγράμματα σε πολλά σχολεία και Πανεπιστήμια. Χρησιμοποιεί έναν γρήγορο και αποτελεσματικό αλγόριθμο χρονοδιαγράμματος και μπορεί να επιλύσει απλά έως περίπλοκα χρονοδιαγράμματα σε ελάχιστο χρόνο (5-20 λεπτά). Φυσικά σε εξαιρετικά δύσκολα και πολύπλοκα προβλήματα ο χρόνος αυξάνεται σημαντικά. [27][28]

Τα πλεονεκτήματα του FET είναι ότι διαθέτει διαδραστικά εργαλεία, που επιτρέπουν στον χρήστη να υλοποιεί αυτόματα ΩΠ, παρέχοντάς του παράλληλα τη δυνατότητα να τροποποιεί αυτόματα τις λύσεις και να ελέγχει ως ποιο σημείο μπορούν να γίνουν τροποποιήσεις. Ακόμη μπορεί να εμφανίσει όλες τις κατάλληλες πληροφορίες για την αξιολόγηση της ποιότητας του ΩΠ. Στην Εικόνα 1 παρουσιάζεται το κύριο μενού του FET. [28]



Εικόνα 1. Κυρίως Μενού [27]

Στην Εικόνα 2 παρουσιάζεται το σημαντικότερο μενού του FET, που είναι τα Δεδομένα, όπου εισάγονται όλες οι πληροφορίες που αφορούν το εκπαιδευτικό ίδρυμα.



Εικόνα 2. Κατάλογος Διαχείρισης Δεδομένων [27]

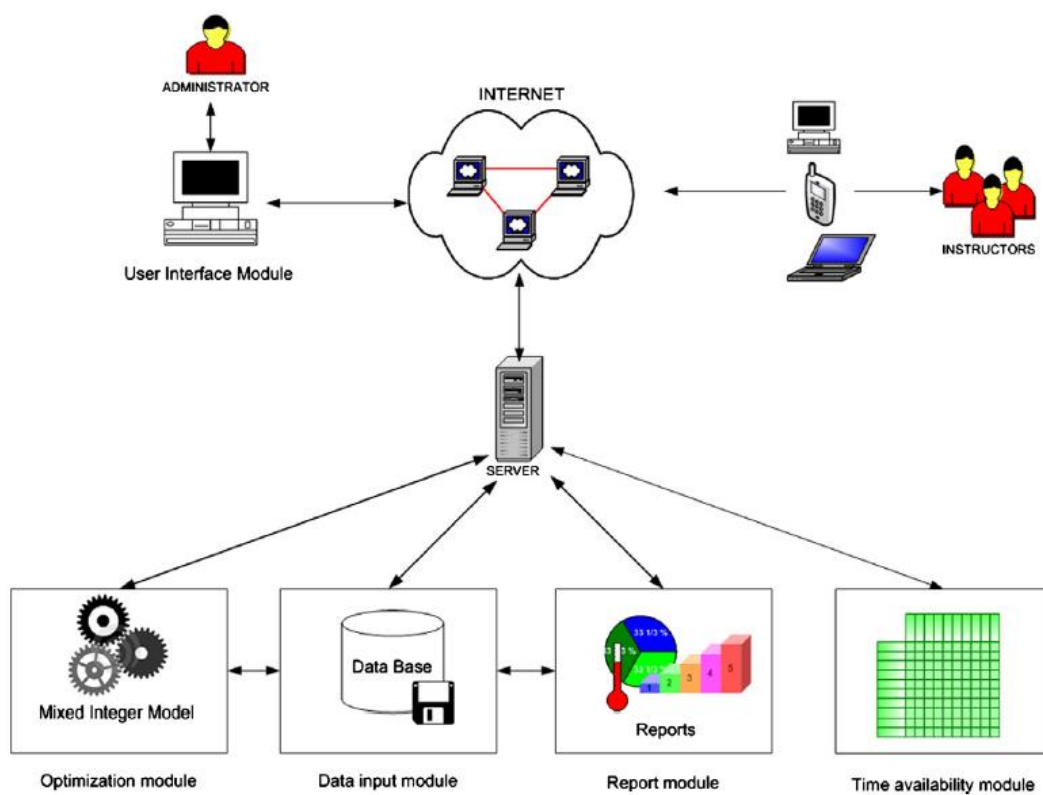
Η ροή των εργασιών στο FET διακρίνεται σε τρία μέρη. Πρώτο μέρος: Εισαγωγή Δεδομένων. Δεύτερο μέρος: Δημιουργία Δραστηριότητας για κάθε μάθημα (αντιστοιχίσεις). Τρίτο μέρος: Δημιουργία Χρονοδιαγράμματος και τελική έκδοση προγράμματος. Σ' αυτό το μέρος εμφανίζεται το μήνυμα σφάλματος, εντοπίζονται λάθη και ο χρήστης μπορεί να προχωρήσει σε διορθώσεις, ώσπου να δημιουργηθεί με επιτυχία το ΩΠ. [27]

2.2.8 UdpSkeduler

Τις τελευταίες δεκαετίες σε αρκετά πανεπιστήμια γίνονται προσπάθειες για υλοποίηση του ΩΠ μαθημάτων και εξετάσεων σε περιβάλλον Web. Οι Miranda, Pablo και Jose, (2011) [26] εφάρμοσαν στη Σχολή Μηχανικών του Πανεπιστημίου Universidad Diego Portales (UDP) στο Σαντιάγο της Χιλής το **UdpSkeduler**, που είναι ένα σύστημα προγραμματισμού, το οποίο βασίζεται σε μαθηματικά μοντέλα και είναι «χτισμένο» σε περιβάλλον Web. Η αρχιτεκτονική του αποτελείται από πέντε ενότητες: Η πρώτη είναι μια διεπαφή χρήστη (User Interface) που ελέγχει τις παραμέτρους και τις επιλογές του συστήματος και διαχειρίζεται τις πληροφορίες. Μέσω της διεπαφής αυτής, ο χρήστης μπορεί να ορίσει τα πλέγματα του προγράμματος και να καθορίσει τα χαρακτηριστικά του κάθε μαθήματος, σύμφωνα με τις απαιτήσεις της τεχνολογίας και της υποδομής. Η δεύτερη ενότητα είναι η ενότητα εισαγωγής δεδομένων. Σε μια βάση δεδομένων αποθηκεύονται όλες οι απαραίτητες πληροφορίες για τη δημιουργία ΩΠ, όπως για παράδειγμα χαρακτηριστικά των μαθημάτων, τύπος αιθουσών και άλλα. Η τρίτη ενότητα είναι η ενότητα της διαθεσιμότητας του χρόνου των εκπαιδευτικών και θεωρείται το σημαντικότερο στοιχείο του **UdpSkeduler**, γιατί στηρίζεται στην αλληλεπίδραση των εκπαιδευτικών και των σχεδιαστών του ΩΠ. Μέσω του φιλικού user interface οι εκπαιδευτικοί μπορούν να δηλώσουν την διαθεσιμότητά τους. Η τέταρτη ενότητα είναι η ενότητα της βελτιστοποίησης, η οποία περιέχει τον κώδικα για το μοντέλο ακέραιου προγραμματισμού. Τέλος, η πέμπτη ενότητα είναι το μοντέλο παραγωγής αναφορών, οι οποίες αναφορές παρουσιάζουν μια σειρά δεικτών για την αξιολόγηση των χρονοδιαγραμμάτων που δημιουργήθηκαν.

Τα οφέλη του **UdpSkeduler** είναι ότι μπορεί ταυτόχρονα να ενσωματώσει όλες τις απαιτήσεις και τους περιορισμούς του προβλήματος, καθώς και τους πρόσθετους στόχους που θέτει η διοίκηση της Σχολής. Επίσης, με τη χρήση του μειώνεται ο χρόνος που απαιτείται για τον προγραμματισμό, αφού αυτοματοποιούνται όλες οι διεργασίες, βελτιώνεται η

ποιότητα του χρονοδιαγράμματος και αποφεύγονται ανθρώπινα λάθη και συγκρούσεις στον ΩΠ. Επιπλέον, δίνεται η δυνατότητα για εύκολη και γρήγορη διερεύνηση και ανάλυση πολλαπλών σεναρίων. [26]



Σχήμα 4: Αρχιτεκτονική UdpScheduler [26]

Λαμβάνοντας λοιπόν υπόψη τις πληροφορίες που παρέχονται από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας, είναι εμφανές ότι η ανάπτυξη λογισμικών για τον προγραμματισμό χρονοδιαγραμμάτων σε εκπαιδευτικά ιδρύματα έχει σημαντική σημασία στον σύγχρονο εκπαιδευτικό χώρο. Ο προγραμματισμός των ωρών διδασκαλίας και των εξετάσεων είναι ένα

σημαντικό κομμάτι της λειτουργίας ενός πανεπιστημίου. Απαιτείται η συνεχής βελτίωση των διαδικασιών προγραμματισμού και η εφαρμογή προηγμένων τεχνολογιών για την αποτελεσματική διαχείριση του προσωπικού και των πόρων του πανεπιστημίου. Τόσο το FET όσο και το UdpScheduler προσφέρουν προηγμένες λύσεις για τον αυτοματοποιημένο προγραμματισμό των ωρών διδασκαλίας και των εξετάσεων, επιτρέποντας σε εκπαιδευτικά ιδρύματα να διαχειρίζονται αποτελεσματικά τους πόρους τους και να προσφέρουν βέλτιστη εκπαιδευτική εμπειρία τόσο στους φοιτητές τους, όσο και στο προσωπικό του εκπαιδευτικού ιδρύματος.

Επομένως, η εφαρμογή τέτοιων λογισμικών αποτελεί σημαντικό βήμα προς την κατεύθυνση της βελτίωσης και της εξέλιξης του εκπαιδευτικού συστήματος, παρέχοντας την τεχνολογική υποστήριξη που απαιτείται για την αποτελεσματική διαχείριση του προγράμματος των εξετάσεων ενός πανεπιστημίου.

Κεφάλαιο 3. Ωρολόγιο Πρόγραμμα Εξετάσεων Πανεπιστημίου

3.1 Περιγραφή Προβλήματος Ωρολογίου Προγράμματος Εξετάσεων

Είναι γεγονός ότι η δημιουργία ενός αποτελεσματικού και αποδοτικού χρονοδιαγράμματος στα πανεπιστημιακά ιδρύματα αποτελεί μια σημαντική πρόκληση, αλλά και θεμελιώδη αρχή της ποιοτικής λειτουργίας του κάθε πανεπιστημίου. Ωστόσο, ένα σύνολο συνθηκών και παραγόντων καθιστούν το πρόβλημα του χρονοπρογραμματισμού αρκετά περίπλοκο, αφού η διαδικασία απαιτεί τη βέλτιστη χρήση και διαχείριση της διαθέσιμης υποδομής σε σχέση με τους ανθρώπινους πόρους, τους εκπαιδευτές και διδάσκοντες, αλλά και τους φοιτητές, των οποίων ο αριθμός αυξάνεται τα τελευταία χρόνια.

Όπως ορίζει τον ΩΠ ο Wren (1995), (όπως αναφέρεται στους Nwufoh, C. V., Achimugu, P. O., Achimugu, O., & Chollo, D. T., 2021) [23] είναι «η κατανομή δεδομένων πόρων σε συγκεκριμένα αντικείμενα που τοποθετούνται στον χωροχρόνο, με τέτοιο τρόπο, ώστε να ικανοποιείται όσο το δυνατόν, περισσότερο ένα σύνολο επιθυμητών στόχων, υπό περιορισμούς». Είτε λοιπόν πρόκειται για ΩΠ μαθημάτων/διαλέξεων, είτε πρόκειται για ΩΠ εξετάσεων η φύση του προβλήματος είναι η ίδια: Πρόβλημα σύνθετο, συνδυαστικό με μεγάλη πολυπλοκότητα.

Είναι αξιοσημείωτο το γεγονός ότι τα περισσότερα πανεπιστημιακά ιδρύματα, αν όχι όλα, έχουν αυτοματοποιήσει σε μεγάλο μάλιστα βαθμό τα διοικητικά τους καθήκοντα (εισαγωγές, εγγραφές, πληρωμές) αλλά δεν μπορούν να καυχηθούν ότι έχουν κατορθώσει να αυτοματοποιήσουν με την ίδια επιτυχία τον προγραμματισμό χρονοδιαγραμμάτων, που να αντιμετωπίζονται σε εύλογο βαθμό οι προκλήσεις και οι απαιτήσεις του ΩΠ. [23]

3.1.1 Χρονοπρογραμματισμός Μαθημάτων

Ο χρονοπρογραμματισμός μαθημάτων και διαλέξεων στα Πανεπιστήμια είναι μια επαναλαμβανόμενη, αλλά ιδιαίτερα απαιτητική διαδικασία. Στην πιο απλή μορφή της η διαδικασία αυτή έχει στόχο την ανάθεση μαθημάτων σε χρονικές περιόδους και αίθουσες διδασκαλίας, τηρουμένων κάποιων απαιτήσεων και περιορισμών.

Οι απαιτήσεις και οι περιορισμοί σχετίζονται με τους στόχους του κάθε Πανεπιστημιακού ιδρύματος, με τον αριθμό των φοιτητών, με τη διαθεσιμότητα του χρόνου των διδασκόντων, τον τύπο και τη χωρητικότητα των αιθουσών κλπ. Ένας «καλός» ΩΠ μαθημάτων/διαλέξεων συμβάλλει στην ομαλή λειτουργία ενός πανεπιστημίου, στην αποτελεσματική αξιοποίηση των πόρων, στην ικανοποίηση των προτιμήσεων των εμπλεκομένων, στη βελτίωση της εμπειρίας των φοιτητών και στην αποφυγή των συγκρούσεων. [26]

3.1.2 Χρονοπρογραμματισμός Εξετάσεων

Ο χρονοπρογραμματισμός των εξετάσεων θεωρείται εξίσου σημαντικός με τον χρονοπρογραμματισμό των μαθημάτων/διαλέξεων. Παρόλο που διαφέρουν από πολλές απόψεις, εντούτοις κινούνται σε ένα κοινό πλαίσιο, που είναι η κατανομή των μαθημάτων ή εξετάσεων σε χρονικές περιόδους και αίθουσες χωρίς συγκρούσεις. Έτσι ένας αποτελεσματικός ΩΠ εξετάσεων πρέπει να λαμβάνει υπόψη το σύνολο των εξεταστέων μαθημάτων, τον χρόνο εξέτασης, τον χώρο και φυσικά τους περιορισμούς, για να διασφαλίζεται η ομαλή διεξαγωγή των εξετάσεων και να δίνεται η δυνατότητα στους φοιτητές/τριες να προετοιμαστούν κατάλληλα. Βασική προϋπόθεση επίλυσης του προβλήματος του ΩΠ εξετάσεων είναι η ικανοποίηση των «αυστηρών», «σκληρών» (hard) περιορισμών, που πρέπει να ικανοποιηθούν, για να οδηγήσουν σε ένα λειτουργικό ΩΠ. Τέτοιοι περιορισμοί είναι π.χ. ο αριθμός των φοιτητών να είναι ανάλογος με τη χωρητικότητα της αίθουσας ή δύο μαθήματα να μην εξετάζονται την ίδια μέρα, ώρα και στην ίδια αίθουσα ή μαθήματα του ίδιου εξαμήνου να μην εξετάζονται την ίδια μέρα ή κάθε μέρα να εξετάζονται τουλάχιστον δύο μαθήματα για να μην υπάρχει «κενός χρόνος» και όχι περισσότερο από τέσσερα για να μην υπάρχει πίεση και αλληλοεπικαλύψεις. Φυσικά, η διαδικασία υλοποίησης του ΩΠ εξετάσεων δεν πρέπει να στοχεύει μόνο στην ικανοποίηση των σκληρών περιορισμών, αλλά και στην όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ικανοποίηση των «ήπιων», «επιθυμητών» (soft) περιορισμών, που αν αυτοί ικανοποιηθούν κάνουν τον ΩΠ πιο ποιοτικό. Τέτοιου είδους περιορισμοί, που δεν είναι αναγκαίο να ικανοποιηθούν, αλλά καθορίζουν την ποιότητα του ΩΠ, είναι π.χ. οι προτιμήσεις διδασκόντων και φοιτητών ή η μεγιστοποίηση της χρονικής απόστασης ανάμεσα στα μαθήματα του ίδιου εξαμήνου, κλπ. [29]

Γενικά, η πολυπλοκότητα στον ΩΠ εξετάσεων των Πανεπιστημίων είναι μεγάλη, όποια προσέγγιση και αν ακολουθηθεί, είτε συγκεντρωτική, είτε αποκεντρωμένη. Σύμφωνα με την συγκεντρωτική προσέγγιση, μια κεντρική αρχή χρησιμοποιεί το λογισμικό για να υλοποιήσει τον ΩΠ για όλο το Πανεπιστήμιο. Το πλεονέκτημα αυτής της προσέγγισης είναι ότι θεωρητικά δίνει μια συνολική εικόνα του προβλήματος με όλες τις απαραίτητες πληροφορίες για τη δημιουργία του ΩΠ. Το μειονέκτημα είναι ο δύσκολος συντονισμός μεταξύ των Σχολών- Τμημάτων του Πανεπιστημίου και της κεντρικής αρχής, που μπορεί να οδηγήσει σε σφάλματα. Η αποκεντρωμένη προσέγγιση, να μεν επιτρέπει σε κάθε Σχολή- Τμήμα να υλοποιήσει το δικό της ΩΠ εξετάσεων, στους δικούς της χώρους και με τους δικούς της πόρους, ωστόσο και αυτή η προσέγγιση μπορεί να γίνει ανέφικτη, ιδιαίτερα όταν πρόκειται για προγραμματισμό μεγάλων εξετάσεων που προϋποθέτουν πρόσβαση σε μεγάλους χώρους που η Σχολή ή το Τμήμα δεν διαθέτουν. [30]

3.2 Οι Εμπλεκόμενοι του Προβλήματος στα Πανεπιστημιακά Ιδρύματα

Ένας ισορροπημένος και δίκαιος χρονοπρογραμματισμός εξετάσεων προκύπτει με τη συνεργασία και τον συντονισμό όλων των εμπλεκομένων στο πρόβλημα ΩΠ, ώστε να γίνεται σωστή διαχείριση της διαδικασίας.

Διοίκηση Πανεπιστημίου

Η διοίκηση είναι το αρμόδιο σώμα, το οποίο θέτει τις απαιτήσεις για τον ΩΠ, που αποτελούν και τους αυστηρούς (hard) περιορισμούς που πρέπει να ικανοποιηθούν. Τέτοιες απαιτήσεις- περιορισμοί αφορούν τα εξεταζόμενα μαθήματα, τη χρονική διάρκεια της ΕΠ, τις ενεργές μέρες και ώρες, τις αίθουσες κλπ. Με λίγα λόγια η διοίκηση συντονίζει εισηγήσεις και προτάσεις και κατανέμει τους πόρους, σύμφωνα με τους κανονισμούς λειτουργίας του κάθε πανεπιστημιακού ιδρύματος.

Ακαδημαϊκό Προσωπικό

Το ακαδημαϊκό προσωπικό είναι η ομάδα των διδασκόντων, που προέρχονται από τα διάφορα Τμήματα/ Σχολές ενός Πανεπιστημίου. Κάποιοι από αυτούς λόγω φόρτου εργασίας ή ερευνητικών ή άλλων υποχρεώσεων επιθυμούν να λαμβάνονται υπόψη σε έναν ΩΠ εξετάσεων οι προτιμήσεις τους.

Φοιτητές

Οι φοιτητές είναι η πολυπληθέστερη ομάδα που θα παρακαθήσει στις εξετάσεις και επιβάλλεται να διαχειριστεί σωστά τον χρόνο για την προετοιμασία και επιτυχία στις εξετάσεις. Είναι η ομάδα που επιθυμεί μεγιστοποίηση της χρονικής απόστασης μεταξύ εξετάσεων για καλύτερα αποτελέσματα

Γραμματείες

Οι Γραμματείες συνεργάζονται με τους εμπλεκόμενους για τον καλύτερο συντονισμό και διαχειρίζονται πληροφορίες και αιτήματα, που αφορούν τη διαδικασία υλοποίησης ΩΠ.

3.3 Περιορισμοί

Μια από τις προκλήσεις σε ένα πρόβλημα χρονοπρογραμματισμού είναι η εξισορρόπηση των περιορισμών, που πρέπει να ληφθούν υπόψη ως καθοριστικοί παράγοντες για τη δημιουργία ενός αποτελεσματικού ΩΠ. Επιτυχημένος ΩΠ θεωρείται εκείνος που ικανοποιεί τους σκληρούς περιορισμούς και ελαχιστοποιεί τους ήπιους περιορισμούς που παραβιάζονται. [22]

3.3.1 Σκληροί (Hard) Περιορισμοί

Σκληροί (Hard) περιορισμοί είναι οι κατευθυντήριες γραμμές που δεν πρέπει ούτε να παραβιάζονται, ούτε να επικαλύπτονται. [22]

3.3.2 Ήπιοι (Soft) Περιορισμοί

Ήπιοι (Soft) περιορισμοί είναι οι επιθυμίες των εμπλεκόμενων μερών, που μπορούν να αγνοηθούν χωρίς σοβαρές συνέπειες, αλλά και κάποιες προτιμήσεις που θα ήταν καλό να μην παραβιάζονται. [22]

Το 2014 η Pillay [31], βασιζόμενη σε προηγούμενες έρευνες, εισηγήθηκε τη διάκριση των περιορισμών σε επτά κατηγορίες ελαστικών και μη ελαστικών περιορισμών:

1. **Περιορισμοί απαιτήσεων του προβλήματος:** Προκύπτουν από τον ορισμό του προβλήματος και κατατάσσονται στους ανελαστικούς περιορισμούς.
2. **Περιορισμοί μη συγκρούσεων:** Είναι ανελαστικοί περιορισμοί και αφορούν στο ότι κάθε πόρος δεν πρέπει να τοποθετείται πάνω από μια φορά στην ίδια χρονική περίοδο.
3. **Περιορισμοί αξιοποίησης πόρων:** Είναι περιορισμοί οι οποίοι συμβάλουν στην καλύτερη αξιοποίηση των πόρων και θεωρούνται ως ανελαστικοί.
4. **Περιορισμοί φόρτου εργασίας:** Είναι περιορισμοί που ανάλογα με τη φύση του προβλήματος θεωρούνται ανελαστικοί ή ελαστικοί, και αφορούν στα όρια που πρέπει να υπάρχουν ώστε να μην προκαλείται φόρτος εργασίας.
5. **Περιορισμοί κατανομής χρόνου:** Αφορούν στην κατανομή των πόρων στις χρονικές περιόδους και θεωρούνται ανελαστικοί ή ελαστικοί, ανάλογα με την περίπτωση.
6. **Περιορισμοί προτιμήσεων:** Είναι συνήθως ελαστικοί περιορισμοί και αφορούν στις προτιμήσεις των πόρων.
7. **Περιορισμοί μαθημάτων:** Είναι περιορισμοί που αφορούν τις ιδιαίτερες ανάγκες του κάθε μαθήματος.

Όπως εύκολα γίνεται αντιληπτό, για να προκύψει λύση στο πρόβλημα του ΩΠ πρέπει να ληφθεί υπόψη ένα πλήθος παραμέτρων και ένας μεγάλος αριθμός περιορισμών, που πολλές φορές συγκρούονται και μεταξύ τους. Επίσης, αξίζει να σημειωθεί ότι το πρόβλημα ΩΠ διαφέρει σε κάθε χώρα, εξαιτίας της κουλτούρας, των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών του κάθε εκπαιδευτικού ιδρύματος, αλλά και των περιορισμών (hard/soft) που επιβάλλει το κάθε Πανεπιστήμιο.

3.4 Σύνοψη Προβλήματος Ωρολογίου Προγράμματος Εξετάσεων

Η πολυπλοκότητα στον ΩΠ εξετάσεων στα Πανεπιστήμια είναι μεγάλη, αν ληφθεί υπόψη το πλήθος των μαθημάτων που πρέπει να εξεταστούν σε ένα καθορισμένο και περιορισμένο χρονικό διάστημα ενεργών ημερών. Επίσης, ένας άλλος παράγοντας που

καθιστά το πρόβλημα περίπλοκο είναι ο μεγάλος αριθμός φοιτητών στα Πανεπιστημιακά Ιδρύματα, ο οποίος πολλές φορές αυξάνεται σε κάποια ακαδημαϊκά εξάμηνα, αφού στον ήδη καθορισμένο αριθμό φοιτητών που θα εξεταστούν προστίθεται και ο αριθμός των φοιτητών που «χρωστούν» μαθήματα, λόγω της αποτυχίας σε προηγούμενες εξετάσεις.

Σε συνάρτηση με τα πιο πάνω, πρέπει να λάβουμε υπόψη ότι κατά τη διάρκεια μιας μέρας θα πρέπει να υπάρχει ελάχιστος και μέγιστος αριθμός εξετάσεων (π.χ. 2 τρίωρα ή 4 τρίωρα) και φυσικά όλα τα πιο πάνω έχουν άμεση σχέση με τη διαθεσιμότητα των αιθουσών. Επομένως, το πρόβλημα ΩΠ εξετάσεων στα Πανεπιστήμια είναι πολύπλοκο, περίπλοκο και συνδυαστικό. Εξίσου σημαντικό όμως είναι και το γεγονός ότι ο ΩΠ είναι μια διαδικασία δύσκολη και χρονοβόρα από την αρχή ως το τέλος, παρόλο που η έρευνα στο πρόβλημα αυτό έχει να επιδείξει σπουδαία επιτεύγματα στους τρόπους επίλυσης, αυτοματοποίησης και βελτιστοποίησης του ΩΠ. Αφετηρία της διαδικασίας υλοποίησης του ΩΠ είναι η συλλογή, η καταγραφή και η συγκέντρωση όλων των πληροφοριών που απαιτούνται για τον καταρτισμό ενός λειτουργικού ΩΠ (πολλές από αυτές τις πληροφορίες είναι σταθερές και άλλες είναι πιο δυναμικές και μεταβάλλονται).

Στη συνέχεια της παρούσας εργασίας, στο Κεφάλαιο 4, θα παρουσιαστεί η δομή του ΠΚ και η συγκέντρωση των πληροφοριών/δεδομένων κάθε Σχολής. Στο Κεφάλαιο 5 θα παρουσιαστεί μια εύχρηστη και γρήγορη διεπαφή, μέσω της οποίας η Γραμματεία ή όποια κεντρική αρχή μπορεί να συλλέξει ή να έχει συγκεντρωμένες πληροφορίες και δεδομένα, ενώ παράλληλα μπορεί να διεκπεραιώνει αλλαγές που αφορούν στην κατάρτιση του ΩΠ.

Κεφάλαιο 4. Ωρολόγιο Πρόγραμμα Εξεταστικής Περιόδου στο Πολυτεχνείο Κρήτης

4.1 Δεδομένα και Περιορισμοί του Προβλήματος

Ένα πολύ συνηθισμένο πρόβλημα ΩΠ είναι ο χρονοπρογραμματισμός των εξετάσεων στα Πανεπιστήμια, όπου μια σειρά από μαθήματα ανατίθενται σε μέλη του διδακτικού και ερευνητικού προσωπικού και εντός συγκεκριμένων χρονικών διαστημάτων θα πρέπει να εξεταστούν σε αίθουσες, που η χωρητικότητά τους και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους θα ανταποκρίνονται στον αριθμό των φοιτητών που εξετάζονται. Το πλήθος των μαθημάτων, των καθηγητών, των φοιτητών σε συνάρτηση με τον μεγάλο αριθμό των περιορισμών και των κριτηρίων, που θέτει η διοίκηση κάθε πανεπιστημιακού ιδρύματος καθιστούν τον ΩΠ εξετάσεων ένα δύσκολο, χρονοβόρο και πολυδιάστατο πρόβλημα ικανοποίησης περιορισμών, που χαρακτηρίζεται από υψηλή πολυπλοκότητα.

Μια λύση σε ένα πρόβλημα ΩΠ μπορεί να χαρακτηριστεί ως καλή ή βέλτιστη, όταν ικανοποιεί όσες πιο πολλές ανάγκες και απαιτήσεις μπορεί. Σημαντικό είναι να ληφθούν υπόψη περιορισμοί, οι οποίοι είναι καθοριστικοί για την κατάρτιση ενός ΩΠ εξετάσεων. Οι περιορισμοί καθορίζονται από ποικίλους παράγοντες που στο σύνολο τους απαρτίζουν τη λειτουργία ενός Πανεπιστημιακού ιδρύματος. Ξεκινώντας από τη δομή του ΠΚ θα πρέπει να έχουμε κατά νου τις αίθουσες που υπάρχουν και τι χαρακτηρίζει την κάθε μια από αυτές, αφού το αν θα πραγματοποιηθεί μια εξέταση σε κάποια αίθουσα εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της και αν αυτά ικανοποιούν τις ανάγκες της εξέτασης.

Επιπλέον σημαντικό είναι να ληφθεί υπόψη ο τύπος και τα χαρακτηριστικά των μαθημάτων. Για παράδειγμα υποχρεωτικά μαθήματα και μαθήματα ιδίου εξαμήνου καλό είναι να μην εξετάζονται την ίδια μέρα και μάλιστα να έχουν μεταξύ τους ένα εύλογο χρονικό διάστημα, π.χ. 4-5 ημέρες, όπου είναι εφικτό. Ένας άλλος παράγοντας είναι οι ημέρες και ώρες που είναι διαθέσιμες για την εξεταστική περίοδο. Στο ΠΚ ενεργές ημέρες είναι οι καθημερινές και τα Σάββατα, ενώ τις Κυριακές δεν διεξάγονται εξετάσεις. Συγκεκριμένα, κατά τις ενεργές ημέρες υπάρχουν διαθέσιμα τέσσερα συνεχόμενα τρίωρα, ξεκινώντας από τις 9:00 π.μ. Να αναφερθεί ότι σε περίπτωση που μεσολαβεί αργία κατά την περίοδο των εξετάσεων, η ημέρα αυτή λογίζεται ως Κυριακή. Τέλος, ένα ΩΠ πρέπει να

προσαρμόζεται στις ανάγκες και τις υποχρεώσεις του διδακτικού προσωπικού, αλλά και των φοιτητών, ώστε να ελαχιστοποιούνται οι συγκρούσεις.

4.2 Ακαδημαϊκή Δομή Πολυτεχνείου Κρήτης

Το ΠΚ αποτελείται από πέντε ακαδημαϊκές Σχολές Μηχανικών. Η πρώτη Σχολή που ιδρύθηκε ήταν η Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης (ΜΠΔ) και ακολούθησε η Σχολή Μηχανικών Ορυκτών Πόρων (ΜΗΧΟΠ). Τρίτη σε σειρά είναι η Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών (ΗΜΜΥ) και στη συνέχεια η Σχολή Χημικών Μηχανικών και Μηχανικών Περιβάλλοντος (ΧΗΜΗΠΕΡ) και η Σχολή Αρχιτεκτόνων Μηχανικών (ΑΡΜΗΧ). Κάθε φοιτητής για να αποκτήσει τον τίτλο του Μηχανικού θα πρέπει να παρακολουθήσει και να εξεταστεί επιτυχώς στα μαθήματα που αναγράφονται στον οδηγό σπουδών που αντιστοιχεί στη κάθε Σχολή. Ο οδηγός σπουδών της κάθε Σχολής ανανεώνεται κάθε ακαδημαϊκή χρονιά.

Η πρώτη Σχολή των Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης (ΜΠΔ), έχει ως στόχο να προσφέρει στους φοιτητές με την ολοκλήρωση των σπουδών τους, γνώσεις μαθηματικών, φυσικών, ανθρωπιστικών επιστημών, συστημάτων παραγωγής, γνώσεις της επιχειρησιακής έρευνας, πληροφοριακών συστημάτων, καθώς και εφαρμοσμένης οικονομικής και διοικητικών επιστημών. Η Σχολή ΜΠΔ διακρίνεται σε τέσσερις τομείς. Ο πρώτος είναι ο Τομέας Επιστημών που επικεντρώνεται στις εφαρμοσμένες επιστήμες, επόμενος είναι ο Τομέας Συστημάτων Παραγωγής που ασχολείται με τη θεωρία συστημάτων παραγωγής, αλλά και με τη σύγχρονη τεχνολογία παραγωγής. Τρίτος είναι ο Τομέας Επιστήμης Αποφάσεων που συμβάλλει στην ανάπτυξη μεθόδων και τεχνικών επιχειρησιακής έρευνας. Ο τελευταίος είναι ο Τομέας Οργάνωσης και Διοίκησης που αναφέρεται στις διοικητικές διαδικασίες και οργανωσιακές λειτουργίες. [8]

Η Σχολή των Μηχανικών Ορυκτών Πόρων (ΜΗΧΟΠ), έχει σκοπό να εκπαιδεύσει τους φοιτητές έτσι ώστε, με την ολοκλήρωση των σπουδών τους, να είναι ικανοί μηχανικοί και να μπορούν να καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα επιστημονικοτεχνικών δραστηριοτήτων για την αναζήτηση, εξόρυξη, εκμετάλλευση και επεξεργασία ορυκτών πρώτων υλών, που να σέβονται το περιβάλλον και τις αρχές της βιώσιμης ανάπτυξης. Η Σχολή ΜΗΧΟΠ

διακρίνεται σε τρεις τομείς. Τον Τομέα Ανίχνευσης και Εντοπισμού Ορυκτών, τον Τομέα Μεταλλευτικής Τεχνολογίας και τον Τομέα Εκμετάλλευσης Ορυκτών. [9]

Η Σχολή Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών (ΗΜΜΥ) επικεντρώνεται στην κατανόηση θεμελιωδών αρχών της νέας τεχνολογίας, ώστε οι απόφοιτοι να μπορούν να ανταπεξέλθουν στις ανάγκες της εξελισσόμενης τεχνολογίας και να μπορούν να ανταποκριθούν σε θέματα που σχετίζονται με τα πεδία της πληροφορικής, της ηλεκτρονικής και αρχιτεκτονικής υπολογιστών. Επίσης, ανταποκρίνονται και σε πεδία που αφορούν τις τηλεπικοινωνίες, τα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας και τέλος τα συστήματα αυτόματου ελέγχου. Μια ιδιαιτερότητα της Σχολής είναι ότι υπάρχουν προ-απαιτούμενα μαθήματα, δηλαδή για τη δήλωση συγκεκριμένων μαθημάτων απαιτείται η επιτυχής εξέταση κάποιων προηγούμενων μαθημάτων. Στη Σχολή τα μαθήματα χωρίζονται σε τρεις ενότητες: Τα μαθήματα γενικού υπόβαθρου που αποσκοπούν στην κατανόηση των βασικών επιστημών και τεχνών. Τα μαθήματα ειδικού υπόβαθρου που ασχολούνται με την απόκτηση γνώσεων στις επιστημονικές περιοχές της πληροφορικής, της ηλεκτρονικής, της αρχιτεκτονικής υπολογιστών, των τηλεπικοινωνιών και των συστημάτων. Τα μαθήματα εμβάθυνσης γνώσεων που διδάσκονται μετά το τρίτο έτος και έχουν στόχο να βοηθήσουν τους φοιτητές να εμβαθύνουν σε ειδικά θέματα. [10]

Στη Σχολή Χημικών Μηχανικών και Μηχανικών Περιβάλλοντος (ΧΗΜΗΠΕΡ) οι φοιτητές στο τέλος του 2^{ου} έτους καλούνται να επιλέξουν τον κλάδο τον οποίο θα ακολουθήσουν, είτε των Χημικών Μηχανικών, είτε των Μηχανικών Περιβάλλοντος. Σκοπός της Σχολής είναι να εφοδιάσει τους μελλοντικούς επιστήμονες μηχανικούς με τα απαραίτητα προσόντα, δεξιότητες και υπόβαθρο για να είναι ικανοί να υπηρετήσουν τη σύγχρονη επιστημονική έρευνα και την παραγωγική διαδικασία της χώρας σε ποικίλα θέματα. Η Σχολή διαθέτει τέσσερις Τομείς: Τον Τομέα Διαχείρισης Περιβάλλοντος και Ενέργειας, Βιώσιμης Ανάπτυξης και Κλιματικής Αλλαγής. Τον Τομέα Ανάπτυξης, Ανάλυσης και Σχεδιασμού Διεργασιών. Τον Τομέα Επιστήμης Υλικών, Νανοτεχνολογίας και Βιοτεχνολογικών Εφαρμογών. Τέλος, η Σχολή διαθέτει τον Τομέα Περιβαλλοντικής Υδραυλικής, Παράκτιας, Μηχανικής και Γεωπεριβαλλοντικής Μηχανικής. [11]

Η νεότερη Σχολή στο ΠΚ είναι των Αρχιτεκτόνων Μηχανικών (ΑΡΜΗΧ) που έχει στόχο μέσω της διδασκαλίας και της έρευνας να αναπτύξει και να προάγει τις επιστημονικές περιοχές της Αρχιτεκτονικής, της Πολεοδομίας- Χωροταξίας, της Αρχιτεκτονικής

τεχνολογίας, της Ιστορίας και Θεωρίας της Αρχιτεκτονικής και τέλος της Τέχνης και των Εικαστικών τεχνών. [12]

4.2.1 Έτη Σπουδών, Εξάμηνα, Εξεταστικές Περιόδους

Όλες οι Σχολές έχουν κανονική διάρκεια φοίτησης πέντε έτη. Το κάθε ακαδημαϊκό έτος αρχίζει την 1^η Σεπτεμβρίου και ολοκληρώνεται την 31^η Αυγούστου. Κάθε ακαδημαϊκό έτος αποτελείται από δύο εξάμηνα. Στο σύνολο υπάρχουν δέκα εξάμηνα στο κανονικό πρόγραμμα σπουδών. Τα χειμερινά εξάμηνα διαρκούν από τον Οκτώβριο μέχρι τον Ιανουάριο και τα εαρινά εξάμηνα αρχίζουν τον Φεβρουάριο, μετά την ολοκλήρωση της εξεταστικής περιόδου, και διαρκούν ως τον Ιούνιο. Το κάθε εξάμηνο ολοκληρώνεται μετά από 13 εβδομάδες διδασκαλίας, οι οποίες ακολουθούνται από την αντίστοιχη εξεταστική περίοδο.

Μια ακαδημαϊκή χρονιά περιλαμβάνει τρεις εξεταστικές περιόδους (ΕΠ). Η πρώτη ΕΠ πραγματοποιείται μετά την ολοκλήρωση των εβδομάδων διδασκαλίας του χειμερινού εξαμήνου και διεκπεραιώνεται τους μήνες Ιανουάριο και Φεβρουάριο. Σε αυτή την ΕΠ οι φοιτητές εξετάζονται στα μαθήματα που διδάχθηκαν το χειμερινό εξάμηνο. Κατ' εξαίρεση, στην ίδια ΕΠ, οι επί πτυχίω φοιτητές μπορούν να εξεταστούν και στα μαθήματα του προηγούμενου εαρινού εξαμήνου. Η δεύτερη ΕΠ είναι η εαρινή κατά την οποία οι φοιτητές εξετάζονται στα μαθήματα του εαρινού εξαμήνου και πραγματοποιείται τους μήνες Ιούνιο και Ιούλιο. Κατ' εξαίρεση, στην ίδια ΕΠ, οι επί πτυχίω φοιτητές μπορούν να εξεταστούν και στα μαθήματα του προηγούμενου χειμερινού εξαμήνου. Τέλος, η τρίτη ΕΠ ονομάζεται επαναληπτική, αφού δίνει το δικαίωμα στον κάθε φοιτητή να εξεταστεί ξανά σε όλα τα μαθήματα που δεν κατάφερε να ολοκληρώσει επιτυχώς κατά την χειμερινή και εαρινή ΕΠ. Η επαναληπτική εξεταστική πραγματοποιείται μετά τις καλοκαιρινές διακοπές, κατά τους μήνες Αύγουστο και Σεπτέμβριο.

4.2.2 Υποχρεωτικά Μαθήματα και Μαθήματα Επιλογής

Σύμφωνα με τον οδηγό σπουδών κάθε Σχολής του ΠΚ οι φοιτητές είναι υποχρεωμένοι να παρακολουθήσουν και να εξεταστούν επιτυχώς σε ένα συγκεκριμένο αριθμό υποχρεωτικών και κατ' επιλογήν μαθημάτων. Τα υποχρεωτικά μαθήματα καθορίζονται από τον οδηγό σπουδών και ο φοιτητής καλείται να επιτύχει στα μαθήματα

αυτά. Παράλληλα, για την ολοκλήρωση των σπουδών του καλείται να επιλέξει μαθήματα επιλογής, ανάμεσα σε ποικιλία μαθημάτων, έτσι ώστε να συμπληρώσει τον απαιτούμενο αριθμό πιστωτικών μονάδων.

Ένα χαρακτηριστικό που έχουν όλα τα μαθήματα είναι ο μοναδικός κωδικός. Ο κωδικός αυτός καθορίζεται από τη συντομογραφία του αντικείμενου του μαθήματος, σύμφωνα με τις ενότητες και ομάδες που υπάρχουν σε κάθε Σχολή. Στις περισσότερες σχολές ακολουθεί ένα τριψήφιος αριθμός, του οποίου το πρώτο ψηφίο υποδηλώνει το έτος σπουδών στο οποίο αντιστοιχεί το μάθημα, το δεύτερο υποδηλώνει αν είναι μάθημα επιλογής ή υποχρεωτικό και το τρίτο ψηφίο είναι ο αύξων αριθμός στην αντίστοιχη περιοχή. Πιο κάτω θα περιγράφουν τα μαθήματα που υπάρχουν σε κάθε Σχολή του ΠΚ.

Σχολή ΜΠΔ

Σύμφωνα με τον οδηγό σπουδών της Σχολής 2023-2024 τα μαθήματα διαχωρίζονται σε επτά ομάδες. Την Ομάδα I (Μαθηματικών- Φυσικών Επιστημών), Ομάδα II (Ανθρωπιστικών Επιστημών- Ξένων Γλωσσών), Ομάδα III (Ηλεκτρομηχανολογικών Συστημάτων), Ομάδα IV (Πληροφοριακών Συστημάτων), Ομάδα V (Συστημάτων Παραγωγής), Ομάδα VI (Επιχειρησιακής Έρευνας), Ομάδα VII (Οργάνωσης και Διοίκησης). Στην ομάδα I περιλαμβάνονται μόνο υποχρεωτικά μαθήματα, ενώ στις υπόλοιπες υπάρχουν και υποχρεωτικά και κατ' επιλογήν μαθήματα.

- Ομάδα I: 11 μαθήματα (υποχρεωτικά)
- Ομάδα II: 11 (ή 13) μαθήματα (2 υποχρεωτικά Αγγλικά ή Γερμανικά & 9 κατ' επιλογήν υποχρεωτικά)
- Ομάδα III: 21 μαθήματα (11 υποχρεωτικά & 10 κατ' επιλογήν υποχρεωτικά)
- Ομάδα IV: 7 μαθήματα (3 υποχρεωτικά & 4 κατ' επιλογήν υποχρεωτικά)
- Ομάδα V: 12 μαθήματα (8 υποχρεωτικά & 4 κατ' επιλογήν υποχρεωτικά)
- Ομάδα VI: 10 μαθήματα (5 υποχρεωτικά & 5 κατ' επιλογήν υποχρεωτικά)
- Ομάδα VII: 16 μαθήματα (5 υποχρεωτικά & 11 κατ' επιλογήν υποχρεωτικά)

Συγκεντρωτικά στη σχολή ΜΠΔ διδάσκονται 90 μαθήματα, εκ των οποίων τα 47 είναι υποχρεωτικά και τα 43 μαθήματα επιλογής. Στον Πίνακα 2 αναγράφεται αναλυτικά το πλήθος των μαθημάτων που διδάσκονται ανά εξάμηνο σπουδών. [8]

Πίνακας 2. Μαθήματα ανά τύπο, ανά εξάμηνο σχολής ΜΠΔ, έτος 2023-2024.

Εξάμηνο	Υποχρεωτικά Μαθήματα	Μαθήματα Επιλογής	Σύνολο Μαθημάτων
1 ^ο	6	2	8
2 ^ο	6	2	8
3 ^ο	7	4	11
4 ^ο	6	6	12
5 ^ο	5	6	11
6 ^ο	5	8	13
7 ^ο	5	4	9
8 ^ο	5	10	15
9 ^ο	2	7	9

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΟΠ

Στη Σχολή ΜΗΧΟΠ τα μαθήματα μετά την ολοκλήρωση του 6^{ου} εξαμήνου διακρίνονται σε τρεις κύκλους σπουδών, στον Κύκλο Εκμετάλλευσης και Γεωτεχνικών έργων, στον Κύκλο επεξεργασίας βιομηχανικών ορυκτών και μεταλλευμάτων και στον Κύκλο αξιοποίησης ενεργειακών πόρων. Σκοπός είναι οι φοιτητές κατά την έναρξη του 7^ο εξαμήνου να μπορούν να αποφασίσουν ποιο κύκλο σπουδών θα ακολουθήσουν μέχρι να ολοκληρώσουν τις σπουδές τους. Με βάση τον οδηγό σπουδών 2023-2024 της Σχολής ΜΗΧΟΠ προσφέρονται συνολικά 87 μαθήματα, εκ των οποίων τα 50 είναι υποχρεωτικά και τα 37 μαθήματα επιλογής. [9]

Πίνακας 3. Μαθήματα ανά τύπο, ανά εξάμηνο Σχολής ΜΗΧΟΠ, έτος 2023-2024.

Εξάμηνο	Υποχρεωτικά Μαθήματα	Μαθήματα Επιλογής	Σύνολο Μαθημάτων
1 ^ο	6	2	8
2 ^ο	5	7	12
3 ^ο	5	5	10
4 ^ο	5	2	7
5 ^ο	6	0	6
6 ^ο	5	3	8
7 ^ο	8	0	8
8 ^ο	7	9	16
9 ^ο	3	9	12

ΣΧΟΛΗ ΗΜΜΥ

Στη Σχολή ΗΜΜΥ οι γνωστικές περιοχές των μαθημάτων διαχωρίζονται σε δύο γενικές κατηγορίες: τα μαθήματα της Σχολής και τα μαθήματα που προσφέρονται από ακαδημαϊκές μονάδες εκτός της Σχολής ΗΜΜΥ. Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει οκτώ γνωστικές περιοχές και η δεύτερη πέντε περιοχές.

1^η ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ:

- Ηλεκτρονική και Αρχιτεκτονική Υπολογιστών [ΗΡΥ]
- Συστήματα [ΣΥΣ]
- Τηλεπικοινωνίες [ΤΗΛ]
- Πληροφορική [ΠΛΗ]
- Ενεργειακά Συστήματα [ΕΝΕ]
- Επιστήμη ΗΜΜΥ [ΗΜΥ]
- Μαθηματικά [ΜΑΘ]
- Φυσική [ΦΥΣ]

2^η ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ:

- Χημεία [ΧΗΜ]
- Κοινωνία, Επιστήμη, Πολιτισμός [ΚΕΠ]
- Παραγωγή και Διοίκηση [ΜΠΔ]
- Αγγλική Γλώσσα [ΑΓΓ]
- Κινέζικη Γλώσσα [ΚΙΝ]

Συνολικά, στη Σχολή ΗΜΜΥ προσφέρονται 116 μαθήματα, εκ των οποίων τα 33 είναι υποχρεωτικά και τα 83 μαθήματα επιλογής. [10]

Πίνακας 4. Μαθήματα ανά τύπο, ανά εξάμηνο Σχολής ΗΜΜΥ, έτος 2023-2024.

Εξάμηνο	Υποχρεωτικά Μαθήματα	Μαθήματα Επιλογής	Σύνολο Μαθημάτων
1 ^ο	5	3	8
2 ^ο	5	1	6
3 ^ο	5	1	6
4 ^ο	5	3	8
5 ^ο	4	6	10
6 ^ο	4	8	12
7 ^ο	4	15	19
8 ^ο	1	33	34
9 ^ο	0	13	13

ΣΧΟΛΗ ΧΗΜΗΠΕΡ

Στη Σχολή ΧΗΜΗΠΕΡ στα τέσσερα πρώτα εξάμηνα υπάρχουν κοινά μαθήματα για όλους τους φοιτητές, και μετά το 5^ο εξάμηνο οι φοιτητές καλούνται να επιλέξουν κατεύθυνση προχωρημένου εξαμήνου (Χημικών Μηχανικών ή Μηχανικών Περιβάλλοντος). Στη συγκεκριμένη Σχολή προσφέρονται με βάση τον οδηγό σπουδών 2023-2024 113 μαθήματα εκ των οποίων τα 68 είναι υποχρεωτικά και τα 45 μαθήματα επιλογής. [11]

Πίνακας 5. Μαθήματα ανά τύπο, ανά εξάμηνο Σχολή ΧΗΜΗΠΕΡ, έτος 2023-2024.

Εξάμηνο	Υποχρεωτικά Μαθήματα	Μαθήματα Επιλογής	Σύνολο Μαθημάτων
1 ^ο	7	3	10
2 ^ο	7	3	10
3 ^ο	6	7	13
4 ^ο	6	7	13
5 ^ο	10	3	13
6 ^ο	11	0	11
7 ^ο	9	5	14
8 ^ο	8	8	16
9 ^ο	4	9	13

ΣΧΟΛΗ ΑΡΜΗΧ

Στη Σχολή ΑΡΜΗΧ δεν υπάρχουν κατηγορίες μαθημάτων και προσφέρονται 95 μαθήματα, εκ των οποίων τα 42 είναι υποχρεωτικά και τα 53 επιλογής. [12]

Πίνακας 6. Μαθήματα ανά τύπο, ανά εξάμηνο Σχολή ΑΡΜΗΧ, έτος 2023-2024.

Εξάμηνο	Υποχρεωτικά Μαθήματα	Μαθήματα Επιλογής	Σύνολο Μαθημάτων
1 ^ο	7	2	9
2 ^ο	6	1	7
3 ^ο	6	2	8
4 ^ο	6	2	8
5 ^ο	5	2	7
6 ^ο	5	3	8
7 ^ο	3	12	15
8 ^ο	2	20	22
9 ^ο	2	9	11

Πιο κάτω παρουσιάζεται συγκεντρωτικά το σύνολο των προσφερόμενων μαθημάτων κατά μέγιστο ανά εξάμηνο για όλες τις σχολές του ΠΚ.

Πίνακας 7. Σύνολο μαθημάτων ανά εξάμηνο.

Εξάμηνο	Υποχρεωτικά Μαθήματα	Μαθήματα Επιλογής
1 ^ο	31	12
2 ^ο	29	14
3 ^ο	29	19
4 ^ο	28	20
5 ^ο	30	17
6 ^ο	30	22
7 ^ο	29	36
8 ^ο	23	80
9 ^ο	11	47
Σύνολο Μαθημάτων	240	267

4.2.3 Ενδεικτική Εξεταστική περίοδος Σεπτεμβρίου 2023 στο ΠΚ

Σύμφωνα με το πρόγραμμα της επαναληπτικής εξεταστικής Σεπτεμβρίου 2023 προκύπτει ότι στο ΠΚ εξετάστηκαν συνολικά 411 μαθήματα από όλες τις Σχολές. Από τα μαθήματα αυτά τα 224 ήταν υποχρεωτικά και τα 187 μαθήματα επιλογής. Συγκεντρωτικά, στη Σχολή ΜΠΔ εξετάστηκαν 91 μαθήματα, 45 υποχρεωτικά και 46 επιλογής, στη Σχολή ΜΗΧΟΠ 86 μαθήματα, 51 υποχρεωτικά και 35 επιλογής. Ακολούθως, στη Σχολή ΗΜΜΥ εξετάστηκαν 78 μαθήματα, 33 υποχρεωτικά και 45 επιλογής, στη Σχολή ΧΗΜΗΠΕΡ 85 μαθήματα εκ των οποίων τα 54 είναι υποχρεωτικά και τα 31 επιλογής. Τέλος, στη Σχολή ΑΡΜΗΧ εξετάστηκαν 71 μαθήματα, 41 υποχρεωτικά και 30 επιλογής.

Σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι από αυτά τα μαθήματα υπάρχουν κάποια κοινά σε κάποιες Σχολές. Πιο αναλυτικά υπάρχουν 10 κοινά μαθήματα σε 2 Σχολές, 3 κοινά μαθήματα σε 3 Σχολές, 10 κοινά μαθήματα σε 4 Σχολές και 3 κοινά μαθήματα και στις 5 Σχολές.

4.2.4 Αίθουσες

Σημαντικό ρόλο στη διεκπεραίωση του ΩΠ εξετάσεων διαδραματίζουν και οι αίθουσες που διαθέτει ένα πανεπιστημιακό ίδρυμα, με βάση τα χαρακτηριστικά τους. Πιο συγκεκριμένα, μια αίθουσα χαρακτηρίζεται πρώτα από όλα από την ονομασία της και την χωρητικότητά της. Επιπλέον, μπορεί να χρησιμοποιείται για συγκεκριμένο τύπο μαθημάτων, όπως παραδόσεις μαθημάτων και φροντιστηρίων, εργαστηριακές ασκήσεις, κ.ά. Συμπερασματικά, από το πλήθος των αιθουσών που υπάρχουν σε ένα πανεπιστημιακό ίδρυμα, μόνο ένα υποσύνολο αιθουσών ικανοποιεί τις ανάγκες για τις γραπτές εξετάσεις.

Στο ΠΚ μπορούμε να βρούμε το πλήθος διαθέσιμων αιθουσών διδασκαλίας μέσω των ιστοσελίδων του ΠΚ <https://www.program.tuc.gr/Web/view-schedule.php?sid=1> [24], για κρατήσεις αιθουσών και του μηχανογραφικού <https://www.program.tuc.gr/Web/view-schedule.php?sid=5> [25]. Στις ιστοσελίδες αναγράφεται η ονομασία και η χωρητικότητα για κάθε μια από τις αίθουσες του ΠΚ ξεχωριστά. Όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω δεν χρησιμοποιούνται όλες οι αίθουσες κατά τη διάρκεια της εξεταστικής περιόδου, αλλά μέρος αυτών, που καλύπτουν τις ανάγκες των εξετάσεων. Στον πιο κάτω πίνακα παρουσιάζονται με βάση τα τελευταία προγράμματα εξετάσεων του ΠΚ οι αίθουσες που χρησιμοποιήθηκαν κατά την εξεταστική περίοδο Σεπτεμβρίου 2023.

Πίνακας 8. Αίθουσες Εξεταστικής Περιόδου Σεπτεμβρίου 2023 και Χωρητικότητα.

Αίθουσες	Χωρητικότητα
A2	300
B1001	110
B1002	60
B1003	66
B1006	48
B1007	59
B1008	110
Γ2.1	256
Γ2.2	256
E3002	44
K2A1	110
K2Π1	35
K2A11	110
K2A3	35
M4001	60
M4002	120
M4003	60
M4101	60
M5002	120
141Π98	198
145Π42	122
145Π58	122
137Π39	96
2041	108
2042	97
K2001	34
K2003	32
K2007	29
K2009	32

Αξιοσημείωτο είναι να αναφερθεί ότι κατά τη διάρκεια μιας εξέτασης συνηθίζεται οι φοιτητές να έχουν κάποια απόσταση μεταξύ τους, οπότε η πλήρης χωρητικότητα της αίθουσας μειώνεται περίπου στο 50% ή λιγότερο.

Συνοψίζοντας λοιπόν, είναι ιδιαίτερα σημαντικό να ληφθούν υπόψη όλες οι πληροφορίες και οι λεπτομέρειες που παρουσιάστηκαν στο Κεφάλαιο 4 για τα μαθήματα και τις αίθουσες του ΠΚ. Η κατανόηση της δομής και της λειτουργίας των διαφόρων Σχολών, του αριθμού των μαθημάτων ανά Σχολή, καθώς και των υποχρεωτικών και επιλογής μαθημάτων είναι ζωτικής σημασίας για τη σωστή σχεδίαση και υλοποίηση ενός σωστά δομημένου προγράμματος εξετάσεων. Από την ανάλυση των οδηγών σπουδών των Σχολών του ΠΚ, προκύπτουν οι ανάγκες και οι απαιτήσεις που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά τη δημιουργία μιας σωστής εφαρμογής στον Ιστό για τη συλλογή των δεδομένων. Επομένως, η σωστή ενσωμάτωση και εφαρμογή των πληροφοριών που παρουσιάστηκαν είναι καίριας σημασίας για να μπορεί να αναπτυχθεί ένα πρόγραμμα που θα ανταποκρίνεται επαρκώς στις ανάγκες του Ιδρύματος και θα παρέχει πιο αποτελεσματικές λύσεις.

Κεφάλαιο 5. Διαδικτυακή Εφαρμογή Ωρολογίου Προγράμματος Εξετάσεων

5.1. Σκοπός Διαδικτυακής Εφαρμογής

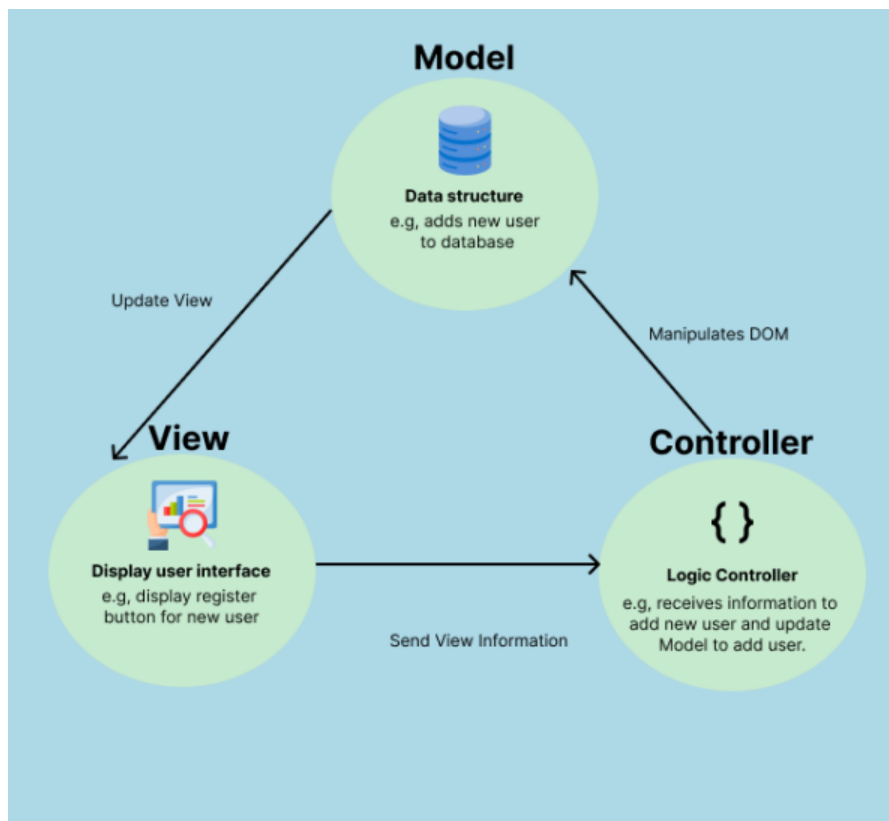
Στο παρόν Κεφάλαιο γίνεται μια περιγραφή της υλοποίησης της διαδικτυακής εφαρμογής. Παρουσιάζονται εργαλεία και μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν, με στόχο την εύκολη διαχείριση από τους χρήστες. Σκοπός της διαδικτυακής εφαρμογής είναι να μπορεί να γίνεται εύκολα και όσο το δυνατό πιο γρήγορα η συλλογή όλων των απαραίτητων πληροφοριών που απαιτούνται για την έκδοση ενός ΩΠ εξετάσεων. Έγινε χρήση ποικίλων μοντέρνων εργαλείων με στόχο να καταστεί η εφαρμογή πιο εύχρηστη και λειτουργική.

5.2. Αρχιτεκτονική Εφαρμογής

Μια διαδικτυακή εφαρμογή χωρίζεται σε δύο μέρη, τη διεπαφή χρήστη (Front - End) και τη διαχείριση της εφαρμογής (Back - End), τα οποία όμως έχουν άμεση αλληλεπίδραση μεταξύ τους. Η διεπαφή χρήστη (Front - End) είναι το ότιδήποτε μπορούν οι χρήστες να δουν και να ενεργήσουν πάνω του στον Ιστό. Σε αντίθεση με τη διαχείριση της εφαρμογής (Back - End), όπου οι χρήστες δεν έχουν καμία άμεση επαφή με αυτήν κατά την περιήγησή τους στον Ιστό.

Για την υλοποίηση της εφαρμογής χρησιμοποιήθηκε η αρχιτεκτονική σχεδιασμού Model View Controller (MVC). Η σχεδίαση αυτή βοηθά στο να έχουμε μια καλή οργάνωση κώδικα και κλάσεων. Παράλληλα, μπορεί να γίνει εύκολα οποιαδήποτε επέκταση στον κώδικα, αφού ο διαχειριστής/προγραμματιστής μπορεί να βελτιώνει ή/και να αλλάζει τμήματα κώδικα, χωρίς αυτό να επηρεάζει κάποιο άλλο τμήμα κώδικα. Το μοτίβο σχεδίασης MVC διαχωρίζει μια εφαρμογή, στη λογική της, στην πρόσβαση στα δεδομένα και στη διεπαφή χρήστη. Τα τρία επίπεδα που διαχωρίζουν το σύνολο της εφαρμογής με βάση το MVC είναι τα εξής:

- **Μοντέλο (Model):** Το επίπεδο Μοντέλου αντιπροσωπεύει τα δεδομένα και τη λογική αυτών μέσα στην εφαρμογή. Περιλαμβάνει αντικείμενα, τα οποία αντιστοιχούν στα δεδομένα της βάσης δεδομένων, δηλαδή στους πίνακες. Είναι ο άμεσος τρόπος σύνδεσης της εφαρμογής με τον αντίστοιχο χώρο αποθήκευσης και ανάκτησης των δεδομένων.
- **Προβολή (View):** Το επίπεδο Προβολής είναι υπεύθυνο για την απεικόνιση των δεδομένων και την άμεση αλληλεπίδραση του χρήστη με την εφαρμογή. Μπορεί δηλαδή να περιλαμβάνει κουμπιά, λίστες, πλαίσια κειμένου και άλλα, από τα οποία ο χρήστης μπορεί να εκτελέσει ενέργειες.
- **Ελεγκτής (Controller):** Το επίπεδο Ελεγκτή μπορεί να θεωρηθεί και ως ο εγκέφαλος μιας εφαρμογής. Περιέχει όλη τη λογική της εφαρμογής, σύμφωνα με τις ενέργειες που εκτελεί ο χρήστης και παράλληλα αλληλοεπιδρά με το επίπεδο Μοντέλου για την ανάκτηση δεδομένων και την προώθηση αυτών στο επίπεδο Προβολής.



Εικόνα 3. Αρχιτεκτονική σχεδιασμού MVC [32]

5.3. Back – End Εφαρμογής

Για την υλοποίηση του Back - End της εφαρμογής χρησιμοποιήθηκε αρχικά το Spring Boot framework. Το Spring Boot αποτελεί πλαίσιο εργασίας (framework), βασισμένο σε Java, και προορίζεται για τη δημιουργία εφαρμογών Ιστού με υψηλή απόδοση και παράλληλα ευκολία συντήρησης. Ένα βασικό χαρακτηριστικό είναι ότι προσφέρει στους προγραμματιστές αρκετές προεπιλεγμένες ρυθμίσεις και δομές, δίνοντάς τους την ευκαιρία να ασχοληθούν κυρίως με την κεντρική λογική της εφαρμογής. Επιπλέον, παρέχει εργαλεία και λειτουργίες για τη σωστή διαχείριση ρυθμίσεων και εξαρτήσεων (dependency management). Είναι ένα εργαλείο ανοιχτού κώδικα, το οποίο διευκολύνει τη χρήση της Java, μιας από τις πιο δημοφιλείς γλώσσες για τη δημιουργία μικροϋπηρεσιών και εφαρμογών ιστού. [33]

Το πλαίσιο εργασίας Spring Boot έχει επίσης τη δυνατότητα και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την δημιουργία αξιόπιστων APIs (Διεπαφές Προγραμματισμού Εφαρμογών-Application Programming Interface). Τα APIs είναι απαραίτητα για την επικοινωνία μεταξύ Back - End και Front - End, ορίζοντας τον τρόπο μεταφοράς των δεδομένων. Με τη σωστή δομή και διαχείριση των APIs, οι χρήστες μπορούν να αιτηθούν μέσω της διεπαφής χρήστη (Front - End) την εκτέλεση κάποιας ενέργειας και έτσι το Back - End να αποστέλλει απάντηση στην αίτηση χρήστη, χρησιμοποιώντας HTTP (πρωτόκολλο μεταφοράς υπερκειμένου, HyperText Transfer Protocol) μεθόδους για την επικοινωνία.

5.3.1 Πρωτόκολλο Μεταφοράς Υπερκειμένου (HTTP)

Το πρωτόκολλο μεταφοράς υπερκειμένου (HyperText Transfer Protocol-HTML) είναι πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται στον Παγκόσμιο Ιστό, και αποτελεί κανόνα επικοινωνίας που πρέπει να τηρείται. Η υλοποίησή του εφαρμόζεται μεταξύ πελάτη (client) και διακομιστή (server) για τη μεταφορά δεδομένων, χρησιμοποιώντας υπηρεσίες REST (Representational State Transfer). [34]

5.3.2 REST

Το REST αποτελεί ένα αρχιτεκτονικό στυλ, που χρησιμοποιείται για τη σχεδίαση εφαρμογών στον Ιστό. Το χαρακτηριστικό του είναι ότι, με τη χρήση των μεθόδων-αιτημάτων HTTP (Get, Post, Put, Delete) γίνεται η ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ πελάτη (client) και διακομιστή (server). Επιπλέον το REST, ακολουθεί σχεδιασμό για την αναπαράσταση πόρων σε διάφορες μορφές, όπως JSON (JavaScript Object Notation). Επομένως, μια διεπαφή προγραμματισμού εφαρμογής (API), η οποία ακολουθεί το αρχιτεκτονικό στυλ REST, ονομάζεται RESTfulAPI. [34][35]

5.3.3 Μέθοδοι Hypertext Transfer Protocol

GET: Χρησιμοποιείται για την ανάκτηση δεδομένων από τον διακομιστή (server).

POST: Χρησιμοποιείται για τη δημιουργία νέων δεδομένων.

PUT: Χρησιμοποιείται για την ενημέρωση των ήδη υπαρχόντων δεδομένων.

DELETE: Χρησιμοποιείται για τη διαγραφή δεδομένων, αφαιρώντας τα από τον διακομιστή (server). [36]

Κατά την εκτέλεση των HTTP μεθόδων το API ανταποκρίνεται σε αυτές, χρησιμοποιώντας κωδικούς με σκοπό να υποδείξει την επιτυχία ή την αποτυχία ενός API αιτήματος από τον χρήστη. [34]

Πίνακας 9. Ανταπόκριση HTTP μεθόδων. [36]

HTTP Response Code	Περιγραφή
2XX	Στο εύρος του 200, ο κωδικός δηλώνει ότι, το αίτημα ολοκληρώθηκε επιτυχώς και δεν παρουσιάστηκε σφάλμα.
4XX	Στο εύρος του 400 ο κωδικός δηλώνει ότι, υπάρχει πρόβλημα σχετικά με αίτημα το οποίο στάλθηκε. Συνήθως προέρχεται από αιτήματα τα οποία δεν είναι εξουσιοδοτημένα ή από μη έγκυρη μέθοδο ελέγχου ταυτότητας.
5XX	Στο εύρος του 500 ο κωδικός δηλώνει ότι, το αίτημα δεν μπορεί να εκτελεστεί και το πρόβλημα προέρχεται από τη πλευρά του διακομιστή (server).

5.3.4 JavaScript Object Notation

Το JSON (JavaScript Object Notation), είναι ένα ελαφριάς μορφής μέσο ανταλλαγής δεδομένων, που χρησιμοποιείται στον προγραμματισμό και στο διαδίκτυο. Βασίζεται σε μέρος του προγραμματισμού JavaScript, όπου αρχικά αναπτύχθηκε ως μέρος της γλώσσας αυτής. Το JSON ακολουθεί μια απλή σύνταξη κειμένου για την αναπαράσταση των δεδομένων, έχοντας ως πλεονέκτημα την ευκολία στην ανάγνωση και σύνταξη από τους ανθρώπους. Η αναπαράσταση των δεδομένων του αποτελείται από ζεύγη «κλειδιών-τιμών», και η δομή του αποτελείται από αντικείμενα που μπορούν να διαχωριστούν με κόμματα. [34]

5.3.5 JSON Web Token

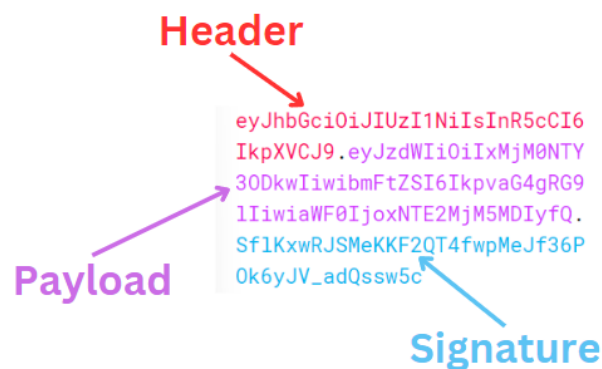
Η ασφάλεια αποτελεί ένα σημαντικό παράγοντα για την αξιοπιστία κάθε εφαρμογής στον Ιστό. Είναι πολύ σημαντικό να εξασφαλιστεί ότι η διαδικασία σύνδεσης των χρηστών στην εφαρμογή είναι προστατευμένη και δεν επιτρέπονται παρεμβάσεις ή/και παραβιάσεις. Επομένως, για να εξασφαλιστεί αυτό, στην υλοποίηση της εφαρμογής έγινε χρήση του JWT (JSON Web Token). Το JWT χαρακτηρίζεται ως ένα ισχυρό εργαλείο ασφάλειας, που επιτρέπει την ασφαλή εξουσιοδότηση και αυθεντικοποίηση των χρηστών της εφαρμογής. Με τη χρήση του JWT, όταν ο χρήστης περνά από τη διαδικασία σύνδεσης, δημιουργείται για αυτόν ένας μοναδικός κωδικός (Token). Το Token, περιέχει πληροφορίες που χαρακτηρίζουν

τον συγκεκριμένο χρήστη, και έτσι ο χρήστης εξουσιοδοτείται. Σε επόμενα αιτήματα του χρήστη προς τον διακομιστή (server), το Token αυτό χρησιμοποιείται για την επαλήθευση της ταυτότητας του συγκεκριμένου χρήστη. [34]

Το JWT αποτελείται από 3 μέρη που περνούν από κωδικοποίηση.

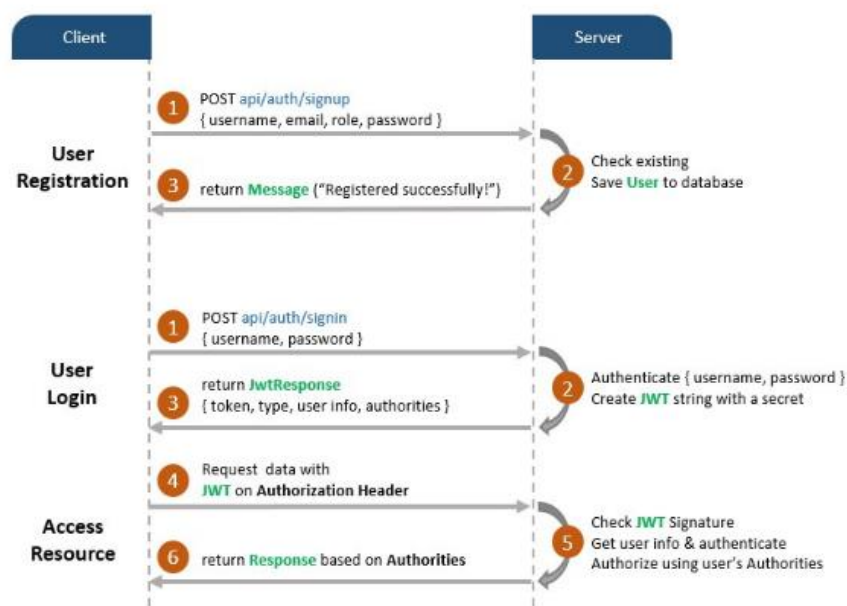
1. Κεφαλίδα (Header): Περιέχει πληροφορίες που αφορούν στον αλγόριθμο που χρησιμοποιείται για τη δημιουργία του Token.
2. Δεδομένα (Payload): Περιλαμβάνει πληροφορίες που αφορούν τον χρήστη και είναι απαραίτητα για την εξουσιοδότηση και αυθεντικοποίηση του χρήστη.
3. Υπογραφή (Signature): Χρησιμοποιείται για να επιβεβαιωθεί αν το Token είναι αυθεντικό.

Στην Εικόνα 4 φαίνεται ένα παράδειγμα από JWT, δείχνοντας τα τρία μέρη που το αποτελούν.



Εικόνα 4. Δομή JSON Web Token [34]

Επιπλέον, στην Εικόνα 5 φαίνεται το πως χρησιμοποιείται το JWT σε εφαρμογή κατά τη διαδικασία εγγραφής και σύνδεσης του χρήστη, πως γίνεται η αυθεντικοποίηση και εξουσιοδότησή του, και πως ο διακομιστής (server) ενεργεί όταν ο χρήστης αιτείται ή εκτελεί ενέργειες.



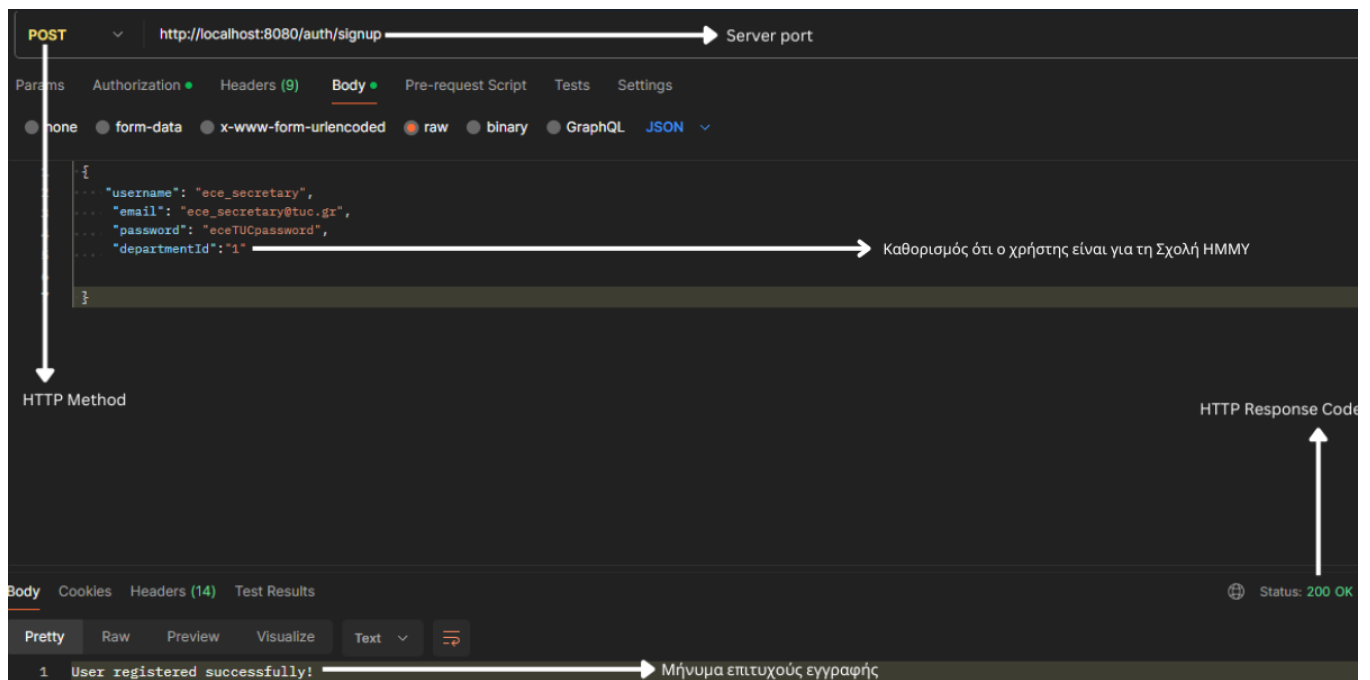
Εικόνα 5. Ροή διαδικασίας για εγγραφή, σύνδεση χρήστη και αίτημα χρήστη. [37]

5.4 Χρήση Postman

Για τον έλεγχο της σωστής λειτουργίας των API και το κατά πόσον το Back - End της εφαρμογής διαχειρίζεται σωστά τις μεθόδους HTTP έγινε χρήση του εργαλείου Postman. Το Postman είναι μια πλατφόρμα για APIs, μέσω της οποίας μπορεί να δημιουργηθεί ένα API και στη συνέχεια να γίνει χρήση του. Βελτιστοποιεί την επικοινωνία της εφαρμογής με σκοπό να δημιουργηθούν καλύτερα APIs, δηλαδή πιο γρήγορα. Περιλαμβάνει ένα ολοκληρωμένο σύνολο από εργαλεία που είναι ικανά να βοηθήσουν τόσο στη σχεδίαση, όσο και στη τεκμηρίωση των APIs. [34][36]

5.4.1 Εγγραφή Χρήστη

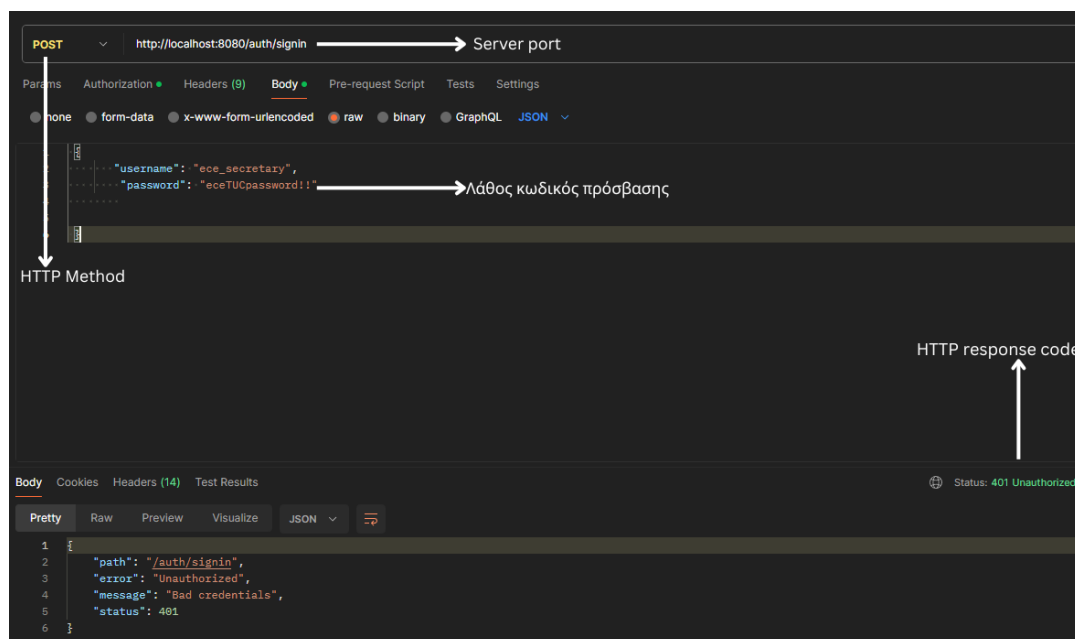
Όπως φαίνεται στην Εικόνα 6, γίνεται έλεγχος πρώτα από όλα για την εγγραφή και σύνδεση του χρήστη στην εφαρμογή και έπειτα, αφού ο χρήστης εξουσιοδοτηθεί, γίνεται έλεγχος και για τις υπόλοιπες HTTP μεθόδους μέσω του Postman, με σκοπό ο χρήστης να μπορεί να επεξεργάζεται δεδομένα από τη βάση δεδομένων.



Εικόνα 6. Εγγραφή χρήστη.

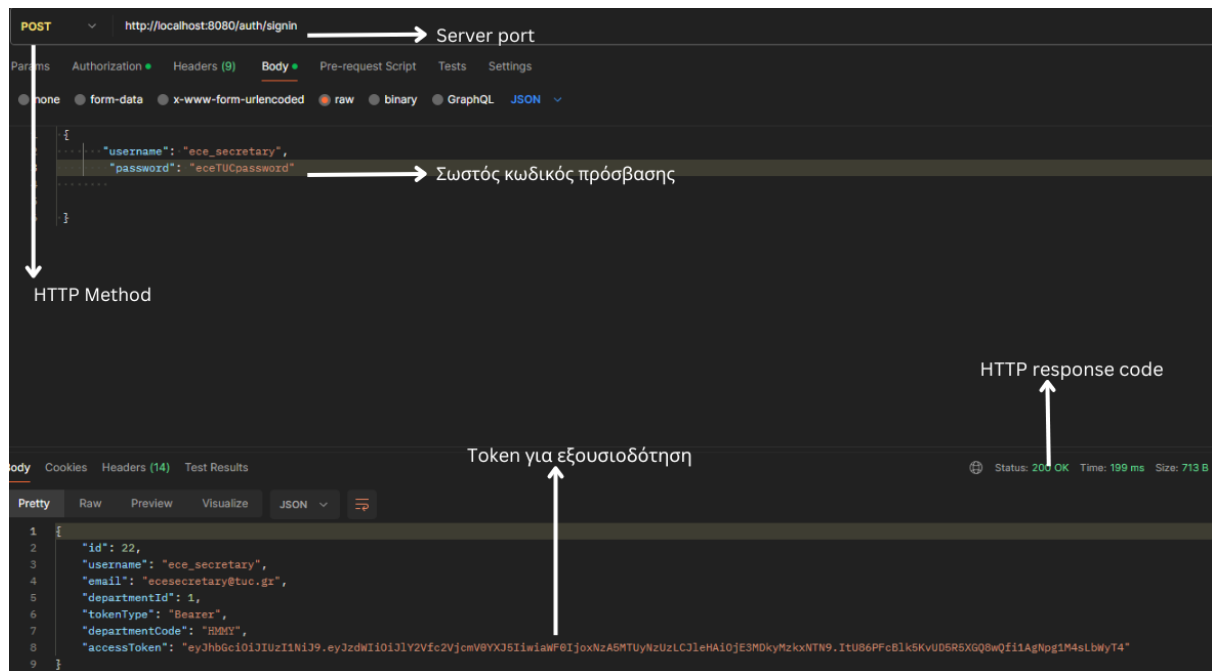
5.4.2 Σύνδεση Χρήστη

Στην Εικόνα 7 παρουσιάζεται η προσπάθεια σύνδεσης του χρήστη στην εφαρμογή, χωρίς όμως να έχει σωστό κωδικό πρόσβασης. Παρατηρούμε ότι ο κωδικός ανταπόκρισης είναι στο εύρος του 400, που σημαίνει ότι ο χρήστης δεν εξουσιοδοτείται για είσοδο.



Εικόνα 7. Μη εξουσιοδότηση σύνδεσης χρήστη.

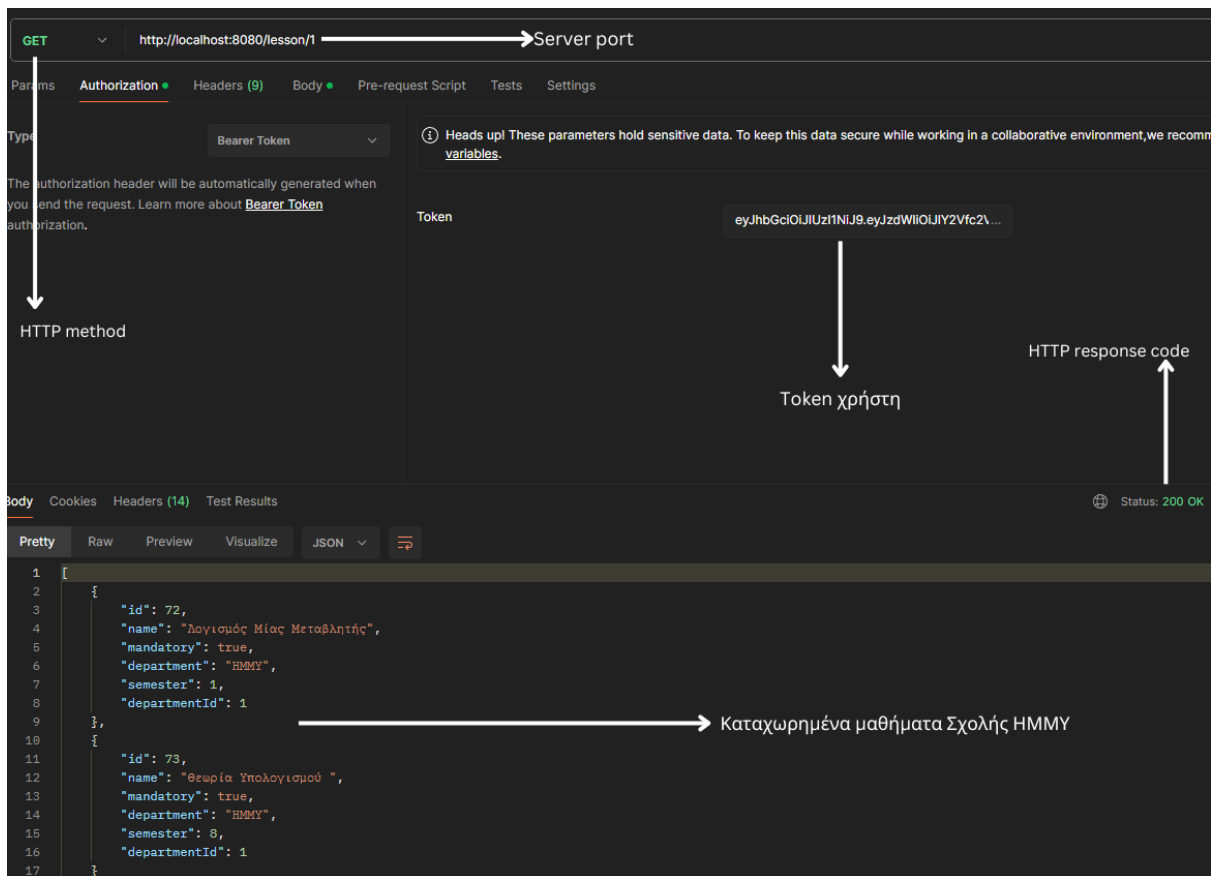
Στην περίπτωση που φαίνεται στην Εικόνα 8 καταχωρούνται τα σωστά κριτήρια για την είσοδο του χρήστη. Ο χρήστης εξουσιοδοτείται και δημιουργείται το Token του με σκοπό να έχει πρόσβαση στα δεδομένα της εφαρμογής. Παρουσιάζονται επίσης όλα τα στοιχεία που τον χαρακτηρίζουν. Τέλος, ο κωδικός ανταπόκρισης είναι στο εύρος του 200, γεγονός που δηλώνει ότι το αίτημα ολοκληρώθηκε με επιτυχία και δεν παρουσιάστηκε κάποιο σφάλμα.



Εικόνα 8. Σύνδεση χρήστη.

5.4.3 Ταυτοποίηση Χρήστη

Αφού ο χρήστης συνδεθεί με επιτυχία και έχει εξουσιοδοτηθεί, μπορεί να εκτελέσει αιτήματα-ενέργειες στην εφαρμογή (HTTP Get Method Authenticated User). Στην Εικόνα 9 παρουσιάζεται το αίτημα για ανάκτηση δεδομένων σχετικά με τα μαθήματα που αφορούν στη Σχολή, στην οποία ο συγκεκριμένος χρήστης ανήκει. Γίνεται χρήση του Token και έτσι ο διακομιστής (server) επαληθεύει την ταυτότητα του χρήστη και του δίνει πρόσβαση.



Εικόνα 9. Ταυτοποίηση χρήστη

Με την ίδια λογική και χρησιμοποιώντας το Token του χρήστη, μπορούν να εκτελεστούν με επιτυχία και οι υπόλοιπες HTTP μέθοδοι (Post, Put, Delete), για προσθήκη, τροποποίηση και διαγραφή δεδομένων αντίστοιχα. Παράλληλα, κατά την επιτυχία εκτέλεσης των αιτημάτων, ενημερώνεται και η βάση δεδομένων.

5.5 Περιγραφή Βάσης Δεδομένων

Για τη διαχείριση, αποθήκευση και ανάκτηση των δεδομένων στο Back - End χρησιμοποιήθηκε βάση δεδομένων MySQL. Η MySQL είναι ένα δωρεάν λογισμικό ανοιχτού κώδικα, παρέχοντας μια καλή απόδοση και υψηλή ασφάλεια. Επιτρέπει στους χρήστες να αλληλεπιδρούν απευθείας με αυτή και επιπλέον χρησιμοποιείται και με άλλα προγράμματα για την υλοποίηση εφαρμογών Ιστού, τα οποία χρειάζονται σχεσιακή βάση δεδομένων.

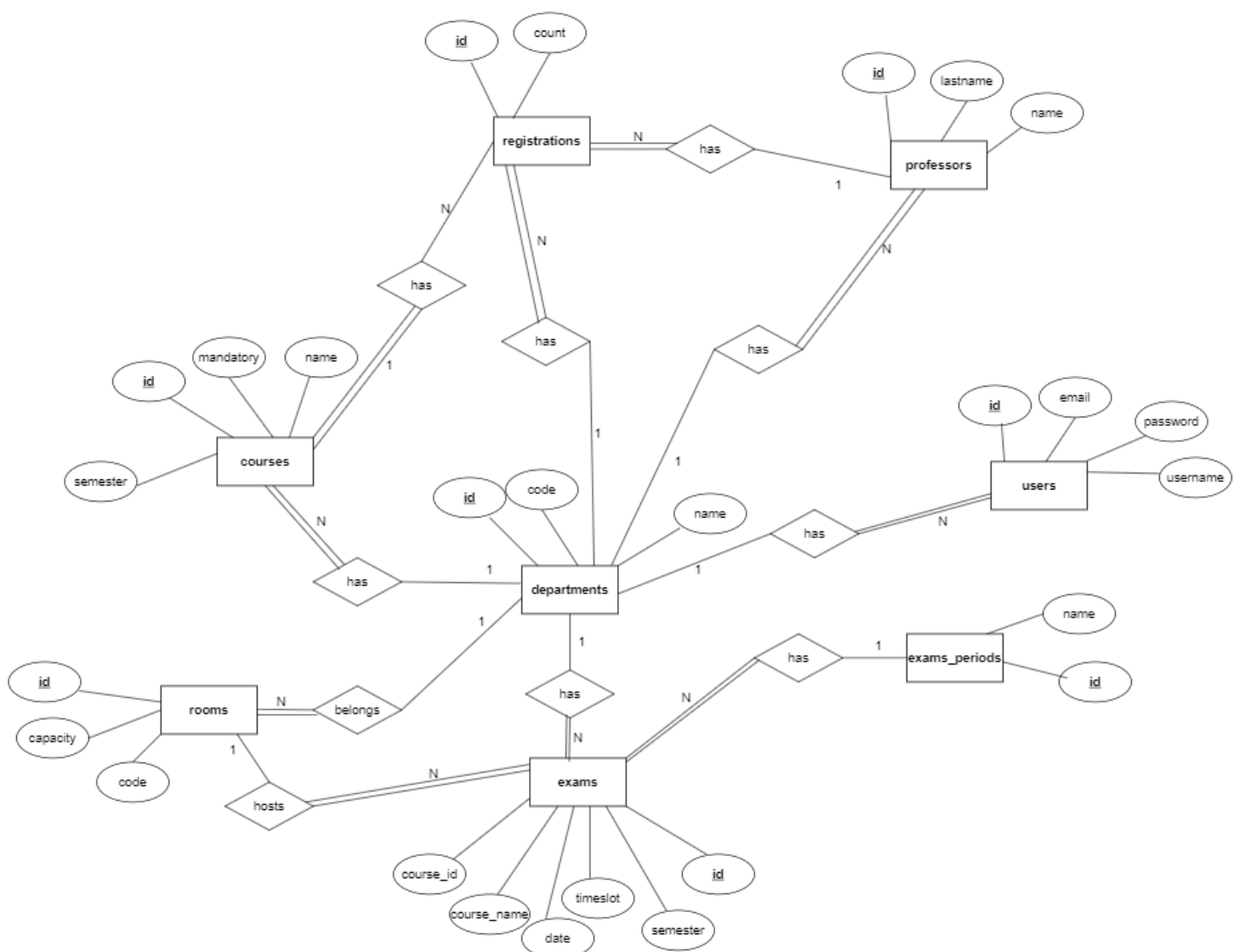
Στη βάση δεδομένων που υλοποιήθηκε για την εφαρμογή, υπάρχουν συνολικά επτά πίνακες, οι οποίοι περιγράφονται αναλυτικά πιο κάτω.

- **users:** Ο πίνακας περιλαμβάνει όλα τα στοιχεία του χρήστη, δηλαδή ηλεκτρονική διεύθυνση (email), όνομα χρήστη (username), κωδικό πρόσβασης (password) και τη Σχολή στην οποία ανήκει (department). Τα στοιχεία αυτά τα συμπληρώνει ο χρήστης κατά την εγγραφή του στην εφαρμογή. Ο πίνακας αυτός συνδέεται με τον πίνακα departments, για να καθορίζεται η Σχολή στην οποία ανήκει ο χρήστης και να μπορεί να διαχειρίζεται τα δεδομένα της Σχολής αυτής. Η σύνδεση είναι many-to-one, αφού πολλοί χρήστες (users) ανήκουν σε μία Σχολή (department).
- **departments:** Σε αυτό τον πίνακα είναι καταχωρημένες οι Σχολές του ΠΚ, οι οποίες χαρακτηρίζονται από έναν μοναδικό αριθμό, την ονομασία και τη συντομογραφία τους. Συνδέεται με τους πίνακες users, professors, courses, exams, registrations και rooms, για να μπορούν να διαχωριστούν τα δεδομένα και οι πόροι με βάση τη Σχολή στην οποία ανήκουν. Οι συνδέσεις των πινάκων αυτών με τον πίνακα department είναι one-to-many, αφού μία Σχολή (department) μπορεί να έχει πολλούς χρήστες (users) πολλούς καθηγητές (Professors) κλπ .
- **professors:** Σε αυτόν τον πίνακα καταχωρούνται τα στοιχεία που χαρακτηρίζουν κάθε καθηγητή/διδάσκοντα του ΠΚ (όνομα και επίθετο) και είναι συνδεδεμένος με τον πίνακα departments, έτσι ώστε ο καθηγητής να χαρακτηρίζεται και από τη Σχολή του ΠΚ στην οποία ανήκει. Επίσης συνδέεται και με τον πίνακα registrations για να μπορεί να γίνεται η εγγραφή – αντιστοίχιση καθηγητή με το μάθημα το οποίο διδάσκει και πρόκειται να εξεταστεί. Η σύνδεση μεταξύ των πινάκων professors και registrations είναι one-to-many αφού ένας καθηγητής μπορεί να αντιστοιχεί σε πολλές εγγραφές (registrations).
- **courses:** Αποθηκεύονται όλα τα μαθήματα που διδάσκονται στο ΠΚ με τα στοιχεία που χαρακτηρίζουν το καθένα από αυτά. Τίτλος μαθήματος (name), υποχρεωτικό ή επιλογής (mandatory), εξάμηνο στο οποίο διδάσκεται (semester). Είναι συνδεδεμένος με τον πίνακα departments για να μπορούν τα μαθήματα να διαχωριστούν στις Σχολές όπου διδάσκονται. Επίσης, συνδέεται και με τον πίνακα registrations για να γίνεται η αντιστοίχιση μαθήματος με καθηγητή.

- **rooms:** Περιέχει όλες τις αίθουσες του ΠΚ όπου μπορούν να διεξάγονται εξετάσεις. Η κάθε αίθουσα χαρακτηρίζεται από την κωδική ονομασία της (code) και τη χωρητικότητά της (capacity).
- **registrations:** Αποθηκεύονται όλα τα στοιχεία τα οποία ο χρήστης καθορίζει κατά τη συμπλήρωση της φόρμας για να γίνει η αντιστοίχιση του καθηγητή (professor) με το μάθημα το οποίο διδάσκει (lesson), και το πλήθος των φοιτητών που θα εξεταστούν (count). Όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω ο πίνακας αυτός είναι συνδεδεμένος με τους πίνακες professors και lessons, για να μπορεί να γίνει σωστή διαχείριση των δεδομένων ανά Σχολή, δηλαδή να γίνεται η εγγραφή – αντιστοίχιση καθηγητή με το μάθημα το οποίο διδάσκει και πρόκειται να εξεταστεί. Επιπλέον ο πίνακας registrations συνδέεται και με τον πίνακα departments, έτσι ώστε κατά τη δημιουργία των αντιστοιχίσεων από τον χρήστη να καθορίζεται η Σχολή στην οποία ανήκουν με σκοπό να γίνεται σωστός διαχωρισμός των δεδομένων ανά Σχολή.
- **exams:** Στον συγκεκριμένο πίνακα αποθηκεύονται οι αναθέσεις που αφορούν κάθε εγγραφή μαθήματος (registration), εφόσον δημιουργηθεί το πρόγραμμα εξεταστικής. Περιλαμβάνει όλες τις σχετικές πληροφορίες, δηλαδή ονομασία μαθήματος, εξάμηνο, σχολή στην οποία ανήκει, ημερομηνία και ώρα διεξαγωγής της εξέτασής του, όπως επίσης την αίθουσα ή τις αίθουσες που θα χρειαστούν με βάση τον αριθμό φοιτητών που θα εξεταστούν στο συγκεκριμένο μάθημα. Συνδέεται με τον πίνακα departments για να καθορίζεται πως η κάθε εξέταση που προγραμματίζεται αφορά συγκεκριμένη Σχολή του ΠΚ. Επίσης συνδέεται με τον πίνακα exams_periods, στον οποίο αποθηκεύονται οι ονομασίες των προγραμμάτων όπως τις έχει καθορίσει ο χρήστης. Έτσι το κάθε πρόγραμμα που δημιουργείται έχει τη δική του ονομασία, πχ Εξεταστική Χειμερινού Εξαμήνου 2025 και η οποία περιλαμβάνει όλες τις εξετάσεις μαθημάτων που καθορίστηκαν από τον χρήστη. Η σύνδεση είναι many-to-one, αφού πολλές εξετάσεις μαθημάτων (exams) ανήκουν σε μία εξεταστική περίοδο. Επιπλέον συνδέεται και με τον πίνακα rooms, που περιλαμβάνει τα χαρακτηριστικά των αιθουσών, ώστε να γίνεται η ανάθεση των αιθουσών στις προγραμματισμένες εξετάσεις μαθημάτων, σύμφωνα με τη χωρητικότητα αλλά και τη διαθεσιμότητά τους.

- **exams_period:** Ο πίνακας αυτός περιέχει τις ονομασίες των προγραμμάτων όπως τις έχει καθορίσει ο χρήστης και συνδέεται με τον πίνακα exams, έτσι ώστε να μπορεί να γίνει η αντιστοίχιση της κάθε προγραμματισμένης εξέτασης μαθήματος με την εξεταστική στην οποία ανήκει. Η σύνδεση είναι one-to-many, αφού η κάθε ονομασία εξεταστικής περιόδου έχει πολλές εξετάσεις μαθημάτων.

Στην Εικόνα 10 παρουσιάζεται το Διάγραμμα Σχέσης Οντοτήτων (Entity Relationship Diagram).



Εικόνα 10. ERD.

Με τη χρήση του MVC, όπως αναφέρθηκε πιο πάνω, έχουν δημιουργηθεί μοντέλα για τους χρήστες, τις Σχολές του ΠΚ, τους καθηγητές, τα μαθήματα, τις αίθουσες, τις ενεργές ημέρες εξεταστικής και για τη φόρμα αντιστοίχισης. Κάθε Σχολή χαρακτηρίζεται από το `department_id` της, και αυτό χρησιμοποιείται ως foreign key στους υπόλοιπους πίνακες με σκοπό τη διαχώριση των δεδομένων ανά Σχολή του ΠΚ. Πιο συγκεκριμένα, για παράδειγμα, ένας καθηγητής περιγράφεται από όνομα, επίθετο, και το `department_id`, που καθορίζει σε ποια Σχολή του ΠΚ ανήκει. Με την ίδια λογική έχουν υλοποιηθεί και τα υπόλοιπα μοντέλα. Με αυτόν τον τρόπο, έχοντας ως δεδομένο το `department_id` μπορούμε να χαρακτηρίσουμε οποιαδήποτε οντότητα και να την αντιστοιχίσουμε στην κατάλληλη Σχολή.

Έτσι, ο χρήστης που ανήκει για παράδειγμα στη Σχολή HMMY θα μπορεί να βλέπει και να διαχειρίζεται οντότητες, που έχουν το ίδιο `department_id` με αυτόν, δηλαδή δεδομένα της Σχολής HMMY. Το ίδιο ισχύει αντίστοιχα και για τους υπόλοιπους χρήστες των άλλων Σχολών. Οι χρήστες, μέσω της εφαρμογής, θα έχουν τη δυνατότητα πρώτα από όλα να διαχειρίζονται τα δεδομένα στα οποία έχουν πρόσβαση. Θα μπορούν να δημιουργήσουν, να ανανεώσουν και να διαγράψουν οντότητες, ανάλογα με τις απαιτήσεις του ΩΠ εξετάσεων.

5.6 Front - End

5.6.1 Εργαλεία υλοποίησης Διεπαφής Χρήστη (User Interface)

Τα τελευταία χρόνια στο χώρο του προγραμματισμού και ειδικότερα στο πλαίσιο ανάπτυξης εφαρμογών Ιστού έχουν αναπτυχθεί διάφορες τεχνολογίες για την ανάπτυξη διεπαφής χρήστη, περνώντας από διάφορα στάδια, σύμφωνα με τις απαιτήσεις του εκάστοτε χρήστη και της εφαρμογής [38]. Η διεπαφή χρήστη είναι το περιβάλλον με το οποίο ο χρήστης της εφαρμογής έχει άμεση επαφή. Μπορεί δηλαδή να ενεργεί και να εκτελεί διεργασίες. Στη παρούσα διπλωματική εργασία, η εφαρμογή αναπτύχθηκε με τη χρήση React (πλατφόρμα ανάπτυξης εφαρμογών) με στόχο τη δημιουργία μιας χρήσιμης, προηγμένης και μοντέρνας εφαρμογής.

- **React:** Η React είναι μια βιβλιοθήκη ανοιχτού κώδικα σε JavaScript για την ανάπτυξη δυναμικών διεπαφών χρήστη. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί επίσης και για την ανάπτυξη εφαρμογών σε κινητά τηλέφωνα. Επιπλέον, σύμφωνα με το Stack Overflow, έρευνα που έγινε το 2023 μεταξύ 56.742 επαγγελματιών προγραμματιστών έδειξε ότι η React κατέχει τη πρώτη θέση. Η React προσφέρει επίσης τη δυνατότητα για εύκολη και γρηγορότερη ανάπτυξη με τη χρήση της JavaScript, βοηθώντας τους προγραμματιστές στη κατανόηση, αλλά και στη συντήρηση της εφαρμογής. [38]
- **JavaScript:** Η JavaScript είναι επίσης μια από τις πιο δημοφιλείς και ισχυρές γλώσσες προγραμματισμού, αφού μπορεί να ενσωματωθεί σε πολλά περιβάλλοντα ανάπτυξης. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την υλοποίηση διαδραστικών εφαρμογών ιστού, αλλά και ιστοσελίδων, και έχει τη δυνατότητα να αλληλοεπιδρά άμεσα με τον χρήστη και να τροποποιεί δυναμικά το περιεχόμενο των ιστοσελίδων.

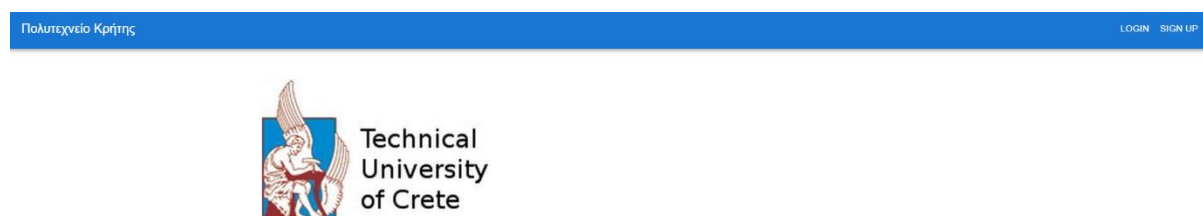
Επίσης, για το σωστό σχεδιασμό και τη διαμόρφωση εμφάνισης στη διεπαφή χρήστη χρησιμοποιήθηκε η CSS (Cascading Style Sheets), έχοντας έτσι μια εύκολη προσαρμογή στο στυλ της εφαρμογής (αρχεία App.css και index.css). Επιπλέον, για την διαδικασία ανάπτυξης της διεπαφής χρήστη (User Interface) χρησιμοποιήθηκε η βιβλιοθήκη στοιχείων της React, Material UI (<https://mui.com>). Η Material UI είναι βιβλιοθήκη ανοιχτού κώδικα από την οποία μπορεί να γίνει χρήση του σχεδιασμού της σελίδας, σύμφωνα με τον σχεδιασμό της Google (κουμπιά, φόρμες και άλλα). Με τη χρήση Material UI, η ανάπτυξη της διεπαφής χρήστη υλοποιείται ακόμα πιο γρήγορα και βοηθά τον προγραμματιστή να διατηρήσει μια σύγχρονη και ομοιόμορφη εμφάνιση σε όλες τις σελίδες της εφαρμογής.

5.6.2 Παρουσίαση Περιβάλλοντος χρήστη

Στις Εικόνες που ακολουθούν γίνεται η παρουσίαση της εφαρμογής, και το πώς αυτή εμφανίζεται στον χρήστη. Παρουσιάζονται επίσης οι σελίδες που εμφανίζονται κατά την περιήγηση του χρήστη στην εφαρμογή και λειτουργίες / ενέργειες που μπορούν να εκτελεστούν. Για την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας και για σκοπούς παρουσίασης των δεδομένων της εφαρμογής έγιναν ενδεικτικές εγγραφές χρηστών και εισαγωγές δεδομένων.

Εισαγωγική Οθόνη Εφαρμογής – Σύνδεση Χρήστη – Εγγραφή Χρήστη

Κατά την περιήγηση του χρήστη στη διεύθυνση <http://alchimix1.intelligence.tuc.gr:4040/> εμφανίζεται πρώτα η Εικόνα 11, όπου ο χρήστης μπορεί να συνδεθεί στην εφαρμογή, εφόσον είναι εγγεγραμμένος, πατώντας στο κουμπί LOGIN. Αν ο χρήστης δεν είναι εγγεγραμμένος, μπορεί να κάνει την εγγραφή του στην εφαρμογή με το SIGN UP. Τόσο στη σύνδεση όσο και κατά τη διαδικασία εγγραφής του χρήστη γίνεται έλεγχος των στοιχείων που καταχωρούνται. Σε περίπτωση λάθους εμφανίζεται το αντίστοιχο μήνυμα στον χρήστη.




Εικόνα 11. Εισαγωγική Οθόνη.

Εγγραφή Χρήστη

Πολυτεχνείο Κρήτης

LOGIN SIGN UP


Sign up

Name is required. It must be between 3 to 20 characters.

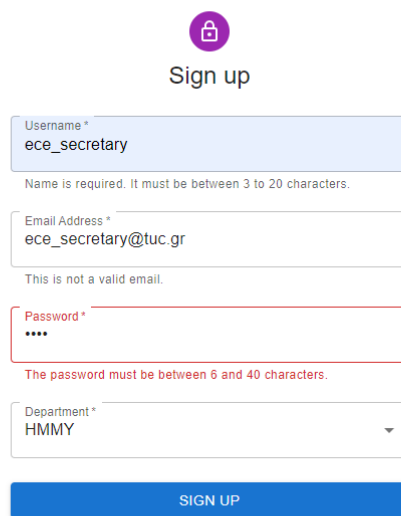
This is not a valid email.

The password must be between 6 and 40 characters.

SIGN UP

Εικόνα 12. Σελίδα εγγραφής χρήστη.

Για να εγγραφεί ο χρήστης στην εφαρμογή θα πρέπει να συμπληρώσει σωστά τα στοιχεία του. Σε περίπτωση που για κάποιο λόγο δεν είναι επιτυχής η εγγραφή, εμφανίζεται το ανάλογο σφάλμα. Όπως φαίνεται και στην Εικόνα 13, στην οποία δεν πληρούνται τα σωστά κριτήρια εισαγωγής κωδικού πρόσβασης για την εγγραφή του χρήστη, το αποτέλεσμα είναι να μην μπορεί να ολοκληρωθεί η διαδικασία εγγραφής. Παρόμοιες ειδοποιήσεις για σφάλματα εμφανίζονται και στα υπόλοιπα πεδία της σελίδας.



Sign up

Username *
ece_secretary

Name is required. It must be between 3 to 20 characters.

Email Address *
ece_secretary@tuc.gr

This is not a valid email.

Password *
....

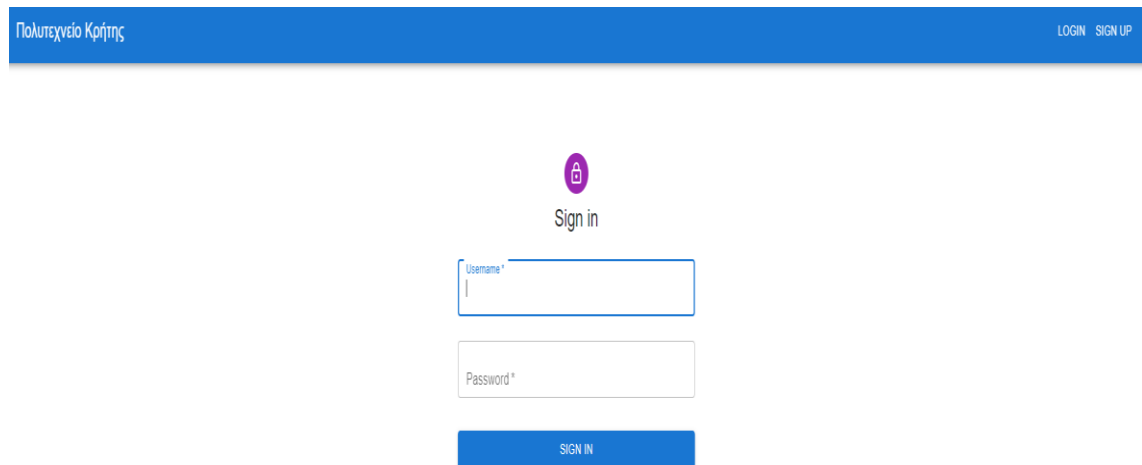
The password must be between 6 and 40 characters.

Department *
HMMY

SIGN UP

Εικόνα 13. Σφάλμα εγγραφής χρήστη

Σύνδεση Χρήστη



Πολυτεχνείο Κρήτης

LOGIN SIGN UP

Sign in

Username *

Password *

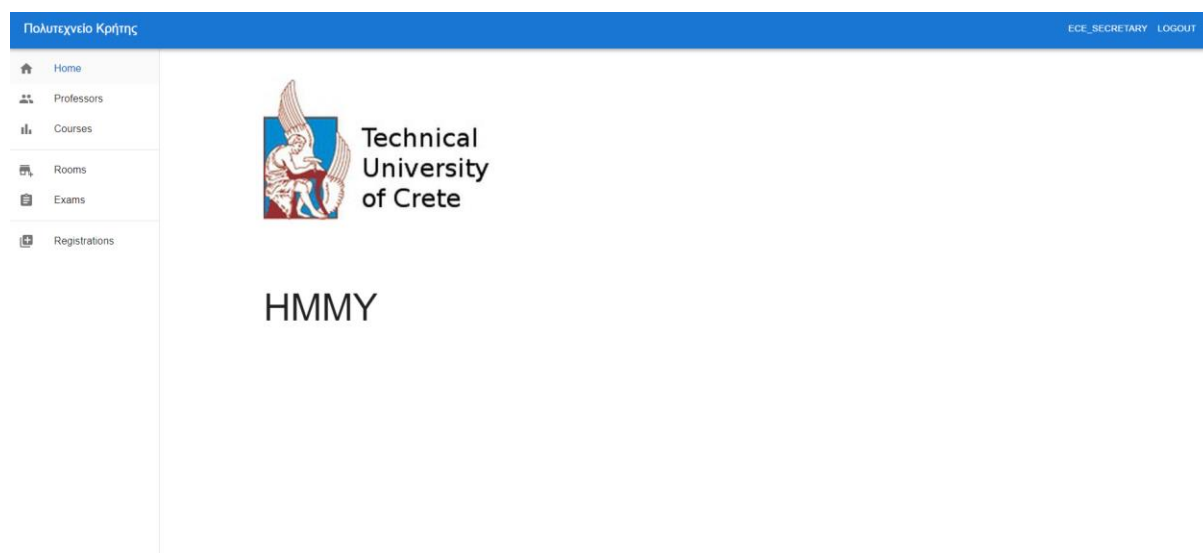
SIGN IN

Εικόνα 14. Σελίδα σύνδεσης χρήστη.

Όταν ο χρήστης κάνει την εγγραφή του με επιτυχία, οδηγείται στην οθόνη σύνδεσης.

Αρχική Οθόνη

Στην Εικόνα 15 φαίνεται η αρχική οθόνη της εφαρμογής με τη Σχολή στην οποία ανήκει ο χρήστης που συνδέθηκε (στη συγκεκριμένη περίπτωση στη Σχολή ΗΜΜΥ, και έχει εξουσιοδοτημένη σύνδεση χρήστη (με τη χρήση του JWT).



Εικόνα 15. Αρχική οθόνη εφαρμογής

Στο αριστερό μέρος της σελίδας φαίνεται το μενού από το οποίο μπορεί ο χρήστης να κατευθυνθεί σε νέα σελίδα και να ενεργήσει ανάλογα σε κάθε περίπτωση. Με τη σειρά όπως φαίνονται και στην Εικόνα 15 είναι:

- **Home:** Εισαγωγική οθόνη που εμφανίζεται μετά τη σύνδεση χρήστη και στην οποία αναγράφεται και η Σχολή του ΠΚ στην οποία ανήκει.
- **Professors:** Καταγραφή και επεξεργασία καθηγητών Σχολής ΠΚ.
- **Courses:** Καταγραφή και επεξεργασία μαθημάτων Σχολής ΠΚ.
- **Rooms:** Διαθέσιμες αίθουσες του ΠΚ για την ΕΠ.
- **Exams:** Καταγραφή και επεξεργασία διαθέσιμων ημερομηνιών και ωρών για την ΕΠ. Δημιουργία Ωρολογίου Προγράμματος Εξεταστικής Περιόδου.
- **Registrations:** Αντιστοίχιση καθηγητών-μαθημάτων.

Professors (Καθηγητές)

Πολυτεχνείο Κρήτης				
<ul style="list-style-type: none">HomeProfessorsCoursesRoomsExamsRegistrations	+ ADD PROFESSOR			
	#	Name	Last name	Actions
	No rows			

Εικόνα 16. Σελίδα καταγραφής και επεξεργασίας καθηγητών Σχολής.

Πατώντας το κουμπί ADD PROFESSOR (Προσθήκη καθηγητή) εμφανίζεται στον χρήστη η φόρμα εισαγωγής των στοιχείων καθηγητή, όπως φαίνεται στην Εικόνα 17. Κατά την αποθήκευση οδηγείται πίσω στη λίστα, όπου εμφανίζονται οι καταχωρήσεις.

Πολυτεχνείο Κρήτης	
<ul style="list-style-type: none">HomeProfessorsLessonsRoomsExamsRegistrations	<div><h3>Professor</h3><div><div>Enter First name *</div><div>First name is required.</div></div><div><div>Enter Last name *</div><div>Last name is required.</div></div><div><div>BACK</div><div>SAVE</div></div></div>

Εικόνα 17. Φόρμα εισαγωγής στοιχείων καθηγητή.

Στην Εικόνα 18 φαίνονται οι καθηγητές τους οποίους έχει καταχωρήσει ο χρήστης. Επιπλέον στη δεξιά στήλη Actions (Ενέργειες), ο χρήστης μπορεί να διαγράψει ή να τροποποιήσει οποιαδήποτε καταχώρηση θελήσει. Ακόμη για την ευκολία του χρήστη έχουν προστεθεί εργαλεία με τα οποία μπορεί να ταξινομήσει ή και να φιλτράρει τη λίστα καθηγητών, όπως αυτός επιθυμεί.

Πολυτεχνείο Κρήτης				ECE_SECRETARY LOGOUT	
<ul style="list-style-type: none"> Home Professors Courses Rooms Exams Registrations 	+ ADD PROFESSOR				
	#	Name ↑	Last name	Actions	
	26	Άγγελος	Μπλέτσας	✎ ☐	
	24	Αθανάσιος	Λιάβας	✎ ☐	
	2	Αικατερίνη	Μανιά	✎ ☐	
	25	Αντώνιος	Δεληγιαννάκης	✎ ☐	
	6	Απόστολος	Δόλλας	✎ ☐	
	19	Βασίλειος	Σαμουδάς	✎ ☐	
	36	Βασίλειος	Διγαλάκης	✎ ☐	
	10	Γεώργιος	Καρυστινός	✎ ☐	
	21	Γεώργιος	Χαλκιαδάκης	✎ ☐	
	23	Γεώργιος	Σταυρακάκης	✎ ☐	
	34	Γεώργιος	Πέππας	✎ ☐	
	8	Δημήτριος	Αγγελάκης	✎ ☐	
	9	Δημήτριος	Κανδυλάκης	✎ ☐	
	29	Δημοσθένης	Έλληνας	✎ ☐	

Εικόνα 18. Καταχωρημένοι καθηγητές Σχολής HMMY.

Courses (Μαθήματα)

Πολυτεχνείο Κρήτης				
<ul style="list-style-type: none"> Home Professors Courses Rooms Exams Registrations 	+ ADD COURSE			
	#	Name	Mandatory	Semester

Εικόνα 19. Σελίδα καταγραφής και επεξεργασίας μαθημάτων Σχολής.

Με τον ίδιο τρόπο, όπως και στην καταγραφή καθηγητών, ο χρήστης μπορεί να καταχωρίσει μαθήματα της Σχολής, πατώντας το κουμπί ADD COURSE (Προσθήκη μαθήματος). Στη φόρμα που εμφανίζεται, όπως φαίνεται στην Εικόνα 20, ο χρήστης πρέπει να συμπληρώσει την ονομασία του μαθήματος, το εξάμηνο στο οποίο διδάσκεται και να δηλώσει αν το μάθημα είναι υποχρεωτικό ή επιλογής.

The screenshot shows a web interface for adding a course. The header is 'Πολυτεχνείο Κρήτης'. The left sidebar has links: Home, Professors, Courses, Rooms, Exams, and Registrations. The main content area is titled 'Course'. It contains a text input field for 'Enter course name *' with a red error message 'Course's name is required.' below it. There is a dropdown menu for 'Semester' with '1' selected. A checkbox labeled 'Mandatory' is present and unchecked. At the bottom right are 'BACK' and 'SAVE' buttons.

Εικόνα 20. Φόρμα εισαγωγής μαθημάτων Σχολής.

Στην Εικόνα 21 που ακολουθεί φαίνονται τα καταχωρημένα μαθήματα της Σχολής, όπου και εδώ ο χρήστης μπορεί να διαγράψει ή να τροποποιήσει οποιαδήποτε καταχώρηση θελήσει από τη δεξιά στήλη. Έχουν επίσης προστεθεί και στη σελίδα Courses τα εργαλεία με τα οποία ο χρήστης μπορεί να ταξινομήσει ή και να φιλτράρει τη λίστα, όπως αυτός επιθυμεί.

Πολυτεχνείο Κρήτης						ECE_SECRETARY	LOGOUT
Home	+ ADD COURSE						
Professors	#	Name	Mandatory	Semester	Actions		
Courses	1	Λογισμός Μίας Μεταβλητής	<input checked="" type="checkbox"/>	1			
Rooms	2	Εισαγωγή στον Προγραμματισμό	<input checked="" type="checkbox"/>	1			
Exams	3	Αγγλικά 1	<input checked="" type="checkbox"/>	1			
Registrations	4	Γενική Χημεία	<input checked="" type="checkbox"/>	1			
	5	Λογική Σχεδίαση	<input checked="" type="checkbox"/>	1			
	6	Λογισμός Πολλών Μεταβλητών	<input checked="" type="checkbox"/>	2			
	7	Αγγλικά 2	<input checked="" type="checkbox"/>	2			
	8	Φυσική(Ηλεκτρομαγνητισμός)	<input checked="" type="checkbox"/>	2			
	9	Αντικειμενοστρεφής Προγραμματισμός	<input checked="" type="checkbox"/>	2			
	10	Στοιχεία Μαθηματικών για HMMY	<input checked="" type="checkbox"/>	2			
	11	Σήματα και Συστήματα	<input checked="" type="checkbox"/>	3			
	12	Εργαλεία Ανάπτυξης Λογισμικού και Προγρ	<input type="checkbox"/>	3			
	13	Αγγλικά 3	<input checked="" type="checkbox"/>	3			

Εικόνα 21. Καταχωρημένα μαθήματα Σχολής.

Rooms (Αίθουσες)

Στην κατηγορία αίθουσες έχουν προστεθεί από τη βάση δεδομένων όλες οι αίθουσες οι οποίες χρησιμοποιούνται κατά την τρέχουσα ΕΠ στο ΠΚ. Σε αυτό το σημείο ο χρήστης δεν μπορεί μέσω της διεπαφής χρήστη να τροποποιήσει τη λίστα αιθουσών, αφού οι αίθουσες αποτελούν ένα στατικό κομμάτι στο ΠΚ σε σχέση με τα υπόλοιπα δεδομένα. Στην Εικόνα 22 φαίνεται η λίστα αιθουσών με την ονομασία της κάθε μιας και τη χωρητικότητά της, όπως αυτές έχουν περαστεί στο σύστημα.

Πολυτεχνείο Κρήτης		
Home	#	Capacity ↓
Professors	7	A2
Courses	15	Γ2.1
Rooms	16	Γ2.2
Exams	2	141Π98
Registrations	3	145Π42
	4	145Π58
	8	B1001
	14	B1008
	18	K2.A11
	21	K2.A1
	5	2041
	6	2042
	1	137Π39
	9	B1002

Εικόνα 22. Αίθουσες εξετάσεων στο ΠΚ

Registrations (Εγγραφή – Αντιστοίχιση διδάσκοντα με μάθημα)

Στη σελίδα Registrations (Εγγραφές) της εφαρμογής (Εικόνα 23), και εφόσον ο χρήστης έχει ήδη καταχωρήσει τους διδάσκοντες και τα μαθήματα της Σχολής, μπορεί να κάνει την αντιστοίχιση μέσω της φόρμας Register (Εικόνα 24), η οποία εμφανίζεται στον χρήστη πατώντας στο κουμπί REGISTER.

#	Professor	Course	Count	Mandatory	Semester	Actions
No rows						

Εικόνα 23. Σελίδα αντιστοίχισης.

Όπως φαίνεται στην Εικόνα 24, πατώντας στο πλαίσιο Professor εμφανίζονται οι καταχωρημένοι καθηγητές της Σχολής (από λίστα καταγραφής καθηγητών Professors) και στο πλαίσιο Lessons τα καταχωρημένα μαθήματα (από λίστα καταγραφής μαθημάτων Lessons) που θα εξεταστούν. Σε αυτό το σημείο, για την ευκολία στη χρήση της εφαρμογής και για την εξοικονόμηση χρόνου έχει επίσης προστεθεί εργαλείο αυτόματης συμπλήρωσης (Auto-Complete) στα συγκεκριμένα πλαίσια, με σκοπό να κάνει την εύρεση της ονομασίας μαθήματος από το χρήστη πιο εύκολη. Τέλος, ο χρήστης πρέπει να συμπληρώσει το πεδίο Count, το οποίο αναφέρεται στον αριθμό των φοιτητών οι οποίοι έχουν δικαίωμα να λάβουν μέρος στην τελική εξέταση του μαθήματος.

Εικόνα 24. Φόρμα Register.

Στην Εικόνα 25, φαίνεται η λίστα με τις εγγραφές που έχει καταχωρήσει ο χρήστης. Οι αντιστοιχήσεις έγιναν με βάση το τελευταίο πρόγραμμα της ΕΠ στο Πολυτεχνείο Κρήτης, και το ποσό συμμετοχής των φοιτητών που προστέθηκε στην κατηγορία Count είναι ενδεικτικό. Επίσης, στην οθόνη παρουσιάζονται εκτός από τις ονομασίες καθηγητών, μαθημάτων και αριθμό φοιτητών που θα εξεταστούν (Count), και όλα τα άλλα στοιχεία που καταχωρήθηκαν στη σελίδα καταγραφής μαθημάτων (Courses). Έχουν προστεθεί και εδώ τα εργαλεία ταξινόμησης και φιλτραρίσματος που μπορεί ο χρήστης να χρησιμοποιήσει όπως επιθυμεί. Τέλος, όπως και στις υπόλοιπες σελίδες της εφαρμογής από τη στήλη Actions, μπορούν να τροποποιηθούν ή να διαγραφούν δεδομένα.

Πολυτεχνείο Κρήτης

ECE_SECRETARY LOGOUT

Home

Professors

Courses

Rooms

Exams

Registrations

+ REGISTER

#	Professor	Course	Count	Mandatory	Semester	Actions
1	Διονύσιος Θεοδόσης-Παλιμέρ	Λογισμός Μίας Μ	200	<input checked="" type="checkbox"/>	1	
2	Αικατερίνη Μανιά	Εισαγωγή στον Π	150	<input checked="" type="checkbox"/>	1	
3	Νικόλαος Καλλιθρακας-Κόντο	Γενική Χημεία	180	<input checked="" type="checkbox"/>	1	
4	Απόστολος Δόλλας	Λογική Σχεδίαση	200	<input checked="" type="checkbox"/>	1	
5	Δημήτριος Κανδυλάκης	Λογισμός Πολλών	170	<input checked="" type="checkbox"/>	2	
6	Δημήτριος Αγγελάκης	Φυσική(Ηλεκτρομ	203	<input checked="" type="checkbox"/>	2	
7	Νικόλαος Γιατράκος	Αντικειμενοστρεφ	150	<input checked="" type="checkbox"/>	2	
8	Μίλως Πετράκης	Στοιχεία Μαθημα	120	<input checked="" type="checkbox"/>	2	
9	Γεώργιος Καρυσιτσός	Σήματα και Συστ	370	<input checked="" type="checkbox"/>	3	
10	Νικόλαος Γιατράκος	Εργαλεία Ανάπτυ	90	<input type="checkbox"/>	3	
11	Ευάγγελος Κουτρούλης	Βασική Θεωρία Κ	210	<input checked="" type="checkbox"/>	3	
12	Σωτήριος Ιωαννίδης	Ψηφιακά Υπολογ	187	<input checked="" type="checkbox"/>	3	
13	Βασίλειος Διγαλάκης	Θεωρία Πιθανοτή	220	<input checked="" type="checkbox"/>	3	
14	Ευριπίδης Πετράκης	Δομές Δεδομένων	167	<input checked="" type="checkbox"/>	4	

Εικόνα 25. Καταχωρημένες αντιστοιχίσεις Σχολής ΠΚ.

Exams (Εξετάσεις)

Στην Εικόνα 26 που ακολουθεί παρουσιάζεται η σελίδα Exams της εφαρμογής, όπου εδώ ο χρήστης έχει τη δυνατότητα, μέσω των πεδίων «From Date» (ημερομηνία έναρξης) και «To Date» (ημερομηνία λήξης), να καθορίσει την περίοδο διεξαγωγής των εξετάσεων. Επιπλέον, μπορεί να επιλέξει τα εξάμηνα για τα οποία θέλει να δημιουργήσει το πρόγραμμα ΕΠ και να καθορίσει την ονομασία της ΕΠ. Στη συνέχεια, μέσω της επιλογής «Date/Time slots to exclude», και πατώντας στο κουμπί ADD DATE/TIME, ο χρήστης μπορεί, μέσω ενός διαδραστικού ημερολόγιου, να ορίσει συγκεκριμένες ημερομηνίες και ώρες, οι οποίες δεν είναι διαθέσιμες για τη διεξαγωγή εξετάσεων. Οι επιλογές αυτές αποθηκεύονται πατώντας το κουμπί «Save» και μπορούν να επεξεργαστούν ή να διαγραφούν αργότερα. Τέλος, πατώντας το κουμπί «Create Exam Plan», ο αλγόριθμος δημιουργεί το πρόγραμμα των εξετάσεων για τα επιλεγμένα εξάμηνα και τα συγκεντρώνει με βάση την ονομασία που καθορίστηκε από τον χρήστη, λαμβάνοντας υπόψη τις ημερομηνίες και ώρες που έχουν εξαιρεθεί αλλά και όλες τις πληροφορίες που έχει καταχωρήσει ο χρήστης στην εφαρμογή.

Πολυτεχνείο Κρήτης

Home

Professors

Courses

Rooms

Exams

Registrations

Exam Period

From Date

To Date

Semester

Exam Period Name *

Date/Time slots to exclude:

+ ADD DATE/TIME

Date	Time	Actions
dd/mm/yyyy		<div></div> <div></div>

Rows per page: 100 1-1 of 1

CREATE EXAM PLAN

Εικόνα 26. Σελίδα εισαγωγής περιόδου εξετάσεων και δημιουργία προγράμματος ΕΠ.

Όταν ο χρήστης ολοκληρώσει τη διαδικασία καθορισμού του χρόνου διάρκειας της ΕΠ επιλέξει τα εξάμηνα για τα οποία επιθυμεί να δημιουργήσει πρόγραμμα εξεταστικής και καθορίσει την ονομασία της ΕΠ, παρουσιάζεται στην οθόνη του χρήστη το πρόγραμμα ΕΠ (Εικόνα 27), πατώντας το κουμπί «Create Exam Plan». Στην Εικόνα 27 εμφανίζεται το πρόγραμμα εξεταστικής για τη Σχολή ΗΜΜΥ με όλα τα στοιχεία που προσθέτει ο χρήστης στη σελίδα με τις εγγραφές (Registrations). Επιπλέον καθορίζεται η ημερομηνία και η ώρα διεξαγωγής της κάθε εξέτασης, καθώς και οι αίθουσες που έχουν δεσμευτεί για τη συγκεκριμένη εξέταση μαθήματος, με βάση το πλήθος των φοιτητών, που θα εξεταστούν σε αυτό. Τέλος, θα ήταν παράλειψη να μην αναφερθεί ότι με τη δημιουργία προγράμματος εξεταστικής για καθορισμένη ΕΠ από ένα χρήστη Σχολής, δημιουργείται αυτόματα πρόγραμμα και για τις υπόλοιπες σχολές, νοουμένου ότι οι χρήστες των υπόλοιπων Σχολών του ΠΚ έχουν συμπληρώσει πλήρως τη σελίδα με τις εγγραφές (Registrations).

Πολυτεχνείο Κρήτης

ECE_SECRETARY LOGOUT

Home

Professors

Courses

Rooms

Exams

Registrations

Exam Period Name

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΧΕΙΜΕΡΙΝΟΥ ΕΣΑΜΗΝΟΥ 2024-2025

#	Exam	Professor	Room	Count	Semester	Date	Time
1	Λογισμός Μίας Μεταβλητής	Διονύσιος Θεοδόσης-Παλι	137Π39,141Π98,145Π42	180	1	13/01/2025	15:00-18:00
2	Εισαγωγή στον Προγραμματισμό	Αικατερίνη Μανιά	2042,A2	100	1	20/01/2025	15:00-18:00
3	Γενική Χημεία	Νικόλαος Καλλιθέρας-Κόν	137Π39,141Π98	150	1	10/01/2025	18:00-21:00
4	Λογική Σχεδίαση	Απόστολος Δόλλας	137Π39,141Π98	145	1	16/01/2025	09:00-12:00
5	Σήματα και Συστήματα	Γεώργιος Καρυσινός	137Π39,141Π98,145Π42,145Π58,21	370	3	17/01/2025	15:00-18:00
6	Εργαλεία Ανάπτυξης Λογισμικού και Προγραμ	Νικόλαος Γιατράκος	137Π39,141Π98	90	3	08/01/2025	18:00-21:00
7	Βασική Θεωρία Κυκλωμάτων	Ευτύχιος Κουτρούλης	137Π39,141Π98,145Π42	210	3	11/01/2025	09:00-12:00
8	Ψηφιακά Υπολογιστικά Συστήματα	Σωτήριος Ιωαννίδης	137Π39,141Π98,145Π42	187	3	14/01/2025	12:00-15:00
9	Θεωρία Πιθανοτήτων	Βασίλειος Διγαλάκης	137Π39,141Π98,145Π42	220	3	07/01/2025	09:00-12:00
10	Λειτουργικά Συστήματα	Βασίλειος Σαμουλάς	2041,2042,A2	135	5	07/01/2025	15:00-18:00
11	Εισαγωγή στην Κβαντική Υπολογιστική	Δημήτριος Αγγελάκης	137Π39	20	5	08/01/2025	12:00-15:00
12	Ψηφιακή Επεξεργασία Σήματος	Μιχάλης Ζερβάκης	137Π39,141Π98,145Π42	189	5	11/01/2025	15:00-18:00
13	Σχεδίαση και Ανάπτυξη Πληροφορικών Συστ	Γεώργιος Χαλκιαδάκης	137Π39,141Π98	140	5	17/01/2025	09:00-12:00
14	Ηλεκτρονική 2	Ματίας Μπούχερ	137Π39,141Π98,145Π42	198	5	14/01/2025	09:00-12:00
15	Τηλεπικοινωνιακά Συστήματα 2	Άγγελος Μπλέτσας	137Π39,141Π98	167	7	17/01/2025	09:00-12:00
16	Αυτόνομοι Πράκτορες	Μιχαήλ Λαγουδάκης	137Π39	45	7	08/01/2025	15:00-18:00
17	Optimization	Αθανάσιος Ανάσας	137Π39	23	7	14/01/2025	15:00-18:00

Εικόνα 27. Ενδεικτικό Πρόγραμμα Εξεταστικής Χειμερινού εξαμήνου 2024-2025 όπως παρουσιάζεται στην εφαρμογή

5.7 Αλγόριθμος Επίλυσης Προβλήματος ΩΠ Εξετάσεων

Ο αλγόριθμος δημιουργίας προγράμματος εξετάσεων που υλοποιήθηκε στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας, στοχεύει σε μια ικανοποιητική κατανομή των διαθέσιμων πόρων και στον πιο αποδοτικό προγραμματισμό των εξετάσεων, με στόχο τη μείωση των συγκρούσεων και τη διασφάλιση ότι οι φοιτητές θα έχουν τις κατάλληλες συνθήκες κατά τη διάρκεια της ΕΠ. Η λογική του αλγορίθμου στηρίζεται σε μια σειρά από βήματα που εξασφαλίζουν την ομαλή ροή της διαδικασίας και την αντιμετώπιση πιθανών προβλημάτων που μπορεί να προκύψουν κατά τον προγραμματισμό. Πιο κάτω παρουσιάζεται η διαδικασία προγραμματισμού, όπως επίσης και τα στάδια που ακολουθούνται.

- **Φόρτωση Αιθουσών**

Το πρώτο βήμα του αλγορίθμου είναι η ανάκτηση όλων των διαθέσιμων αιθουσών για τις εξετάσεις από τη βάση δεδομένων. Οι αίθουσες, αποτελούν βασικό πόρο για τον

προγραμματισμό των εξετάσεων, καθώς πρέπει να ληφθούν υπόψη τόσο η χωρητικότητα τους, όσο και οι διαθεσιμότητές τους.

- **Τυχαιοκρατική Αναδιάταξη Μαθημάτων**

Στη συνέχεια, τα μαθήματα αναδιατάσσονται τυχαία. Η διαδικασία αυτή αποσκοπεί στην αρχική γρήγορη μείωση των συγκρούσεων κατά τον προγραμματισμό, καθώς η τυχαιοκρατική αναδιάταξη των μαθημάτων επιτρέπει στον αλγόριθμο να κατανείμει τις εξετάσεις με τέτοιο τρόπο, ώστε να μειώνονται οι πιθανότητες ταυτόχρονης διεκδίκησης των ίδιων πόρων.

- **Εξαιρέσεις Χρονικών Περιόδων**

Ένα επίσης σημαντικό κομμάτι είναι η διαχείριση των χρονικών περιόδων διεξαγωγής της ΕΠ. Αυτές οι περίοδοι, καθορίζονται βάσει εξωτερικών παραγόντων (όπως αργίες, ή περιορισμοί του πανεπιστημίου) και καταγράφονται σε έναν χάρτη (Hash Map). Ο χάρτης αυτός επιτρέπει στον αλγόριθμο να γνωρίζει εκ των προτέρων ποιες περίοδοι είναι μη διαθέσιμες για προγραμματισμό εξετάσεων. Οι περίοδοι καθορίζονται από τον χρήστη στη σελίδα **EXAMS** της εφαρμογής, όπως είχε αναφερθεί σε προηγούμενη ενότητα.

- **Δημιουργία Χάρτη Κρατήσεων**

Ένας επιπλέον χάρτης δημιουργείται για την παρακολούθηση κρατήσεων των αιθουσών. Ο χάρτης αυτός διασφαλίζει ότι δεν θα υπάρξουν διπλές κρατήσεις, εξασφαλίζοντας έτσι τη σωστή κατανομή των αιθουσών. Κάθε φορά που μια αίθουσα δεσμεύεται για μία εξέταση, αυτή καταγράφεται στον χάρτη, ώστε να αποφευχθούν μελλοντικές συγκρούσεις.

- **Βήματα Αλγόριθμου – Κύκλος Προγραμματισμού**

Ο αλγόριθμος αποτελείται από μία διαδοχική επεξεργασία των ημερών μέσα στο χρονικό διάστημα της εξεταστικής περιόδου. Κάθε μέρα που εξετάζεται από τον αλγόριθμο πρέπει να πληροί δύο βασικές προϋποθέσεις: δεν πρέπει να είναι Κυριακή ή άλλη αποκλεισμένη ημέρα (αργία) που καθορίστηκε από τον ίδιο τον χρήστη. Για κάθε ημέρα, ο αλγόριθμος προχωρά στα παρακάτω βήματα:

1. **Υποχρεωτικές Εξετάσεις:** Ελέγχεται αν υπάρχουν εξετάσεις που είναι υποχρεωτικό να πραγματοποιηθούν τη συγκεκριμένη ημέρα, βάσει

περιορισμών που έχουν τεθεί. Αν υπάρχουν τέτοιες εξετάσεις, ο αλγόριθμος επιχειρεί να τις προγραμματίσει κατά προτεραιότητα.

2. **Αναζήτηση Διαθέσιμων Αιθουσών:** Για κάθε μάθημα, γίνεται αναζήτηση διαθέσιμων αιθουσών, λαμβάνοντας υπόψη τη διαθεσιμότητά τους και τον αριθμό των φοιτητών που πρόκειται να εξεταστούν. Η αναζήτηση αυτή γίνεται μέσω της μεθόδου **getAvailableRoomsForExam**, η οποία προσπαθεί να βρει επαρκή αριθμό αιθουσών για τη φιλοξενία όλων των φοιτητών που πρόκειται να εξεταστούν στο μάθημα. Κατά την αναζήτηση της αίθουσας ή των αιθουσών που απαιτούνται για να φιλοξενήσουν την εξέταση ενός μαθήματος ο αλγόριθμος αναζητά αίθουσες που η χωρητικότητά τους είναι κοντά στον αριθμό των φοιτητών που θα εξεταστούν, λαμβάνοντας υπόψη και την διαθεσιμότητά τους.
3. **Δημιουργία Εξετάσεων:** Αν βρεθούν διαθέσιμες αίθουσες για κάποιο μάθημα, δημιουργούνται αντικείμενα **Exam**, τα οποία περιέχουν όλες τις απαραίτητες πληροφορίες (αίθουσα, μάθημα, τμήμα, ώρα, ημερομηνία, εξάμηνο), τα οποία ανακτώνται από τις σελίδες της εφαρμογής που αναφέρθηκαν πιο πάνω. Τα αντικείμενα αυτά αποθηκεύονται στη λίστα που καταγράφεται το πρόγραμμα εξετάσεων.
4. **Αντιμετώπιση Αποτυχίας Προγραμματισμού:** Σε περίπτωση που ο αλγόριθμος δεν μπορεί να προγραμματίσει όλες τις εξετάσεις εντός της εξεταστικής περιόδου, που καθορίζει ο ίδιος ο χρήστης, τότε υποδεικνύεται στον χρήστη ότι η διαδικασία απέτυχε να ολοκληρωθεί επιτυχώς. Αυτό συμβαίνει όταν για παράδειγμα καθοριστεί μικρό εύρος ΕΠ ή αν δεν υπάρχουν αρκούν οι διαθέσιμοι πόροι.

5. **Αποθήκευση Προγράμματος:** Μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας προγραμματισμού, το νέο πρόγραμμα εξετάσεων αποθηκεύεται στη βάση δεδομένων και ο χρήστης της κάθε Σχολής μπορεί να δει μέσω της εφαρμογής στον ιστό το πρόγραμμα εξεταστικής με την ονομασία που αυτό έχει δημιουργηθεί. Το πρόγραμμα αποθηκεύεται σε έναν ενιαίο πίνακα της βάσης δεδομένων που περιλαμβάνει τα προγράμματα όλων των Σχολών. Το πρόγραμμα κάθε Σχολής διακρίνεται με βάση τη Σχολή στην οποία αντιστοιχεί.

Στην Εικόνα 28 που ακολουθεί παρουσιάζεται τμήμα του πίνακα Exams της βάσης δεδομένων, ο οποίος περιέχει το πρόγραμμα εξετάσεων. Στην συγκεκριμένη περίπτωση παρουσιάζεται το πρόγραμμα εξεταστικής της Σχολής HMMY. Ξεκινώντας από αριστερά προς τα δεξιά, διακρίνεται στην πρώτη στήλη ο αριθμός εγγραφής του μαθήματος (course_id), η ονομασία του μαθήματος (course_name), η ημερομηνία διεξαγωγής εξέτασης του μαθήματος (date), το εξάμηνο στο οποίο ανήκει το μάθημα (semester), ο χρόνος διεξαγωγής της εξέτασης (timeslot), η Σχολή στην οποία ανήκει το μάθημα, ο αριθμός εγγραφής της αίθουσας που δεσμεύεται για τη συγκεκριμένη εξέταση σύμφωνα με το πλήθος των φοιτητών που θα εξεταστούν και τέλος η εξεταστική περίοδος στην οποία αντιστοιχεί η κάθε προγραμματισμένη εξέταση μαθήματος (exam_period_id). Σε περιπτώσεις όπου το πλήθος των φοιτητών που θα εξεταστούν είναι πολύ μεγαλύτερο από τη χωρητικότητα μίας αίθουσας, τότε δεσμεύονται περισσότερες αίθουσες με σκοπό την ομαλή διεξαγωγή της εξέτασης για όλους τους φοιτητές. Για παράδειγμα στην Εικόνα 29, για τα μαθήματα με μεγάλη συμμετοχή φοιτητών υπάρχουν περισσότερες από μία εγγραφές στον πίνακα, οι οποίες διαφέρουν μόνο ως προς το room_id, γιατί δεσμεύτηκαν περισσότερες από μία αίθουσες.

123 course_id	abc course_name	date	abc semester	123 timeslot	123 department_id	123 room_id	123 exam_period_id
162	Γραμμική Άλγεβρα	2025-01-07 00:00:00	FIRST	3	1	1	3
162	Γραμμική Άλγεβρα	2025-01-07 00:00:00	FIRST	3	1	2	3
20	Γενική Χημεία	2025-01-10 00:00:00	FIRST	3	1	1	3
20	Γενική Χημεία	2025-01-10 00:00:00	FIRST	3	1	2	3
17	Λογισμός Μίας Μεταβλητής	2025-01-13 00:00:00	FIRST	2	1	1	3
17	Λογισμός Μίας Μεταβλητής	2025-01-13 00:00:00	FIRST	2	1	2	3
17	Λογισμός Μίας Μεταβλητής	2025-01-13 00:00:00	FIRST	2	1	3	3
22	Λογική Σχεδίαση	2025-01-16 00:00:00	FIRST	0	1	1	3
22	Λογική Σχεδίαση	2025-01-16 00:00:00	FIRST	0	1	2	3
18	Εισαγωγή στον Προγραμματισμό	2025-01-20 00:00:00	FIRST	2	1	6	3
18	Εισαγωγή στον Προγραμματισμό	2025-01-20 00:00:00	FIRST	2	1	7	3
33	Θεωρία Πιθανοτήτων	2025-01-07 00:00:00	THIRD	0	1	1	3
33	Θεωρία Πιθανοτήτων	2025-01-07 00:00:00	THIRD	0	1	2	3
33	Θεωρία Πιθανοτήτων	2025-01-07 00:00:00	THIRD	0	1	3	3
29	Εργαλεία Ανάπτυξης Λογισμικού και I	2025-01-08 00:00:00	THIRD	3	1	1	3
29	Εργαλεία Ανάπτυξης Λογισμικού και I	2025-01-08 00:00:00	THIRD	3	1	2	3
31	Βασική Θεωρία Κυκλωμάτων	2025-01-11 00:00:00	THIRD	0	1	1	3
31	Βασική Θεωρία Κυκλωμάτων	2025-01-11 00:00:00	THIRD	0	1	2	3
31	Βασική Θεωρία Κυκλωμάτων	2025-01-11 00:00:00	THIRD	0	1	3	3
32	Ψηφιακά Υπολογιστικά Συστήματα	2025-01-14 00:00:00	THIRD	1	1	1	3
32	Ψηφιακά Υπολογιστικά Συστήματα	2025-01-14 00:00:00	THIRD	1	1	2	3
32	Ψηφιακά Υπολογιστικά Συστήματα	2025-01-14 00:00:00	THIRD	1	1	3	3
28	Σήματα και Συστήματα	2025-01-17 00:00:00	THIRD	2	1	1	3
28	Σήματα και Συστήματα	2025-01-17 00:00:00	THIRD	2	1	2	3
28	Σήματα και Συστήματα	2025-01-17 00:00:00	THIRD	2	1	3	3
28	Σήματα και Συστήματα	2025-01-17 00:00:00	THIRD	2	1	5	3
43	Λειτουργικά Συστήματα	2025-01-07 00:00:00	FIFTH	2	1	5	3
43	Λειτουργικά Συστήματα	2025-01-07 00:00:00	FIFTH	2	1	6	3
43	Λειτουργικά Συστήματα	2025-01-07 00:00:00	FIFTH	2	1	7	3
44	Εισαγωγή στην Κβαντική Υπολογιστική	2025-01-08 00:00:00	FIFTH	1	1	1	3
45	Ψηφιακή Επεξεργασία Σήματος	2025-01-11 00:00:00	FIFTH	2	1	1	3
45	Ψηφιακή Επεξεργασία Σήματος	2025-01-11 00:00:00	FIFTH	2	1	2	3
45	Ψηφιακή Επεξεργασία Σήματος	2025-01-11 00:00:00	FIFTH	2	1	3	3
48	Ηλεκτρονική 2	2025-01-14 00:00:00	FIFTH	0	1	1	3
48	Ηλεκτρονική 2	2025-01-14 00:00:00	FIFTH	0	1	2	3
48	Ηλεκτρονική 2	2025-01-14 00:00:00	FIFTH	0	1	3	3
47	Σχεδίαση και Ανάπτυξη Πληροφορική	2025-01-17 00:00:00	FIFTH	0	1	1	3
47	Σχεδίαση και Ανάπτυξη Πληροφορική	2025-01-17 00:00:00	FIFTH	0	1	2	3
65	Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας 2	2025-01-07 00:00:00	SEVENTH	1	1	2	3
65	Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας 2	2025-01-07 00:00:00	SEVENTH	1	1	3	3

Εικόνα 28. Τμήμα πίνακα Exams όπου αποθηκεύεται το ΩΠ εξεταστικής.

Στην Εικόνα 29 που ακολουθεί παρουσιάζεται ενδεικτικό πρόγραμμα εξεταστικής για τη Σχολή ΗΜΜΥ, όπως αυτό εξάγεται μέσω της εφαρμογής. Οι αντιστοιχίσεις μαθημάτων-καθηγητών έγιναν με βάση την τελευταία ΕΠ στο ΠΚ, και τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται για την παρουσίαση του προγράμματος εξετάσεων είναι ενδεικτικά (πλήθος φοιτητών και ημερομηνίες διεξαγωγής ΕΠ). Τέλος όταν δημιουργηθούν προγράμματα για πολλές εξεταστικές περιόδους ο χρήστης μπορεί να δει το πρόγραμμα που επιθυμεί, επιλέγοντας από το μενού την ονομασία της εξεταστικής που τον ενδιαφέρει.

Πολυτεχνείο Κρήτης

ECE_SECRETARY LOGOUT

Home

Professors

Courses

Rooms

Exams

Registrations

Exam Period Name

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΧΕΙΜΕΡΙΝΟΥ ΕΞΑΜΗΝΟΥ 2024-2025

#	Exam	Professor	Room	Count	Semester	Date	Time
1	Λογισμός Μίας Μεταβλητής	Διονύσιος Θεοδόσης-Παλι	137Π39,141Π98,145Π42	180	1	13/01/2025	15:00-18:00
2	Εισαγωγή στον Προγραμματισμό	Αικατερίνη Μανιά	2042_A2	100	1	20/01/2025	15:00-18:00
3	Γενική Χημεία	Νικόλαος Καλλιθρακας-Κόν	137Π39,141Π98	150	1	10/01/2025	18:00-21:00
4	Λογική Σχεδίαση	Απόστολος Δόλλας	137Π39,141Π98	145	1	16/01/2025	09:00-12:00
5	Σήματα και Συστήματα	Γεώργιος Καρυστινός	137Π39,141Π98,145Π42,145Π58,21	370	3	17/01/2025	15:00-18:00
6	Εργαλεία Ανάπτυξης Λογισμικού και Προγραμ	Νικόλαος Γιατράκος	137Π39,141Π98	90	3	08/01/2025	18:00-21:00
7	Βασική Θεωρία Κυκλωμάτων	Ευτύχιος Κουτρούλης	137Π39,141Π98,145Π42	210	3	11/01/2025	09:00-12:00
8	Ψηφιακά Υπολογιστικά Συστήματα	Σωτήριος Ιωαννίδης	137Π39,141Π98,145Π42	187	3	14/01/2025	12:00-15:00
9	Θεωρία Πιθανοτήτων	Βασίλειος Διγαλάκης	137Π39,141Π98,145Π42	220	3	07/01/2025	09:00-12:00
10	Λειτουργικά Συστήματα	Βασίλειος Σαμολαδός	2041,2042_A2	135	5	07/01/2025	15:00-18:00
11	Εισαγωγή στην Κβαντική Υπολογιστική	Δημητρίος Αγγελάκης	137Π39	20	5	08/01/2025	12:00-15:00
12	Ψηφιακή Επεξεργασία Σήματος	Μιχάλης Ζερβάκης	137Π39,141Π98,145Π42	189	5	11/01/2025	15:00-18:00
13	Σχεδίαση και Ανάπτυξη Πληροφορικών Συστ	Γεώργιος Χαλκιαδάκης	137Π39,141Π98	140	5	17/01/2025	09:00-12:00
14	Ηλεκτρονική 2	Ματίας Μπούχερ	137Π39,141Π98,145Π42	198	5	14/01/2025	09:00-12:00
15	Τηλεπικοινωνιακά Συστήματα 2	Άγγελος Μπλέτσας	137Π39,141Π98	167	7	17/01/2025	09:00-12:00
16	Αυτόνομοι Πράκτορες	Μιχαήλ Λαγουδάκης	137Π39	45	7	08/01/2025	15:00-18:00
17	Optimization	Διονύσιος Δόλλας	137Π39	23	7	14/01/2025	15:00-18:00

Εικόνα 29. Ενδεικτικό Πρόγραμμα Εξεταστικής Χειμερινού εξαμήνου 2024-2025 όπως παρουσιάζεται στην εφαρμογή.

Κεφάλαιο 6. Αξιολόγηση Εφαρμογής

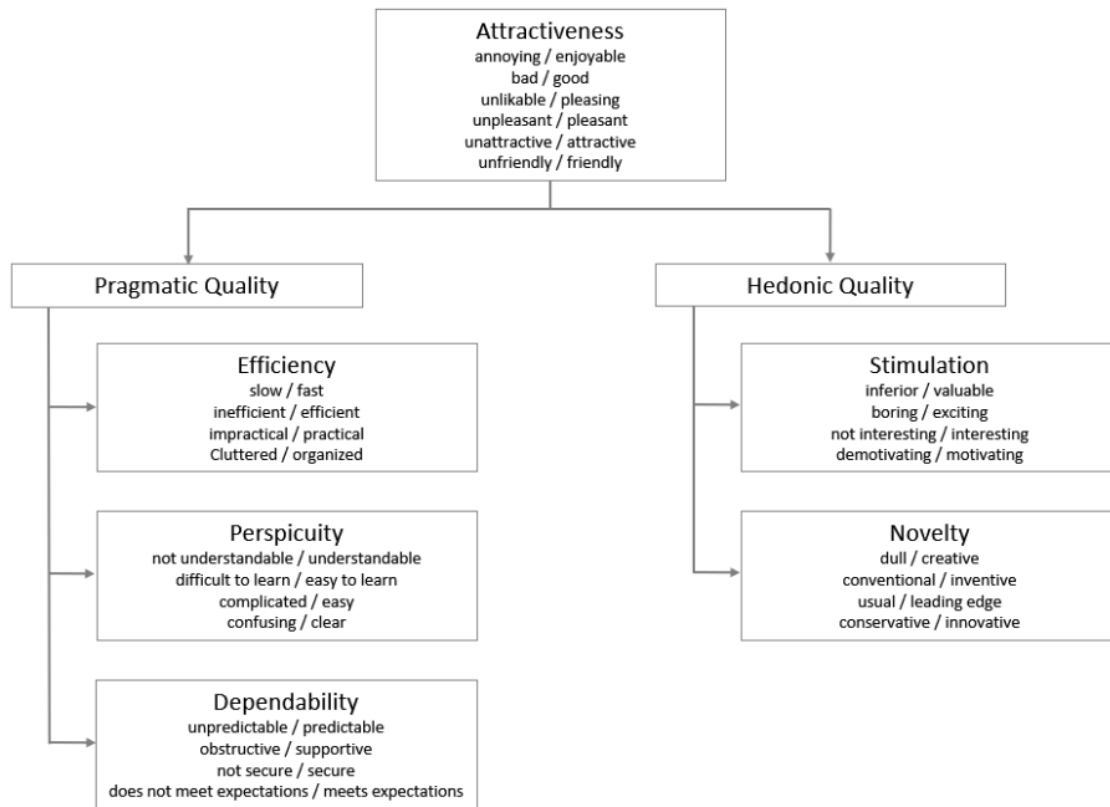
6.1 Ερωτηματολόγιο

Ο ρόλος του User Evaluation μέσω χρήσης, αλλά και του User Experience Questionnaire μέσω ανάλυσης, είναι ιδιαίτερα σημαντικός όσον αφορά στην ανάπτυξη μιας εφαρμογής. Πιο αναλυτικά, μια έρευνα User Experience (UX) συγκεντρώνει τις απαντήσεις των χρηστών σε συγκεκριμένες ερωτήσεις, δίνοντας στον προγραμματιστή μια συνολική εικόνα για την άποψη που έχουν οι χρήστες για την εφαρμογή και την ποιότητα της.

Το ερωτηματολόγιο αποτελείται από 26 ερωτήσεις, οι οποίες κατατάσσονται στις ακόλουθες 6 διαφορετικές κατηγορίες:

- **Attractiveness:** Αφορά τη συνολική άποψη των χρηστών για την εφαρμογή και κατά πόσο την θεωρούν ελκυστική στη χρήση.
- **Perspicuity:** Ο παράγοντας που εκτιμά εάν η εφαρμογή είναι εύκολη να κατανοηθεί ή αν θεωρείται περίπλοκη – δυσνόητη.
- **Efficiency:** Αποδοτικότητα της εφαρμογής.
- **Dependability:** Εστιάζει σε ζητήματα αλληλεπίδρασης του χρήστη με την εφαρμογή.
- **Stimulation:** Παρότρυνση των χρηστών για χρήση της εφαρμογής.
- **Novelty:** Μετρά τον βαθμό καινοτομίας της εφαρμογής.

Στην Εικόνα 30 παρουσιάζεται το διάγραμμα που αφορά τους πιο πάνω παράγοντες. Αναλυτικότερα, σύμφωνα με το διάγραμμα γίνεται φανερό πως οι 26 ερωτήσεις του ερωτηματολογίου χωρίζονται σε κατηγορίες και η κάθε κατηγορία δίνει ποσοστιαία ένα καθορισμένο scale. Η κλίμακα Attractiveness διακρίνεται σε δύο υποκατηγορίες, την Pragmatic Quality (Efficiency, Perspicuity, Dependability), και την Hedonic (Stimulation, Novelty). Επομένως, το κάθε scale εκφράζει ένα υποσύνολο ερωτήσεων που περιλαμβάνονται στο κάθε παραλληλόγραμμο.



Εικόνα 30. Γραφικό Διάγραμμα παραγόντων αξιολόγησης χρηστών .

	1	2	3	4	5	6	7		
ενοχλητικό	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	απολαυστικό	1
δυσνόητο	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	κατανοητό	2
δημιουργικό	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	αναποτελεσματικό	3
εύκολο στη μάθηση	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	δύσκολο στη μάθηση	4
πολύτιμο	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	υποδεέστερο	5
βαρετό	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	συναρπαστικό	6
αδιάφορο	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	ενδιαφέρον	7
απρόβλεπτο	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	προβλέψιμο	8
γρήγορο	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	αργό	9
εφευρετικό	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	συμβατικό	10
παρελκυστικό	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	υποστηρικτικό	11
καλό	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	κακό	12
περίπλοκο	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	εύκολο	13
αντιπαθητικό	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	συμπαθητικό	14
συνηθισμένο	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	πρωτοπόρο	15
δυσάρεστο	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	ευχάριστο	16
ασφαλές	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	ανασφαλές	17
ενθαρρυντικό	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	αποθαρρυντικό	18
ανταποκρίνεται στις προσδοκίες	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	δεν ανταποκρίνεται στις προσδοκίες	19
ανεπαρκές	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	επαρκές	20
σαφές	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	μπερδεμένο	21
μη πρακτικό	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	πρακτικό	22
οργανωμένο	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	ανοργάνωτο	23
ελκυστικό	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	απωθητικό	24
φιλικό	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	εχθρικό	25
συντηρητικό	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	καινοτόμο	26

Εικόνα 31. Ερωτηματολόγιο Αξιολόγησης Εφαρμογής.

Το ερωτηματολόγιο που παρουσιάζεται στην Εικόνα 31 προωθήθηκε προς απάντηση σε ένα σύνολο χρηστών, οι οποίοι είχαν τη δυνατότητα να δοκιμάσουν την εφαρμογή. Συγκεντρώθηκαν 14 δείγματα από τα οποία οι 9 ήταν άνδρες και οι 5 γυναίκες. Για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων αξιοποιήθηκε το εργαλείο Data Analysis Tool, το οποίο παρέχεται από το USER –EXPERIENCE – QUESTIONNAIRE (UEQ), και είναι διαθέσιμο στο ευρύ κοινό μέσω της διεύθυνσης <https://www.ueq-online.org/>.

6.2 Αποτελέσματα

Το εργαλείο Data Analysis Tool διευκολύνει την ανάλυση δεδομένων UEQ και περιλαμβάνει τα ακόλουθα WorkSheets:

- **WorkSheet 1, Input Data**

Σε αυτό το WorkSheet γίνεται η εισαγωγή των δεδομένων από το κάθε δείγμα, δημιουργώντας έναν πίνακα 14 γραμμών και 26 στηλών.

- **WorkSheet 2, DT**

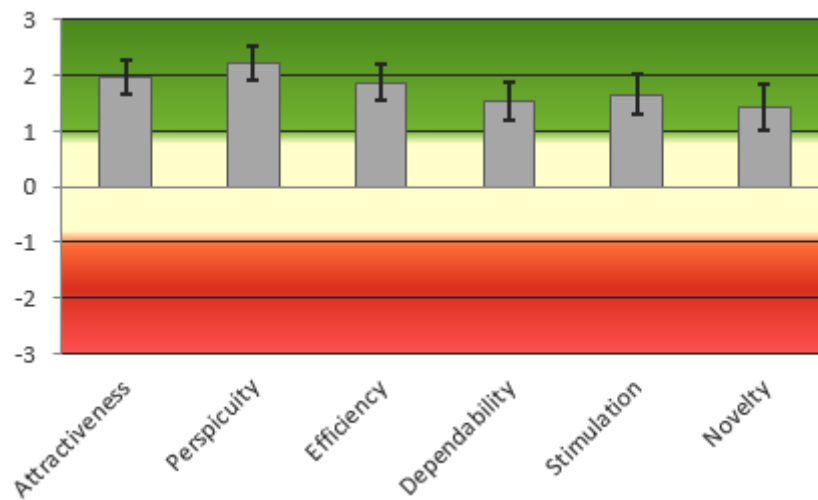
Στο WorkSheet 2 γίνεται η αυτόματη μεταφορά και μετατροπή των δεδομένων σε άλλες τιμές, και σε αυτόν τον πίνακα που έχει το ίδιο μέγεθος γίνεται η αντιστοίχιση των τιμών του πρώτου πίνακα στις νέες τιμές. Όσον αφορά το εύρος των τιμών στον νέο πίνακα, αυτές κυμαίνονται από -3, που εκφράζει την πιο αρνητική απάντηση έως +3 που εκφράζει την πιο θετική απάντηση.

- **WorkSheet 3, Results**

Το εργαλείο μπορεί επίσης να υπολογίσει την μέση τιμή (mean), αλλά και την διασπορά (variance) σε κάθε μια από τις 26 ερωτήσεις και για τα 15 διαφορετικά δείγματα. Επίσης, με τη χρήση του νέου πίνακα και λαμβάνοντας υπόψη τα στατιστικά στοιχεία μέσης τιμής και διασποράς, το εργαλείο μπορεί αυτόματα να δώσει ένα γενικό πίνακα με αποτελέσματα της μέσης τιμής και της διασποράς που αντιστοιχούν στις 6 διαφορετικές κλίμακες, όπως φαίνονται στην Εικόνα 32.

UEQ Scales (Mean and Variance)		
Attractiveness	↑ 1.964	0.32
Perspicuity	↑ 2.214	0.32
Efficiency	↑ 1.875	0.36
Dependability	↑ 1.536	0.45
Stimulation	↑ 1.661	0.49
Novelty	↑ 1.429	0.63

Εικόνα 32. Αποτελέσματα Αξιολόγησης.



Εικόνα 33. Διάγραμμα Αποτελεσμάτων.

Το εργαλείο ορίζει ένα ουδέτερο εύρος τιμών -0.8 και $+0.8$ όπου οι τιμές πάνω από $+0.8$ αντιστοιχούν σε μία θετική αξιολόγηση και οι τιμές που είναι μικρότερες του -0.8 σε μια αρνητική αξιολόγηση. Όπως φαίνεται στο διάγραμμα (Εικόνα 33) το εύρος των τιμών στον κατακόρυφο άξονα, που αντιστοιχεί στις τιμές του mean κυμαίνεται από -3 σε $+3$. Όταν προσεγγίζεται ο αριθμός $+3$ δηλώνεται ένα πολύ καλό σύστημα, ενώ όσο προσεγγίζεται η τιμή -3 το σύστημα είναι πολύ κακό. Παρόλα αυτά, το Data Analysis Tool σημειώνει λόγω του υπολογισμού του mean για διαφορετικά δείγματα είναι αδύνατον να καλυφθεί πλήρως το εύρος αυτό. Όπως φαίνεται στο πιο πάνω διάγραμμα (Εικόνα 33) σε όλες τις κατηγορίες οι τιμές είναι πάνω από το $+0.8$, και επομένως το σύστημα αντιμετωπίστηκε θετικά.

Συνοπτικός υπολογισμός των τριών κύριων παραγόντων του συστήματος.

Οι κλίμακες του UEQ μπορούν να ομαδοποιηθούν σε Pragmatic Quality (Perspicuity, Efficiency, Dependability) και Hedonic Quality (Stimulation, Originality).

Pragmatic and Hedonic Quality	
Attractiveness	1.96
Pragmatic Quality	1.88
Hedonic Quality	1.54

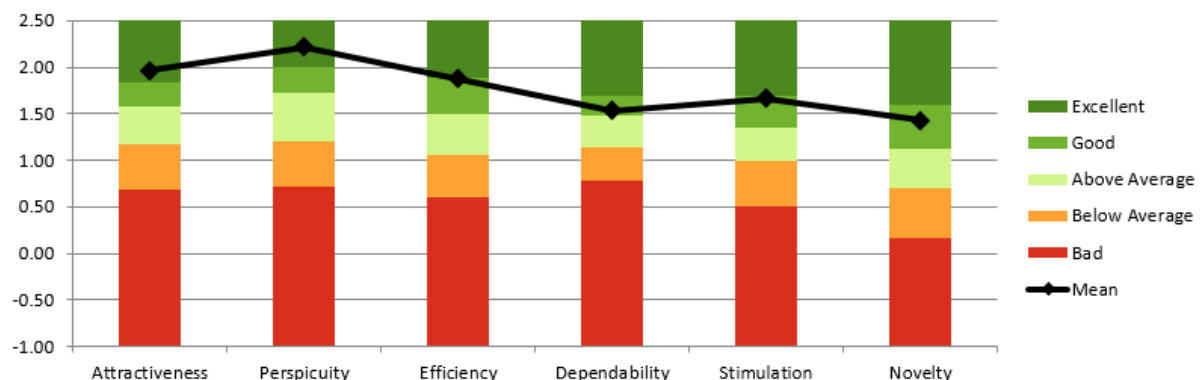
Εικόνα 34. Συνοπτικός Πίνακας Αποτελεσμάτων.

Worksheet 4, Σύγκριση αποτελεσμάτων με Benchmark

Το Benchmark dataset είναι ακόμη ένα χρήσιμο εργαλείο, το οποίο αξιοποιεί ένα σύνολο δεδομένων αναφοράς από 21175 άτομα σε 468 έρευνες που αφορούσαν διαφορετικά προϊόντα (καταστήματα ιστού και κοινωνικά δίκτυα, ιστοσελίδες και επιχειρηματικό λογισμικό) συγκριτικά με το αντικείμενο αξιολόγησης. Επομένως, με τη χρήση του εργαλείου αυτού βελτιώνουμε την εμπιστοσύνη στην εξαγωγή ασφαλούς συμπεράσματος για την ποιότητα του συστήματος που αξιολογείται. Στις Εικόνες 35 και 36 παρουσιάζονται οι μέσες της εφαρμογής και η κατάταξή τους σύμφωνα με την ποιότητά τους σε κάθε scale και με βάση τους υπολογισμούς του Benchmark.

Scale	Mean	Comparisson to benchmark	Interpretation
Attractiveness	1.96	Excellent	In the range of the 10% best results
Perspicuity	2.21	Excellent	In the range of the 10% best results
Efficiency	1.88	Good	10% of results better, 75% of results worse
Dependability	1.54	Good	10% of results better, 75% of results worse
Stimulation	1.66	Good	10% of results better, 75% of results worse
Novelty	1.43	Good	10% of results better, 75% of results worse

Εικόνα 35. Αναλυτική απεικόνιση αποτελεσμάτων.



Εικόνα 36. Αναλυτικό διάγραμμα αποτελεσμάτων.

Μετά από την μελέτη των αποτελεσμάτων που προκύπτουν από την ανάλυση με βάση την διαδικασία που παρουσιάστηκε πιο πάνω, καταλήγουμε στο συμπέρασμα πως η εφαρμογή έτυχε θετικής ανταπόκρισης, ώστε να αποτελέσει ένα χρήσιμο ψηφιακό εργαλείο.

Κεφάλαιο 7. Συμπεράσματα – Μελλοντικές προεκτάσεις

7.1 Συμπεράσματα

Το πρόβλημα του ΩΠ εντάσσεται στα NP-Complete προβλήματα, λόγω της πολυπλοκότητας, της ποικιλομορφίας και της συνδυαστικής του μορφής. Η υλοποίηση του ΩΠ μαθημάτων και εξετάσεων προκάλεσαν και προκαλούν το ενδιαφέρον των ερευνητών και έχουν προταθεί ποικίλες μέθοδοι επίλυσης του προβλήματος. Οι μέθοδοι και οι τεχνικές επίλυσης που μπορούν να εφαρμοστούν για την ανάπτυξη μιας λειτουργικής και αποτελεσματικής λύσης παρουσιάζουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα.

Η διαδικασία κατάρτισης ΩΠ από την αρχή μέχρι το τέλος παραμένει μια δύσκολη, επίπονη και χρονοβόρα διαδικασία. Η συνεχής όμως έρευνα και η εντατική επιστημονική ενασχόληση με το πρόβλημα ΩΠ οδήγησαν στην αυτόματη και γρήγορη υλοποίηση ΩΠ με τη χρήση διαδραστικών εργαλείων, που επιτρέπουν τροποποιήσεις λύσεων, καθώς και τον έλεγχο των τροποποιήσεων αυτών, ώσπου να δημιουργηθεί με επιτυχία το ΩΠ (FET). Επίσης, σε αρκετά Πανεπιστήμια γίνονται προσπάθειες υλοποίησης ΩΠ σε περιβάλλον WEB με σημαντικά οφέλη, γιατί ταυτόχρονα ενσωματώνονται όλα τα δεδομένα και οι περιορισμοί του προβλήματος, καθώς και οι πρόσθετοι στόχοι που θέτει το κάθε Πανεπιστήμιο, σύμφωνα με τους κανόνες λειτουργίας του (UdpScheduler). Είναι σημαντικό να επισημανθεί ότι η πρόοδος στον τομέα του ωρολογίου προγραμματισμού είναι συνεχής και δυναμική. Με την ταχεία εξέλιξη της τεχνολογίας και την ανάπτυξη ισχυρών αλγορίθμων, οι δυνατότητες για την αυτόματη δημιουργία ΩΠ μπορούν να βελτιώνονται συνεχώς.

Ακρογωνιαίος λίθος για την υλοποίηση ΩΠ είναι η συλλογή, η καταγραφή και η διαχείριση όλων των πληροφοριών που απαιτούνται. Η συγκέντρωση όλων αυτών των δεδομένων είναι επίπονη και χρονοβόρα και ελάχιστα ευέλικτη σε τυχόν τροποποιήσεις. Μια εφαρμογή σε περιβάλλον WEB μπορεί να αποτελέσει σημαντική διευκόλυνση στη διαδικασία υλοποίησης ΩΠ. Όπως παρουσιάζεται στην παρούσα διπλωματική εργασία, η διεπαφή που δημιουργήθηκε επιτρέπει την άμεση αλληλεπίδραση του χρήστη με τις πληροφορίες, τα δεδομένα και τους πόρους που απαιτούνται για τον καταρτισμό προγράμματος. Επίσης με τρόπο εύκολο και γρήγορο μπορεί να γίνει διαχείριση και τροποποίηση των πληροφοριών. Καθοριστική σημασία έχει ο απλός, ευριστικός αλγόριθμος,

ο οποίος υλοποιήθηκε για να δώσει τη δυνατότητα κατάρτισης ΩΠ εξετάσεων, με βάση τις πληροφορίες και τα δεδομένα που συγκεντρώνει η εφαρμογή στη βάση δεδομένων.

7.2 Μελλοντικές Προεκτάσεις

Η εφαρμογή που υλοποιήθηκε και παρουσιάζεται στην παρούσα διπλωματική εργασία θα μπορούσε να βελτιωθεί και να επεκταθεί σε μελλοντικό στάδιο με τους ακόλουθους τρόπους:

- Η εφαρμογή είναι λειτουργική και σε μια μελλοντική προέκταση θα μπορούσε να γίνει προσθήκη του πρωτόκολλου LDAP (Lightweight Directory Access Protocol), δίνοντας τη δυνατότητα στους χρήστες να συνδεθούν απευθείας από το πρωτόκολλο LDAP του ΠΚ στην εφαρμογή με τον ιδρυματικό τους λογαριασμό, χωρίς να πρέπει να εγγραφούν σε αυτή. Ειδικότερα οι Γραμματείες των Σχολών θα μπορούν να συνδεθούν με τη χρήση του ιδρυματικού τους λογαριασμού, αφού τα στοιχεία τους είναι ήδη καταχωρημένα στο πρωτόκολλο. Έτσι δίνεται η δυνατότητα εισαγωγής των μαθημάτων ξεχωριστά. Επιπλέον με τη χρήση του πρωτόκολλου LDAP η Τεχνική Υπηρεσία του ΠΚ θα μπορεί να ενεργεί σε ό,τι αφορά τις διαθέσιμες αίθουσες για την κάθε ΕΠ. Τέλος σε μια μελλοντική προέκταση, εφόσον και οι καθηγητές συνδέονται με τη χρήση του πρωτοκόλλου, μπορούν να δημιουργηθούν επιπλέον σελίδες στην εφαρμογή, μέσω των οποίων οι καθηγητές θα δηλώνουν τους περιορισμούς τους και τις εξατομικευμένες προτιμήσεις τους.
- Η βελτίωση του αλγόριθμου που υλοποιήθηκε, ώστε να καταστεί πιο αποτελεσματικός, με την αξιοποίηση των δεδομένων που προσφέρει η εφαρμογή Ιστού και με περισσότερους ακόμη περιορισμούς, θα μπορούσε να οδηγήσει σε βέλτιστες λύσεις κατάρτισης ΩΠ εξετάσεων, οι οποίες θα ικανοποιούν όσο το δυνατόν περισσότερες απαιτήσεις του πανεπιστημιακού ιδρύματος, των καθηγητών αλλά και των φοιτητών. Η εφαρμογή που παρουσιάζεται στην παρούσα διπλωματική εργασία, παρέχει το απαραίτητο υλικό για να «χτιστεί» εύκολα πάνω σε αυτό ο όποιος αλγόριθμος επίλυσης και βελτιστοποίησης του προβλήματος ΩΠ εξετάσεων. Τέλος η συνεχής έρευνα για την ανάπτυξη πιο αποτελεσματικών αλγορίθμων, αλλά και η χρήση της Τεχνητής Νοημοσύνης μπορούν να συμβάλουν σημαντικά στη

βελτίωση της διαδικασίας του ΩΠ, αλλά και στην εύρεση ικανού αλγόριθμου.

- Θα μπορούσε επιπλέον να γίνει διασύνδεση της εφαρμογής με το Φοιτητολόγιο του ΠΚ, μέσω των API (Διεπαφές Προγραμματισμού Εφαρμογών), το οποίο περιέχει στοιχεία απαραίτητα για την υλοποίηση ΩΠ εξετάσεων. Με τον συγχρονισμό των δύο αυτών εφαρμογών θα μπορεί να επιτευχθεί σε μεγάλο βαθμό επικύρωση των δεδομένων για τον ΩΠ εξετάσεων.
- Μελλοντικά, εφόσον ληφθούν υπόψη και υλοποιηθούν τα πιο πάνω, η εφαρμογή θα μπορούσε να αποτελέσει ένα ολοκληρωμένο πληροφοριακό σύστημα σε χρήση και να είναι διαθέσιμο από τη διεύθυνση για παράδειγμα www.schedule.tuc.gr

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Shadkam, E., & Rajabi, R. (2021). An integer mathematical model for the problem of timetabling university exams. *Journal of Brilliant Engineering*, 3, 11-15. <https://doi.org/10.36937/ben.2021.003.003>
- [2] Κουνδουράκης, Δ. (2013). Πολυκριτήρια βελτιστοποίηση στον προγραμματισμό του εκπαιδευτικού έργου πανεπιστημιακών ιδρυμάτων. [Μεταπτυχιακή Διατριβή, Πολυτεχνείο Κρήτης]. <https://dias.library.tuc.gr/view/13802>
- [3] Carter, W. M. (1986). A survey of practical applications of examination timetabling algorithm. *Operation Research*, 34(2),193-202.
- [4] Werra, D. (1985). An introduction to timetabling. *European Journal of Operational Research*, 19(2), 151-162.
- [5] Mumford, L. C. (n.d.). An Order Based Memetic Evolutionary Algorithm for Set Partitioning Problems. *School of Computer Science, Cardiff University*.
- [6] Antony, E. P., Hamish, W., Matthias, E., & David, R. (2015). Integer programming methods for large-scale practical classroom assignment problems. *Computers & Operations Research*, 53, 42-53. DOI:[10.1016/j.cor.2014.07.012](https://doi.org/10.1016/j.cor.2014.07.012).
- [7] Dinkel, J. J., Mote, J., & Venkataraman, M. A. (1989). OR Practice—An Efficient Decision Support System for Academic Course Scheduling. *Operation Research*, 37(6), 853-864. <https://doi.org/10.1287/opre.37.6.853>.
- [8] Πολυτεχνείο Κρήτης. (2023). Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης, *Οδηγός Προπτυχιακών Σπουδών*. https://www.pem.tuc.gr/fileadmin/users_data/dpem/useful/undergraduate/2023_2024_Odigos_Spoudon_v1_0.pdf
- [9] Πολυτεχνείο Κρήτης. (2023). Σχολή Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, *Οδηγός Προπτυχιακών Σπουδών*. https://www.mred.tuc.gr/fileadmin/users_data/mred_2022/_uploads/%CE%9F%CE%94%CE%97%CE%93%CE%9F%CE%A3_%CE%A3%CE%A0%CE%9F%CE%A5%CE%94%CE%A9%CE%9D_2023-24_1.pdf

- [10] Πολυτεχνείο Κρήτης. (2023). Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, *Οδηγός Προπτυχιακών Σπουδών*.
https://www.ece.tuc.gr/fileadmin/users_data/eced/data/programGuides/undergraduate/2023_ECE_UndergraduateProgramGuide2023_v06_20230828.pdf
- [11] Πολυτεχνείο Κρήτης. (2023). Σχολή Χημικών Μηχανικών και Μηχανικών Περιβάλλοντος, *Οδηγός Προπτυχιακών Σπουδών*.
https://www.chenveng.tuc.gr/fileadmin/users_data/enveng/pdf/proptixiaka/Guides/%CE%9F%CE%94%CE%97%CE%93%CE%9F%CE%A3_%CE%A3%CE%A0%CE%9F%CE%A5%CE%94%CE%A9%CE%9D_%CE%95L_2023_2024.pdf
- [12] Πολυτεχνείο Κρήτης. (2023). Σχολή Αρχιτεκτόνων Μηχανικών, *Οδηγός Προπτυχιακών Σπουδών*.
https://www.arch.tuc.gr/fileadmin/users_data/arch_tpl/documents/Odigos-Spoudwn-2022-2023.pdf
- [13] Glover, F. (1989). Tabu Search- Part I. *ORSA Journal on Computing*, 1(3),190-206.
<https://doi.org/10.1287/ijoc.1.3.190>
- [14] Χασιακός, Π., & Τσίκας, Π. Αναζήτηση με Απαγορευμένες Καταστάσεις. *Πανεπιστήμιο Πατρών*.
<https://eclass.upatras.gr/modules/document/file.php/CIV1756/Tabu%20Search.pdf>
- [15] Μπαϊράμογλου, Χ. (2012). Χειρισμός Προτιμήσεων για την αποδοτική κατασκευή προγράμματος εξεταστικής περιόδου. [Διπλωματική Εργασία, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας],
<https://dspace.uowm.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/2607/diplwmatiki.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [16] Hertz, A. (1991). Tabu Search for large scale timetabling problems. *European Journal of Operational Research*, 1(54), 39-47.
- [17] White, M. G., & Xie, S. B. (2001). “Examination Timetables and Tabu Search with longer-term memory”, in Burke, E.K. and Erben, W. (Eds), *Practice and Theory of Automated Timetabling III*, Springer Verlag, Berlin, pp. 85-103.
- [18] Carter, M. W., Laporte, G., & Lee, Y. G. (1996). Examination Timetabling: Algorithmic Strategies and Applications, *The Journal of the Operational Research Society*, 47,373-383.
<https://doi.org/10.1057/jors.1996.37>

- [19] Di Gaspero, L., & Schaerf. (2001). Tabu Search Techniques for Examination Timetabling. *Universita di Udine*
https://www.researchgate.net/publication/2358652_Tabu_Search_Techniques_for_Examination_Timetabling
- [20] Abdelaziz, D., Hichem, K., & Abdelkarim, E. (2007). An enterprise system component based on graph colouring for exam timetabling: A case study in a Tunisian university. *Transforming Government People Process and Policy*, 1(3), 255-270. DOI [10.1108/17506160710778095](https://doi.org/10.1108/17506160710778095)
- [21] Addin, O., Adlan, B., Anwar, A. Y., & Yahya, A. A. (2011). A Survey of University Courses Timetable Scheduling Problem, *Journal of Computing*.
- [22] Hayat, A., Hosam, A., Tahani, A., & Abdullah, B. (2020). A Review of Optimization Algorithms for University Timetable Scheduling. *Engineering, Technology & Applied Science Research*, 10(6), 6410-6417.
- [23] Nwufoh, C. V., Achimugu, P. O., Achimugu, O., & Chollo, D. T. (2021). A Hard Constraint Satisfaction Problem (HCSP) Algorithm for University Course Time Tabling. *1st International Conference on Data Science and Engineering, Nigeria*.
- [24] Πρόγραμμα Μαθημάτων – Αιθουσών Πολυτεχνείο Κρήτης
<https://www.program.tuc.gr/Web/view-schedule.php?sid=1>
- [25] Πρόγραμμα Αιθουσών Κοινόχρηστων Υπολογιστών (Μηχανογραφικό Κέντρο)
<https://www.program.tuc.gr/Web/view-schedule.php?sid=5>
- [26] Miranda, J., Rey, A. P., & Robles, M. J. (2011). udpSkeduler: A Web architecture based decision support system for course and classroom scheduling. *Decision Support Systems*, 52(2), 505-513. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2011.10.011>
- [27] Mansor, B. Z., Ashri, M., & Arbain. J. (2013). Implementation of FET Application in Generating a University Course and Examination Timetabling. *The Second International Conference on Information Technology and Business Application Palembang, Indonesia*.
- [28] Azman, W., Adnan, A. F., Yahya, R. Z., Junoh, K. A., & Zakaria, H. M. (2018). Solving University Course Timetabling Problems using FET Software. *Proceeding of the International Conference on Mathematics, Engineering and Industrial Applications*.
<https://doi.org/10.1063/1.5054251>.

- [29] Ozan, A. (2020, November 20-21). University Exam Timetabling Using Genetic Algorithm. *International Scientific Conference*, 395-399, Gabrovo, Bulgaria.
<https://www.researchgate.net/publication/2358652>
- [30] Lim, A., Ang, J., Ho, W., & Oon, W. (2002). UTTSExam: A Campus-Wide University Exam-Timetabling System. *School of Computing, National University of Singapore*.
- [31] Pillay, N. (2014). A survey of school timetabling research. *Annals of Operations Research*, 218(1), 261-293. DOI: [10.1007/s10479-013-1321-8](https://doi.org/10.1007/s10479-013-1321-8).
- [32] Ukpai, U. (2023). The effect of MVC Architecture on Nocode and Lowcode Tools (using BackboneJs and GrapesJs as an example). *Babcock University Ilishan-Remo, Nigeria*.
- [33] Microsoft, Inc. (2024) “What is Java Spring Boot?” Technical Report
<https://azure.microsoft.com/en-us/resources/cloud-computing-dictionary/what-is-java-spring-boot>
- [34] Daliminthe, S., Putra, H. E., & Ridha, A. M. (2023). Restful API security using JSON web token with HMAC – SHA512 algorithm in session management. *Journal Research and Development*, 8 (1), 81-94. DOI: 10.25299/itjrd.2023.12029.
- [35] Fielding, T. R., & Taylor, N. R. (2002). Principled Design of the Modern Web Architecture. *ACM Transaction on Internet Technology*, 2 (2), 115-150. DOI: [10.1145/514183.514185](https://doi.org/10.1145/514183.514185)
- [36] Trad, A. (2022). API Testing.
- [37] BezKoder blog (2023) “Spring Boot + Vue.js: Authentication with JWT & Spring Security Example”.
<https://www.bezkoder.com/spring-boot-vue-js-authentication-jwt-spring-security/>
- [38] Zlatinov, Z., & Angelova, N. (2023). Web application of movie catalogue with React. *SHS Web of Conferences*, 176. <https://doi.org/10.1051/shsconf/202317602012>