ΕΤΕ911 Παρακολούθηση της Υγιούς Λειτουργίας Σύγχρονων Κατασκευών

(1) ΓΕΝΙΚΑ

ΣΧΟΛΗ	ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ		
ΤΜΗΜΑ	ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΥΛΙΚΩΝ		
ΕΠΙΠΕΔΟ ΣΠΟΥΔΩΝ	ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΟ		
ΚΩΔΙΚΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ	ΕΤΕ 911	**ΕΞΑΜΗΝΟ ΣΠΟΥΔΩΝ**	9ο
ΤΙΤΛΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ	Παρακολούθηση της Υγιούς Λειτουργίας Σύγχρονων Κατασκευών		

ΑΥΤΟΤΕΛΕΙΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ *σε περίπτωση που οι πιστωτικές μονάδες απονέμονται σε διακριτά μέρη του μαθήματος π.χ. Διαλέξεις, Εργαστηριακές Ασκήσεις κ.λπ. Αν οι πιστωτικές μονάδες απονέμονται ενιαία για το σύνολο του μαθήματος αναγράψτε τις εβδομαδιαίες ώρες διδασκαλίας και το σύνολο των πιστωτικών μονάδων*	**ΕΒΔΟΜΑΔΙΑΙΕΣ ΩΡΕΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ**	**ΠΙΣΤΩΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ**
Διαλέξεις και Εργαστηριακές Ασκήσεις	3	3
Προσθέστε σειρές αν χρειαστεί. Η οργάνωση διδασκαλίας και οι διδακτικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται περιγράφονται αναλυτικά στο (δ).		

ΤΥΠΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ *γενικού υποβάθρου, ειδικού υποβάθρου, ειδίκευσης* *γενικών γνώσεων, ανάπτυξης δεξιοτήτων*	Ειδίκευσης/ Κατεύθυνσης
ΠΡΟΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΑ ΜΑΘΗΜΑΤΑ:	ΟΧΙ
ΓΛΩΣΣΑ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ και ΕΞΕΤΑΣΕΩΝ:	Ελληνική
ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ ΠΡΟΣΦΕΡΕΤΑΙ ΣΕ ΦΟΙΤΗΤΕΣ ERASMUS	ΝΑΙ
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΣΕΛΙΔΑ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ (URL)	-

(2) ΜΑΘΗΣΙΑΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Μαθησιακά Αποτελέσματα

Περιγράφονται τα μαθησιακά αποτελέσματα του μαθήματος οι συγκεκριμένες γνώσεις, δεξιότητες και ικανότητες καταλλήλου επιπέδου που θα αποκτήσουν οι φοιτητές μετά την επιτυχή ολοκλήρωση του μαθήματος.

Συμβουλευτείτε το Παράρτημα Α

- *Περιγραφή του Επιπέδου των Μαθησιακών Αποτελεσμάτων για κάθε ένα κύκλο σπουδών σύμφωνα με το Πλαίσιο Προσόντων του Ευρωπαϊκού Χώρου Ανώτατης Εκπαίδευσης*
- *Περιγραφικοί Δείκτες Επιπέδων 6, 7 & 8 του Ευρωπαϊκού Πλαισίου Προσόντων Διά Βίου Μάθησης και το Παράρτημα Β*
- *Περιληπτικός Οδηγός συγγραφής Μαθησιακών Αποτελεσμάτων*

Με την επιτυχή ολοκλήρωση του μαθήματος, οι φοιτητές θα είναι σε θέση να:

1. Κατανοούν τις βασικές αρχές της Παρακολούθησης Υγιούς Λειτουργίας Κατασκευών (SHM) και τη διάκριση μεταξύ μη καταστροφικών δοκιμών (NDT/ NDE) και SHM.
2. Αναγνωρίζουν μηχανισμούς βλάβης (ρωγμές, κόπωση, διάβρωση, αποκόλληση, κ.ά.).
3. Περιγράφουν και εφαρμόζουν μεθόδους αισθητήρων (strain gauges, piezoelectric sensors, FBG, acoustic emission, υπερήχους, vibration-based methods).
4. Αναλύουν δυναμική απόκριση κατασκευών (ιδιοσυχνότητες, μορφές ταλάντωσης, damping).
5. Εφαρμόζουν βασικές τεχνικές επεξεργασίας σήματος (FFT, φασματική ανάλυση, time-frequency).
6. Κατανοούν δείκτες βλάβης και τεχνικές εντοπισμού/ποσοτικοποίησης βλάβης.
7. Σχεδιάζουν βασικό σύστημα SHM για σκυροδετημένη/μεταλλική ή σύμμικτη κατασκευή.
8. Αξιολογούν δεδομένα με χρήση βασικών αλγορίθμων στατιστικής ή machine learning.

Το μάθημα ανταποκρίνεται στο **Επίπεδο 6 (EQF)**, με ανάπτυξη αναλυτικής και κριτικής ικανότητας σε εφαρμογές μηχανικής.

Γενικές Ικανότητες

Λαμβάνοντας υπόψη τις γενικές ικανότητες που πρέπει να έχει αποκτήσει ο πτυχιούχος (όπως αυτές αναγράφονται στο Παράρτημα Διπλώματος και παρατίθενται ακολούθως) σε ποια / ποιες από αυτές αποσκοπεί το μάθημα;.

Αναζήτηση, ανάλυση και σύνθεση δεδομένων και πληροφοριών, με τη χρήση και των απαραίτητων τεχνολογιών

Προσαρμογή σε νέες καταστάσεις

Λήψη αποφάσεων

Αυτόνομη εργασία

Ομαδική εργασία

Εργασία σε διεθνές περιβάλλον

Εργασία σε διεπιστημονικό περιβάλλον

Παράγωγή νέων ερευνητικών ιδεών

Σχεδιασμός και διαχείριση έργων

Σεβασμός στη διαφορετικότητα και στην πολυπολιτισμικότητα

Σεβασμός στο φυσικό περιβάλλον

Επίδειξη κοινωνικής, επαγγελματικής και ηθικής υπευθυνότητας και ευαισθησίας σε θέματα φύλου

Άσκηση κριτικής και αυτοκριτικής

Προαγωγή της ελεύθερης, δημιουργικής και επαγωγικής σκέψης

……

Άλλες…

…….

Το μάθημα αποσκοπεί στην ανάπτυξη των εξής ικανοτήτων:

- Αναζήτηση, ανάλυση και σύνθεση δεδομένων
- Χρήση σύγχρονων τεχνολογιών μέτρησης και επεξεργασίας σήματος
- Λήψη τεχνικών αποφάσεων
- Αυτόνομη εργασία
- Ομαδική εργασία
- Εργασία σε διεπιστημονικό περιβάλλον (Μηχανική – Υλικά – Ηλεκτρονικά – AI)
- Παραγωγή νέων ερευνητικών ιδεών
- Άσκηση κριτικής σκέψης
- Σχεδιασμός και διαχείριση τεχνικού έργου

(3) ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

Το μάθημα «Παρακολούθηση της Υγιούς Λειτουργίας Σύγχρονων Κατασκευών» εστιάζει στις αρχές και τις τεχνολογίες Structural Health Monitoring (SHM) με έμφαση σε κατασκευές οπλισμένου και προεντεταμένου σκυροδέματος, καθώς και σε μεταλλικές και σύμμικτες φέρουσες δομές και σε ασφαλτικά για τον έλεγχο οδικών δικτύων.

Αρχικά παρουσιάζεται η φιλοσοφία της δομικής παρακολούθησης και η διάκριση μεταξύ μη καταστροφικού ελέγχου (NDT/NDE) και συστημάτων συνεχούς επιτήρησης. Αναλύονται οι βασικοί μηχανισμοί βλάβης σε κατασκευές σκυροδέματος, όπως ρηγμάτωση λόγω κάμψης ή διάτμησης, ερπυσμός και συστολή ξήρανσης, ενανθράκωση, διείσδυση χλωριόντων, διάβρωση οπλισμού, αποκόλληση επικάλυψης και απώλεια δυσκαμψίας. Εξετάζεται επίσης η συμπεριφορά γεφυρών, πλακών, υποστυλωμάτων και τοιχωμάτων υπό στατική και δυναμική φόρτιση.

Στη συνέχεια αναπτύσσονται οι τεχνολογίες αισθητήρων και τα συστήματα μέτρησης που εφαρμόζονται σε κατασκευές σκυροδέματος, όπως:

- μετρητές παραμόρφωσης (strain gauges) επιφανειακοί και ενσωματωμένοι,
- αισθητήρες παρακολούθησης διάβρωσης οπλισμού,
- πιεζοηλεκτρικοί αισθητήρες υπερήχων,
- αισθητήρες οπτικών ινών (Fiber Bragg Gratings),
- τεχνικές ακουστικής εκπομπής,
- επιταχυνσιόμετρα για δυναμική ταυτοποίηση,
- θερμογραφία υπερύθρου και μέθοδοι impact-echo.

Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στη δυναμική ταυτοποίηση κατασκευών σκυροδέματος, στη μεταβολή ιδιοσυχνοτήτων και μορφών ταλάντωσης ως δείκτη βλάβης, καθώς και στην αξιολόγηση της μείωσης δυσκαμψίας λόγω ρηγμάτωσης ή διάβρωσης. Παρουσιάζονται βασικές τεχνικές επεξεργασίας σήματος (φασματική ανάλυση, FFT, φιλτράρισμα, time–frequency τεχνικές) και εισαγωγή σε δείκτες βλάβης (damage indices) για τον εντοπισμό και την ποσοτικοποίηση δομικών αλλοιώσεων.

Το μάθημα ολοκληρώνεται με εφαρμογές σε γέφυρες, κτήρια, φράγματα και λοιπές υποδομές, καθώς και με εισαγωγή σε data-driven προσεγγίσεις και βασικές τεχνικές μηχανικής μάθησης για την ταξινόμηση καταστάσεων λειτουργίας (υγιής – υποβαθμισμένη – κρίσιμη κατάσταση).

Η θεωρητική διδασκαλία υποστηρίζεται από εργαστηριακές ασκήσεις και ανάλυση πραγματικών ή προσομοιωμένων δεδομένων από κατασκευές σκυροδέματος ή/και μεταλλικών, με στόχο τη σύνδεση θεωρίας και πρακτικής εφαρμογής στη σύγχρονη μηχανική υποδομών.

(4) ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ και ΜΑΘΗΣΙΑΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ - ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

ΤΡΟΠΟΣ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ *Πρόσωπο με πρόσωπο, Εξ αποστάσεως εκπαίδευση κ.λπ.*	Πρόσωπο με πρόσωπο στη τάξη
ΧΡΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ *Χρήση Τ.Π.Ε. στη Διδασκαλία, στην Εργαστηριακή Εκπαίδευση, στην Επικοινωνία με τους φοιτητές*	Στο πλαίσιο του μαθήματος αξιοποιούνται σύγχρονες τεχνολογίες καταγραφής, επεξεργασίας και ανάλυσης δεδομένων με βασικό εργαστηριακό εξοπλισμό την προσομοίωση καλωδιακής γέφυρας (cable-stayed bridge) της PASCO. Το σύστημα αυτό επιτρέπει την πειραματική διερεύνηση της στατικής και δυναμικής συμπεριφοράς μιας

γέφυρας μέσω ενσωματωμένων επιταχυνσιομέτρων, και δυναμικών μετρήσεων.

Η συλλογή των πειραματικών δεδομένων πραγματοποιείται μέσω διατάξεων DAQ και περιβάλλοντος LabVIEW, το οποίο χρησιμοποιείται για:

- λήψη και καταγραφή σημάτων σε πραγματικό χρόνο (μεταβολές φορτίου, επιταχύνσεις),
- δημιουργία εικονικών οργάνων (virtual instruments – VIs) για παρακολούθηση της δομικής απόκρισης,
- ταυτόχρονη πολυκαναλική μέτρηση και συγχρονισμό δεδομένων,
- απεικόνιση χρονικών ιστορικών και φασματικών διαγραμμάτων,
- βασική επεξεργασία σήματος (φιλτράρισμα, FFT, υπολογισμός ιδιοσυχνοτήτων),
- ανάπτυξη αυτοματοποιημένων σεναρίων δοκιμών φόρτισης.

Μέσω του LabVIEW οι φοιτητές εξοικειώνονται με την έννοια των συστημάτων παρακολούθησης σε πραγματικό χρόνο (real-time monitoring) και την ανάπτυξη απλών αλγορίθμων εντοπισμού μεταβολών στη δυναμική συμπεριφορά της κατασκευής. Δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στη μεταβολή των ιδιοσυχνοτήτων και των εσωτερικών δυνάμεων στα καλώδια ως δείκτες πιθανής δομικής αλλοίωσης.

Επιπλέον, τα δεδομένα εξάγονται για περαιτέρω ανάλυση σε MATLAB ή Python, όπου εφαρμόζονται τεχνικές φασματικής ανάλυσης, υπολογισμού δεικτών βλάβης και βασικές μέθοδοι αναγνώρισης προτύπων. Με τον τρόπο αυτό οι φοιτητές καλύπτουν όλο τον κύκλο ενός συστήματος SHM: από τον αισθητήρα και την απόκτηση δεδομένων έως την ανάλυση, ερμηνεία και τεχνική αξιολόγηση της δομικής ακεραιότητας.

Η ενσωμάτωση των ΤΠΕ στο εργαστήριο μετατρέπει το μάθημα σε εφαρμοσμένο περιβάλλον εκπαίδευσης, προσομοιώνοντας τις τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται σε πραγματικά συστήματα παρακολούθησης γεφυρών και υποδομών.

ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ

Περιγράφονται αναλυτικά ο τρόπος και μέθοδοι διδασκαλίας.

Διαλέξεις, Σεμινάρια, Εργαστηριακή Άσκηση, Άσκηση Πεδίου, Μελέτη & ανάλυση βιβλιογραφίας, Φροντιστήριο, Πρακτική (Τοποθέτηση), Κλινική Άσκηση, Καλλιτεχνικό Εργαστήριο, Διαδραστική διδασκαλία, Εκπαιδευτικές επισκέψεις, Εκπόνηση μελέτης

Δραστηριότητα	***Φόρτος Εργασίας Εξαμήνου***
Διαλέξεις	30
Εργαστηριακές ασκήσεις	9
Μη καθοδηγούμενη μελέτη φοιτητή	26

(project), Συγγραφή εργασίας / εργασιών, Καλλιτεχνική δημιουργία, κ.λπ. *Αναγράφονται οι ώρες μελέτης του φοιτητή για κάθε μαθησιακή δραστηριότητα καθώς και οι ώρες μη καθοδηγούμενης μελέτης σύμφωνα με τις αρχές του ECTS*	προετοιμασίας τελικής εξέτασης μαθήματος	
	Εκπόνηση Project	10
	Σύνολο Μαθήματος	**75**
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΦΟΙΤΗΤΩΝ *Περιγραφή της διαδικασίας αξιολόγησης* *Γλώσσα Αξιολόγησης, Μέθοδοι αξιολόγησης, Διαμορφωτική ή Συμπερασματική, Δοκιμασία Πολλαπλής Επιλογής, Ερωτήσεις Σύντομης Απάντησης, Ερωτήσεις Ανάπτυξης Δοκιμίων, Επίλυση Προβλημάτων, Γραπτή Εργασία, Έκθεση / Αναφορά, Προφορική Εξέταση, Δημόσια Παρουσίαση, Εργαστηριακή Εργασία, Κλινική Εξέταση Ασθενούς, Καλλιτεχνική Ερμηνεία, Άλλη / Άλλες* *Αναφέρονται ρητά προσδιορισμένα κριτήρια αξιολόγησης και εάν και που είναι προσβάσιμα από τους φοιτητές.*	Γλώσσα αξιολόγησης: Ελληνική. Γραπτή τελική εξέταση που περιλαμβάνει ερωτήσεις θεωρίας και επίλυση προβλημάτων, ή/ και παρουσίαση ατομικής εργασίας.	

(5) ΣΥΝΙΣΤΩΜΕΝΗ-ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

-Προτεινόμενη Βιβλιογραφία :

- Structural Health Monitoring of Civil Infrastructure Systems **Edited by:** Vistasp M. Karbhari and Farhad Ansari, 2009, **ISBN:** 978-1-84569-392-3
- Structural Health Monitoring: A Machine Learning Perspective, **Authors**:Charles R. Farrar, Keith Worden, 2012, Online ISBN:9781118443118