

ΠΕΡΙΓΡΑΜΜΑ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

(1) ΓΕΝΙΚΑ

ΣΧΟΛΗ	ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ		
ΤΜΗΜΑ	ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ		
ΕΠΙΠΕΔΟ ΣΠΟΥΔΩΝ	ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ		
ΔΠΜΣ	ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΠΡΟΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗ ΣΕ ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΙ ΤΗ ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ		
ΚΩΔΙΚΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ	9591	ΕΞΑΜΗΝΟ ΣΠΟΥΔΩΝ	2 ^ο
ΤΙΤΛΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ	Στοχαστικές Διεργασίες & Βελτιστοποίηση στη Μηχανική Μάθηση		
ΑΥΤΟΤΕΛΕΙΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ <i>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</i>	ΕΒΔΟΜΑΔΙΑΙΕΣ ΩΡΕΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ	ΠΙΣΤΩΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ	
Διαλέξεις - Ασκήσεις	3	5	
Εργαστήριο	2		
<i>Προσθέστε σειρές αν χρειαστεί. Η οργάνωση διδασκαλίας και οι διδακτικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται περιγράφονται αναλυτικά στο (δ).</i>			
ΤΥΠΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ <i>γενικού υποβάθρου, ειδικού υποβάθρου, ειδίκευσης γενικών γνώσεων, ανάπτυξης δεξιοτήτων</i>	Γενικού Υποβάθρου		
ΠΡΟΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΑ ΜΑΘΗΜΑΤΑ:	[ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΓΝΩΣΕΩΝ]: Βασικές γνώσεις πιθανοτήτων και στατιστικής, αλγόριθμοι, προγραμματισμός Python		
ΓΛΩΣΣΑ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ και ΕΞΕΤΑΣΕΩΝ:	ΕΛΛΗΝΙΚΗ		
ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ ΠΡΟΣΦΕΡΕΤΑΙ ΣΕ ΦΟΙΤΗΤΕΣ ERASMUS	ΝΑΙ [στην Αγγλική, ως υλικό μελέτης (reading course)]		
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΣΕΛΙΔΑ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ (URL)	1) https://helios.ntua.gr/course/view.php?id=2996 2) https://www.netmode.ntua.gr/stochastikes-diergasies/?cn-reloaded=1		

(2) ΜΑΘΗΣΙΑΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

<p>Μαθησιακά Αποτελέσματα</p> <p>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.</p> <p>Συμβουλευτείτε το Παράρτημα Α</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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 <p>Ύλη Μαθήματος:</p> <p>Το μάθημα περιλαμβάνει, αρχικά, ανασκόπηση βασικών εννοιών μηχανικής μάθησης και νευρωνικών δικτύων. Στη συνέχεια, αναλύονται θέματα που αφορούν μη επιβλεπόμενη μάθηση, βασικές έννοιες στατιστικής μηχανικής στη μηχανική μάθηση και αλυσίδες Markov, μεθόδους Monte Carlo προσομοίωσης αλυσίδων Markov. Έπειτα, γίνεται</p>

εισαγωγή στην ενισχυτική μάθηση και το δυναμικό προγραμματισμό, ενώ πραγματοποιείται σύνδεση των εννοιών με τη δρομολόγηση κίνησης στο Internet (αλγόριθμος Bellman-Ford). Τέλος, αναλύονται μη παραμετρικοί ταξινομητές, δέντρα αποφάσεων και Random Forests, καθώς και ακολουθιακά μοντέλα μηχανικής μάθησης. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στην πρακτική άσκηση των φοιτητών μέσω εργαστηριακών ασκήσεων σε Python που εκτελούνται σε Jupyter Notebooks.

Δεξιότητες που θα αποκτήσουν οι φοιτητές:

Με την επιτυχή ολοκλήρωση του μαθήματος ο φοιτητής/τρια θα είναι σε θέση να:

- Κατανοήσει βασικές έννοιες που αφορούν αλγορίθμους μηχανικής μάθησης και νευρωνικά δίκτυα
- Γνωρίζει τη λειτουργία δημοφιλών αλγορίθμων επιβλεπόμενης και μη επιβλεπόμενης μηχανικής μάθησης
- Γνωρίζει βασικές έννοιες για τις αλυσίδες Markov και να έχει εξοικείωση με σχετικούς αλγορίθμους, όπως είναι οι Simulated Annealing και Metropolis-Hastings.
- Κατανοεί τις διαφορές ανάμεσα στα descriptive και generative μοντέλα μηχανικής μάθησης, καθώς και να έχει εξοικείωση με βασικά generative models, όπως είναι οι Restricted Boltzmann Machines
- Να κατανοεί τις βασικές έννοιες της ενισχυτικής μάθησης και να γνωρίζει βασικούς αλγορίθμους (Value/Policy Iteration, Q-Learning) και τις διαφορές τους
- Κατανοεί την πρακτική εφαρμογή των αλγορίθμων ενισχυτικής μάθησης για την ομαλή λειτουργία του σύγχρονου Internet
- Να κατανοεί έννοιες, όπως είναι οι παραμετρικοί ταξινομητές, ο αλγόριθμος Naive Bayes, τα Decision Trees και τα Random Forests
- Να κατανοεί βασικούς αλγορίθμους explainable Artificial Intelligence (XAI) και την αναγκαιότητά τους
- Είναι σε θέση να χρησιμοποιήσει και να αλλάξει προγράμματα Python για την εκπαίδευση μοντέλων μηχανικής μάθησης

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...

.....

Ικανότητες:

Με την επιτυχή παρακολούθηση του μαθήματος καλλιεργείται η ικανότητα για:

- *Αναζήτηση, ανάλυση και σύνθεση δεδομένων και πληροφοριών, με τη χρήση και των απαραίτητων τεχνολογιών*
- *Αυτόνομη εργασία*
- *Επιλογή του υπολογιστικά οικονομικότερου και πλέον αξιόπιστου τρόπου επίλυσης*
- *Εργασία σε διεπιστημονικό περιβάλλον*
- *Παράγωγή νέων ερευνητικών ιδεών*

(3) ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

Επισκόπηση Αλγορίθμων Βελτιστοποίησης στη Μηχανική Μάθηση: Σχέση Μηχανικής Μάθησης (ML) και Τεχνητής Νοημοσύνης (AI). Επιβλεπόμενη, μη επιβλεπόμενη, ενισχυτική μάθηση. Διακριτικά (Discriminative) & Παραγωγικά (Generative) Μοντέλα, το ChatGPT – Chat Generative Pre-trained Transformer). Σύνολα δεδομένων Training, Validation & Testing Datasets. Linear & Logistic Regression

Νευρωνικά Δίκτυα, κανόνας του Hebb. Προσδιορισμός παραμέτρων με επιβλεπόμενη μάθηση, Rosenblatt's Perceptron, Back-Propagation Algorithm

Μη Επιβλεπόμενη Μάθηση: K-Means Clustering, Ανάλυση Κυρίων Συνιστωσών (Principal Components Analysis – PCA), Self-Organizing Maps (SOM), Autoencoders

Βασικές Έννοιες Στατιστικής Μηχανικής στη Μηχανική Μάθηση: Αλυσίδες Markov, ταξινόμηση καταστάσεων, πιθανότητες μετάβασης, εξισώσεις Chapman – Kolmogorov, επαναληπτικότητα – παροδικότητα, αναλλοίωτες κατανομές, ασυμπτωτική συμπεριφορά

Μέθοδοι Monte Carlo προσομοίωσης αλυσίδων Markov, αλγόριθμος Metropolis – Hastings. Προσομοιωμένη Ανόπτηση (Simulated Annealing), δειγματοληψία Gibbs. Παραγωγικά Μοντέλα Μάθησης (Generative Models), Μηχανή Boltzmann, Restricted Boltzmann Machine (RBM), Δίκτυα Πεποίθησης Μεγάλου Βάθους (Deep Belief Nets – DBN)

Ενισχυτική Μάθηση και Δυναμικός Προγραμματισμός: Διαδικασίες Απόφασης Markov (Markov Decision Processes), κριτήριο βελτιστοποίησης Bellman (Bellman's Optimality Criterion), αλγόριθμοι Δυναμικού Προγραμματισμού (Value & Policy Iteration algorithms). Προσεγγιστικές μέθοδοι δυναμικού προγραμματισμού, Temporal Difference (TD) & Q-Learning

Ενισχυτική Μάθηση για Δρομολόγηση στο Internet: Αλγόριθμος Bellman – Ford, Border Gateway Protocols (BGP)

Αλγόριθμοι Πυρήνα και Διαχωριστικότητα Προτύπων: Θεώρημα του Cover, εφαρμογές σε Radial-Basis Function (RBF) Networks, Υβριδική Μάθηση, Support Vector Machines (SVM)

Μη-παραμετρικοί Ταξινομητές, ταξινόμηση σύμφωνα με γνωστές κλάσεις K γειτονικών στοιχείων μάθησης, K -Nearest Neighbors (KNN)

Στατιστική αξιολόγηση δυαδικής ταξινόμησης, Confusion Matrix, Receiver Operating Characteristics (ROC) & Area Under the Curve (AUC), Παραμετρική Πιθανοτική Ταξινόμηση – κανόνας Bayes, προσεγγιστικές μέθοδοι, αλγόριθμος Naïve Bayes

Δένδρα Αποφάσεων (Decision Trees): Αλγόριθμοι διαμόρφωσης CART (Classification And Regression Trees), Gini Index, Random Forests, αλγόριθμοι Bagging (Bootstrap & aggregating)

Αναδρομικά Νευρωνικά Δίκτυα (Recurrent Neural Nets – RNN): Μοντέλα Συσχετισμένης Μνήμης (Associative Memory ή Content Addressable Memory – CAM), δίκτυα Hopfield, RNNs & ακολουθιακά μοντέλα δεδομένων (time/character series, speech processing), δίκτυα Long-Short Term Memory (LSTM) Επεξηγησιμότητα Τεχνητής Νοημοσύνης – explainable AI (XAI): Ορισμοί, Intrinsic & Model-Agnostic XAI Methods, PI (Permutation Feature Importance), SHAP (Shapley Additive exPlanations), LIME (Local Interpretable Model Agnostic Explanation)

(4) ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ και ΜΑΘΗΣΙΑΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ - ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

ΤΡΟΠΟΣ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ <i>Πρόσωπο με πρόσωπο, Εξ αποστάσεως εκπαίδευση κ.λπ.</i>	Πρόσωπο με πρόσωπο Βιντεοσκόπηση διαλέξεων (ασύγχρονη εκπαίδευση) με πλατφόρμα SeLCont
ΧΡΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ <i>Χρήση Τ.Π.Ε. στη Διδασκαλία, στην Εργαστηριακή Εκπαίδευση, στην Επικοινωνία με τους φοιτητές</i>	Διαφάνειες, Εργασίες για το σπίτι (ανάθεση εργασιών από διδάσκοντα και υποβολή εργασιών από τους σπουδαστές) Πλατφόρμα Moodle (Helios) Πλατφόρμα SeLCont (Synchronized eLearning Content) αποθήκευσης – αναζήτησης συγχρονισμένου πολυμεσικού υλικού (Video/Audio/Text)

ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ	Δραστηριότητα	Φόρτος Εργασίας Εξαμήνου	
<p>Περιγράφονται αναλυτικά ο τρόπος και μέθοδοι διδασκαλίας.</p> <p>Διαλέξεις, Σεμινάρια, Εργαστηριακή Άσκηση, Άσκηση Πεδίου, Μελέτη & ανάλυση βιβλιογραφίας, Φροντιστήριο, Πρακτική (Τοποθέτηση), Κλινική Άσκηση, Καλλιτεχνικό Εργαστήριο, Διαδραστική διδασκαλία, Εκπαιδευτικές επισκέψεις, Εκπόνηση μελέτης (project), Συγγραφή εργασίας / εργασιών, Καλλιτεχνική δημιουργία, κ.λπ.</p> <p>Αναγράφονται οι ώρες μελέτης του φοιτητή για κάθε μαθησιακή δραστηριότητα καθώς και οι ώρες μη καθοδηγούμενης μελέτης σύμφωνα με τις αρχές του ECTS</p>	Διαλέξεις	13x3=39 ώρες	
	Μελέτη	13x2=26 ώρες	
	Εργασίες κατ' οίκον	13x2=26 ώρες	
	Εργαστήριο	13x2=26 ώρες	
	Εκπόνηση/Παρουσίαση Εργασίας	0	
	Εκπαιδευτικές επισκέψεις	0	
	Εξετάσεις	8 ώρες	
	Σύνολο Μαθήματος	125 ώρες	
<p>ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΦΟΙΤΗΤΩΝ</p> <p>Περιγραφή της διαδικασίας αξιολόγησης</p> <p>Γλώσσα Αξιολόγησης, Μέθοδοι αξιολόγησης, Διαμορφωτική ή Συμπερασματική, Δοκιμασία Πολλαπλής Επιλογής, Ερωτήσεις Σύντομης Απάντησης, Ερωτήσεις Ανάπτυξης Δοκιμών, Επίλυση Προβλημάτων, Γραπτή Εργασία, Έκθεση / Αναφορά, Προφορική Εξέταση, Δημόσια Παρουσίαση, Εργαστηριακή Εργασία, Κλινική Εξέταση Ασθενούς, Καλλιτεχνική Ερμηνεία, Άλλη / Άλλες</p> <p>Αναφέρονται ρητά προσδιορισμένα κριτήρια αξιολόγησης και εάν και που είναι προσβάσιμα από τους φοιτητές.</p>	<p>Γλώσσα Αξιολόγησης: Ελληνικά (για φοιτητές Erasmus: Αγγλικά)</p> <p>Γραπτή Εξέταση (επίλυση προβλημάτων & θεωρητικές ερωτήσεις): 60%</p> <p>Εργαστήριο (εργασία κατ' οίκον & προφορική εξέταση): 40%</p> <p>Αναφορά των παραπάνω υπάρχει στο Helios</p>		

(5) ΣΥΝΙΣΤΩΜΕΝΗ-ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

<p>Προτεινόμενη Βιβλιογραφία:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Simon Haykin, “Neural Networks and Learning Machines”, 3rd Edition, Pearson Education, 2009 2. Simon Haykin, “Νευρωνικά Δίκτυα και Μηχανική Μάθηση”, 3^η Έκδοση, Παπασωτηρίου, 2010 3. Bernhard Mehlig, “Machine learning with neural networks”, Cambridge Univ. Press, 2021 https://arxiv.org/pdf/1901.05639.pdf 4. Μιχάλης Λουλάκης, “Στοχαστικές Διαδικασίες”, ΣΕΑΒ, 2015 5. Βασίλης Μάγκλαρης, “Σημειώσεις Μαθήματος Συστήματα Αναμονής”, ΣΗΜΜΥ – ΕΜΠ, 2018 http://www.netmode.ntua.gr/courses/undergraduate/queues/documents/Queuing_Systems_2018.pdf 6. Kevin P. Murphy, “Machine Learning: A Probabilistic Perspective”, MIT Press, 2012 7. Ian Goodfellow, Yoshua Bengio and Aaron Courville, “Deep Learning”, MIT Press, 2016 https://www.deeplearningbook.org/ 8. Daniel Jurafsky and James H. Martin, “Speech and Language Processing: An Introduction to Natural Language Processing, Computational Linguistics, and Speech Recognition”, 3rd Edition draft, 2018 9. Andrew Ng, “CS229 Lecture Notes”, Stanford University, Fall 2018 https://see.stanford.edu/materials/aimlcs229/cs229-notes1.pdf 10. James Gareth, Daniela Witten, Trevor Hastie and Robert Tibshirani, “An Introduction to Statistical Learning with Applications in R”, 2nd Edition, Springer, 2021 https://hastie.su.domains/ISLR2/ISLRv2_website.pdf 11. Richard Sutton and Andrew Barto, “Reinforcement Learning: An Introduction”, 2nd Edition, MIT Press, 2018 12. Dimitri P. Bertsekas and John Tsitsiklis, “Neuro-Dynamic Programming”, Athena Scientific, Belmont MA, 1996 13. Christopher Bishop, “Pattern Recognition and Machine Learning”, Springer 2006 14. Tom Mitchell, “Machine Learning”, McGraw Hill, 1997 http://www.cs.cmu.edu/~tom/mlbook.html

15. Charu C. Aggarwal, "**Outlier Analysis**", Springer
2013 https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4614-6396-2_1
16. Christoph Molnar, "**Interpretable Machine Learning**", 2nd Edition, Munich,
2022 <https://christophm.github.io/interpretable-ml-book/>
17. Leonida Gianfagna and Antonio Di Cecco, "**Explainable AI with Python**", Springer
2021 <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-68640-6>
18. Robert Hogg, Joseph McKean and Allen Craig, "**Introduction to Mathematical Statistics**", 8th Edition,
Pearson Education, 2020
19. Frank Kelly, "**Reversibility and Stochastic Networks**", Wiley,
1979 <http://www.statslab.cam.ac.uk/~frank/BOOKS/book/whole.pdf>
20. Sheldon Ross, "**Applied Probability Models with Optimization Applications**", Dover, 1992