



Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο
Θράκης
Democritus University of Thrace

ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΗΣ
ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΛΟΓΙΣΤΙΚΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ
ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΜΣ «ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ»



ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΤΕΧΝΗΤΗΣ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗΣ ΣΤΟΝ ΤΟΜΕΑ ΤΗΣ ΑΥΤΟΜΑΤΗΣ ΠΛΟΗΓΗΣΗΣ

Ονοματεπώνυμο : Στέργιος Τζούνας

ΑΕΜ : 63

Δεκέμβριος 2024



Καθηγητές : Δρ. Βασίλειος Χατζής , Δρ. Στυλιανός Κρηνίδης

Περιεχόμενα

Περίληψη	3
Κεφάλαιο 1ο : Εισαγωγή	4
1.1 Διαθέτουν Οι Μηχανές Νοημοσύνη ;	5
1.2 Διαφορά Νοημοσύνης Ανθρώπου Από Ένα Σύστημα	6
Κεφάλαιο 2ο: Τι Ορίζουμε Ως Τεχνητή Νοημοσύνη ;	7
2.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΤΗΣ ΤΕΧΝΗΤΗΣ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗΣ	9
2.2 Τεχνητή Νοημοσύνη Της Σήμερον Ημέρας Και Τα Πεδία Εφαρμογής Της	14
Κεφάλαιο 3ο: Μηχανική Μάθηση - Εισαγωγή Και Θεωρητικό Υπόβαθρο	16
3.1 Κατηγορίες Μηχανικής Μάθησης	18
3.2 Η Συμβολή Της Ποιότητας Των Δεδομένων Στην Μηχανική Μάθηση	21
3.3 Η Υποστηρικτική Λειτουργία Της Μηχανικής Όρασης	22
3.4 Περαιτέρω Εφαρμογές Μηχανικής Οράσεως Στον Τομέα Αυτόνομης Πλοήγησης Οχημάτων	23
3.5 Αυτόνομη Πλοήγηση Σε Μη Επανδρωμένα Αεροσκάφη (UAVs) – Μια Εναλλακτική Προσέγγιση	28
Κεφάλαιο 4ο : Πρακτική Εφαρμογή Τεχνητής Νοημοσύνης στον Τομέα Αυτόνομης Πλοήγησης Οχήματος (ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ MATLAB).....	30
4.1 Καθορισμός Του Προβλήματος.....	30
4.2 Η Λειτουργικότητα του Κώδικα	32
4.3 Εξακριβώσεις Πρακτικής Εφαρμογής.....	33
4.4 Κώδικας Αυτόνομου Οχήματος σε Περιβάλλον MatLab	33
Συμπεράσματα, Παρατηρήσεις Και Μελλοντικές Εξελίξεις	36
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	37

Περίληψη

Η παρούσα εργασία, συντάχθηκε με σκοπό την εις βάθος μελέτη του ρόλου της επιστήμης της τεχνητής νοημοσύνης, καθώς και τον τρόπο με τον οποίον εφαρμόζεται, στον τομέα της αυτόματης πλοήγησης συστημάτων. Μέσω μιας εκτενούς ανάλυσης επί του θέματος αυτού και μιας μικρής πρακτικής εφαρμογής σε περιβάλλον MATLAB, καταδεικνύεται ότι η αξιοποίηση των σύγχρονων μεθόδων υπολογιστικής ευφυΐας, συμβάλουν καθοριστικά στην κατανόηση του μηχανισμού λειτουργίας συστημάτων των οποίων έχουν την δυνατότητα να δρουν αυτόνομα. Παράλληλα, διατυπώνεται η συνεισφορά και ο ρόλος των δομών αυτών, στην επίλυση σύγχρονων καθημερινών κινδύνων και προκλήσεων που εγκυμονούν στο περιβάλλον, με πρωταρχικό στόχο την ενίσχυση της ασφάλειας και της προστασίας του ανθρώπου.

Στα αρχικά κεφάλαια, παρουσιάζεται το θεωρητικό υπόβαθρο του θέματος της υπολογιστικής ευφυΐας και η στενή της διασύνδεση με την μηχανική μάθηση (Machine Learning). Παράλληλα όμως, εξετάζεται και η μέθοδος με την οποία, οι δύο τομείς αυτοί συνεργάζονται και αλληλοσυμπληρώνονται ο ένας από τον άλλον, οδηγώντας μας στην ανάπτυξη ευφυών και εξελιγμένων συστημάτων αυτόνομης καθοδήγησης. Επιπλέον, γίνεται αναφορά σε παραδείγματα και εφαρμογές χρήσης οπτικών αλγορίθμων και τεχνικών αναγνώρισης προτύπων, οι οποίες παίζουν καθοριστικό ρόλο στην βελτιστοποίηση της απόδοσης και την εγγύηση της ασφαλούς και αποτελεσματικής λειτουργίας των συστημάτων αυτών.

Στο τελευταίο κεφάλαιο, η εργασία αυτή αποκτά πλέον πρακτικό προσανατολισμό, μέσω μιας εφαρμογής μικρού σεναρίου περίπτωσης χρήσης και μέσω ανάλυσης κώδικα τεχνητής νοημοσύνης σε περιβάλλον MATLAB. Αυτή η συγκεκριμένη μελέτη, επικεντρώνεται στην αυτόνομη πλοήγηση οχήματος που κινείται σε οδούς ταχείας κυκλοφορίας, στοχεύοντας στη λήψη βέλτιστων και έγκαιρων αποφάσεων, χρησιμοποιώντας προειδοποιητικά μηνύματα, ηχητικές ειδοποιήσεις και δυναμικές αλλαγές κατευθύνσεων του οχήματος, μεταξύ των λωρίδων του οδικού δικτύου, προλαμβάνοντας πιθανά ατυχήματα με έτερα προπορευόμενα οχήματα, διασφαλίζοντας στο έπακρο την ασφάλεια των επιβαινόντων. Η εφαρμογή τέτοιων τεχνικών όπου συναντιόνται στην συνέχεια της εργασίας, προσφέρουν τη δυνατότητα αξιολόγησης της αξιοπιστίας και των δυνατοτήτων, των σύγχρονων συστημάτων αυτονομίας ακόμη και υπό ρεαλιστικά περιβάλλοντα οδήγησης. Τέλος, αναδεικνύεται η καθοριστική συμβολή της υπολογιστικής ευφυΐας στη βελτίωση της οδικής ασφάλειας, ενώ θέτει τα θεμέλια για ένα πιο ασφαλές και αυτοματοποιημένο μέλλον.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ : ΤΕΧΝΗΤΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ, ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΜΑΘΗΣΗ, ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΟΡΑΣΗ, ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΠΛΟΗΓΗΣΗ

Κεφάλαιο 1ο : Εισαγωγή

Αδιαμφισβήτητα, οι τεχνολογίες της τεχνητής νοημοσύνης (Artificial Intelligence – AI), εξελίσσονται με ιλιγγιώδεις ρυθμούς και ενσωματώνονται ολοένα και περισσότερο σε διάφορες πτυχές, τόσο σε τομείς επιστημονικών φασμάτων, όσο και σε κλάδους της σύγχρονης καθημερινότητας. Η ενσωμάτωσή τους αυτή, διευρύνεται διαρκώς, προσφέροντας καινοτόμες λύσεις και δυνατότητες, οι οποίες μετασχηματίζουν ριζικά τον τρόπο με τον οποίον λειτουργούν οι κοινωνίες και αλληλοεπιδρούν οι άνθρωποι μεταξύ τους. Οι επιπτώσεις αυτών των προαναφερόμενων τεχνολογιών, διαμορφώνουν νέες προοπτικές για την συνεργασία, για την βιωσιμότητα και για την κοινωνική συνοχή (Makridakis, 2017).

Ένας χαρακτηριστικός τομέας για παράδειγμα, στον οποίον η υπολογιστική ευφυΐα διαδραματίζει καταληκτικό ρόλο στην σύγχρονη πραγματικότητα, είναι η ανάπτυξη μοντέλων αυτόνομων αποφάσεων. Συγκεκριμένα, το πλήθος των δυνατοτήτων που προσφέρει η μηχανική ευφυΐα στις δομές αυτές, είναι να παρέχουν την σχεδόν έως και πλήρη αυτονομία τους, ελαχιστοποιώντας την ανάγκη επίβλεψης και επιβολής παρέμβασης κάποιου εξωτερικού παρατηρητή. Η ανάπτυξη τέτοιων προηγμένων μηχανισμών, έχει στηριχθεί κατά πολύ μεγάλο βαθμό στη συνεργασία, διαφορετικών τομέων επιστήμης, όπως είναι η μηχανική μάθηση (Machine Learning – ML) και η αναγνώριση προτύπων (Pattern Recognition – PR), οι οποίοι επιτρέπουν τέτοιου είδους μοντελοποιήσεων, να «μαθαίνουν» δηλαδή από τα δεδομένα που ανατροφοδοτούνται και επεξεργάζονται. Μέσω αυτών των τεχνολογιών, το δίκτυο του μοντέλου αυτού, αποκτάει «συνείδηση» και μπορεί και προσαρμόζεται στις εκάστοτε συνθήκες του περιβάλλοντός του, να προβλέπει κρίσιμες καταστάσεις, όπως πιθανά ατυχήματα και να ανταποκρίνεται με κατάλληλες και άμεσες ενέργειες (Bello et al, 2018). Οι εξελίξεις στον τομέα αυτό, ανοίγουν νέους δρόμους για την υλοποίηση εφαρμογών, ενώ ταυτόχρονα αναδεικνύουν προκλήσεις που σχετίζονται με την ακεραιότητα, την ασφάλεια και την ηθική διάσταση των τεχνολογιών υπολογιστικής νόησης.

Στην ακριβώς παρακάτω υποενότητα, εξετάζεται θεωρητικώς, αν μια μηχανή μπορεί να θεωρηθεί ως «έξυπνη», αν δηλαδή μπορεί να εκπαιδευτεί και κατά συνέπεια, αν έχει την δική της συλλογιστική πορεία προκειμένου, να ανταποκρίνεται σε ρεαλιστικά, απαιτητικά και ποικιλόμορφα περιβάλλοντα όπως ένας άνθρωπος και σημαντικότερα, αν υπάρχουν διαφορές ανάμεσα στην ανθρώπινη με αυτήν της υπολογιστικής ευφυΐας. Στη συνέχεια, αναλύεται η έννοια της «Τεχνητής Νοημοσύνης» (AI), ενώ αποτυπώνεται η πρώτη παρουσίασή της ως επιστημονικός όρος. Ταυτόχρονα, δίνεται έμφαση στις δυνατότητες που προσφέρει η AI, τόσο στην επίλυση περίπλοκων προβλημάτων όσο και στη βελτίωση της ποιότητας της ζωής του σύγχρονου ανθρώπου.

1.1 Διαθέτουν Οι Μηχανές Νοημοσύνη ;

Αλήθεια, έχουν την δυνατότητα οι μηχανές να σκέφτονται; Και αν ναι, τότε πως μπορούμε να ορίσουμε ένα σύστημα ως «μηχανή» που χαρακτηρίζεται από «νοημοσύνη»; (Turing , 1950). Αυτές, είναι δύο από τις πιο θεμελιώδεις, αλλά και ταυτοχρόνως βαθιές φιλοσοφικές επιστημονικές ερωτήσεις, οι οποίες τέθηκαν για πρώτη φορά από τον Alan Turing το 1950, στο ιστορικό άρθρο του με τίτλο “Computing Machinery Intelligence”. Τα ερωτήματα αυτά, αποτελούν την βάση της μελέτης της εργασίας αυτής για την Τεχνητή Νοημοσύνη, καθώς ανοίγουν τον δρόμο για τον ορισμό και την κατανόηση της σχέσης μεταξύ μηχανικών συστημάτων και της ευφυΐας που τις διακατέχει.



Εικόνα 1 : Ο Στοχαστής του Auguste Rodin

Σύμφωνα με τον ορισμό της πιο ιστορικής και καταξιωμένης αμερικανικής εκδότριας εταιρείας βιβλίων και λεξικών Merriam-Webster, ως «μηχανή», αναφέρεται σε μια διάταξη, αποτελούμενη από συνδυασμούς εξαρτημάτων, οι οποίοι είναι σχεδιασμένοι για να μετατρέπουν, να κατευθύνουν ή να αξιοποιούν την ενέργεια, με στόχο την εκτέλεση μιας συγκεκριμένης διαδικασίας – έργου καθήκοντος. Αυτή η σύγχρονη προσέγγιση μάλιστα, συνδέεται στενά με την αρχαία αντίληψη του Αριστοτέλη, ο οποίος περιέγραψε τη μηχανή ως ένα εργαλείο που επεκτείνει τις δυνατότητες του ανθρώπου, καθιστώντας τον ικανό να εκπληρώσει στόχους οι οποίοι βρίσκονται πέραν από τις φυσικές του δυνάμεις (Χρυσόπουλος, 2017). Ωστόσο παράλληλα, μια εταίρα αντίληψη, υποστηρίζει πως οι μηχανές μπορούν να θεωρηθούν ως πολύπλοκες δομές οι οποίες, συνδυάζουν τόσο μηχανικά, όσο και ενεργειακά τα συστήματα, προσφέροντας λύσεις σε προβλήματα που απαιτούν προηγμένες και σύνθετες μεθόδους επίλυσης (Wiki, Μηχανικό Σύστημα). Με βάση αυτήν την ευρεία διατύπωση, η έννοια των μηχανών, όχι μόνο ενισχύει τις φυσικές ικανότητες του ανθρώπου, αλλά συμβάλει επίσης στην επίλυση σύνθετων προβλημάτων σε απαιτητικά περιβάλλοντα, καθιστώντας τις απαραίτητες σε κάθε πτυχή της σύγχρονης ζωής του.

Η νοημοσύνη από την άλλη πλευρά, είναι μια σύνθετη και πολυδιάστατη έννοια η οποία, έχει μελετηθεί εις βάθος από την επιστημονική κοινότητα, αλλά παρ’ όλα αυτά δεν υπάρχει κάποιος καθολικός ορισμός που μπορεί να περιγράψει όλες τις πτυχές των δυνατοτήτων της. Σύμφωνα με τον Piaget (1963), η νοημοσύνη συνίσταται στην ικανότητα κατανόησης, ανακάλυψης και

δημιουργίας νέων ιδεών, βασισμένων σε ήδη υπάρχουσες αντιλήψεις, συνδένοντας τη μάθηση με την προσαρμογή σε νέες καταστάσεις. Από την άλλη, η Anastasi (1992), περιγράφει την ευφυΐα, ως σύνθεση διανοητικών λειτουργιών που εξυπηρετούν την προσαρμογή και την επιβίωση, μέσα σε διαφορετικά πολιτισμικά πλαίσια. Επιπλέον, ο Βεργάκης (2015), τονίζει ότι η νοημοσύνη είναι ένα σύνολο πνευματικών λειτουργιών που αξιοποιούνται για την επίλυση προβλημάτων, επηρεασμένων από φυσικούς, κοινωνικούς και πολιτισμικούς παράγοντες.

Εν κατακλείδι, η νοημοσύνη εστιάζει στην ικανότητα του ατόμου, να αξιολογεί και να προσαρμόζεται σε οποιοδήποτε ερέθισμα οποιασδήποτε κατάστασης, τροποποιώντας την συμπεριφορά του ανάλογα με την εκάστοτε περίπτωση. Όπως επισημάνουν οι Παγγέ και Καποδίστρια, (1998), η συνείδηση, αναφέρεται στην ικανότητα ενός ανθρώπου να ερμηνεύσει την γλώσσα του σώματος, το ύφος, καθώς και τον τόνο της φωνής των συνομιλητών του, αλλά και να αντιλαμβάνεται υπονοούμενα και συναισθηματικές αποχρώσεις στις λέξεις και τις εκφράσεις τους, ενισχύοντας την ικανότητα κατανόησης και αλληλεπίδρασης κατά την διάρκεια συναναστροφών του με τους συνομιλητές του. Η πολυδιάστατη αυτή φύση της νοημοσύνης και της συνείδησης, καθίστανται ως θεμελιώδεις έννοιες για την πρόοδο και την εξέλιξη του ανθρωπίνου είδους, καθώς επηρεάζουν την ικανότητα του ατόμου να προσαρμόζεται, να καινοτομεί και να αλληλοεπιδρά αποτελεσματικά με τον περίγυρό του.

1.2 Διαφορά Νοημοσύνης Ανθρώπου Από Ένα Σύστημα

Από την άλλη μεριά όμως, ένας απλός ηλεκτρονικός υπολογιστής και κατ' επέκταση, ένα υπολογιστικό σύστημα, στερείται της δυνατότητας να αντιληφθεί και να ανταποκριθεί σε τόσο λεπτές συναισθηματικές ενδείξεις (όπως είναι ο τόνος, ή το ύφος της φωνής) διότι, η φύση του διέπεται από την εφαρμογή λογικών κανόνων και αλγορίθμων οι οποίοι, ορίζουν την λειτουργία του. (Παγγέ, Καποδίστρια, 1998).

Επιπλέον, ένα συνηθισμένο υπολογιστικό μηχάνημα, μπορεί να λειτουργεί ομαλά και να εκτελεί ακριβείς υπολογισμούς μέσα σε ένα καλά καθορισμένο περιβάλλον. Ωστόσο όμως, τί συμβαίνει τώρα στην περίπτωση κατά την οποία, το σύστημα αυτό αιφνιδιάζεται από μια απότομη αλλαγή στο περιβάλλον του, όπως για παράδειγμα αν έρθει αντιμέτωπο με μια άγνωστη λέξη, μια φράση που δεν έχει «ξαναδεί» ή ένα αντικείμενο το οποίο ξεπροβάλλει όλος τυχαίος μπροστά στον δρόμο του; Εκ πρώτης όψεως, είναι πιθανό το σύστημα να παρουσιάσει μη αναμενόμενες συμπεριφορές και συνεπώς, αυτή η «αδυναμία» του που έχει να κατανοήσει ή να προσαρμοστεί εγκαίρως στην αλλαγή, να οδηγήσει στο φαινόμενο που συχνά ονομάζεται «αιφνίδια ανοησία» (Παγγέ, Καποδίστρια, 1998). Κατά συνέπεια, πολύ πιθανόν η δομή αυτή, να αντιδράσει με τρόπους που δεν έχουν λογική βάση. Πως μπορεί όμως τώρα η τεχνολογία που το διέπει, να τις ξεπεράσει και εγκαίρως να ανταποκριθεί σε αυτές τις ακαριαίες μεταβολές του περιβάλλοντός του ;

Με βάση ακριβώς τα παραπάνω, χάρη στους υπολογιστές 5^{ης} γενιάς (1990 – σήμερα) και με την ολοένα ιλιγγιώδεις ανάπτυξη της τεχνητής νοημοσύνης από μέρα ως μέρα, οι σύγχρονες μηχανές, υπόσχονται υψηλές επιδόσεις και στοχεύουν στην υπέρβαση αυτών των περιορισμών, επιτρέποντας τες να προσεγγίσουν την ανθρώπινη σκέψη και συμπεριφορά. Μέσα από την ενσωμάτωση τεχνολογιών, όπως είναι η επεξεργασία φυσικής γλώσσας (Natural Language Processing - NLP) και συστημάτων αναγνώρισης εικόνας – προτύπων (Image Pattern Recognition), οι μηχανές πλέον μπορούν να «κατανοήσουν» την ανθρώπινη ομιλία, να «βλέπουν» αντικείμενα του περιβάλλοντός τους, καθώς και να είναι σε θέση να αναγνωρίζουν και να εκτελούν μηχανικές λειτουργίες με ακρίβεια (Haleem et al, 2022). Επιπλέον, αυτής της γενιάς οι υπολογιστές, με βάση τις τεχνικές της υπολογιστικής ευφυΐας, μπορούν και λαμβάνουν αποφάσεις σε πραγματικό χρόνο, συνυπολογίζοντας παράλληλα πολλούς παραμέτρους ταυτοχρόνως. Αυτή η δυνατότητα, δίνει στα σύγχρονα προαναφερόμενα συστήματα, πολύ ισχυρά πλεονεκτήματα που προηγουμένως όμως, θεωρούνταν αποκλειστικό προνόμιο της ανθρώπινης νοημοσύνης, ανοίγοντας κατ' αυτόν τον τρόπο νέους ορίζοντες στην αλληλεπίδραση ανθρώπου – μηχανής, επαναπροσδιορίζοντας την τεχνολογία ως έναν συνεργάτη, παρά ως ένα εργαλείο.

Κεφάλαιο 2^ο: Τι Ορίζουμε Ως Τεχνητή Νοημοσύνη ;

Με αυτές λοιπόν τις δυνατότητες να διαμορφώνουν μία βάση για τη σύγχρονη προσέγγιση του όρου της υπολογιστικής ευφυΐας, προέκυψε η ανάγκη για μια βαθύτερη κατανόηση της σχέσης μεταξύ της διανόησης και της μηχανικής λειτουργίας. Σε αυτήν την κατεύθυνση, οι επιστήμονες McCarthy, Minsky, Shannon και Rochester, ήθελαν να δώσουν απάντηση στο ιστορικό ερώτημα του Turing, για το αν έχουν την ικανότητα οι μηχανές να σκέπτονται. Για τον λόγο αυτόν, διοργάνωσαν τον Αύγουστο του 1955, μια ιστορική επιστημονική συνάντηση με τίτλο «A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence».

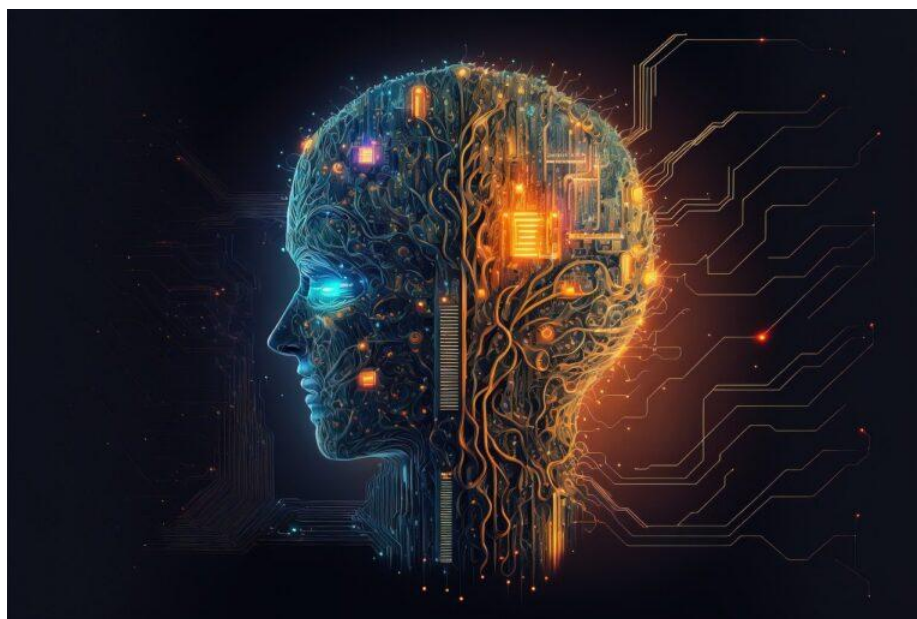
Κατά την διάρκεια αυτής της επιστημονικής συνάντησης, οι προαναφερόμενοι επιστήμονες, εισήγαγαν, κατέταξαν και επισημοποίησαν πλέον ως επιστημονικό πεδίο, τον όρο «Τεχνητή Νοημοσύνη (Artificial Intelligence)», αναφερόμενοι σε συστήματα και διαδικασίες οι οποίες, μιμούνται την ανθρώπινη συνείδηση, η οποία τα επιτρέπει να λαμβάνουν αποφάσεις σε περίπλοκα και ποικίλα ζητήματα συνυπολογισμού πολλών μεταβλητών, αλλά παρά ταύτα, χωρίς να αντικαθιστά την νοημοσύνη αυτήν του ανθρώπου αυτομάτως.

Παρά την πρόοδο που έχει σημειωθεί στον τομέα αυτόν μέχρι την σημερινή ημέρα, πολλοί επιστήμονες, έχουν διατυπώσει ποικίλους ορισμούς για το «τί ορίζουμε ως υπολογιστική νόηση». Ο λόγος αυτός είναι επειδή, καθένας από τους ορισμούς αυτούς δεν μπορεί από μόνος του να δώσει μια πλήρη απάντηση για στο τί ορίζεται πλήρως ως «υπολογιστική διανόηση» διότι, ο όρος της, είναι πολυδιάστατος και δύσκολος στο να περιοριστεί σε μια ενιαία περιγραφή.

Για παράδειγμα, σύμφωνα με τον McCarthy (1955), η Τεχνητή Νοημοσύνη είναι «η επιστήμη και η μηχανική της κατασκευής ευφυών μηχανών». Ο Winston (1992) την ορίζει ως «τη μελέτη των υπολογισμών που καθιστούν δυνατή την αντίληψη, τη συλλογιστική και την πράξη». Επίσης, οι Nilsson (1998) και Poole (1998) την περιγράφουν ως την ικανότητα ενός συστήματος να επιδεικνύει συμπεριφορά που προσομοιάζει τις ανθρώπινες γνωστικές διεργασίες, όπως η μάθηση, η προσαρμογή και η επίλυση προβλημάτων. Ο Russell και ο Norvig (2005), στην πιο σύγχρονη θεώρησή τους, ορίζουν την Τεχνητή Νοημοσύνη ως «τη μελέτη παραγόντων που αντιλαμβάνονται το περιβάλλον τους και δρουν προς την επίτευξη των στόχων τους»,

Γενικώς, οι παραπάνω ορισμοί, μπορούν να ταξινομηθούν σύμφωνα με τέσσερις βασικές κατηγορίες οι οποίες προσεγγίζουν την υπολογιστική ευφυΐα από διαφορετικές οπτικές γωνίες (Βλαχάβας , Κεφαλάς , 2006).

1. **Συστήματα που σκέπτονται σαν τον άνθρωπο:** Προσομοιώνουν την ανθρώπινη σκέψη και γνωστική λειτουργία.
2. **Συστήματα που σκέπτονται ορθολογικά:** Εστιάζουν στη λογική και λαμβάνουν βέλτιστες αποφάσεις.
3. **Συστήματα που ενεργούν σαν τον άνθρωπο:** Μιμούνται ανθρώπινες δράσεις και αλληλεπιδράσεις.
4. **Συστήματα που ενεργούν ορθολογικά:** Δρουν αποτελεσματικά με βάση δεδομένα και λογική (Russell , Norvig , 2005).

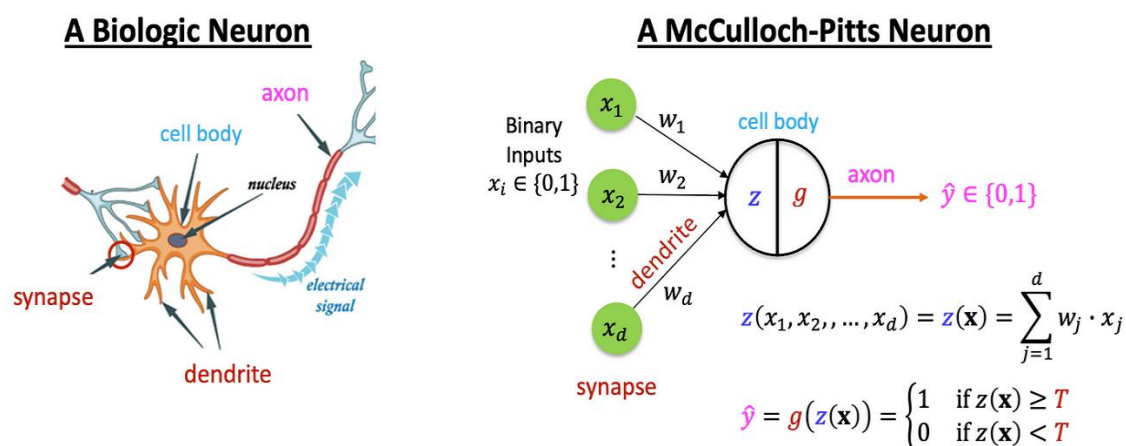


Εικόνα 2 : Τεχνητή Νοημοσύνη

Παρ' όλους αυτούς όμως τους σημαντικούς καθορισμούς στον τομέα της τεχνητής νοημοσύνης, αν και προσφέρει εντυπωσιακές δυνατότητες, αδυνατεί να λειτουργήσει ακριβώς όπως το ανθρώπινο μυαλό, λόγω της πολυπλοκότητας του εγκεφάλου, που συνδυάζει λογική, συναισθήματα και αυτοσυνείδηση. Ενώ οι αλγόριθμοι μπορούν να προσομοιώσουν συγκεκριμένες λειτουργίες, δεν διαθέτουν την ανθρώπινη προσαρμοστικότητα και τη βαθιά κατανόηση της εμπειρίας, καθιστώντας την πλήρη αντιγραφή του ανθρώπινου νου αδύνατη (Δρ. Κρηνίδης, 2024).

2.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΤΗΣ ΤΕΧΝΗΤΗΣ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗΣ

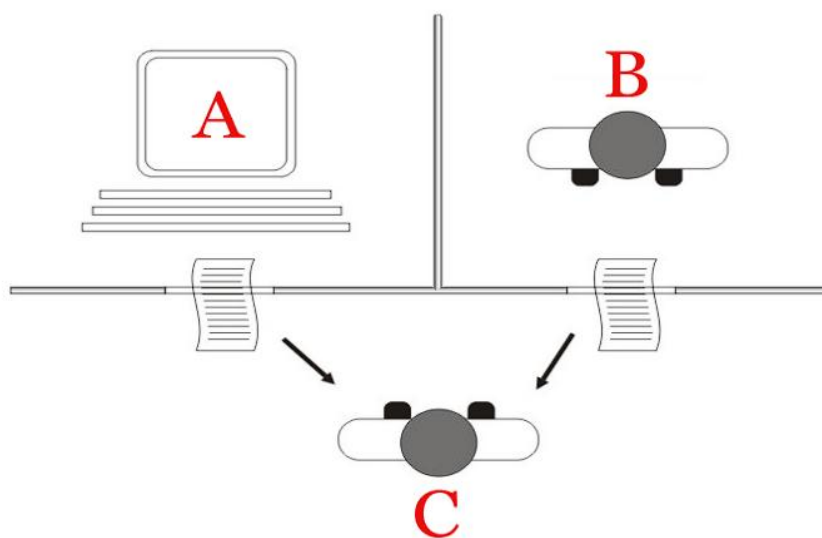
Δεκαετίες, ίσως και χιλιετίες πριν, η ιδέα της μηχανικής ευφυΐας, είχε παρουσιαστεί ξανά ως θεωρητική σύλληψη. Συγκεκριμένα, ας μην φανεί παράξενο το γεγονός ότι, οι απαρχές της θεωρίας αυτής, ανάγονται σε φιλοσοφικούς συλλογισμούς του Αριστοτέλη (384 - 322 π.Χ.), οι οποίοι παρείχαν λογικά πρότυπα εκφράσεων που επέτρεπαν τη διατύπωση σωστών συμπερασμάτων από ορθή ανάλυση υποθέσεων (Αριστοτέλεια συλλογιστική). Στη σύγχρονη εποχή, το 1920 παρουσιάστηκε στην Τσεχία, το θεατρικό έργο επιστημονικής φαντασίας του Čapek Karel, με τίτλο «Rossum's Universal Robots» (R.U.R.) στο οποίο, πραγματεύονταν την ύπαρξη μηχανών οι οποίες λειτουργούσαν βοηθητικά για τον άνθρωπο και μάλιστα, τα ρομπότ αυτά είχαν αναπτύξει συναισθήματα που τα επέτρεπαν να δρουν με ελεύθερη βούληση (Βιλιώτης, 2021). Μετέπειτα, το 1943 οι επιστήμονες McCulloch και Pitts, ανέπτυξαν ένα καινοτόμο μαθηματικό μοντέλο τεχνητών νευρώνων, εμπνευσμένο από την λειτουργία βιολογικών νευρώνων (McCulloch & Pitts, 1943). Το μοντέλο αυτό, στηρίχθηκε στη δυαδική λογική (Zeros and Ones) και μπορούσε να περιγράψει τον τρόπο με τον οποίον οι νευρώνες, επεξεργάζονται πληροφορίες και λαμβάνουν αποφάσεις μέσω της μαθηματικής συνάρτησης ενεργοποίησης (Activation Function), η οποία καθορίζει αν ένας νευρώνας ενεργοποιείται ή όχι με βάση τις εισόδους των δεδομένων του και τα κατέκαστά του βάρη. Στόχος για αυτήν την έρευνα που έθεσαν οι 2 εφευρέτες, ήταν να αποδείξουν ότι τα νευρωνικά αυτά δίκτυα, μπορούσαν να υπολογίσουν οποιαδήποτε μαθηματική συνάρτηση που θα λειτουργούσε αργότερα ως ένα από τα ισχυρότερα εργαλεία συνδυαστικών επιστημών όπως είναι: η βιολογία, τα μαθηματικά και η επιστήμη των ηλεκτρονικών υπολογιστών.



Εικόνα 3 : Νευρωνικό Δίκτυο McCulloch & Pitts

Μια δεκαετία αργότερα, στις αρχές του 1950 ο γνωστός Άγγλος μαθηματικός Alan Turing παρουσίασε μια μελέτη-σταθμό, διευρύνοντας το ενδεχόμενο για το μια μηχανή μπορεί να διαθέτει ευφυΐα, αν δηλαδή έχει δυνατότητα νόησης παρόμοιας με αυτής του ανθρώπου. Προκειμένου να καταλήξει σε ένα τέτοιο σενάριο, δημιούργησε το γνωστό Turing Test το οποίο και στην συνέχεια δημοσίευσε (Λευκαδίτης, 2020).

Το τεστ αυτό, σχεδιάστηκε για να αξιολογήσει αν μια υπολογιστική μηχανή μπορεί να μιμηθεί την ανθρώπινη σκέψη. Η διαδικασία, περιλαμβάνει 3 ανακριτικά δωμάτια με ηχομόνωση. Στο ένα από αυτά, στέκεται ο κριτής, ενώ στα άλλα δύο δωμάτια, βρίσκονται ένας άνθρωπος και ένας υπολογιστής αντικριστά από δαύτον. Τα υποκείμενα αυτά, δεν είναι ορατά από τον εξεταστή. Στην αρχή, ο κριτής διεξάγει μια συζήτηση και με τα δύο «πρόσωπα» των απέναντι δωματίων, και αναλόγως την ανάλυση που έχει κάνει, σύμφωνα με τις απαντήσεις που έλαβε από τους 2 συμμετέχοντες, προσπαθεί να διακρίνει ποιος από αυτούς τους δύο είναι ο υπολογιστής. Εάν για τον οποιονδήποτε λόγο, ο εξεταστής δεν μπορέσει να ξεχωρίσει σωστά ποιος από τους 2 είναι ο υπολογιστής, τότε η υπολογιστική μηχανή θεωρείται πως έχει πετύχει το τεστ. (Αναστασοπούλου, 2019). Παρακάτω στην εικόνα 4, φαίνεται και οπτικός η κάτοψη του Test Turing.



Εικόνα 4 : Τεστ Turing

Συγκεκριμένα, το πρώτο πρωτοποριακό πρόγραμμα συστήματος, φύσεως επεξεργασίας φυσικής γλώσσας (NLP) που θεωρήθηκε ότι πέτυχε τον σκοπό του και πέρασε το τεστ Turing, θεωρείται πως είναι το ELIZA, το οποίο κατασκευάστηκε από τον Αμερικανό εφευρέτη Joseph Weizenbaum κατά την περίοδο 1964 με 1967 (Weizenbaum, 1967). Το ELIZA, σχεδιάστηκε ως εργαλείο διερεύνησης της επικοινωνίας μεταξύ ανθρώπων και μηχανών όπου μάλιστα, κατάφερε και έπεισε την γραμματέα του δημιουργού του πως συνομιλούσε με τον ίδιο διότι, είχε την δυνατότητα να κάνει συζήτηση επάνω σε οποιοδήποτε θέμα χρησιμοποιώντας και παραφράζοντας τις προτάσεις που έδινε σαν ερώτηση ο χρήστης του. Το παραπάνω γεγονός, εξέπληξε ακόμη μέχρι και τον ίδιο τον Weizenbaum καθώς, δεν μπορούσε να φανταστεί πως οι χρήστες του προγράμματός του, θα εξέφραζαν πραγματικά συναισθήματα και νοημοσύνη στο ίδιο του το σύστημα. Παρακάτω στην εικόνα 5, φαίνεται ένα mock απόσπασμα συναναστροφής με το ELIZA.

```

Welcome to

EEEEEE LL      IIII  ZZZZZZ  AAAAA
EE      LL      II    ZZ    AA  AA
EEEEEE LL      II    ZZ    AAAAAA
EE      LL      II    ZZ    AA  AA
EEEEEE LLLLLL IIII ZZZZZZ  AA  AA

Eliza is a mock Rogerian psychotherapist.
The original program was described by Joseph Weizenbaum in 1966.
This implementation by Norbert Landsteiner 2005.

ELIZA: Is something troubling you ?
YOU:   Men are all alike.
ELIZA: What is the connection, do you suppose ?
YOU:   They're always bugging us about something or other.
ELIZA: Can you think of a specific example ?
YOU:   Well, my boyfriend made me come here.
ELIZA: Is it important to you that your boyfriend made you come here ?
YOU:   He says I'm depressed much of the time.
ELIZA: I am sorry to hear that you are depressed.
YOU:   It's true. I am unhappy.
ELIZA: Can you explain what made you unhappy ?
YOU:

```

Εικόνα 5 : Δείγμα Συζήτησης με το ELIZA

Παρά τους περιορισμούς του, το Turing Test παραμένει έως και σήμερα ένα από τα βασικότερα μέτρα αξιολόγησης της επιτυχίας της τεχνητής νοημοσύνης. Με την πρόοδο της τεχνολογίας, το τεστ έχει εξελιχθεί σε πιο περίπλοκες μορφές. Στις σύγχρονες εκδοχές του, συμμετέχουν περισσότεροι κριτές και η επιτυχία θεωρείται δεδομένη όταν πάνω από 30% των κριτών δεν μπορούν να διακρίνουν τον υπολογιστή από τον άνθρωπο μετά από μια συζήτηση διάρκειας 5 λεπτών.

Αργότερα, το 1974, παρουσιάστηκε το σύστημα MYCIN, σχεδιασμένο από τον Ted Shortliffe το οποίο, ανέδειξε τη δυνατότητα μηχανικής ευφυΐας να προσφέρει πρακτικές λύσεις στον ιατρικό τομέα. Η συνεισφορά του συστήματος, ήταν στο ότι δρούσε με τρόπο υποστηρικτικό στη διάγνωση λοιμώξεων καθώς, λειτουργούσε όχι μόνο με κανόνες, αλλά και με γνώσεις που αποκτήθηκαν μέσω συνεντεύξεων με γιατρούς. Το MYCIN, αποτέλεσε πρότυπο για την ανάπτυξη έμπειρων συστημάτων, διευρύνοντας τους ορίζοντες και τη χρήση της τεχνητής νοημοσύνης σε τομείς πέραν των παραδοσιακών (Shortliffe, 1976).

Ακριβώς λίγα χρόνια αργότερα, το 1981, Ιάπωνες ερευνητές ανακοίνωσαν το φιλόδοξο πρόγραμμα της 5ης γενιάς υπολογιστών, το οποίο στόχευε στη δημιουργία ευφύων συστημάτων με χρήση γλώσσας προγραμματισμού PROLOG. Ο στόχος τους, ήταν η ανάπτυξη συστημάτων που θα μπορούσαν να επικοινωνούν σε φυσική γλώσσα, επαναπροσδιορίζοντας τις σχέσεις ανθρώπου-μηχανής και θέτοντας νέες βάσεις για την αλληλεπίδραση με τις τεχνολογίες (Colmerauer, 1990).

Η δεκαετία του 1990 σηματοδότησε μια νέα εποχή αναζωπυρώνοντας τον τομέα της υπολογιστικής νόησης, καθώς η άνοδος του διαδικτύου και η αύξηση της υπολογιστικής ισχύος, οδήγησαν στην αποθήκευση και επεξεργασία τεράστιων όγκων δεδομένων. Αυτές οι εξελίξεις τροφοδότησαν την ανάπτυξη εφαρμογών μηχανικής μάθησης και ανάλυσης δεδομένων.

Το 1997, η εταιρία IBM προκάλεσε παγκόσμιο ενδιαφέρον όταν ο υπολογιστής τους με όνομα «Deep Blue», νίκησε τον παγκόσμιο Ρώσο πρωταθλητή σκακιού Garry Kasparov. Η νίκη αυτή όχι μόνο ανέδειξε τις δυνατότητες της τεχνητής νοημοσύνης να ανταγωνίζεται την ανθρώπινη στρατηγική σκέψη, αλλά επίσης πυροδότησε συζητήσεις σχετικά με τα όρια και τις εφαρμογές της σε πιο σύνθετα πεδία (Campbell et al, 2002).



Εικόνα 6 : Αναμέτρηση Kasparov - Deep Blue

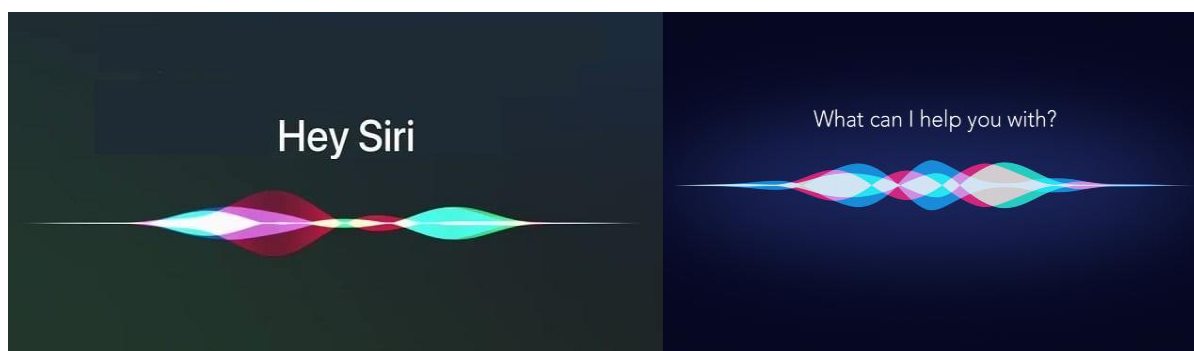
Έναν χρόνο αργότερα μόλις, το 1998, η Tiger Electronics κυκλοφόρησε το παιδικό κουκλάκι Furby, το πρώτο ρομπωτικό παιχνίδι με βασικές δυνατότητες τεχνητής ευφυΐας. Το Furby ενσωμάτωνε λειτουργίες αλληλεπίδρασης και «μάθησης» από τη συμπεριφορά του χρήστη, φέρνοντας την τεχνητή νοημοσύνη σε οικιακό περιβάλλον και καθιστώντας την προσιτή για καθημερινή χρήση.



Εικόνα 7 : Το Παιχνίδι Furby

Το 2009, στο Πανεπιστήμιο του Aberystwyth, ο Adam, ένας πρωτοποριακός ρομπότ-επιστήμονας, έκανε την εμφάνισή του. Ο Adam είχε την ικανότητα να διατυπώνει επιστημονικές υποθέσεις και να διεξάγει πειράματα για την επαλήθευσή τους, αποδεικνύοντας ότι οι μηχανές μπορούν να συνεισφέρουν ουσιαστικά στην επιστημονική έρευνα. Με την ικανότητά του να πραγματοποιεί πραγματικές επιστημονικές ανακαλύψεις, ο Adam ανέδειξε νέες δυνατότητες για την τεχνητή νοημοσύνη, ενισχύοντας τη θέση της σε προηγμένα πεδία έρευνας (Aberystwyth,2009).

Η πρόοδος συνεχίστηκε το 2011, όταν η Apple παρουσίασε το Siri στο iPhone 4s, φέρνοντας την τεχνητή νοημοσύνη ακόμα πιο κοντά στην καθημερινότητα. Το Siri, μέσω της επεξεργασίας φυσικής γλώσσας, μπορούσε να κατανοεί και να ανταποκρίνεται σε φωνητικές εντολές, καθιστώντας τη χρήση της τεχνητής νοημοσύνης πιο διαισθητική και προσβάσιμη για τους χρήστες παγκοσμίως.



Το 2014, οι δυνατότητες της τεχνητής νοημοσύνης επεκτάθηκαν περαιτέρω με την ανάπτυξη μικροσκοπικών ρομπότ, τα οποία ήταν σε θέση να συνεργάζονται αυτόνομα χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση. Αυτά τα ρομπότ άνοιξαν τον δρόμο για προηγμένες βιομηχανικές και ερευνητικές εφαρμογές, επαναπροσδιορίζοντας τη συμβολή της τεχνητής νοημοσύνης στη σύγχρονη τεχνολογία και επιστήμη.

2.2 Τεχνητή Νοημοσύνη Της Σήμερον Ημέρας Και Τα Πεδία Εφαρμογής Της

Σήμερα, το πεδίο της τεχνητής νοημοσύνης, καταλαμβάνει πλέον κεντρική θέση στις ζωές των ανθρώπων, διαμορφώνοντας ένα νέο τεχνολογικό τοπίο ώστε, να μην περιορίζεται σε συστήματα που υπόκεινται σε κανόνες και έμπειρα συστήματα, αλλά επεκτείνεται και σε προηγμένες εφαρμογές που χρησιμοποιούν εξελικτικές διαδικασίες ή ευφυείς πράκτορες. Οι σύγχρονες ερευνητικές περιοχές του κλάδου αυτού, εστιάζουν στην ανάπτυξη της γνώσης συλλογιστικών μοντέλων, όπως οι οντολογίες και οι εφαρμογές εξόρυξης δεδομένων που επιτρέπουν, την αυτόματη απόκτηση και αξιοποίηση της γνώσης σε ασύλληπτες ταχύτητες, εφαρμόζοντας σύγχρονες τεχνικές όπως είναι, τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα και η βαθιά μάθηση (Deep Learning). Παράλληλα, σχετικοί hot topic τομείς όπως είναι, το ηλεκτρονικό εμπόριο, η ψηφιακή οικονομία, τα χρηματοοικονομικά πληροφοριακά συστήματα και οι διαπραγματεύσεις μέσω ευφύων πρακτόρων, βρίσκονται στο επίκεντρο έρευνας και ανάπτυξης ενισχύοντας την υπολογιστική σκέψη σε καθημερινές και επιχειρηματικές εφαρμογές. Ακόμη, υλοποιούνται αλγόριθμοι αναγνώρισης προσώπου - εικόνας, που χρησιμοποιούνται από το Facebook, αλγόριθμοι αναγνώρισης ομιλίας (τεχνολογίες Siri, Alexa), αλγόριθμοι εύρεσης βέλτιστης και εναλλακτικής διαδρομής (στα σύγχρονα συστήματα GPS), αλλά και τεχνολογία ανάπτυξης αυτόνομων αυτοκινήτων (Πριστάικο, (2017), Haenlein, Kaplan, (2019) & Σαμαρά, (2021)).



Εικόνα 8 : Σύγχρονες εφαρμογές τομέα Τ.Ν.

Επιπροσθέτως, η μηχανική ευφυΐα, προσφέρει επαναστατικές λύσεις μέσω αυτοεκπαιδευόμενων αλγορίθμων και προοδευτικών τεχνικών εκμάθησης. Μέσα από την χρήση τεχνικών οπισθοδιάδοσης (backpropagation) των τεχνητών νευρωνικών δικτύων, οι αλγόριθμοι προσαρμόζονται σταδιακά και εξελίσσονται συνεχώς βελτιώνοντας με αυτόν τον τρόπο, την αποτελεσματικότητά τους, καθώς δέχονται στην είσοδό τους καινούργια δεδομένα. Ένα ενδεικτικό χαρακτηριστικό παράδειγμα εφαρμογής, περιλαμβάνει την ανίχνευση απάτης σε ηλεκτρονικές διαδικτυακές πληρωμές και η σύσταση προϊόντων σε ηλεκτρονικές πλατφόρμες, οι οποίες προσαρμόζονται στις ανάγκες και τις προτιμήσεις των χρηστών (Ali et al, 2022). Επιπλέον, η τεχνολογία αυτή ενισχύει την ικανότητα ανάλυσης μεγάλου όγκου δεδομένων, επιτρέποντας στους οργανισμούς να αποκτούν ανταγωνιστικό πλεονέκτημα μέσω της αξιοποίησης εξειδικευμένων πληροφοριών των χρηστών οι οποίοι χρησιμοποιούν την πλατφόρμα τους.

Ακόμη, η τεχνητή νοημοσύνη διανοίγει νέους προορισμούς όπως αναλύθηκε και παραπάνω, μέσα από καινοτόμες εφαρμογές, όπως είναι η ανάλυση γονιδιωματικών δεδομένων η οποία συμβάλλει στην ανάπτυξη εξατομικευμένων ιατρικών θεραπειών στον τομέα της ιατρικής, η πρόληψη κυβερνοεπιθέσεων και η ενίσχυση της παραγωγικότητας και της αποτελεσματικότητας στον εργασιακό χώρο. Παρά το γεγονός ότι η πλήρης αξιοποίησή της βρίσκεται ακόμα σε πρώιμο στάδιο, αναμένεται ο ρόλος της να είναι καθοριστικός στις τεχνολογικές εξελίξεις των επερχόμενων ετών, ασκώντας βαθιά επιρροή, τόσο στην καθημερινή μας ζωή, όσο και τις επιχειρησιακές δραστηριότητες. Καθώς, η Τ.Ν. συνεχίζει να ενσωματώνεται σε

Εν κατακλείδι, διαπιστώνεται ότι η υπολογιστική διάνοηση έχει πάψει πλέον να θεωρείται ως κάποιο φουτουριστικό όραμα αλλά, εφαρμόζεται στην πραγματικότητα ολοένα και περισσότερο σε τομείς της καθημερινότητάς μας, διευκολύνοντας κατά το μέγιστο δυνατό τρόπο, την ποιότητα της ζωής του σύγχρονου ατόμου, με εφαρμογές που εκτείνονται από, την ανάλυση μεγάλου φόρτου δεδομένων, έως και την ανάπτυξη αυτόματων και αυτόβουλων συστημάτων αναδεικνύοντας την, ως επιστήμη που κατέχει τον πυλώνα τεχνολογικής επανάστασης. Η μοναδική αυτή της ικανότητα, στο να προσφέρει λύσεις και να ενσωματώνεται σε τομείς όπως είναι πλέον: η Ιατρική, η αυτοματοποίηση, η ασφάλεια και το ηλεκτρονικό εμπόριο, την καθιστά ισχυρό καταλύτη κοινωνικής και επιχειρηματικής ανέγερσης και όχι μόνο να λειτουργεί ως εργαλείο βελτίωσης της παραγωγικότητας.

Στο επόμενο κεφάλαιο, η εργασία εστιάζει στον τομέα της μηχανικής μάθησης, ο οποίος αποτελεί κεντρικό πυλώνα της μηχανικής ευφυΐας και καθορίζεται πλέον ως ένας από τους σημαντικότερους τομείς της τεχνητής νοημοσύνης.

Κεφάλαιο 3^ο: Μηχανική Μάθηση - Εισαγωγή Και Θεωρητικό Υπόβαθρο

Κατά τον σύνηθες «πατροπαράδοτο» τρόπο σύνταξης κώδικα ενός συστήματος, ο καταρτισμένος σε γνώση προγραμματιστής, διατυπώνει έναν αλγόριθμο ο οποίος ουσιαστικά, δεν είναι τίποτε άλλο, πέρα από μια συλλογή και τροφοδότηση συστήματος με δεδομένα και έπειτα μια ακολουθία σειράς πεπερασμένων βημάτων (συνταγών) που πρέπει αυστηρώς, να ακολουθήσει ο υπολογιστής προκειμένου, να επιλύσει οποιασδήποτε φύσης προβλήματος. Αυτή η προαναφερόμενη διαδικασία, βασίζεται στη σαφή και προκαθορισμένη λογική επίλυσης ενός προβλήματος (τα παλαιότερα έτη) έτσι ώστε, κάθε τέτοια περίπτωση, να απαιτεί, τον κατάλληλο σχεδιασμό και προσαρμογή των εισόδων (πληροφοριών) του για να μπορέσει, το σύστημά να παράγει αποτελέσματα που επιλύουν την υπό εξέταση κατάσταση.

Ωστόσο, πολλές φορές όμως, για τον λόγο αυτόν της ύπαρξης ακολουθίας αυστηρών κανόνων και βημάτων, περιορίζεται η δημιουργικότητα και ταυτοχρόνως, η ευελιξία του μηχανικού συστήματος σε σύγχρονα και σύνθετα προβλήματα, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις όπου η φύση του προβλήματος απαιτεί προσαρμοστικότητα και αυτοβελτίωση. Κατ' αυτόν τον τρόπο, ένας προγραμματιστής ο οποίος ακολουθεί αυτές τις παραδοσιακές τεχνικές, αν και είναι ναι μεν αποτελεσματικές σε περιπτώσεις όπου οι κανόνες τους είναι σαφώς καθορισμένοι, δεν μπορούν να ανταποκριθούν επαρκώς σε σύνθετες ή δυναμικές καταστάσεις στις οποίες τα δεδομένα μας εξελίσσονται ή οι συνθήκες της φύσης του προβλήματος είναι αβέβαιες. Κατά συνέπεια, καθίσταται αναγκαίο και αξιοσημείωτο το γεγονός, να εξεταστεί μια εναλλακτική προσέγγιση σύνταξης κώδικα, κατά την οποία ο προγραμματιστικός αυτός μηχανισμός, πρέπει να προσαρμόζεται και να μαθαίνει «από την προσωπική του εμπειρία με την φύση του προβλήματος και λόγω της τριβής του ιδίου του συστήματός με τα δεδομένα του και την ανάγκη εύρεσης “μοτίβων” που μπορούν και τα περιγράφουν» (Bi et al, 2019).



Εικόνα 9 : Μηχανική Μάθηση

Εδώ ακριβώς στο σημείο αυτό, έγκειται η διαφορά και η αξία της μηχανικής μάθησης, ενός υποπεδίου δηλαδή της παραδοσιακής «τεχνητής νοημοσύνης» ο οποίος στοχεύει, στη δημιουργία μοντέλων που βελτιώνονται σταδιακά χωρίς απαραίτητως την παρέμβαση κάποια ανθρώπινης παρουσίας. Με λίγα λόγια, οι τεχνικές της μηχανικής μάθησης, ξεπερνούν τους προκαθορισμένους

περιορισμούς του ανθρώπινου προγραμματισμού, εισάγοντας την έννοια της αυτόνομης και αυτοματοποιημένης προσαρμογής. Αντί δηλαδή, ο προγραμματιστής να ορίζει όλους τους κανόνες κώδικα της εκάστοτε γλώσσας προγραμματισμού, το σύστημα μπορεί και εκπαιδεύεται «μόνο του», μέσω δεδομένων και στατιστικών μοντέλων προκειμένου, να εξάγει πρότυπα και να προσαρμόζει τις προβλέψεις του (Bi et al, 2019).

Με άλλα λόγια, η υπολογιστική αυτομάθηση των μηχανών, μπορεί να θεωρηθεί και ως μια επαναλαμβανόμενη τεχνική ακολουθίας τριών σταδιακών βημάτων - «συνταγών»: τροφοδότησης και παράλληλα ανάλυσης επαναπροσδιορισμένων πληροφοριών κατεύθυνσης κώδικα, δεύτερον κατασκευής υπολογιστικών μοντέλων (εύρεση μαθηματικών μοτίβων) και τρίτον, ανάληψης δράσεων της εκάστοτε περίπτωσης προβλήματος (Δεσύλλας, 2022). Προσδίδει κατ' αυτόν τον τρόπο δύο βασικά χαρακτηριστικά: Πρώτα απ' όλα, τα εκπαιδευόμενα υπολογιστικά συστήματα, μπορούν πλέον να μαθαίνουν μέσω εκπαίδευσης από τα δεδομένα τους που ολοένα και «προσαρμόζουν» και δεύτερον, ότι όσο περισσότερο διάστημα ο υπολογιστής μου παραμένει ενεργός, αξιοποιείται η εμπειρία που αποκτά και βελτιώνεται η απόδοσή του σε ακόμη πιο σύνθετα προβλήματα. Αυτά τα συγκεκριμένα κυριότερα χαρακτηριστικά, καθιστούν τον τομέα της μηχανικής μάθησης απαραίτητο για εφαρμογές όπως είναι: η πρόβλεψη τάσεων καταναλωτών, η αναγνώριση εικόνας, η φυσική επεξεργασία γλώσσας και η ανάπτυξη αυτόνομων συστημάτων και οχημάτων.

Επισημώς, ο όρος της «υπολογιστικής εκμάθησης», εισήχθη για πρώτη φορά το 1959, από τον πρωτοπόρο επιστήμονα του κλάδου της τεχνητής νοημοσύνης Arthur Samuel, στο πλαίσιο του άρθρου του σε επιστημονικό συνέδριο με τίτλο «Some Studies in Machine Learning Using the Game of Checkers». Συγκεκριμένα, στο άρθρο αυτό, ο Σάμουελ παρουσίασε δύο διαδικασίες μηχανικής μάθησης που εφαρμόστηκαν επάνω σε παιχνίδι ντάμας και οριστικά καθόρισε, τον όρο της μηχανικής μάθησης (Machine Learning) ως «το πεδίο μελέτης που δίνει στους υπολογιστές την ικανότητα να μαθαίνουν, χωρίς να έχουν ρητά προγραμματιστεί». Μέσα από πειραματικές μελέτες που πραγματοποίησε, κατάφερε να αποδείξει, ότι ένας υπολογιστής μπορεί να προγραμματιστεί, έτσι ώστε να μαθαίνει να παίζει καλύτερα το παιχνίδι της ντάμας από ότι ένας άνθρωπος (Samuel, 1959).

Αυτό επιτεύχθηκε σε σύντομο χρονικό διάστημα, σε μόλις 8 με 10 ώρες και συγκεκριμένα, στην πρώτη περίπτωση, ο υπολογιστής, εκπαιδεύτηκε χρησιμοποιώντας μια τεχνική βασισμένη σε στατικές αξιολογήσεις θέσεων, όπου η απόδοση βελτιωνόταν με την προσαρμογή των βαρών που σχετίζονταν με συγκεκριμένες παραμέτρους του παιχνιδιού. Ενώ, στην 2^η περίπτωση, χρησιμοποιήθηκε μια πιο δυναμική προσέγγιση, όπου η μηχανή «έμαθε» από τα δικά της παιχνίδια, αξιοποιώντας μια διαδικασία αυτοπροσαρμογής μέσω της ανάλυσης των επιτυχημένων και ανεπιτυχών στρατηγικών της.

Σύμφωνα με τα ευρήματα του Σάμουελ, η δεύτερη περίπτωση χρήσης της μηχανής, κατάφερε να ξεπεράσει τον βέλτιστο τρόπο παιχνιδιού του απλού ανθρώπου, εφαρμόζοντας μάλιστα τακτική παιχνιδιού, καλύτερη ακόμη και από τον ίδιο τον δημιουργό της. Επιπλέον, απέδειξε ότι ήταν ικανή να λειτουργεί πιο αποτελεσματικά από την πρώτη περίπτωση χρήσης συστήματος, παρουσιάζοντας μια σαφή βελτίωση στην ικανότητα λήψης αποφάσεων και προσαρμογής σε νέες στρατηγικές. Το γεγονός της έρευνας και μελέτης του Σάμουελ, ανέδειξε ότι οι αρχές της υπολογιστικής εκπαίδευσης (μηχανικής μάθησης), μπορούν να εφαρμοστούν ακόμη και σε ένα πιο ευρύ φάσμα καταστάσεων και επιστημονικών τομέων, πέρα από το συγκεκριμένο παιχνίδι της ντάμας.

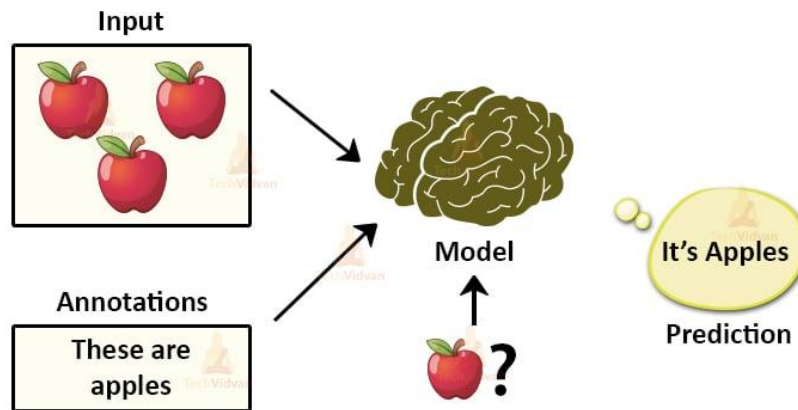
Στην παρακάτω υποενότητα, περιγράφονται οι πιο σύνηθες κατηγορίες μηχανικής μάθησης, οι οποίες, μπορούν και ταξινομούνται σε τρεις περιπτώσεις, αναλόγως με τον τρόπο εκπαίδευσης του συστήματος που χρησιμοποιείται στην καθεμία περίπτωση επίλυσης προβλήματος.

3.1 Κατηγορίες Μηχανικής Μάθησης

Πρώτα απ' όλα, υπάρχει η περίπτωση της μάθησης υπό επίβλεψη (Supervised Learning) η οποία, αποτελεί μια από τις θεμελιώδεις κατηγορίες της μηχανικής μάθησης. Στην περίπτωση αυτήν, το υπολογιστικό σύστημα, τροφοδοτείται με ένα μεγάλο σύνολο δεδομένων γνωστών εισόδων (x), τα οποία αναφέρονται σε χαρακτηριστικά κάποιου δείγματος, όπως είναι για παράδειγμα: η ηλικία, το ύψος και το βάρος κάποιων μετρήσεων και έπειτα, των γνωστών τους αντίστοιχων εξόδων – κατηγοριών (y) όπως παράδειγμα : άντρας, γυναίκα, μάρκα αμαξίου, που είναι οι στόχοι που συνδέονται με τα καθεκαστα δεδομένα των χαρακτηριστικών τους εισόδων. Όλη αυτή η προαναφερόμενη τροφοδοτημένη σειρά δεδομένων, έχει ήδη κατηγοριοποιηθεί εκ των προτέρων, από κάποιον εξωτερικό επιβλέποντα ή κάποιον παρατηρητή. Έπειτα, το σύστημά, εκπαιδεύεται επάνω σε αυτά, χρησιμοποιώντας τα ζεύγη, εισόδων – εξόδων (x,y) και αναζητάει μια περιγραφική σχέση (π.χ. μια μαθηματική εξίσωση) που τα αναπαριστά. Μέσω αυτής της «μαθηματικής σχέσης», εάν προσαρμόσει κανείς τις παραμέτρους της, επιτυγχάνει την βέλτιστη απόδοση του συστήματος και τον οριστικό καθορισμό της σχέσης διαφοράς μιας κατηγορίας δειγμάτων, από αυτήν της άλλης κατηγορίας (Nasteski, 2017).

Στόχος του συστήματος σε αυτήν την περίπτωση, είναι εφ' όσων μπορέσει και εκπαιδευτεί σε αυτά τα δεδομένα (Training on known labeled data), να κατορθώσει με ακρίβεια, να προβλέπει την (expected) τιμή (y) ή την κατηγορία των αγνώστων δεδομένων εισόδου (x) που τροφοδοτείται από αυτά εκ των υστέρων μετά το πέρας της εκπαίδευσης. Μερικά παραδείγματα εφαρμογής Supervised Learning αλγορίθμων αυτής της κατηγορίας είναι : Οι αλγόριθμοι Κατηγοριοποίησης (Classification) (Nasteski, 2017) (π.χ. αναγνώριση αντικειμένων, προτύπων) και Αλγόριθμοι Παλινδρόμησης (Regression), όπως για παράδειγμα : πρόβλεψη καιρικών φαινομένων και η πρόβλεψη τιμή μετοχής. Η διαδικασία αυτή, περιγράφεται και από την παρακάτω εικόνα 10.

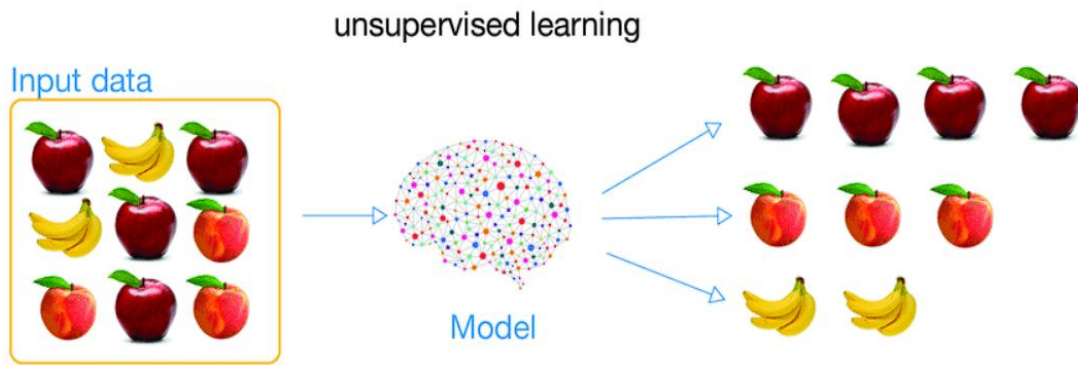
Supervised Learning in ML



Εικόνα 10 : Τρόπος Μάθησης Μηχανικής Επίβλεψης Συστήματος (Machine Learning)

Από την άλλη πλευρά, υφίσταται η διαδικασία της μάθησης χωρίς επίβλεψη (Unsupervised Learning), κατά την οποία, διαφοροποιείται σημαντικά από την προηγούμενη περίπτωση μάθησης υπό επίβλεψη (Supervised Learning). Σε αυτήν την κατηγορία, το υπολογιστικό σύστημα, τροφοδοτείται αποκλειστικά μόνο από δείγματα δεδομένων χαρακτηριστικής περιγραφικής φύσεως εισόδων (x), χωρίς όμως να υπάρχει καμία απολύτως πληροφορία σχετικά με τις αντίστοιχες τιμές των αντίστοιχων εξόδων τους (y). Όπως γίνεται αντιληπτό δηλαδή, απουσιάζει η έννοια της «σωστής απάντησης και η εκπαίδευσή της μηχανής με βάση αυτής» (η ακολούθηση του σωστού μονοπατιού γνώσης). Στόχος αυτής της διαδικασίας αλγορίθμου, είναι η μηχανή που εκπαιδεύεται κατ' αυτόν τον τρόπο, να ανακαλύψει μόνη της κρυφά μοτίβα και κρυφές συγγένειες, μέσα στο σύνολο των δεδομένων (εισόδων x), χωρίς την ύπαρξη προκαθορισμένων τιμών εξόδων – κατηγοριών - ταμπελών (y). Η προσέγγιση αυτή, επιτρέπει την αποκάλυψη νέων, ενδεχομένως άγνωστων, συσχετίσεων και δομών στα δεδομένα (Valkenborg et al, 2023).

Οι αλγόριθμοι αυτής της κατηγορίας, όπως είναι για παράδειγμα, ο K-Means Clustering, προσπαθούν να χωρίσουν τα δεδομένα εισόδου σε ομάδες (Clusters) βασισμένες σε συγκεκριμένες κοινές ιδιότητες, κοινές μίξεις ή κοινά μοτίβα που αναγνωρίζονται αυτόματα από την εφαρμογή του αλγορίθμου αυτού, από το σύστημα. Παράδειγμα τέτοιων εφαρμογών περιλαμβάνει την ανάλυση συσχετισμών (Association Analysis), όπου το σύστημα εντοπίζει σχέσεις μεταξύ μεταβλητών, και την ομαδοποίηση (Clustering), η οποία οργανώνει τα δεδομένα σε ομάδες με βάση τις εγγενείς τους ιδιότητες (Valkenborg et al, 2023). Περίπτωση χρήσης Unsupervised Learning, διαπιστώνεται καλύτερα μετά από παρατήρηση της παρακάτω εικόνας 11.



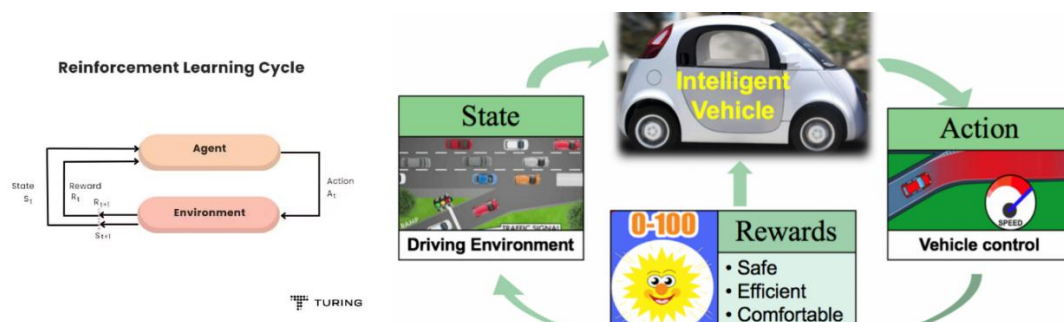
Εικόνα 11 : Περίπτωση Μάθησης Και Χρήσης (Unsupervised Learning)

Αυτή η μορφή μάθησης (Unsupervised Learning), χρησιμοποιείται εκτενώς, σε προβλήματα όπως είναι για παράδειγμα: Το πρόβλημα κατάτμησης των πελατών σε ομάδες με βάση παρόμοιες καταναλωτικές συνήθειες και δεύτερον, η ομαδοποίηση είδους ταινιών σε συνδρομητικές πλατφόρμες (τύπου Netflix) καθώς, ο αλγόριθμός τους, προωθεί στους θεατές βέλτιστες προτεινόμενες για αυτούς ταινίες με βάση προσωπικής δήλωσης του ενδιαφέροντος τους για κάποιο συγκεκριμένο είδος, ή ακόμη και από τον χρόνο θέασης συγκεκριμένων κατηγοριών ταινιών.

Τελευταία περίπτωση κατηγορίας μηχανικής μάθησης που θα αναλυθεί, είναι αυτήν της «ενισχυτικής μάθησης» (Reinforcement Learning) και αποτελεί μια ξεχωριστή μάλιστα προσέγγιση κατά την οποία, το μηχανικό αυτό σύστημα (γνωστό και ως πράκτορας - agent), μαθαίνει μέσα από άμεση αλληλεπίδραση με το ίδιο το περιβάλλον του (environment). Στην ενισχυτική μάθηση, ο πράκτορας δεν διαθέτει – δεν τροφοδοτείται με καμία προκαθορισμένη γνώση, δεν κατέχει ούτε τις τιμές που προσδίδουν τα χαρακτηριστικά των δειγμάτων των τιμών των παρατηρήσεων, αλλά είτε τις αντίστοιχες για αυτές ετικέτες τους, αλλά, ανακαλύπτει την κατάλληλη στρατηγική ενέργεια που πρέπει να ακολουθήσει (γνωστή και ως πολιτική – Policy), μέσω της μεθόδου δοκιμής και αποτυχίας (trial and error). Ο στόχος σε αυτήν την περίπτωση, είναι η μεγιστοποίηση μιας αριθμητικής συνάρτησης ανταμοιβής, όπου κάθε ενέργεια που οδηγεί σε θετικό αποτέλεσμα, επιβραβεύεται, ενισχύοντας την ικανότητα του πράκτορα να προσαρμόζεται και να βελτιώνεται με βάση την εμπειρία «της τριβής, με το πρόβλημα» που απέκτησε. Η πολιτική του αυτή, καθορίζει το επόμενο του βήμα – την επόμενη ενέργεια του αναλόγως με την τρέχουσα κατάσταση και εξελίσσεται συνεχώς μέσω της αλληλεπίδρασης (Arulkumaran et al, 2017).

Οι περιπτώσεις χρήσης αλγορίθμων της ενισχυτικής μάθησης, χρησιμοποιούνται ευρέως σε προβλήματα που απαιτούν αυτονομία, προσαρμοστικότητα και δυναμική λήψη αποφάσεων, όπως είναι ο έλεγχος κίνησης των ρομπότ, τα παιχνίδια στρατηγικής και για την συγκεκριμένη αυτήν περίπτωση της εργασίας, τα αυτοοδηγούμενα οχήματα – αυτόματοι πλοηγοί οδήγησης.

Η αυτόνομη πλοήγηση οχημάτων, αποτελεί όπως προαναφέρθηκε, ένα εξαιρετικό παράδειγμα εφαρμογής ενισχυτικής μάθησης (Reinforcement Learning), όπου το όχημα, λειτουργώντας ως πράκτορας (agent) λαμβάνει, αποφάσεις σε πραγματικό χρόνο μέσω συνεχούς αλληλεπίδρασης με το περιβάλλον του. Το περιβάλλον αυτό, μπορεί κάλλιστα να περιλαμβάνει σύνθετους παράγοντες όπως: οδικά δίκτυα, σήματα κυκλοφορίας, πεζούς και άλλα οχήματα, που όλα μαζί καθορίζουν δυναμικές και απαιτητικές συνθήκες που έρχεται αντιμέτωπο το σύστημα. Χρησιμοποιώντας αλγόριθμους ενισχυτικής μάθησης, ο μηχανοκίνητος αυτός πράκτορας (agent), μαθαίνει να χαρτογραφεί το περιβάλλον του και να αξιολογεί τις ενέργειές του βάσει ενός μηχανισμού ανταμοιβής που διαθέτει από την φύση των αλγορίθμων ενισχυτικής μάθησης. Για παράδειγμα, ενέργειες όπως είναι: η αλλαγή λωρίδας, η αποφυγή των εμποδίων ή η μείωση ταχύτητας αξιολογούνται θετικά όταν οδηγούν τον πράκτορα, σε ασφαλείς κινήσεις, προάγοντας την ικανότητα προσαρμογής του σε μελλοντικές καταστάσεις και την ανάπτυξη ανώτερων αντιληπτικών δεξιοτήτων. Αντιθέτως, οι εσφαλμένες, οι μη αποδεκτές ή ακόμη χειρότερα, οι επικίνδυνες αποφάσεις, αποθαρρύνονται μέσω αρνητικών ανταμοιβών, επιτρέποντας την περαιτέρω βελτίωση της στρατηγικής και της συνολικής λειτουργίας του οχήματος. Συμπερασματικά, η συνεχής αυτή διαδικασία μάθησης (θετικής – μη θετικής ανταμοιβής), καθιστά δυνατή την ανάπτυξη πιο ασφαλών και αποδοτικών αυτόνομων οχημάτων, ενισχύοντας την ευφυΐα και τη λειτουργικότητά τους σε σύνθετα περιβάλλοντα, ακόμη και υπό ρεαλιστικές οδηγικές συνθήκες (Sallab et al, 2017).



Εικόνα 12 : Μηχανισμός Επιβράβευσης Ενεργειών Αυτόνομης Πλοήγησης

3.2 Η Συμβολή Της Ποιότητας Των Δεδομένων Στην Μηχανική Μάθηση

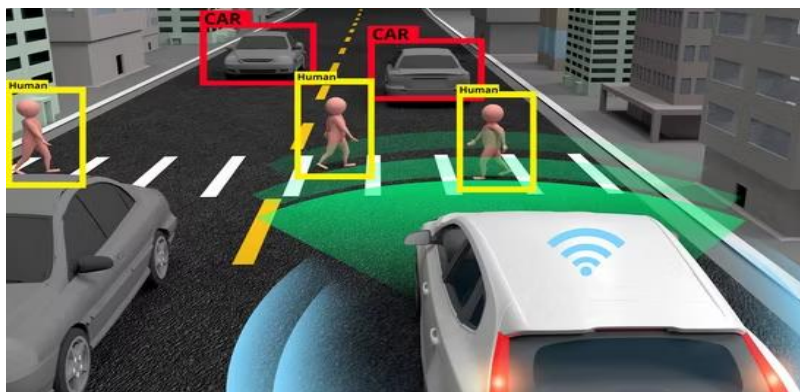
Αξιοσημείωτο, είναι το γεγονός να αναφερθεί πως, παρά βέβαια, την εντυπωσιακή πρόοδο και τις δυνατότητες που παρέχουν οι τεχνικές της μηχανικής μάθησης, η ποιότητα δε των δεδομένων που χρησιμοποιούνται για την εκπαίδευση του συστήματός, παίζει τον κυριότερο και πιο καθοριστικό ρόλο στην αποτελεσματικότητα και την ακρίβεια των αποτελεσμάτων λειτουργίας της μηχανής. Κατ' αυτήν την διατύπωση, αν τα δεδομένα που λαμβάνει ένα σύστημα, είναι εσφαλμένα – είτε λόγω ανθρωπίνου λάθους, είτε λόγω ύπαρξης «θορύβου» στα δεδομένα αυτά, τότε και οι παρατηρήσεις – τα συμπεράσματα και οι αποφάσεις που βασίζονται στο μοντέλο εκπαίδευσης των δειγμάτων που αργότερα το μηχάνημα θα λάβει, ενδέχεται να είναι εξίσου λανθασμένα και να προκύψουν μη ορθές παρατηρήσεις και διατυπώσεις (Λευκαδίτης, 2020).

Για παράδειγμα, στην οποιαδήποτε προσπάθειά εκπαίδευσης ενός μοντέλου οχήματος που υποτίθεται ότι πρέπει να κινείται σε ευθεία πορεία, αν για τον οποιοδήποτε λόγο παρέχονται σε αυτό δεδομένα στα οποία το όχημα αυτό, στρίβει ή ακολουθεί διαφορετική διεύθυνση φοράς, είναι πρακτικά αδύνατο για τον πράκτορα αυτόν, να πετύχει το ζητούμενο αποτέλεσμα της τήρησης της ευθείας του κατεύθυνσης.

3.3 Η Υποστηρικτική Λειτουργία Της Μηχανικής Όρασης

Σε αυτήν την προσπάθειά, στο να εξασφαλιστεί η ορθότητα των δεδομένων που τροφοδοτούνται σε ένα σύστημα μηχανικής μάθησης, έρχεται να διαδραματίσει τον πιο υποστηρικτικό και κρίσιμο ρόλο, η μέθοδος αυτήν, της μηχανικής όρασης (Computer Vision). Η μηχανική όραση, πρωτοεμφανίστηκε στις αρχές μόλις της δεκαετίας του 1980, η οποία αποσκοπεί στο να προσομοιώσει την αίσθηση της όρασης του ανθρώπου, μέσω αλγορίθμων εφαρμόζοντας την σε ηλεκτρονικούς υπολογιστές ή ρομποτικά συστήματα. Η όραση γενικά, αποτελεί ένα από τα σπουδαιότερα αισθητήρια όργανα του ανθρώπινου οργανισμού, προσφέροντας τη δυνατότητα αντίληψης της δομής του κόσμου που τον περιβάλλει. Η εξέλιξη της επιστήμης, έχει οδηγήσει στην δημιουργία της μηχανικής οράσεως, ενός πεδίου που συνδυάζει την οπτική αντίληψη με την υπολογιστική τεχνολογία (Szeliski, 2022).

Δια μέσω αυτής, ειδικοί αλγόριθμοι, χρησιμοποιούν μαθηματικά μοντέλα προκειμένου, να αναλύσουν εικόνες, επιτρέποντας στους υπολογιστές να αντιλαμβάνονται το εξωτερικό τους περιβάλλον και να εκτελούν συγκεκριμένες εργασίες, όπως η ανίχνευση και ο εντοπισμός αντικειμένων, καθώς επίσης, έχουν πλέον την ικανότητα να ξεχωρίζουν τη συναισθηματική κατάσταση των ατόμου του περιβάλλοντα χώρου τους, καθώς και τις περιστάσεις που αποτυπώνουν σε μια εικόνα Στην περίπτωση της αυτόνομης πλοήγησης, η μηχανική όραση διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο, παρέχοντας στα οχήματα τη δυνατότητα να εντοπίζουν εμπόδια, μέσω αισθητήρες καμερών που ενσωματώνονται επάνω σε αυτά, επεξεργάζοντας δεδομένα από το περιβάλλον τους για να ανιχνεύσουν τυχόν πεζούς που ξεπροβάλλονται, οχήματα, σήματα κυκλοφορίας και εμπόδια στον δρόμο με στόχο, να κατανοήσουν το περιβάλλον τους και να λαμβάνουν ασφαλείς αποφάσεις. Ωστόσο, παρά την πρόοδο, η αναγνώριση αντικειμένων παραμένει πρόκληση, ειδικά σε περιβάλλοντα όπου οι συνθήκες είναι δυναμικές και η εμφάνιση των αντικειμένων μεταβάλλεται (Szeliski, 2022). Η εικόνα 12 παρακάτω, διατυπώνει ακριβώς την χρήση Μηχανικής οράσεων για ακριβή αναγνώριση Προτύπων



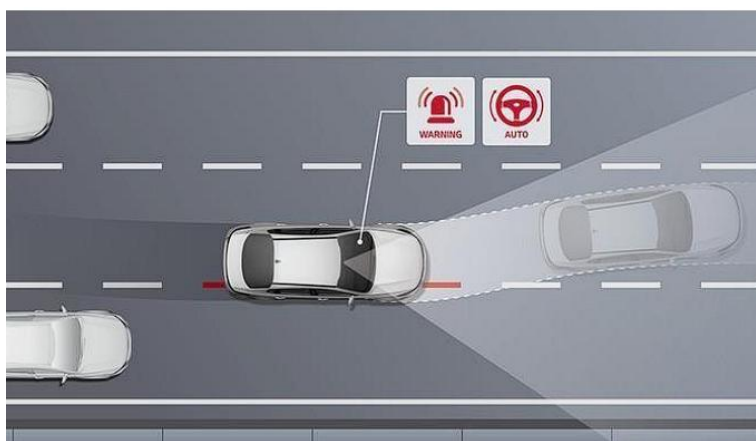
Εικόνα 13 : Αναγνώριση Αντικειμένων Από Οχήματα Αυτόνομης Πλοήγησης

3.4 Περαιτέρω Εφαρμογές Μηχανικής Οράσεως Στον Τομέα Αυτόνομης Πλοήγησης Οχημάτων

Η υπολογιστική όραση και η μηχανική μάθηση, βρίσκει επιπρόσθετες εφαρμογές, στον τομέα της αυτόνομης πλοήγησης, μέσα από εξελιγμένα συστήματα, όπως είναι, το σύστημα διατήρησης λωρίδας (Lane Keeping Assistant System - LKAS). Πιο γενικά, αυτό το υπο-βοηθητικό σύστημα υποστήριξης που εφαρμόζεται στα οχήματα, διασφαλίζει την διατήρηση του Ι.Χ. εντός των λωρίδων κυκλοφορίας, μειώνοντας κατ' αυτόν τον τρόπο, τον κίνδυνο ακούσιας απόκλισής του, , ειδικά σε περιπτώσεις απροσεξίας ή κόπωσης του οδηγού. Πιο συγκεκριμένα, όταν σε περίπτωση που το αυτοκίνητο παρεκκλίνει της πορείας του, το σύστημα διατήρησης λωρίδας, ενεργοποιεί μηχανισμούς διόρθωσης, όπως είναι η περιστροφή του τιμονιού προς την σωστή κατεύθυνση, επαναφέροντάς το στην ορθή του θέση (Kukkala et al, 2018).

Ο ακριβής τρόπος λειτουργίας του συστήματος αυτού, πραγματοποιείται μέσω συλλογής και ανάλυσης δεδομένων από κάμερες, οι οποίες βρίσκονται τοποθετημένες στο μπροστινό μέρος του. Αυτές οι κάμερες, καταγράφουν συνεχώς το περιβάλλον και παρέχουν εικόνες σε μια ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου, όπου αναλύονται για την κατανόηση της τρέχουσας κατάστασης και την εφαρμογή διορθωτικών ενεργειών. Επιπρόσθετως, το όχημα διαθέτει αισθητήρες υπέρυθρων στο κάτω μέρος του αμαξώματος εξασφαλίζοντας κατ' αυτόν τον τρόπο, την ανίχνευση οδικών σημάνσεων ακόμη και σε συνθήκες χαμηλού φωτισμού, ενώ, ειδικοί αισθητήρες λέιζερ που βρίσκονται στον προφυλακτήρα, ενισχύουν την ακρίβεια στην αναγνώριση των γραμμών του δρόμου (Kukkala et al, 2018).

Με την χρήση αυτής της τεχνολογίας, το σύστημα προσαρμόζεται δυναμικά σε οποιεσδήποτε συνθήκες του οδικού δικτύου, εξασφαλίζοντας τόσο την ασφάλειά του , όσο και την αποδοτικότητα της αυτόνομής του πλοήγησης σε αυτό. Καθιστώντας έτσι τα σύγχρονα οχήματα πιο αξιόπιστα και ικανά να ανταποκρίνονται σε ποικίλες περιβαλλοντικές και οδηγικές προκλήσεις, όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα.

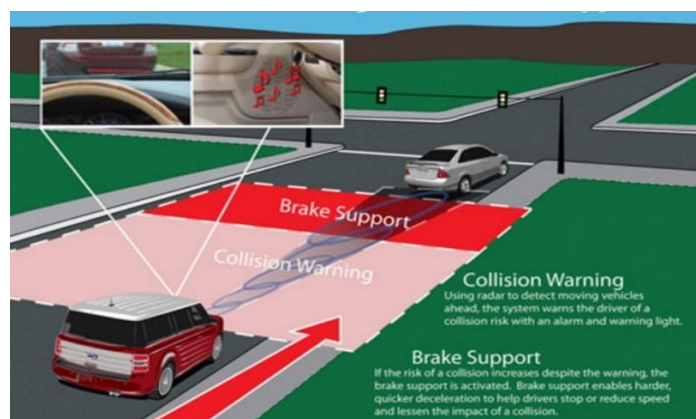


Εικόνα 14 : Αξιοποίηση Lane Keeping Assistant

Παράλληλα, μια ακόμη σημαντική εφαρμογή μηχανικής οράσεως στο πεδίο, της αυτόνομης πλοήγησης είναι το σύστημα αποφυγής πρόσκρουσης (Collision Avoidance System - CAS). Πιο γενικά, το σύστημα αυτό, έχει σχεδιαστεί, με σκοπό να μειώσει δραστικά τον κίνδυνο πρόκλησης αυτοκινητιστικών ατυχημάτων και δυστυχημάτων. Στηριζόμενο στις δυνατότητες της επιστήμης της μηχανικής μάθησης και της υπολογιστικής ανάλυσης οπτικών δεδομένων, το CAS ανιχνεύει εμπόδια, καθώς και αντικείμενα κατά την πορεία του οχήματος, επιτρέποντας την έγκαιρη λήψη μέτρων για την αποφυγή συγκρούσεων (Mukhtar, Xia, & Tang, 2015).

Πιο συγκεκριμένα, το CAS χρησιμοποιεί προηγμένους αισθητήρες, όπως είναι τα ραντάρ, οι ηχητικοί παλμοί και οι υπέρηχοι, που βρίσκονται τοποθετημένοι στο μπροστινό και πίσω μέρος του οχήματος, τα οποία μπορούν και ανιχνεύουν διάφορα αντικείμενα. Οι αισθητήρες αυτοί, εκπέμπουν παλμούς φωτός ή ηχητικά κύματα τα οποία, όταν «συναντούν» κάποιο εμπόδιο στον δρόμο τους, αντανακλώνται προς τα πίσω στο αμάξωμα, παρέχοντας έτσι πολύτιμες πληροφορίες για την απόσταση και την ακριβή θέση του εμποδίου. Η εφαρμογή και η τεχνολογία των ραντάρ μάλιστα, επιτρέπει την ανίχνευση εμποδίων σε ακτίνα έως και 200 μέτρων, ενώ οι υπέρηχοι είναι ιδανικοί για μικρότερες αποστάσεις. Επιπλέον, το CAS ενσωματώνει δεδομένα από δορυφορικά συστήματα GPS, για τη δημιουργία ενός ολοκληρωμένου χάρτη με τα εμπόδια εντός του πεδίου κίνησης του οχήματος (Mukhtar, Xia, & Tang, 2015).

Το πιο αξιοσημείωτο γεγονός, είναι πως σε περίπτωση επικείμενης σύγκρουσης, το CAS μπορεί και ενεργοποιεί αυτομάτως το σύστημα πέδησης των φρένων του οχήματος και σφίγγει επιπλέον τις ζώνες ασφαλείας, μειώνοντας το αντίκτυπο μιας πιθανής σύγκρουσης (όπως μπορούμε να δούμε παρακάτω και στην εικόνα 15). Τα αντικείμενα που μπορούν να ανιχνευτούν στον περιβάλλοντα χώρο από τους αισθητήρες, εκτός από πεζούς οι οποίοι ξεπροβάλλουν στον δρόμο, είναι και προπορευόμενα οχήματα, καθώς και στοιχεία του οδικού περιβάλλοντος, όπως σήματα κυκλοφορίας. Ο συνδυασμός αυτών των τεχνολογιών καθιστά το CAS ζωτικής σημασίας για τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας, προσφέροντας στα οχήματα τη δυνατότητα να ανταποκρίνονται άμεσα και αποτελεσματικά σε μεταβαλλόμενες και απρόβλεπτες συνθήκες κυκλοφορίας.

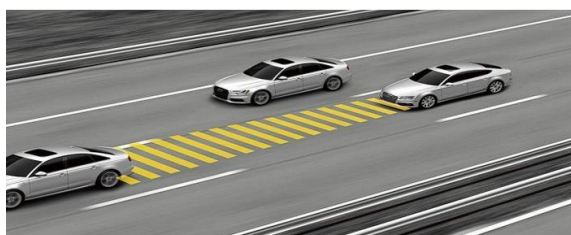


Εικόνα 15 : Χρήση & Αξιοποίηση Συστήματος CAS

Μια επιπρόσθετη εξέλιξη και εφαρμογή της υπολογιστικής όψews και μηχανικής εκπαίδευσης στον τομέα της αυτόνομης πλοήγησης, είναι το σύστημα υποβοήθησης προσαρμοστικού ελέγχου ταχύτητας (Adaptive Cruise Control - ACC). Κατά το σύστημα ACC, επιτρέπεται στον οδηγό να διατηρεί σταθερή ταχύτητα, ενώ προσαρμόζεται αυτομάτως η απόσταση που έχει από το προπορευόμενο όχημα, εξασφαλίζοντας ομαλή και ασφαλή οδήγησης δίχως να προκληθεί ατύχημα. Αξιοποιώντας τους αισθητήρες LiDAR (Το σύστημα LiDAR - Light Detection And Ranging, χρησιμοποιεί ακτινοβολία λέιζερ για να ανιχνεύει, να μετρά αποστάσεις και να αναπαριστά το περιβάλλον σε τρισδιάστατες εικόνες, επιτρέποντας στα αυτόνομα οχήματα να χαρτογραφούν με ακρίβεια τα αντικείμενα γύρω τους και να προσαρμόζουν τη συμπεριφορά τους, όπως επιτάχυνση, επιβράδυνση ή αποφυγή εμποδίων. Βρίσκεται ενσωματωμένο στο μπροστινό μέρος του οχήματος και εκπέμπει χιλιάδες παλμούς λέιζερ ανά δευτερόλεπτο, αναλύοντας τις αντανάκλασεις για τη δημιουργία τρισδιάστατων μοντέλων, παρέχοντας έτσι πλήρη αυτονομία και ασφάλεια κατά την οδήγηση), ραντάρ και κάμερες μικρού μεγέθους, το σύστημα ανιχνεύει την θέση και την απόσταση από το αυτοκίνητο που προηγείται αυτού (Mehra et al, 2015).

Ο Μηχανισμός ACC, απαιτεί από τον οδηγό, να ρυθμίσει αρχικά μια προκαθορισμένη τιμή ταχύτητας και με βάση των αισθητήρων LiDAR, παρακολουθείται διαρκώς το περιβάλλον του. Εάν τώρα, σε περίπτωση όπου μειωθεί η απόσταση αυτή του οχήματος με αυτήν του προπορευόμενου του, πολύ επικίνδυνα, το σύστημα ACC προειδοποιεί αρχικά τον οδηγό και μετέπειτα, μειώνει την ταχύτητα του οχήματος. Όταν το προπορευόμενο όχημα ανακτήσει απόσταση, το σύστημα επαναφέρει την ταχύτητα στην προκαθορισμένη της ρυθμισμένη τιμή. Το ACC επίσης, λειτουργεί κυρίως σε αυτοκινητοδρόμους και δρόμους υψηλής ταχύτητας, όπου οι αλλαγές στην κυκλοφορία είναι λιγότερο συχνές και περισσότερες προβλέψιμες (Mehra et al, 2015).

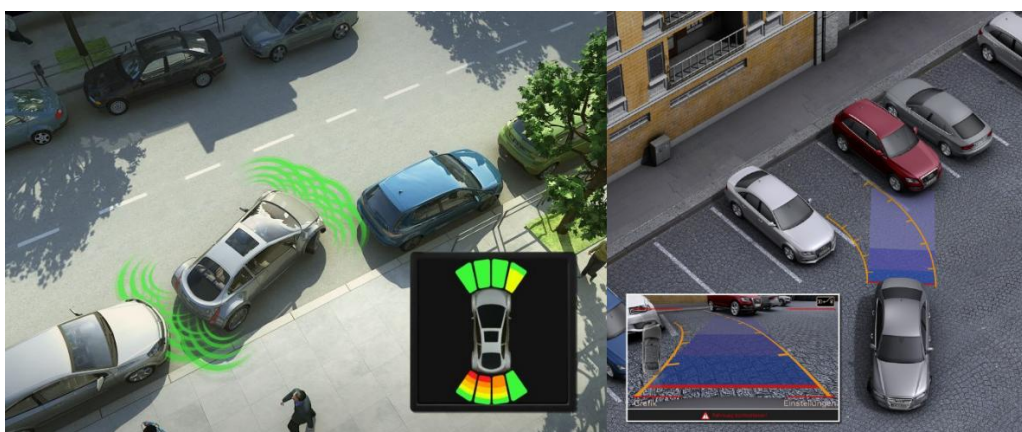
Παρά τα πλεονεκτήματά του, το ACC βέβαια αντιμετωπίζει ορισμένους περιορισμούς. Συγκεκριμένα, μπορεί να δυσκολευτεί να ανιχνεύσει μικρότερα οχήματα ή αντικείμενα εκτός της λωρίδας κυκλοφορίας, ενώ οι επιδόσεις του μειώνονται σε δυσμενείς καιρικές συνθήκες, όπως έντονη βροχόπτωση. Παρόλα αυτά, η χρήση του ACC, με διόφθαλμα συστήματα μηχανικής όρασης, που ενσωματώνουν κάμερες τοποθετημένες στο πίσω μέρος του καθρέπτη του οχήματος, βελτιώνεται η ικανότητα ανίχνευσης αντικειμένων. Έτσι, το ACC αναδεικνύεται ως πολύτιμο εργαλείο για την ενίσχυση της ασφάλειας και της αποτελεσματικότητας αυτόνομων οχημάτων πλοήγησης.



Εικόνα 16 : Χρήση Και Αξιοποίηση Συστήματος ACC

Τελευταία και ίσως μια από τις πιο αξιοσημείωτες εφαρμογές της μηχανικής όρασης και υπολογιστικής εκπαίδευσης στον χώρο της αυτόνομης πλοήγησης για τα οχήματα, είναι το σύστημα υποβοήθησης παρκαρίσματος (Parking Assist System – PAS). Η διαδικασία της στάθμευσης, αποτελεί πλέον μια τεράστια πρόκληση και σύγχυση στην σύγχρονη οδήγηση, με πολλούς οδηγούς, ακόμη και τους πιο έμπειρους, να δυσκολεύονται στην επιλογή και σωστή αξιοποίηση του κατάλληλου χώρου. Για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος, η επιστήμη έδωσε ακόμη μια φορά την λύση καθώς, ανέπτυξε το σύστημα PAS, το οποίο εφαρμόζει τεχνολογίες υπολογιστικής όρασης και αισθητήρων για να διευκολύνει τη διαδικασία του παρκαρίσματος (Heimberger et al, 2017).

Πιο συγκεκριμένα, το PAS αξιοποιεί αισθητήρες υπερήχων, οι οποίοι ενσωματώνονται στους μπροστινούς και πίσω προφυλακτήρες (πιο δεδομένοι) του οχήματος, οι οποίοι ανιχνεύουν αντικείμενα ή εμπόδια στον περιβάλλοντα χώρο. Επιπλέον, οι αισθητήρες αυτοί εκπέμπουν ηχητικά σήματα και ειδοποιούν τον οδηγό για την πραγματική του απόσταση από τα αντικείμενα αυτά, παρέχοντας του κατ' αυτόν τον τρόπο πιο άμεση και αξιόπιστη πληροφόρηση. Ακόμη, το PAS περιλαμβάνει κάμερα οπισθοπορείας, που βρίσκεται τοποθετημένη στο πίσω μέρος του αυτοκινήτου, η οποία ενεργοποιείται αυτόματα όταν επιλεγεί η ταχύτητα της όπισθεν. Αυτή η κάμερα, παρέχει στον οδηγό ή στο αυτοματοποιημένο σύστημα σαφή εικόνα του πίσω περιβάλλοντος, διευκολύνοντας την ανίχνευση αντικειμένων που δεν είναι ορατά μέσω των καθρεφτών του οχήματος. Συνδυάζοντας τις προηγμένες αυτές τεχνολογίες, το PAS καθιστά τη διαδικασία στάθμευσης: ασφαλή, εύκολη και λιγότερο αγχωτική, ακόμη και σε περιορισμένους χώρους, προσφέροντας την απαραίτητη υποστήριξη για κάθε οδηγό. Τέλος, το υποβοηθητικό σύστημα PAS, προσφέρει συνδυαστικά δεδομένα από ποικίλους πόρους (αισθητήρες, κάμερες οπισθοπορείας, το οποίο διακρίνεται κάλλιστα στην παρακάτω εικόνα 17) και συμβάλει σημαντικά στη μείωση των ατυχημάτων κατά την στάθμευση, ενώ ταυτοχρόνων ελαχιστοποιείται το τρακ του οδηγού.

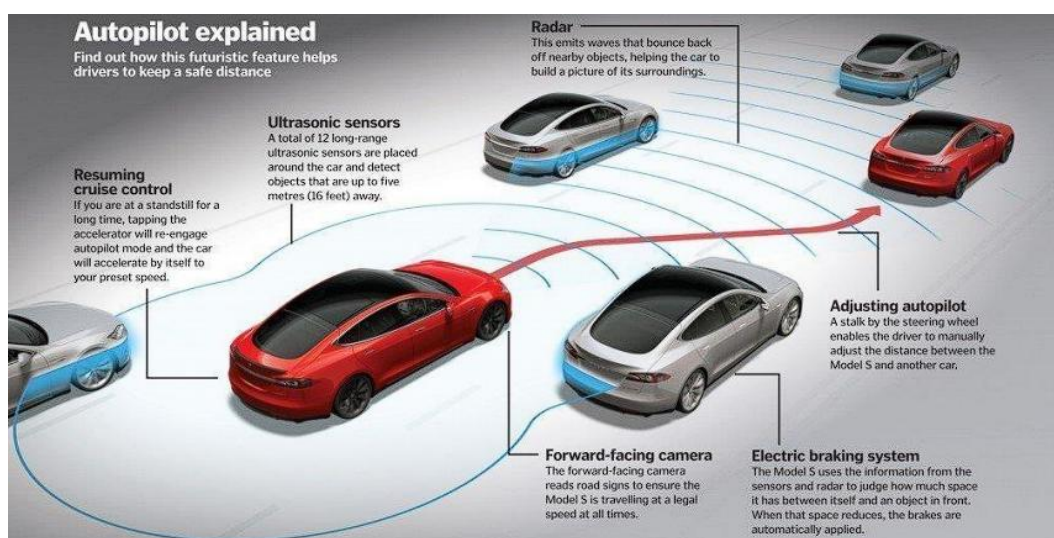


Εικόνα 17 : Η Χρήση Και Η Αξιοποίηση συστήματος PAS

Συμπερασματικά, το πεδίο, οι μέθοδοι και οι εφαρμογές της μηχανικής όρασης, έχουν βρει πρωτοποριακή και καινοτόμα ενσωμάτωση στον τομέα της σύγχρονης αρτοβιομηχανίας, με την Tesla να πρωτοστατεί στον χώρο αυτό. Όπως και άλλες κορυφαίες εταιρίες του κλάδου, η Tesla αξιοποιεί τέτοιες προηγμένες τεχνολογίες, συνδυάζοντας προηγμένους αισθητήρες, κάμερες και εφαρμογές της τεχνητής νοημοσύνης προκειμένου, να ενισχύσουν την ασφάλεια και την αυτονομία των οχημάτων της.

Συγκεκριμένα, η εταιρεία Tesla, έχει αναπτύξει το σύστημα Tesla Autopilot, το οποίο αποτελεί μια από τις πιο προηγμένες προσεγγίσεις στον τομέα της αυτόνομης οδήγησης. Το σύστημα, είναι εξοπλισμένο με οκτώ κάμερες που παρέχουν πλήρη περιμετρική ορατότητα μέχρι και 250 μέτρα, δώδεκα αισθητήρες υπερήχων που ανιχνεύουν εμπόδια έως και 400 μέτρα, καθώς και ένα ραντάρ τοποθετημένο στο μπροστινό μέρος του οχήματος, που λειτουργεί ακόμη και υπό δυσμενείς καιρικές συνθήκες. Όλα τα δεδομένα που συλλέγονται και επεξεργάζονται από το Tesla Vision, το οποίο, είναι ένα υπερσύγχρονο σύστημα μηχανικής όρασης, βασισμένο σε βαθιά νευρωνικά δίκτυα. Το Tesla Vision, επιτρέπει στο όχημα να αναλύει και να αντιλαμβάνεται εξωτερικά χαρακτηριστικά της διαδρομής με ακρίβεια, υπερβαίνοντας τις ανθρώπινες δυνατότητες.

Ανάμεσα στις βασικές λειτουργίες του Tesla Autopilot, περιλαμβάνεται η διατήρηση της πορείας του οχήματος εντός της λωρίδας κυκλοφορίας, η αυτόματη αλλαγή λωρίδας όταν κρίνεται απαραίτητο και η δυνατότητα αυτόνομης εξόδου από τους αυτοκινητοδρόμους ή τους κόμβους με ενεργοποιημένο το σύστημα αυτόματης πλοήγησης. Επιπλέον, τα οχήματα της Tesla, μπορούν να διαχειριστούν με ασφάλεια την κίνηση σε στενούς ή πολύπλοκους δρόμους, ενώ διαθέτουν δυνατότητα αυτόματης στάθμευσης χωρίς την παρουσία οδηγού, προσφέροντας μια μοναδική εμπειρία άνεσης και ασφάλειας.



Εικόνα 18 : Tesla AutoPilot

3.5 Αυτόνομη Πλοήγηση Σε Μη Επανδρωμένα Αεροσκάφη (UAVs) – Μια Εναλλακτική Προσέγγιση

Η αυτόνομη πλοήγηση στα μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα (Unmanned Aircraft Vehicles - UAVs) αντιπροσωπεύει μια από τις πιο προηγμένες πλέον εφαρμογές της τεχνητής νοημοσύνης και της μηχανικής όρασης. Στηρίζεται, επάνω σε συστήματα εξοπλισμένα με τεχνολογίες αισθητήρων, όπως LiDAR (που αναφέραμε παραπάνω), ραντάρ και κάμερες, τα UAVs είναι σε θέση να χαρτογραφούν τρισδιάστατα το περιβάλλοντα χώρο τους σε πραγματικό χρόνο, ανιχνεύοντας εμπόδια, προβλέποντας κινδύνους, εναλλάσσοντας την πορεία του και αναγνωρίζοντας σημεία ενδιαφέροντος (point of interests) με μεγάλη ακρίβεια. Μέσω εξελιγμένων αλγορίθμων ελέγχου και πρόβλεψης, προσαρμόζονται δυναμικά στις συνθήκες της πτήσης, αποφεύγοντας αναταράξεις και εξασφαλίζοντας την εκτέλεση της αποστολής τους με ασφάλεια και ακρίβεια (González-Sieira et al, 2020).



Εικόνα 19 : Μη Επανδρωμένα Αεροσκάφη

Οι προηγμένες εφαρμογές πλοήγησης των UAVs, καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα, από την εναέρια επιτήρηση και την επιθεώρηση δυσπρόσιτων περιοχών, έως την κινηματογραφική φωτογράφιση και την παροχή ανθρωπιστικής βοήθειας. Τα UAVs με σταθερές πτέρυγες χρησιμοποιούνται ιδανικά σε μεγάλες αποστάσεις και για μεταφορά φορτίων, ενώ τα περιστροφικής πτέρυγας, εξυπηρετούν εφαρμογές οι οποίες παρέχουν ακρίβεια πτήσης hover πάνω από συγκεκριμένα σημεία για κινηματογραφική λήψη ή παρακολούθηση τοπίων. Τα multi-rotor drones, λόγω της μεγάλης ευελιξίας τους, είναι κατάλληλα για εμπορικές εφαρμογές, όπως η διανομή μικρών δεμάτων ή η χαμηλή πτήση σε στενούς χώρους.

Η αυτόνομη πλοήγηση των UAVs βασίζεται σε αλγορίθμους που συνδυάζουν δεδομένα από αισθητήρες, δημιουργώντας λεπτομερείς χάρτες του περιβάλλοντος. Αυτοί οι αλγόριθμοι ελέγχου και πρόβλεψης επιτρέπουν την αποφυγή συγκρούσεων, τη δυναμική προσαρμογή σε συνθήκες πτήσης και την επιτυχή εκτέλεση σύνθετων αποστολών. Με τον συνεχή εντοπισμό και ανάλυση δεδομένων, τα UAVs μπορούν να διαχειρίζονται αποτελεσματικά

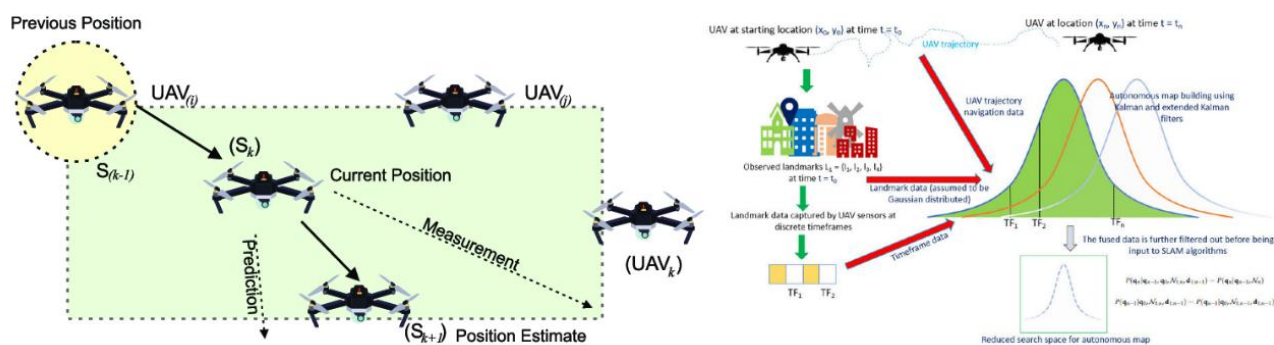
αποστολές, όπως ο εντοπισμός θυμάτων σε φυσικές καταστροφές ή η παροχή πρώτων βοηθειών σε απομακρυσμένες περιοχές (González-Sieira et al, 2020).



Εικόνα 20 : Χαρτογράφηση , Πλοήγηση, Πρόβλεψη Ζημιών UAVs

Ένα από τα πιο σημαντικά εργαλεία που χρησιμοποιούνται για την ακρίβεια στην αυτόνομη πλοήγηση των UAVs είναι το φίλτρο Kalman (KALMAN filter, (1960)). Το φίλτρο αυτό, αποτελεί έναν αλγόριθμο που έχει σχεδιαστεί για τη βελτίωση της ακρίβειας στις μετρήσεις και τη μείωση του θορύβου κατά την πλοήγηση των UAVs. Εφαρμόζεται σε συστήματα όπου υπάρχουν πολλαπλές πηγές δεδομένων ή όταν τα δεδομένα εμπεριέχουν αβεβαιότητες. Πιο συγκεκριμένα, συνδυάζει δεδομένα από αισθητήρες, όπως σύστημα GPS, LiDAR, ραντάρ και κάμερες και λειτουργεί σε δύο φάσεις: πρόβλεψης και διόρθωσης.

Στην πρώτη φάση του, χρησιμοποιεί μοντέλα κίνησης για να προβλέψει την επόμενη κατάσταση του UAV, ενώ στην δεύτερη φάση, διορθώνει την πρόβλεψη με βάση τις πραγματικές μετρήσεις, μειώνοντας τα σφάλματα. Παράλληλα, το φίλτρο αυτό, εφαρμόζεται επίσης στη συγχώνευση δεδομένων, την αποφυγή εμποδίων και την πρόβλεψη κινήσεων, διασφαλίζοντας ακριβή πλοήγηση ακόμη και σε περιβάλλοντα με υψηλό θόρυβο ή αβεβαιότητα. Με ελάχιστες απαιτήσεις υπολογιστικής ισχύος και δυνατότητα προσαρμογής σε δυναμικές συνθήκες, το φίλτρο Kalman ενισχύει την αποτελεσματικότητα και την ασφάλεια των UAVs, κάνοντάς το ιδανικό για αποστολές που απαιτούν ακρίβεια και αξιοπιστία.



Εικόνα 21 : Το Φίλτρο Kalman

Συνολικά, τα UAVs αποτελούν μια καινοτόμα τεχνολογία με σημαντικό ρόλο στη σύγχρονη εποχή. Η δυνατότητα αυτόνομης πλοήγησης τα καθιστά απαραίτητα σε τομείς όπως η επιτήρηση, η έρευνα και η διάσωση, αλλά και σε εμπορικές εφαρμογές, προσφέροντας ακρίβεια, ευελιξία και ασφάλεια σε κάθε αποστολή.

Κεφάλαιο 4° : Πρακτική Εφαρμογή Τεχνητής Νοημοσύνης στον Τομέα Αυτόνομης Πλοήγησης Οχήματος (ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ MATLAB)

Στο τελευταίο κομμάτι της εργασίας αυτής, η μελέτη σε αυτό το σημείο επικεντρώνεται και αποκτά πλέον μια πρακτική εφαρμογή της τεχνητής νοημοσύνης στον τομέα της αυτόνομης οδήγησης, χρησιμοποιώντας το γραφικό περιβάλλον MATLAB για τη δημιουργία ενός συστήματος που διαχειρίζεται κινδύνους και λαμβάνει αποφάσεις σε πραγματικό χρόνο σε αληθοφανές περιβάλλον αυτοκινητοδρόμου για την αποφυγή ατυχημάτων.

Η προσομοίωση, πραγματοποιήθηκε σε ένα δυναμικό περιβάλλον αυτοκινητόδρομου, όπου υπάρχει κάποιο "Ego Vehicle" (το όχημα δηλαδή που αποτελεί το επίκεντρο της ανάλυσης, λειτουργώντας ως το κύριο αντικείμενο που αλληλοεπιδρά με το περιβάλλον και με τα περιβάλλοντα οχήματα) και καλείται να διαχειριστεί την κυκλοφορία, να ανιχνεύσει προπορευόμενα οχήματα και να αντιδράσει σε πιθανές απειλές που θα συναντήσει στον δρόμο του. Το πρόβλημα αυτό, καθίσταται εξαιρετικά πολύπλοκο λόγω της συνεχούς μεταβολής των ταχυτήτων και των θέσεων των άλλων οχημάτων του οδικού δικτύου, γεγονός που απαιτεί την ύπαρξη ενός ευέλικτου συστήματος ικανού να λαμβάνει αποφάσεις σε κλάσματα δευτερολέπτου. Η προσέγγιση αυτής της εφαρμογής, αποδεικνύει και στην πράξη, τη σημασία της τεχνητής νοημοσύνης για την αποδοτική και ασφαλή διαχείριση των οχημάτων αυτόνομης πλοήγησης ακόμη και σε ρεαλιστικά περιβάλλοντα. Το MATLAB επίσης, λειτουργεί αποδοτικά στην ανάπτυξη της εφαρμογής αυτής, διότι, προσέφερε μια ισχυρή πλατφόρμα προσομοίωσης η οποία δίνει μια αξιοπρεπέστατη λύση στο πρόβλημα αυτό.

4.1 Καθορισμός Του Προβλήματος

Η προσομοίωση αυτή, περιείχε έναν αυτοκινητόδρομο τριών λωρίδων, με πλάτος 3.5 μέτρων για κάθε μία λωρίδα και με συνολικό μήκος 200 μέτρων. Παράλληλα, το "Ego Vehicle" και τα προπορευόμενα τρία οχήματα είχαν διαφορετικές ταχύτητες, βρισκόντουσαν και κινούνταν το κάθε ένα σε ξεχωριστές θέσεις του οδικού δικτύου και με προκαθορισμένες διαστάσεις. Ακόμη, στο Ego Vehicle, προστέθηκαν και εφαρμόστηκαν αισθητήρες στο μπροστινό μέρος του οχήματος για την ανίχνευση αποστάσεων. Αυτοί οι αισθητήρες, συλλέγουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο, επιτρέποντας στο σύστημα να αξιολογεί την απόσταση από τα προπορευόμενα του οχήματα και να ενεργεί αναλόγως, αξιολογώντας τη σοβαρότητα της κάθε κατάστασης με βάση την απόσταση που είχε το όχημα αυτό σε σχέση με τα προπορευόμενά του, σε κάθε περίπτωση.

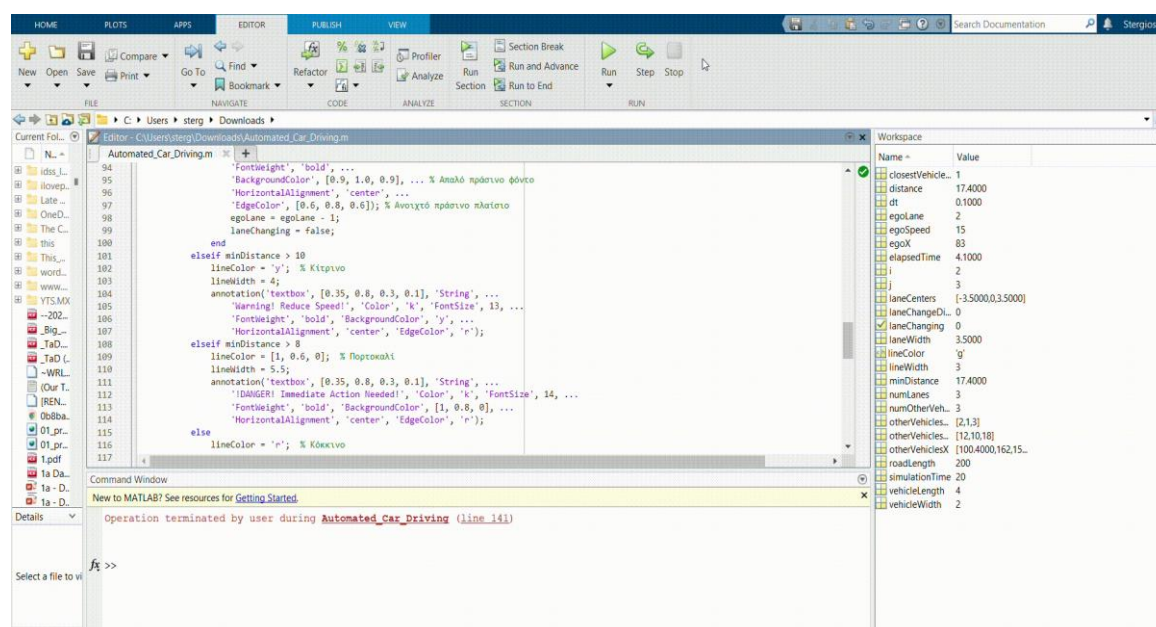
Με βάση αυτήν την απόσταση, εφαρμόστηκε ένα πολυεπίπεδο σύστημα αξιολόγησης κινδύνων κατά το οποίο: Οι αποστάσεις μεταξύ του ego και του προπορευόμενου οχήματος ήταν άνω των 15 μέτρων, θεωρούνταν ασφαλείς, ενώ σε αποστάσεις κάτω των 15 μέτρων ενεργοποιούνταν προειδοποιήσεις

διαφορετικής έντασης. Σε αποστάσεις κάτω των 8 μέτρων, το σύστημα ενεργοποιούσε αυτόματη μείωση ταχύτητας και εξέταζε τη δυνατότητα ασφαλούς αλλαγής λωρίδας όπου και πραγματοποιούσε όταν ήταν ασφαλές.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα λειτουργίας (και «τρέξιμο» του κώδικα) του σεναρίου προσομοίωσης αυτής της μελέτης, αποτελεί η παρακάτω **εικόνα** (gif) **νούμερο 22**.

Σημειώσεις: (Ego Vehicle -> Κόκκινο σχήμα, Προπορευόμενα οχήματα -> Μπλε σχήματα).

Επιπλέον Σημειώσεις: (Σε ασφαλές αποστάσεις **μέχρι 15 μέτρων**: οι αισθητήρες του Ego Vehicle, «φαίνονται» με **πράσινο χρώμα**. Σε αποστάσεις **10 μέτρων**, οι αισθητήρες του μετατρέπονται σε **κίτρινο χρώμα**. Σε αποστάσεις **8 μέτρων**, οι αισθητήρες μετατρέπονται σε **έντονο πορτοκαλί χρώμα**, ενώ σε αποστάσεις **μικρότερες των 8 μέτρων**, οι αισθητήρες αποκτάει ανησυχητικό **Κόκκινο έντονο χρώμα**).



Εικόνα 22 : Αναπαράσταση Πρακτικής Εφαρμογής Τεχνητής Νοημοσύνης στον τομέα Αυτόνομης Πλοήγησης

Ένα από τα επιπλέον αξιοσημείωτα και καινοτόμα στοιχεία που εφαρμόστηκαν και ενίσχυσαν ακόμη περισσότερο την συμβολή του συστήματος, ήταν η ενσωμάτωση ηχητικών προειδοποιητικών μηνυμάτων. Συγκεκριμένα, σε κάθε επίπεδο κινδύνου, το σύστημα παρήγαγε ξεχωριστά ηχητικά σήματα, προσαρμοσμένα για να "ξυπνήσουν" τον οδηγό και να τον ενημερώσουν για την κατάσταση της σοβαρότητας του κινδύνου που αντιμετωπίζει. Για παράδειγμα, σε περιπτώσεις μέτριου κινδύνου, χρησιμοποιούνταν απαλά ηχητικά προειδοποιητικά μηνύματα, ενώ σε περιπτώσεις άμεσου κινδύνου, εκπέμπονταν πιο έντονοι και δυνατοί ήχοι. Το πλέον αξιοσημείωτο ήταν η χρήση ενός γαλήνιου ήχου κατά την ασφαλή αλλαγή λωρίδας, συνοδευόμενου από το μήνυμα: *"Changing Lanes Now is Safe"*. Ο ήχος αυτός, με χαμηλές συχνότητες, είχε στόχο να καθησυχάζει τον οδηγό, διασφαλίζοντας ότι η αλλαγή λωρίδας πραγματοποιείται με ασφάλεια και αυτοπεποίθηση.

(Εφαρμόστε Διπλό Κλικ προκειμένου να τρέξει το βίντεο που διατυπώνονται ακριβώς οι ήχοι)



Warning Sounds - Δημιουργήθηκε με το Clipchamp.mp4

4.2 Η Λειτουργικότητα του Κώδικα

Η λειτουργικότητα του συστήματος βασίστηκε σε δύο βασικούς άξονες: τη μείωση της ταχύτητας και την αλλαγή λωρίδας, με στόχο τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας των επιβαινόντων και την αποτελεσματική διαχείριση του κινδύνου σύγκρουσης. Το σύστημα εκτιμά τις συνθήκες του δρόμου σε πραγματικό χρόνο και λαμβάνει άμεσες αποφάσεις που διασφαλίζουν την ασφάλεια τόσο του Ego Vehicle όσο και των άλλων χρηστών του οδικού δικτύου. Σε περιπτώσεις αυξημένου κινδύνου, το σύστημα ενεργοποιούσε μια σταδιακή επιβράδυνση του οχήματος, διατηρώντας ασφαλείς αποστάσεις από τα προπορευόμενα οχήματα. Όταν η απόσταση του Ego Vehicle από το προπορευόμενο όχημα πέσει κάτω από τα 10 μέτρα, το σύστημα εκδίδει προειδοποιητικό μήνυμα και ηχητικό σήμα. Αν η απόσταση μειωθεί περαιτέρω (κάτω από τα 8 μέτρα), το σύστημα μειώνει αυτόματα την ταχύτητα, ενώ συνοδεύεται από πιο έντονα ηχητικά σήματα για να «ξυπνήσει» τον οδηγό και να τον προειδοποιήσει για τον άμεσο κίνδυνο.

Σε μέτριο κίνδυνο ($10 < \text{απόσταση} \leq 15$ μέτρα), εκπέμπεται ένα ήπιο προειδοποιητικό μήνυμα με ήχο, ο οποίος προειδοποιεί: "Warning! Reduce Speed!". Ο ήχος είναι απαλός, ώστε να μην προκαλεί άγχος, αλλά αρκετά αισθητός για να τραβήξει την προσοχή του οδηγού.

Σε αυξημένο κίνδυνο ($8 < \text{απόσταση} \leq 10$ μέτρα), το μήνυμα μετατρέπεται σε πορτοκαλί ένδειξη: "!DANGER! Immediate Action Needed!". Συνοδεύεται από έναν πιο δυναμικό ήχο, ώστε ο οδηγός να κατανοήσει την κρισιμότητα της κατάστασης.

Σε άμεσο κίνδυνο ($\text{απόσταση} \leq 8$ μέτρα), εμφανίζεται κόκκινο μήνυμα: "Applying Brakes... Driver is Not Responding". Ταυτόχρονα, το σύστημα εκπέμπει έναν διαπεραστικό ήχο για να επισημάνει τον επικείμενο κίνδυνο και να προκαλέσει άμεση αντίδραση.

Η ασφαλής αλλαγή λωρίδας επίσης, αποτελεί έναν από τους πυλώνες της λειτουργικότητας του συστήματος. Όταν η απόσταση από το προπορευόμενο όχημα έχει επανέλθει πλέον σε φυσιολογική και ασφαλή επίπεδα και παράλληλα, εντοπιστεί μια ελεύθερη λωρίδα, το σύστημα λαμβάνει την απόφαση αλλαγής λωρίδας. Η διαδικασία πραγματοποιείται σταδιακά, με το Ego Vehicle να μετακινείται ομαλά και με ακρίβεια, εξασφαλίζοντας τη συνεχή ασφάλεια όλων των οχημάτων στον δρόμο. Αυτό που καθιστά τη διαδικασία αλλαγής λωρίδας μοναδική είναι η χρήση ενός γαλήνιου ηχητικού μηνύματος, που συνοδεύεται από το μήνυμα "Changing Lanes Now is Safe".

Ο συνδυασμός αυτών των λειτουργιών αναδεικνύει την ικανότητα του συστήματος να ανταποκρίνεται σε δυναμικά σενάρια και να διαχειρίζεται πολύπλοκες κυκλοφοριακές συνθήκες. Η χρήση τεχνητής νοημοσύνης σε αυτή την εφαρμογή επιβεβαιώνει ότι η αυτοματοποιημένη λήψη αποφάσεων μπορεί να προσφέρει όχι μόνο ασφάλεια αλλά και καλύτερη οδηγική εμπειρία.

4.3 Εξακριβώσεις Πρακτικής Εφαρμογής

Η πρακτική αυτή εφαρμογή της τεχνητής νοημοσύνης στον τομέα της αυτόνομης οδήγησης αποδεικνύει την ικανότητά της να αντιμετωπίζει σύνθετα προβλήματα με αποτελεσματικότητα. Η χρήση του προγράμματος MATLAB για την ανάπτυξη ενός συστήματος που ανιχνεύει κινδύνους, λαμβάνει αποφάσεις και εκτελεί ενέργειες σε πραγματικό χρόνο αποτέλεσε καθοριστικό βήμα για τη μελέτη. Τα ηχητικά προειδοποιητικά μηνύματα ενίσχυσαν περαιτέρω την αποτελεσματικότητα του συστήματος, διασφαλίζοντας ότι ο οδηγός είναι πάντα ενήμερος για τη σοβαρότητα των συνθηκών.

Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης απέδειξαν ότι τέτοια συστήματα μπορούν να ενσωματωθούν με επιτυχία σε αυτόνομα οχήματα, μειώνοντας σημαντικά τον κίνδυνο ατυχημάτων. Το σύστημα επέδειξε υψηλό επίπεδο προσαρμοστικότητας, λαμβάνοντας αποφάσεις γρήγορα και αποτελεσματικά, ενώ ταυτόχρονα προσέφερε μια ομαλή και ασφαλή οδηγική εμπειρία. Με αυτές τις τεχνολογίες, η αυτόνομη πλοήγηση μπορεί να εξελιχθεί σε έναν από τους πιο αξιόπιστους και βιώσιμους τρόπους μεταφοράς.

4.4 Κώδικας Αυτόνομου Οχήματος σε Περιβάλλον MatLab

```
clc;  
clear;
```

```
% Παράμετροι Οδικού Δικτύου
```

```
roadLength = 200; % Το συνολικό μήκος του αυτοκινητόδρομου σε μέτρα
```

```
laneWidth = 3.5; % Το πλάτος κάθε λωρίδας κυκλοφορίας σε μέτρα
```

```
numLanes = 3; % Ο συνολικός αριθμός λωρίδων κυκλοφορίας
```

```
laneCenters = (-1:1) * laneWidth; % Οι κεντρικές γραμμές των λωρίδων σε συνάρτηση με το πλάτος
```

```
% Παράμετροι Ego Vehicle (το όχημα που ελέγχεται)
```

```
egoX = 20; % Αρχική θέση X του οχήματος
```

```
egoLane = 2; % Αρχική λωρίδα κυκλοφορίας (η δεύτερη λωρίδα)
```

```
egoSpeed = 15; % Ταχύτητα του Ego Vehicle σε m/s
```

```
laneChanging = false; % Κατάσταση αλλαγής λωρίδας (false = καμία αλλαγή)
```

```
laneChangeDirection = 0; % Κατεύθυνση αλλαγής λωρίδας (-1: αριστερά, 1: δεξιά, 0: καμία αλλαγή)
```

```
% Παράμετροι Άλλων Οχημάτων
```

```
numOtherVehicles = 3; % Συνολικός αριθμός προπορευόμενων οχημάτων
```

```
otherVehiclesX = [50, 120, 80]; % Αρχικές θέσεις X των προπορευόμενων οχημάτων
```

```
otherVehiclesLane = [2, 1, 3]; % Λωρίδες στις οποίες βρίσκονται τα άλλα οχήματα
```

```
otherVehiclesSpeed = [12, 10, 18]; % Ταχύτητες των άλλων οχημάτων σε m/s
```

```
% Παράμετροι Οχημάτων
```

```
vehicleWidth = 2; % Πλάτος οχημάτων σε μέτρα
```

```
vehicleLength = 4; % Μήκος οχημάτων σε μέτρα
```

```
% Παράμετροι Προσομοίωσης
```

```
dt = 0.1; % Βήμα χρόνου προσομοίωσης σε δευτερόλεπτα
```

```
simulationTime = 20; % Συνολικός χρόνος προσομοίωσης σε δευτερόλεπτα
```

```

elapsedTime = 0; % Τρέχων χρόνος προσομοίωσης

% Δημιουργία γραφικού περιβάλλοντος
figure('Name', 'Highway Lane Change Simulation', 'NumberTitle', 'off');
hold on; % Διατήρηση του γραφήματος
set(gca, 'FontSize', 14); % Ρύθμιση γραμματοσειράς

% Ήχοι προειδοποίησης
fs = 44100; % Συχνότητα δειγματοληψίας ήχου
warningSound = sin(1:0.5:fs * 0.2); % Ήχος για προειδοποιήσεις
dangerSound = sin(1:0.2:fs * 0.2); % Ήχος για άμεσους κινδύνους

% Έναρξη προσομοίωσης
while elapsedTime < simulationTime
    % Ενημέρωση θέσης του Ego Vehicle
    egoX = egoX + egoSpeed * dt;

    % Ενημέρωση θέσεων άλλων οχημάτων
    otherVehiclesX = otherVehiclesX + otherVehiclesSpeed * dt;

    % Ανίχνευση κινδύνου - Υπολογισμός της ελάχιστης απόστασης από άλλα οχήματα
    minDistance = Inf; % Αρχικοποίηση με μέγιστη τιμή
    closestVehicleIdx = -1; % Δείκτης για το πλησιέστερο όχημα

    for j = 1:numOtherVehicles
        if otherVehiclesLane(j) == egoLane % Αν το όχημα βρίσκεται στην ίδια λωρίδα
            distance = abs(otherVehiclesX(j) - egoX); % Υπολογισμός απόστασης
            if distance < minDistance
                minDistance = distance; % Ενημέρωση ελάχιστης απόστασης
                closestVehicleIdx = j; % Καταγραφή του πλησιέστερου οχήματος
            end
        end
    end

    % Καθαρισμός του γραφήματος και σχεδίαση του δρόμου
    cla; % Εκκαθάριση γραφημάτων
    for i = 1:numLanes
        fill([egoX - 20, egoX + 80, egoX + 80, egoX - 20], ...
            [laneCenters(i) - laneWidth / 2, laneCenters(i) - laneWidth / 2, ...
            laneCenters(i) + laneWidth / 2, laneCenters(i) + laneWidth / 2], ...
            [0.9, 0.9, 0.9], 'EdgeColor', 'none'); % Σχεδίαση λωρίδων
    end
    for i = 1:numLanes - 1
        plot([egoX - 20, egoX + 80], ...
            [laneCenters(i) + laneWidth / 2, laneCenters(i) + laneWidth / 2], ...
            'w--', 'LineWidth', 2); % Σχεδίαση λευκών γραμμών
    end

    % Σχεδίαση Ego Vehicle
    rectangle('Position', ...
        [egoX - vehicleLength / 2, laneCenters(egoLane) - vehicleWidth / 2, vehicleLength,
        vehicleWidth], ...
        'FaceColor', 'r', 'EdgeColor', 'k', 'LineWidth', 1.5);

    % Σχεδίαση άλλων οχημάτων
    for j = 1:numOtherVehicles
        rectangle('Position', ...
            [otherVehiclesX(j) - vehicleLength / 2, laneCenters(otherVehiclesLane(j)) - vehicleWidth / 2,
            vehicleLength, vehicleWidth], ...
            'FaceColor', 'b', 'EdgeColor', 'k', 'LineWidth', 1.5);
    end

    % Ανάγνωση Περιβάλλοντος Γραμμής
    if closestVehicleIdx > 0
        if minDistance > 15 % Απόσταση Ego με Προπορευόμενο > 15 μέτρων
            lineColor = 'g'; % Πράσινο
            lineWidth = 3; % Λεπτή γραμμή
            % Αλλαγή λωρίδας αν είχε προηγηθεί φρενάρισμα

```

```

if laneChanging
    % Δημιουργία ενός γαλήνιου ήχου για ασφαλή αλλαγή λωρίδας
    fs = 44100; % Συχνότητα δειγματοληψίας
    t = 0:1/fs:1.5; % Χρονικό διάστημα 1.5 δευτερολέπτων

    % Πολύ γαλήνιος ήχος με χαμηλές συχνότητες και απαλή εξασθένηση
    safeLaneChangeSound = (0.5*sin(2*pi*220*t) + 0.3*sin(2*pi*330*t) + 0.2*sin(2*pi*440*t)) .*
exp(-2*t);

    % Αναπαραγωγή εξαιρετικά γαλήνιου ήχου
    sound(safeLaneChangeSound, fs);
    annotation('textbox', [0.35, 0.8, 0.3, 0.1], 'String', ...
'Changing Lanes Now is Safe', ...
'Color', [0.0, 0.5, 0.0], ... % Ελαφρύ παστέλ πράσινο
'FontSize', 14, ...
'FontWeight', 'bold', ...
'BackgroundColor', [0.9, 1.0, 0.9], ... % Απαλό πράσινο φόντο
'HorizontalAlignment', 'center', ...
'EdgeColor', [0.6, 0.8, 0.6]); % Ανοιχτό πράσινο πλαίσιο
    egoLane = egoLane - 1;
    laneChanging = false;
end
elseif minDistance > 10 % Απόσταση Ego με Προπορευόμενο > 10 μέτρων (Αρχίζουμε να
ανησυχούμε)
    lineColor = 'y'; % Κίτρινο
    lineWidth = 4;
    annotation('textbox', [0.35, 0.8, 0.3, 0.1], 'String', ...
'Warning! Reduce Speed!', 'Color', 'k', 'FontSize', 13, ...
'FontWeight', 'bold', 'BackgroundColor', 'y', ...
'HorizontalAlignment', 'center', 'EdgeColor', 'r');
    sound(warningSound, fs); % Προειδοποίησε ηχητικά τον οδηγό
elseif minDistance > 8 % Απόσταση Ego με Προπορευόμενο > 8 μέτρων (Περισσότερη Ανησυχία)

    lineColor = [1, 0.6, 0]; % Πορτοκαλί
    lineWidth = 5.5;
    annotation('textbox', [0.35, 0.8, 0.3, 0.1], 'String', ...
'!DANGER! Immediate Action Needed!', 'Color', 'k', 'FontSize', 14, ...
'FontWeight', 'bold', 'BackgroundColor', [1, 0.8, 0], ...
'HorizontalAlignment', 'center', 'EdgeColor', 'r');
    sound(dangerSound, fs); % Προειδοποίησε Γρήγορα τον οδηγό
else
    lineColor = 'r'; % Κόκκινο
    lineWidth = 8; % Απόσταση Ego με Προπορευόμενο < 8 μέτρων (Ανησυχία Στο Έπακρο)
    annotation('textbox', [0.35, 0.8, 0.3, 0.1], 'String', ...
'Applying Brakes... Driver is Not Responding', 'Color', 'r', 'FontSize', 16, ...
'FontWeight', 'bold', 'BackgroundColor', 'k', ...
'HorizontalAlignment', 'center', 'EdgeColor', 'r');
    egoSpeed = max(egoSpeed - 0.3, 0); % Το σύστημα Φρενάρει μόνο του τώρα
    sound(dangerSound, fs); % Προειδοποίησε στο έπακρο τον οδηγό
    laneChanging = true;
end

% Σχεδίαση βοηθητικής γραμμής
line([egoX, otherVehiclesX(closestVehicleIdx)], ...
[laneCenters(egoLane), laneCenters(egoLane)], ...
'Color', lineColor, 'LineWidth', lineWidth);
end

% Ρυθμίσεις Άξονα
xlim([egoX - 20, egoX + 80]);
ylim([-laneWidth*numLanes/2, laneWidth*numLanes/2]);
xlabel('X (m)');
ylabel('Y (m)');
title('Highway Lane Change Simulation');
grid on;

% Καθυστέρηση και αύξηση χρόνου
pause(dt);

```

```
elapsedTime = elapsedTime + dt;  
end  
disp('Simulation Completed!');
```

Συμπεράσματα, Παρατηρήσεις Και Μελλοντικές Εξελίξεις

Η παρούσα εργασία ανέδειξε τη βαθιά διασύνδεση μεταξύ τεχνητής ευφυΐας, μηχανικής μάθησης και υπολογιστικής όρασης, υπογραμμίζοντας την εφαρμογή και την αποτελεσματικότητά της χρήσης και μεθόδων τους στην αυτόνομη πλοήγηση. Μέσα από τη χρήση προηγμένων τεχνολογιών, όπως συστήματα μηχανικής όρασης, έγινε φανερό ότι η αυτονομία πλοήγησης οχημάτων, μπορεί να εξασφαλίσει όχι μόνο τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας αλλά και την αναβάθμιση της οδηγικής εμπειρίας. Επιπλέον, η περίπτωση προσομοίωσης πρακτικής εφαρμογής που πραγματοποιήθηκε μέσω του MATLAB, επιβεβαιώθηκε η αξιοπιστία ενσωμάτωσης τέτοιων τεχνολογιών σε τομείς automotive, ενισχύοντας τη δυνατότητα λήψης άμεσων αποφάσεων συστημάτων αυτών σε δυναμικά περιβάλλοντα, ακόμη και κάτω από ρεαλιστικές συνθήκες.

Παρά την πρόοδο όμως του τομέα, εντοπίζονται σημεία προσοχής και περιθώρια αυτοβελτίωσης. Ένα κρίσιμο ζήτημα, είναι η ποιότητα και η ακρίβεια των δεδομένων εκπαίδευσης που προαναφέραμε σε προηγούμενο κεφάλαιο καθώς, τα θορυβώδη ή εσφαλμένα δεδομένα μπορεί να οδηγήσουν σε μη ασφαλείς αποφάσεις και οδικά ατυχήματα. Επίσης, οι δυναμικές περιβαλλοντικές συνθήκες, όπως οι απότομες αλλαγές φωτισμού ή οι ακραίες καιρικές συνθήκες, παραμένουν προκλήσεις για τη μηχανική όραση και συνεπώς για τέτοια συστήματα αυτόματης καθοδήγησης. Είναι απαραίτητη λοιπόν, η περαιτέρω μελλοντική ανάπτυξη και εξέλιξη αλγορίθμων που θα ενισχύουν την προσαρμοστικότητα και τη σταθερότητα αυτόνομων συστημάτων σε τέτοιες συνθήκες. Επιπλέον, η διαλειτουργικότητα και η αλληλεπίδραση μεταξύ διαφόρων αισθητήρων και συστημάτων θα πρέπει να βελτιστοποιηθούν για την εξασφάλιση ολοκληρωμένης και ασφαλούς πλοήγησης.

Τέλος, η εφαρμογή των τεχνολογιών της τεχνητής νοημοσύνης στον τομέα της αυτόνομης πλοήγησης ανοίγει τον δρόμο ελαχιστοποίησης των ανθρώπινων σφαλμάτων, της αποτροπής ατυχημάτων και της βελτιστοποίησης της κατανάλωσης καυσίμων, τα αυτόνομα συστήματα υπόσχονται πιο ασφαλείς, αποδοτικές και βιώσιμες μεταφορές. Η ενσωμάτωση ηχητικών μηνυμάτων, όπως αυτά που παρουσιάστηκαν στη συγκεκριμένη προσομοίωση συστήματος, βελτιώνουν την αλληλεπίδραση ανθρώπου-μηχανής και ενισχύουν την εμπιστοσύνη των χρηστών σε τέτοιες τεχνολογίες. Ωστόσο, η πλήρης υιοθέτηση απαιτεί την ανάπτυξη σαφούς νομικού και ηθικού πλαισίου, που θα διασφαλίζει την προστασία της ιδιωτικότητας και τη δίκαιη κατανομή των ωφελειών από την εφαρμογή τέτοιων δομών, καθιστώντας την αυτονομία στις μεταφορές όχι απλώς τεχνολογική καινοτομία, αλλά και ουσιαστική κοινωνική μεταρρύθμιση.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Makridakis, S. (2017). The forthcoming Artificial Intelligence (AI) revolution: Its impact on society and firms. *Futures*, 90, 46-60.

Bello, L. L., Mariani, R., Mubeen, S., & Saponara, S. (2018). Recent advances and trends in on-board embedded and networked automotive systems. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 15(2), 1038-1051.

Turing, A. (1950). Computing machinery and intelligence. *Mind A Quarterly Review of Psychology and Philosophy*, 236, 433-460. <https://doi.org/10.1093/mind/lix.236.433>

Χρυσόπουλος, Π. (2017). *Η Χρήση της μηχανικής στη φιλοσοφία και τις επιστήμες κατά την αρχαιότητα. 5ο Διεπιστημονικό Συνέδριο Φιλοσοφία και Κοσμολογία: Αφιέρωμα στα 2400 χρόνια από την γέννηση του Αριστοτέλη: Τόμος Πρακτικών*. <https://deeaef.gr/wp-content/uploads/2017/04/Chrysopoulos-full-text.pdf>

Merriam-Webster. (n.d.). *Motor*. <https://www.merriam-webster.com/dictionary/motor>

Piaget, J. (1963). *The psychology of intelligence*. Routledge, New York.

Anastasi, A. (1992). *What counselors should know about the use and interpretation of psychological tests*, *Journal of Counseling and Development*, 70(5):610-615.

Βεργάκης, Κ. (2015). *Νοημοσύνη και εκπαιδευτική προσαρμογή*. <http://westcult.gr/index.php/epiloges/repostem/noimosyni-kai-anaptyksi>

Wikipedia. (n.d.). *Μηχανικό σύστημα*. https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9C%CE%B7%CF%87%CE%B1%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CF%8C_%CF%83%CF%8D%CF%83%CF%84%CE%B7%CE%BC%CE%B1

Παγγέ, Τ. , Καποδίστρια, Α. (1998). *Τεχνητή νοημοσύνη*. Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση. <https://eproceedings.epublishing.ekt.gr/index.php/cetpe/article/view/4715>

Haleem. A , Javaid. B, Qadri. M.A, Singh. R. P. , Suman R. (2022). *Artificial intelligence (AI) applications for marketing: A literature-based study*. *International Journal of Intelligent Networks*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666603022000136?via%3Dihub>

McCarthy, J. , Minsky, M. , Rochester, N. , & Shannon, C. (1955). *A proposal for Dartmouth summer research project on artificial intelligence*. *AI Magazine*, 27, 12

Βλαχάβας Ι. , Κεφαλάς Π. , Βασιλειάδης Ν. , Κόκκορας Φ. , Σακελλαρίου Η., (2006), *Τεχνητή Νοημοσύνη*. Εκδόσεις Πανεπιστημίου Μακεδονίας. Γ' έκδοση.

Russel S , Norvig P , (2005) , *Τεχνητή Νοημοσύνη: Μια σύγχρονη προσέγγιση*. Εκδόσεις Κλειδάριθμος. Δεύτερη Αμερικανική Έκδοση.

Βιλιώτης, Γ. (2021). *Τεχνητή νοημοσύνη στη πλοήγηση πλοίων, σε μη επανδρωμένα πλοία και στη θαλάσσια γεωεπιστήμη*. Διπλωματική εργασία. <https://ir.lib.uth.gr/xmlui/bitstream/handle/11615/56896/23308.pdf?sequence=1>

Čapek, K. (1921). *Rossum's Universal Robots*. Science Fiction Theatrical Play. <https://www.endourology.org/images/endourology-history-articles/Rossums-Universal-Robots-Not-the-Machines.pdf>

Αναστασοπούλου, Ε. (2019). *Η Τεχνητή Νοημοσύνη και οι εφαρμογές της*. Διπλωματική εργασία.

<https://dspace.lib.ntua.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/49078/diplomatiki.%20Elena.Anastasopoulou-converted.pdf?sequence=1>

Weizenbaum, J. (1967). *ELIZA A Computer Program For the Study of Natural Language Communication Between Man And Machine*.
<https://web.stanford.edu/class/cs124/p36-weizenbaum.pdf>

McCulloch, W. , Pitts, W. (1943). *A Logical Calculus of the Ideas Immanent in Nervous Activity*. Bulletin of Mathematical Biophysics, 5, 115-133.
<https://www.cs.cmu.edu/~./epxing/Class/10715/reading/McCulloch.and.Pitts.pdf>

Δεσύλλας, Ι. (2022). *Η ΤΕΧΝΗΤΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ ΩΣ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ*. Μεταπτυχιακή Εργασία.
https://dione.lib.unipi.gr/xmlui/bitstream/handle/unipi/14961/Desyllas_21028.pdf?sequence=1&utm_source=chatgpt.com

SHORTLIFFE, E. (1976). *Computer Based Medical Consultations: MYCIN*. Elsevier.
<https://www.shortliffe.net/Shortliffe-1976/MYCIN%20thesis%20Book.htm>

Colmerauer, A. (1990). *An introduction to Prolog III. Communications of the ACM*, 33(7), 69-90. <https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/79204.79210>

Campbell, M., Hoane Jr, A. J., & Hsu, F. H. (2002). *Deep blue. Artificial intelligence*, 134(1-2), 57-83.
https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0004370201001291/pdf?md5=a843a5b1c9049457e0d3adb68117b4ed&pid=1-s2.0-S0004370201001291-main.pdf&_valck=1

Aberystwyth University Adam (2009) . Robot scientist becomes first machine to discover new scientific knowledge. University of Cambridge Article.
<https://www.cam.ac.uk/research/news/robot-scientist-becomes-first-machine-to-discover-new-scientific-knowledge>

Πριστάικο, Α. (2017). *Τεχνητή Νοημοσύνη: Ιστορική αναδρομή και προβολή της μέσα από ταινίες*, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Δυτικής Ελλάδος.

Σαμαρά, Ν. (2021). *Η Τεχνητή Νοημοσύνη και οι Εφαρμογές της στην Εκπαίδευση*, Πανεπιστήμιο Πειραιώς.

Haenlein, M., Kaplan, A. (2019). *A Brief History of Artificial Intelligence: On the Past, Present, and Future of Artificial Intelligence*. University of California.

Ali, A., Abd Razak, S., Othman, S. H., Eisa, T. A. E., Al-Dhaqm, A., Nasser, M., ... & Saif, A. (2022). *Financial fraud detection based on machine learning: a systematic literature review*. Applied Sciences, 12(19), 9637. <https://www.mdpi.com/2076-3417/12/19/9637>

Bi, Q., Goodman, K. E., Kaminsky, J., & Lessler, J. (2019). What is machine learning? A primer for the epidemiologist. *American journal of epidemiology*, 188(12), 2222-2239.

Arthur, Samuel, A. (1959). *Some Studies in Machine Learning Using the Game of Checkers*. IBM Journal 3 (3): 210–229.
<https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5392560>

Κρηνίδης, Σ. (2024). *Εισαγωγή στα Έμπειρα Συστήματα - Τεχνητή Νοημοσύνη*. Διάλεξη Μαθήματος.
<https://eclass.mst.duth.gr/modules/document/index.php?course=MSC-MAIS102&download=/636e0a7aZCU1.pdf>

Nasteski, V. (2017). An overview of the supervised machine learning methods. *Horizons. b*, 4(51-62), 56.

Valkenburg, D., Rousseau, A. J., Geubbelmans, M., & Burzykowski, T. (2023). Unsupervised learning. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 163(6), 877-882.

Μπενοβίας, Λ. (2024). Μηχανική μάθηση για διαδικτυακά δεδομένα. <https://dspace.lib.ntua.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/58560/%CE%94%CE%B9%CF%80%CE%BB%CF%89%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%B7.pdf?sequence=1>

Arulkumaran, K., Deisenroth, M. P., Brundage, M., & Bharath, A. A. (2017). Deep reinforcement learning: A brief survey. *IEEE Signal Processing Magazine*, 34(6), 26-38.

Sallab, A. E., Abdou, M., Perot, E., & Yogamani, S. (2017). Deep reinforcement learning framework for autonomous driving. *arXiv preprint arXiv:1704.02532*.

Λευκαδίτης, Χ. (2020). *Αυτόνομη πλοήγηση με χρήση μηχανικής μάθησης και επαυξημένης πραγματικότητας* (Bachelor's thesis). <https://ir.lib.uth.gr/xmlui/bitstream/handle/11615/53662/21336.pdf?sequence=1>

Szeliski, R. (2022). *Computer vision: algorithms and applications*. Springer Nature.

Kukkala, V. K., Tunnell, J., Pasricha, S., & Bradley, T. (2018). Advanced driver-assistance systems: A path toward autonomous vehicles. *IEEE Consumer Electronics Magazine*, 7(5), 18-25.

Mukhtar, A., Xia, L., & Tang, T. B. (2015). Vehicle detection techniques for collision avoidance systems: A review. *IEEE transactions on intelligent transportation systems*, 16(5), 2318-2338.

LiDAR: Η συσκευή που έκανε τα αυτόνομα αυτοκίνητα πραγματικότητα, TRACTION 2020, <https://traction.gr/lidar-i-syskevi-pou-ekane-ta-aftonoma-aftokinitapragmatikotita/>

Mehra, A., Ma, W. L., Berg, F., Tabuada, P., Grizzle, J. W., & Ames, A. D. (2015, July). Adaptive cruise control: Experimental validation of advanced controllers on scale-model cars. In *2015 American control conference (ACC)* (pp. 1411-1418). IEEE.

Heimberger, M., Horgan, J., Hughes, C., McDonald, J., & Yogamani, S. (2017). Computer vision in automated parking systems: Design, implementation and challenges. *Image and Vision Computing*, 68, 88-101.

Σύστημα Tesla Autopilot, <https://www.tesla.com/autopilot>.

González-Sieira, A., Cores, D., Mucientes, M., & Bugarín, A. (2020). Autonomous navigation for UAVs managing motion and sensing uncertainty. *Robotics and Autonomous Systems*, 126, 103455.

R. E. KALMAN. (1960). *A New Approach to Linear Filtering and Prediction Problems*. Transactions of the ASME – Journal of Basic Engineering. ap. 82, pp. 35-45.

