

Ανάπτυξη Αυτόνομου Ρομποτικού Συστήματος για την Περιβαλλοντική Διαχείριση Απορριμμάτων και την Υποστήριξη Αδέσποτων Ζώων σε Αστικά Κέντρα

Αθανασία Τοπάλη-Φωτεινή Τρυφερίδου

Μαθήτριες Β Τάξης, Πειραματικό Σχολείο του Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης

Λούφη Μαρία Εριάλντα (ΠΕ86), Φίλιππος Κουτσάκας (ΠΕ86)

loufieriaalnta@sch.gr , fkoutsakas@sch.gr

Περίληψη

Η παρούσα εργασία επικεντρώνεται στη σχεδίαση και ανάπτυξη ενός ρομποτικού συστήματος για την αυτοματοποιημένη διαχείριση απορριμμάτων και την υποστήριξη αδέσποτων ζώων σε αστικό περιβάλλον. Μέσω της αξιοποίησης αισθητήρων, τεχνητής νοημοσύνης και μηχανικής μάθησης, το ρομπότ έχει τη δυνατότητα να αναγνωρίζει και να ταξινομεί διαφορετικούς τύπους απορριμμάτων (ανακυκλώσιμα, μη ανακυκλώσιμα, υφασμάτινα απόβλητα) και να τα συλλέγει με τη χρήση ενός ρομποτικού βραχίονα. Επιπλέον, ενσωματώνει σύστημα αναγνώρισης αδέσποτων ζώων και αποστολής ειδοποιήσεων σε φιλοζωικές οργανώσεις. Η ανάπτυξη του συστήματος πραγματοποιήθηκε μέσω του εργαλείου Teachable Machine, το οποίο επέτρεψε την εκπαίδευση του ρομπότ στη διάκριση διαφορετικών αντικειμένων και καταστάσεων περιβάλλοντος.

Απώτερος στόχος της εργασίας είναι η δημιουργία μιας καινοτόμου ρομποτικής λύσης που συμβάλλει στη βελτίωση της καθαριότητας του αστικού περιβάλλοντος.

Λέξεις-κλειδιά: Ρομποτική, έξυπνη πόλη, διαχείριση απορριμμάτων, αδέσποτα ζώα, τεχνητή νοημοσύνη, μηχανική μάθηση.

Εισαγωγή

Το πρόβλημα της συσσώρευσης σκουπιδιών και των αδέσποτων ζώων αποτελεί μια από τις σημαντικότερες προκλήσεις που αντιμετωπίζουν οι σύγχρονες κοινωνίες. Στην καθημερινότητά μας, οι δημόσιοι χώροι, όπως πάρκα, δρόμοι και πλατείες, συχνά κατακλύζονται από απορρίμματα, δημιουργώντας σοβαρούς κινδύνους για την υγεία των ανθρώπων, την αισθητική του περιβάλλοντος και την ισορροπία του οικοσυστήματος. Παράλληλα, τα αδέσποτα ζώα βρίσκονται συχνά εκτεθειμένα

σε επικίνδυνες συνθήκες, όπως η έλλειψη τροφής και η επαφή με επικίνδυνα απορρίμματα, γεγονός που επιβαρύνει την ποιότητα της ζωής τους και αυξάνει τον κίνδυνο διάδοσης ασθενειών

Η εξέλιξη της ρομποτικής και της τεχνητής νοημοσύνης προσφέρει νέες δυνατότητες για την αντιμετώπιση αυτών των προβλημάτων, μέσα από αυτοματοποιημένα και έξυπνα συστήματα περιβαλλοντικής διαχείρισης. Στο πλαίσιο αυτό, η παρούσα εργασία προτείνει την ανάπτυξη ενός αυτόνομου ρομποτικού συστήματος, το οποίο είναι σχεδιασμένο να αναγνωρίζει, να ταξινομεί και να συλλέγει απορρίμματα, καθώς και να εντοπίζει αδέσποτα ζώα, ειδοποιώντας φιλοζωικές οργανώσεις.

Το ρομπότ αξιοποιεί τεχνολογίες αισθητήρων, μηχανικής μάθησης και αυτοματισμών, ώστε να διακρίνει διάφορους τύπους απορριμμάτων (ανακυκλώσιμα, μη ανακυκλώσιμα, υφασμάτινα απόβλητα) και να τα αποθηκεύει σε αντίστοιχους κάδους. Επίσης, ενσωματώνει σύστημα αναγνώρισης αδέσποτων ζώων, συμβάλλοντας στη δημιουργία ενός πιο βιώσιμου και καθαρού αστικού περιβάλλοντος.

Η εργασία αυτή επιδιώκει να διερευνήσει την αποτελεσματικότητα των ρομποτικών συστημάτων στη διαχείριση περιβαλλοντικών προκλήσεων και να αναδείξει τη συμβολή τους στη διαμόρφωση μιας έξυπνης και βιώσιμης πόλης. Μέσα από τη σχεδίαση, την υλοποίηση και την αξιολόγηση του προτεινόμενου ρομπότ, εξετάζεται η δυνατότητα εφαρμογής παρόμοιων τεχνολογικών λύσεων σε μεγαλύτερη κλίμακα, προς όφελος της κοινωνίας και του περιβάλλοντος.

Αφορμηση

Η συσσώρευση απορριμμάτων και η παρουσία αδέσποτων ζώων αποτελούν δύο από τις πιο σοβαρές προκλήσεις για τις σύγχρονες κοινωνίες, καθώς επηρεάζουν άμεσα την ποιότητα ζωής, την υγεία των πολιτών και την οικολογική ισορροπία. Οι δημόσιοι χώροι, όπως τα πάρκα, οι δρόμοι και οι πλατείες, συχνά κατακλύζονται από σκουπίδια, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται σοβαροί κίνδυνοι για τη δημόσια υγεία και το περιβάλλον. Η παρουσία των απορριμμάτων αυτών προκαλεί όχι μόνο αισθητική υποβάθμιση αλλά και τη ρύπανση του εδάφους και των υδάτων, ενώ ταυτόχρονα συνιστά μια μόνιμη απειλή για την άγρια ζωή. Παράλληλα, τα αδέσποτα ζώα, που συχνά ζουν σε συνθήκες ακραίας φτώχειας και κινδυνεύουν από ασθένειες και ατυχήματα, αναζητούν τροφή και καταφύγιο σε ακατάλληλα μέρη, όπως είναι τα σκουπίδια. Αυτή η κατάσταση όχι μόνο θέτει σε κίνδυνο την ευημερία των ζώων, αλλά ενδέχεται να έχει και αρνητικές συνέπειες για τη δημόσια υγεία, δεδομένων των πιθανών μολύνσεων και μεταδόσεων ασθενειών.

Για την αντιμετώπιση αυτών των προβλημάτων, προτείνεται η ανάπτυξη ενός ρομποτικού συστήματος που θα συνδυάζει τη λειτουργία καθαρισμού με τη φροντίδα των αδέσποτων ζώων. Το ρομπότ αυτό, με τη χρήση αισθητήρων και προηγμένων αλγορίθμων εκπαίδευσης, θα είναι ικανό να αναγνωρίζει και να κατατάσσει τα διάφορα είδη απορριμμάτων, όπως τα ανακυκλώσιμα υλικά, τα κοινά σκουπίδια, και τα πεταμένα ρούχα. Η αναγνώριση αυτή θα επιτρέπει στο ρομπότ να τοποθετεί τα απορρίμματα στους κατάλληλους κάδους, έναν για την ανακύκλωση και έναν για τα κοινά σκουπίδια.

Επιπλέον, το ρομπότ θα διαθέτει ένα βραχίονα που θα του επιτρέπει να μαζεύει τα μεγαλύτερα ή πιο δύσκολα απορρίμματα και να τα τοποθετεί στους αντίστοιχους κάδους. Η κάτω πλευρά του ρομπότ θα περιλαμβάνει μια ρομποτική σκούπα, η οποία θα είναι ικανή να καθαρίζει τα μικρότερα σκουπίδια, εξασφαλίζοντας την αποτελεσματική καθαριότητα των δημόσιων χώρων.

Ακόμη πιο σημαντικό είναι ότι το ρομπότ θα έχει τη δυνατότητα να ανιχνεύει την παρουσία αδέσποτων ζώων. Χρησιμοποιώντας ειδικούς αισθητήρες, θα μπορεί να αναγνωρίζει τα ζώα στον δρόμο και να στέλνει αυτόματα σήμα στις αρμόδιες φιλοζωικές οργανώσεις, προκειμένου να τους παρέχεται βοήθεια και να απομακρύνονται από επικίνδυνες περιοχές. Με αυτόν τον τρόπο, το ρομπότ δεν θα συμβάλλει μόνο στη βελτίωση της καθαριότητας των δημόσιων χώρων, αλλά και στην προστασία των αδέσποτων ζώων, προσφέροντάς τους την ευκαιρία για μια καλύτερη ζωή.

Το προτεινόμενο ρομποτικό σύστημα συνδυάζει τεχνολογικές και κοινωνικές λύσεις για την αντιμετώπιση των σύγχρονων προβλημάτων της κοινωνίας μας, προάγοντας την ευημερία των πολιτών, την προστασία του περιβάλλοντος και την ευαισθητοποίηση για τα δικαιώματα των ζώων.

Διαδικασία

Για την ολοκλήρωση της εργασίας μας, συνεργαστήκαμε με τη βοήθεια του προγράμματος Teachable Machine, το οποίο μας επέτρεψε να εκπαιδεύσουμε το ρομπότ μας για να αναγνωρίζει και να κατηγοριοποιεί διάφορα αντικείμενα και ζώα στο περιβάλλον. Συγκεκριμένα, ξεκινήσαμε δημιουργώντας και εκπαιδεύοντας ένα μοντέλο Μηχανικής Μάθησης το οποίο εκπαιδεύει το ρομπότ να διακρίνει τέσσερις βασικές κατηγορίες: σκουπίδια, ανακυκλώσιμα, ρούχα και αδέσποτα ζώα. Χρησιμοποιώντας δεδομένα εικόνες για κάθε κατηγορία, το ρομπότ ήταν σε θέση να ανιχνεύει και να αναγνωρίζει τα αντικείμενα στο περιβάλλον του με υψηλή ακρίβεια.

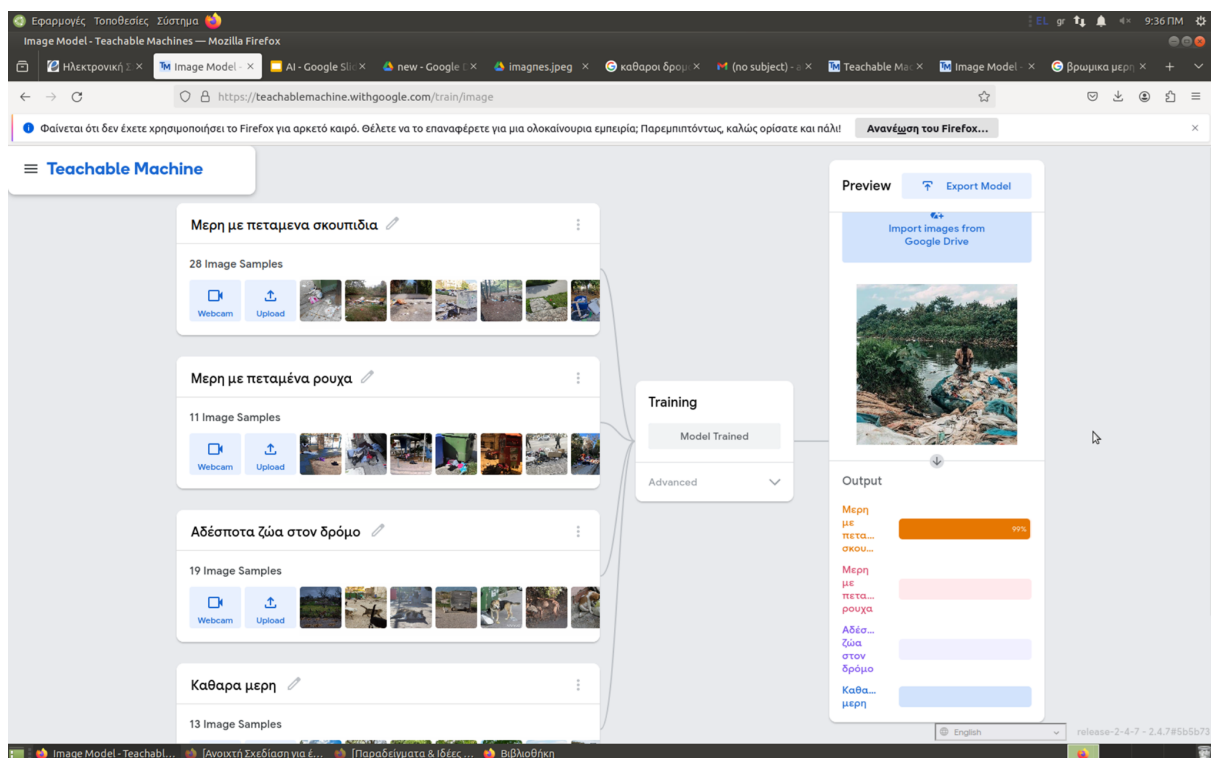


Figure1. Διαδικασία ανάλυσης απορριμμάτων και αδέσποτων. Το εκπαιδευμένο μοντέλο την κατηγοριοποιεί σωστά κατά 99%.

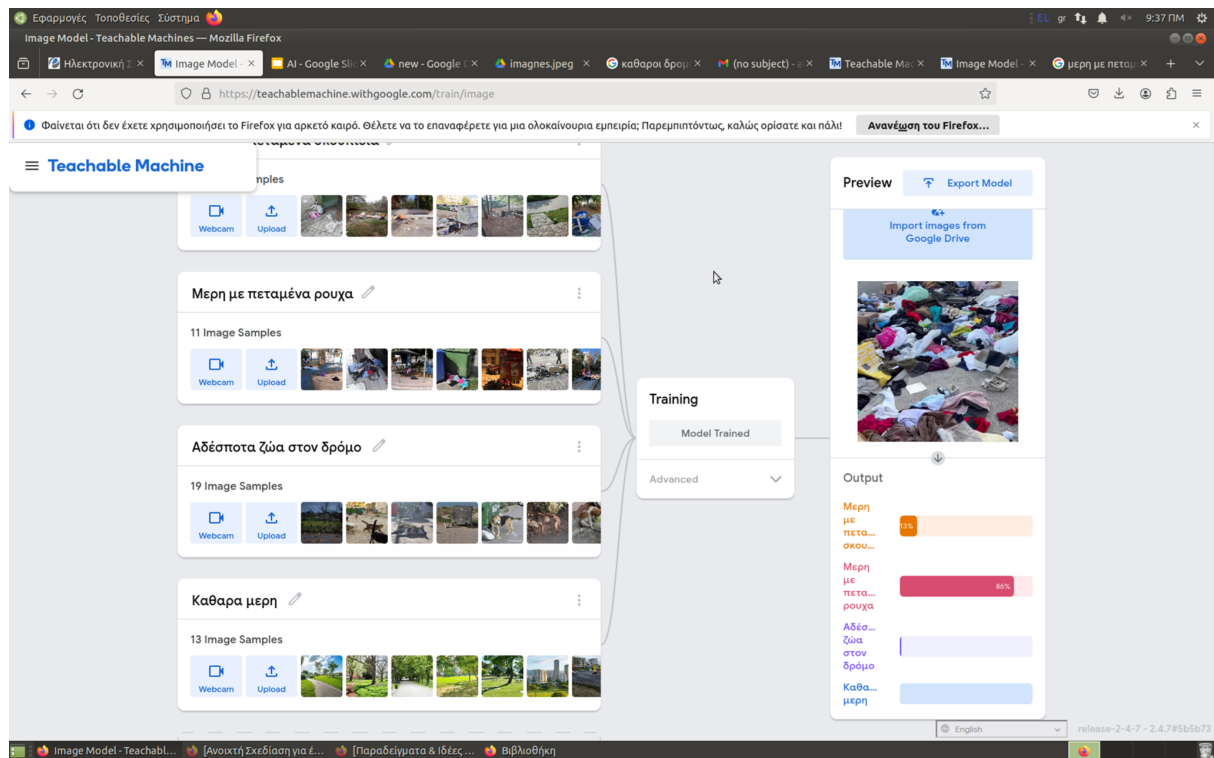


Figure2. Διαδικασία ανάλυσης απορριμμάτων και αδέσποτων. Το εκπαιδευμένο μοντέλο την κατηγοριοποιεί σωστά κατά 99%.

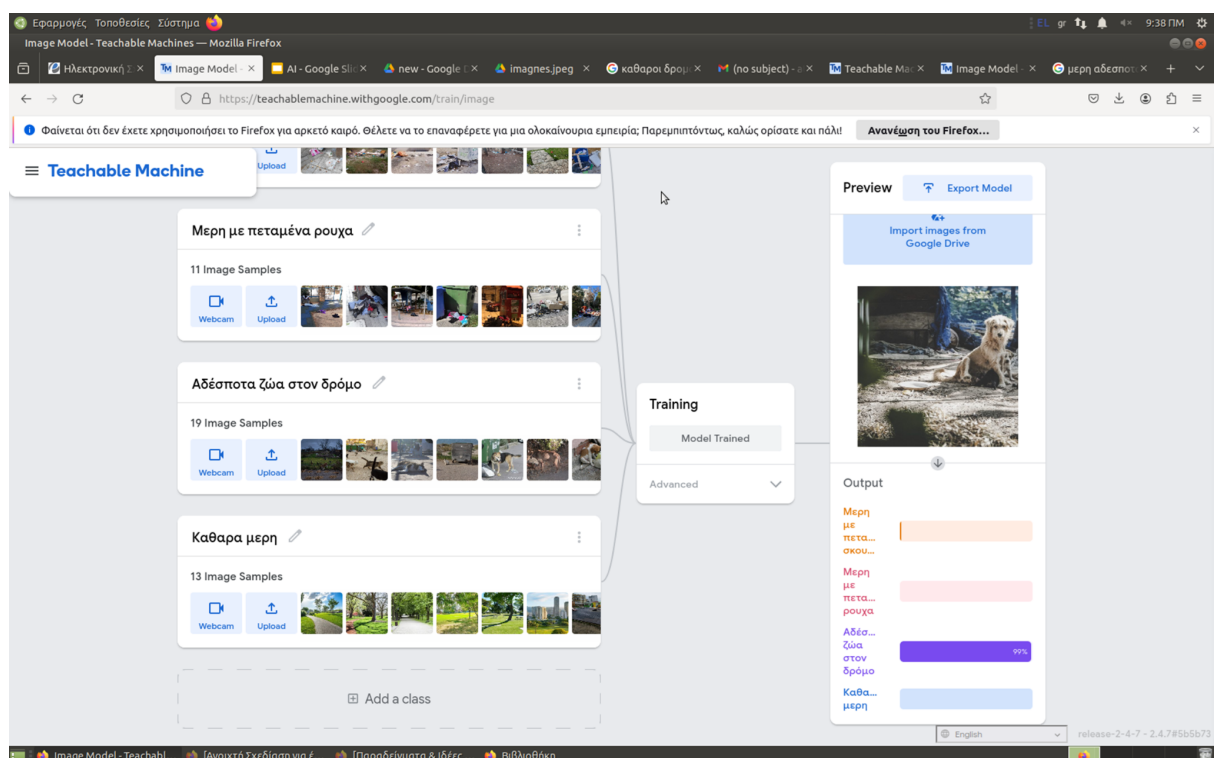


Figure3. Διαδικασία ανάλυσης απορριμμάτων και αδέσποτων. Το εκπαιδευμένο μοντέλο την κατηγοριοποιεί σωστά κατά 99%.

Στη συνέχεια, προχωρήσαμε στην ανάπτυξη ενός δεύτερου μοντέλου Μηχανικής Μάθησης που επέτρεπε στο ρομπότ να αναγνωρίζει την διαφορά μεταξύ ενός καθαρού και ενός βρώμικου δρόμου ή πάρκου. Ο στόχος αυτής της διαδικασίας ήταν να επιτρέψει στο ρομπότ να κατανοεί σε ποια κατάσταση βρίσκεται το περιβάλλον του και να αναλαμβάνει τις κατάλληλες ενέργειες, όπως τον καθαρισμό των σκουπιδιών ή την αποστολή ειδοποίησης όταν διαπιστώνεται η παρουσία αδέσποτων ζώων.

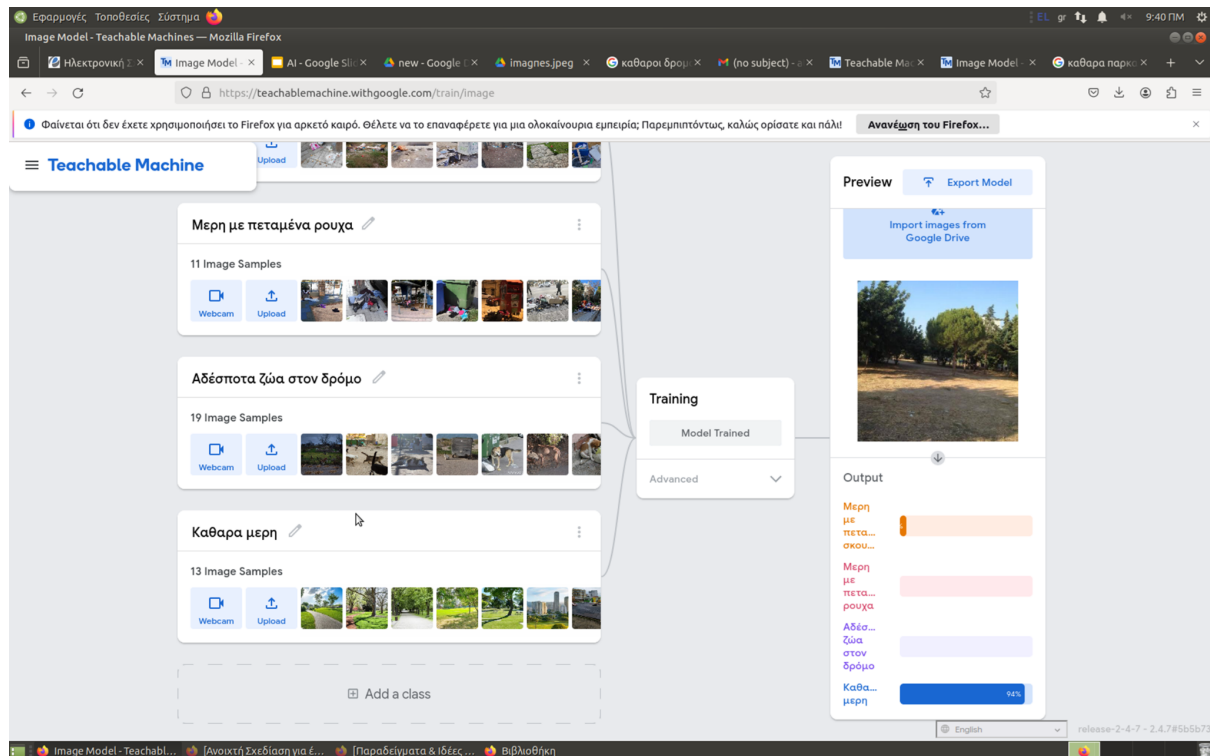


Figure4 Δοκιμές του μοντέλου και παρατήρηση εξαχθέντων αποτελεσμάτων

Αφού ολοκληρώθηκε η δημιουργία και η εκπαίδευση των Μοντέλων Μηχανικής Μάθησης, ακολούθησε η διαδικασία σχεδιασμού και κατασκευής του μοντέλου του ρομπότ. Μέσα από εκτενή έρευνα στο διαδίκτυο, βρήκαμε εικόνες και σχέδια που μας βοήθησαν να σχηματίσουμε μια καθαρή εικόνα για το πώς θα μπορούσε να μοιάζει το ρομπότ μας. Αυτό αποτέλεσε την έμπνευσή μας για το σχέδιο του ρομπότ, το οποίο στη συνέχεια μεταφέραμε στο χαρτί. Προσπαθήσαμε να αποδώσουμε το σχέδιο όσο το δυνατόν πιο ρεαλιστικά, λαμβάνοντας υπόψη τις λειτουργικές ανάγκες του ρομπότ, όπως τον αισθητήρα για την αναγνώριση των σκουπιδιών και των αδέσποτων ζώων, καθώς και τη ρομποτική σκούπα για τον καθαρισμό του εδάφους.

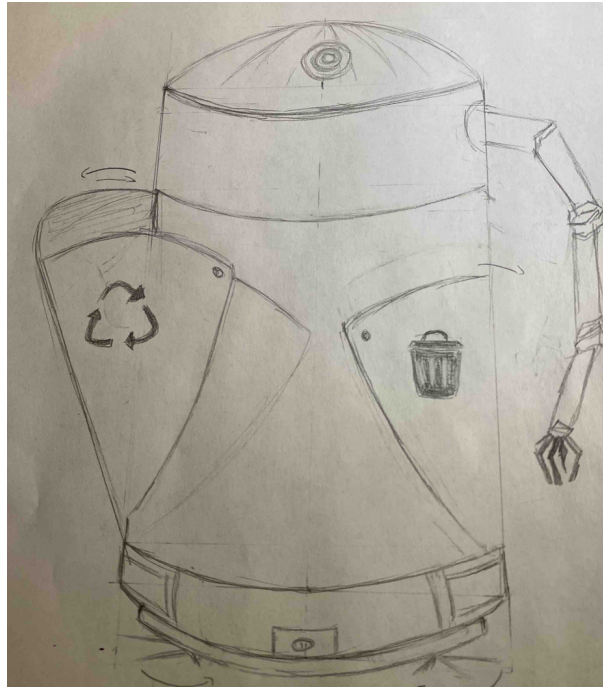


Figure5 Σκαρίφημα του αυτόνομου ρομποτικού συστήματος στο χαρτί

Μετά από αυτή την αναλυτική διαδικασία σχεδιασμού και κατασκευής, καταφέραμε να διατυπώσουμε την αρχική μας ιδέα που μέχρι εκείνη τη στιγμή υπήρχε μόνο στο μυαλό μας, δημιουργώντας ένα σαφές και λειτουργικό σχέδιο για το ρομπότ. Αυτή η διαδικασία ήταν καθοριστική, καθώς μας επέτρεψε να δούμε την ιδέα μας να παίρνει μορφή και να γίνεται πιο κοντά στην υλοποίηση.

Ανοιχτά Ζητήματα, Εξελίξη και πιθανά Επόμενα Βήματα

Η ιδέα του ρομποτικού συστήματος για τον καθαρισμό δημόσιων χώρων και την προστασία των αδέσποτων ζώων μπορεί να εξελιχθεί σε πολλές κατευθύνσεις στο μέλλον, καθώς η τεχνολογία συνεχώς προοδεύει. Η χρήση προηγμένων αισθητήρων και αλγορίθμων τεχνητής νοημοσύνης θα επιτρέπει στο ρομπότ να αναγνωρίζει με ακρίβεια τα διάφορα είδη απορριμμάτων και τα αδέσποτα ζώα, ενώ η ανάπτυξη machine learning και deep learning θα βελτιώσει τη λειτουργικότητά του σε πιο σύνθετα περιβάλλοντα. Επίσης, το ρομπότ θα μπορούσε να λειτουργεί πλήρως αυτόνομα, συντονίζοντας τις ενέργειές του με άλλους καθαριστές και το σύστημα διαχείρισης απορριμμάτων της πόλης, βελτιώνοντας την αποδοτικότητα και τον προγραμματισμό των διαδικασιών καθαρισμού με βάση δεδομένα κίνησης και καιρικών συνθηκών.

Επιπλέον, η ενσωμάτωσή του σε συστήματα «έξυπνων πόλεων» θα επιτρέπει τη συνεργασία του με άλλες τεχνολογίες, όπως η διαχείριση της κυκλοφορίας και του φωτισμού, για τη βελτίωση της ποιότητας ζωής. Παράλληλα, το ρομπότ θα μπορούσε να αναγνωρίζει και να διαχωρίζει τα ανακυκλώσιμα υλικά με μεγαλύτερη ακρίβεια, ενσωματώνοντας καινοτόμες λύσεις για την επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση των απορριμμάτων, ενώ η συνεργασία του με φιλοζωικές οργανώσεις θα συμβάλλει στην καλύτερη φροντίδα των αδέσποτων ζώων.

Τέλος, το ρομπότ θα μπορούσε να λειτουργήσει και ως εκπαιδευτικό εργαλείο, ευαισθητοποιώντας το κοινό για τη σημασία της ανακύκλωσης, της προστασίας των ζώων και της συνειδητοποίησης των περιβαλλοντικών ζητημάτων, ενισχύοντας έτσι τη συνεργασία των πολιτών με την τεχνολογία για την προστασία του περιβάλλοντος και την κοινωνική ευημερία.

Βιβλιογραφία

- Mavridis, N. (2015). "A Review of Socially Interactive Robots in Public Spaces." *International Journal of Human-Computer Interaction*.
- Ren, H., & Meng, M. Q. H. (2018). "Environmental Monitoring Robots for Smart Cities." *IEEE Robotics and Automation Magazine*.
- Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep Learning*. MIT Press.
- Russell, S., & Norvig, P. (2020). *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. Pearson.
- Horizon 2020: Smart Cities and Communities
- Ευρωπαϊκό Πρόγραμμα "Waste Robotics"
- <https://www.robotics.org>
- <https://www.tensorflow.org>