



Πανεπιστήμιο
Δυτικής Μακεδονίας



Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών &
Μηχανικών Υπολογιστών

Σχεδιασμός και Ανάπτυξη Ενσωματωμένων Συστημάτων στον τομέα του Περιβάλλοντος

Ζιούζιος Ν. Δημήτριος

Επιβλέπων Καθηγητής
Μηνάς Δασυγένης

Μέλη τριμελούς επιτροπής

Μπίμπη Σταματία- Αν. Καθηγήτρια
Φραγκούλης Γεώργιος- Καθηγητής

Μέλη επταμελούς επιτροπής

Ασημόπουλος Νικόλαος- Καθηγητής
Βρίγκας Μιχαήλ – Επ. Καθηγητής
Δούκας Χρυσόστομος – Καθηγητής
Καραμπατζάκης Δημήτριος – Επ. Καθηγητής

Κοζάνη, 4 Δεκεμβρίου 2023

Δομή Παρουσίασης

- 01** Εισαγωγή
- 02** Μεθοδολογία Έρευνας
- 03** Προσαρμοστικό Μοντέλο Z
- 04** Έξυπνοι κάδοι απορριμμάτων & ανακύκλωσης
- 05** Διαχωρισμός υλικών στις ΜΕΑ
- 06** Συμπεράσματα



01

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Εισαγωγή: Σημερινή Κατάσταση

- Σήμερα το 55% του παγκόσμιου πληθυσμού ζει σε αστικές περιοχές.
- Το 2012, τα παγκόσμια επίπεδα παραγωγής Αστικών Στερεών Αποβλήτων (ΑΣΑ) ήταν περίπου **1,3 δισεκατομμύρια** τόνοι ετησίως. Ο αριθμός αυτός αναμένεται να φτάσει τους **2,2 δισεκατομμύρια** τόνους ετησίως έως το **2025**.
- Οι τρέχουσες τάσεις διαχείρισης απορριμμάτων δεν είναι αρκετά εξελιγμένες για να επιτευχθεί ένας ισχυρός και αποτελεσματικός μηχανισμός διαχείρισης απορριμμάτων.
- Σύμφωνα με τους Brunner et al. το 85% των κονδυλίων διαχείρισης στερεών αποβλήτων δαπανάται για τη συλλογή και τη μεταφορά απορριμμάτων.

Εισαγωγή: Σημερινή Κατάσταση

- Η ανακύκλωση των υλικών και η επαναχρησιμοποίηση τους είναι η λύση.
- Ο διαχωρισμός των υλικών στην πηγή, καθιστά αποτελεσματικότερη την ανακύκλωση των υλικών, εξοικονομώντας πολύτιμο χρόνο και οικονομικούς πόρους. Χαμηλή όμως η συμμετοχή των πολιτών.
- Διαχωρισμός των υλικών στις Μονάδες Επεξεργασίας Απορριμμάτων (ΜΕΑ).
- Απαραίτητη η περαιτέρω αυτοματοποίηση της διαδικασίας διαχωρισμού των υλικών στις Μονάδες Επεξεργασίας Απορριμμάτων (ΜΕΑ).
- Η αξιοποίηση των Ενσωματωμένων Συστημάτων στις διαδικασίες διαχείρισης απορριμμάτων και ανακύκλωσης μπορεί να αποτελέσει μέρος της λύσης.

Εισαγωγή: Ερευνητικοί στόχοι

1. Ανασκόπηση των υφιστάμενων τεχνικών αποκομιδής απορριμμάτων και ανακύκλωσης υλικών
2. Προσδιορισμός των πιο αποτελεσματικών ενσωματωμένων συστημάτων στη διαδικασία αποκομιδής απορριμμάτων και ανακύκλωσης υλικών
3. Αξιοποίηση των ενσωματωμένων συστημάτων και του Διαδικτύου των Πραγμάτων (ΔτΠ) στην αποκομιδή και ανακύκλωσης υλικών
4. Ανάπτυξη και αξιολόγηση της κατάλληλης μεθοδολογίας για τον σχεδιασμό και την αξιοποίηση των ενσωματωμένων συστημάτων στον τομέα του περιβάλλοντος

Εισαγωγή: Ερευνητικά ερωτήματα

1. Ποια **ενσωματωμένα συστήματα** είναι σήμερα διαθέσιμα για την εφαρμογές στην ανακύκλωση και ποια είναι τα χαρακτηριστικά και οι δυνατότητές τους;
2. Πώς τα ενσωματωμένα συστήματα μπορούν να βελτιώσουν τις διαδικασίες αποκομιδής απορριμμάτων και ανακύκλωσης υλικών, σε σχέση με τις παραδοσιακές μεθόδους όσον αφορά την **αποδοτικότητα**, την **αποτελεσματικότητα** και τη σχέση **κόστους-αποτελεσματικότητας**;
3. Με ποιον τρόπο μπορούν τα ενσωματωμένα συστήματα και το Διαδίκτυο των Πραγμάτων να αξιοποιηθούν για να βελτιώσουν τις διαδικασίες αποκομιδής απορριμμάτων και ανακύκλωσης υλικών;
4. Μπορεί μια νέα μεθοδολογία να αξιοποιηθεί για την χρήση των ενσωματωμένων συστημάτων στον τομέα του περιβάλλοντος;

02

Μεθοδολογία Έρευνας



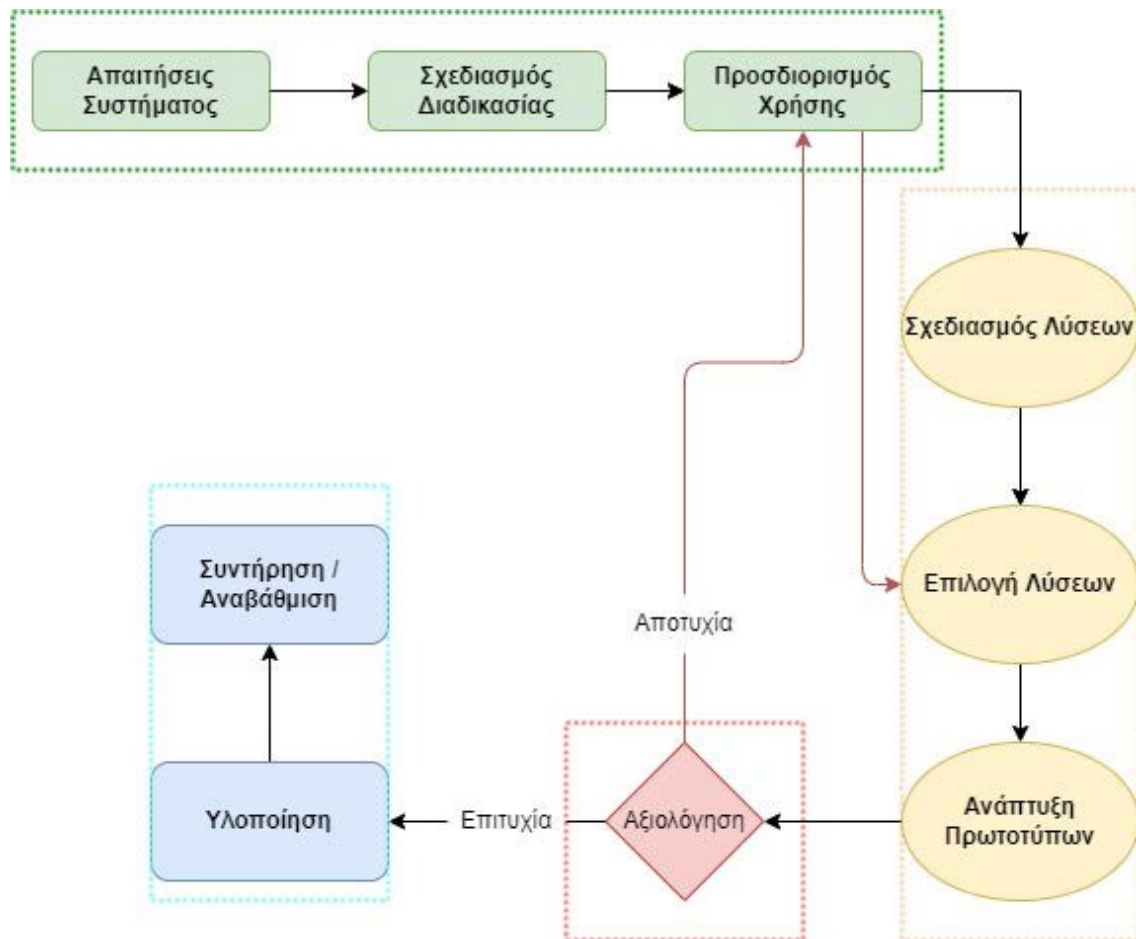
Μεθοδολογία Έρευνας

1. Αρχική φάση έρευνας:
Συστηματική **βιβλιογραφική ανασκόπηση** σε Ενσωματωμένα Συστήματα, Διαδίκτυο των Πραγμάτων, Πρωτόκολλα Συνδεσιμότητας, Όραση Μηχανής, Νευρωνικά Δίκτυα και Αλγόριθμοί εντοπισμού αντικειμένων
Χρήση βάσεων δεδομένων όπως IEEE Xplore, ScienceDirect, Google Scholar
2. **Βιβλιογραφική ανασκόπηση - Ευρήματα:**
Κατανόηση της τρέχουσας κατάστασης όσον αφορά τις τεχνολογίες διαχείρισης ΑΣΑ και ανακύκλωσης, αναγνώριση κενών και περιορισμών στις υφιστάμενες προσεγγίσεις
Πρόκληση: αποτελεσματικότερη διαχείριση με την χρήση ενσωματωμένων συστημάτων
3. **Ανάπτυξη Προτεινόμενης Προσέγγισης:**
Διαμόρφωση νέας προσέγγισης διαχείρισης των ΑΣΑ και της ανακύκλωσης με τη χρήση των ΕΣ
4. **Επικύρωση μέσω Πειραμάτων:**
Πειραματική αξιολόγηση σε **προσομοιώσεις** και σε πραγματικές συνθήκες
Χρήση ποσοτικών και ποιοτικών μετρήσεων: ακρίβεια εντοπισμού, καλύτερη διαχείριση, ενέργεια, κόστος.

03

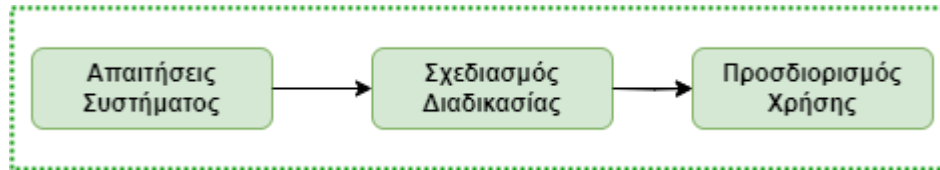
Προσαρμοστικό
Μοντέλο
Z





Πρώτο Στάδιο

Το 1^ο στάδιο αφορά στην ανάλυση τους συστήματος

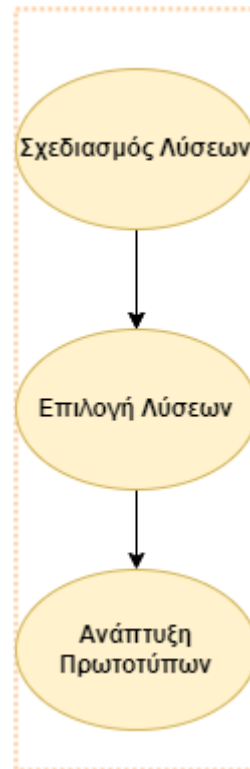


Σε αυτό το πρώτο στάδιο λαμβάνεται υπόψιν διάφοροι παράμετροι τόσο όσον αφορά το ίδιο το σύστημα, όσο και το περιβάλλον στο οποίο θα λειτουργήσει, τίθενται οι περιορισμοί, σχεδιάζεται η διαδικασία και προσδιορίζεται η χρήση του. Έχοντας ως γνώμονα αυτά τα κριτήρια θα πρέπει να δημιουργηθεί ένας πίνακας κριτηρίων βάσει των οποίων επιλέγεται η προτεινόμενη λύση.

Δεύτερο Στάδιο

Στο 2^ο στάδιο πραγματοποιείται ο Σχεδιασμός και Ανάπτυξη προτεινόμενων λύσεων

Σε αυτό το στάδιο καταγράφονται όλες οι πιθανές λύσεις και προτείνονται αυτές που πληρούν καλύτερα τα κριτήρια του πρώτου σταδίου. Στη συνέχεια επιλέγεται η λύση η οποία συγκεντρώνει την υψηλότερη βαθμολογία όπως έχει προσδιοριστεί στο πρώτο στάδιο και τέλος αναπτύσσεται το πρότυπο.



Τρίτο Στάδιο



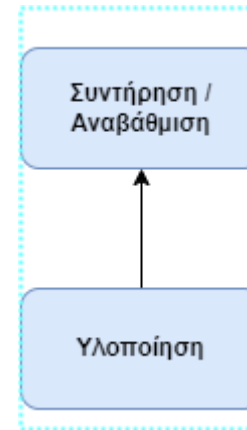
Το 3^ο στάδιο αφορά την αξιολόγηση της προτεινόμενης λύσης

Σε αυτό το στάδιο πραγματοποιούνται δοκιμές στο πρότυπο. Αν το πρότυπο αποτύχει τότε θα πρέπει να επιλεγεί άλλη λύση ή να πραγματοποιηθούν αλλαγές στο υπάρχον πρότυπο και να ξαναπεράσει αυτό το βήμα. Αν το πρότυπο καλύψει τις ανάγκες χρήσης είναι έτοιμο για το τελευταίο στάδιο.

Τέταρτο Στάδιο

Στο 4ο στάδιο πραγματοποιείται η Αξιοποίηση της λύσης

Σε αυτό το τελευταίο στάδιο πραγματοποιείται η ανάπτυξη του τελικού συστήματος πραγματοποιώντας τις απαραίτητες αναβαθμίσεις και συντηρήσεις





04

Έξυπνοι κάδοι απορριμμάτων & ανακύκλωσης

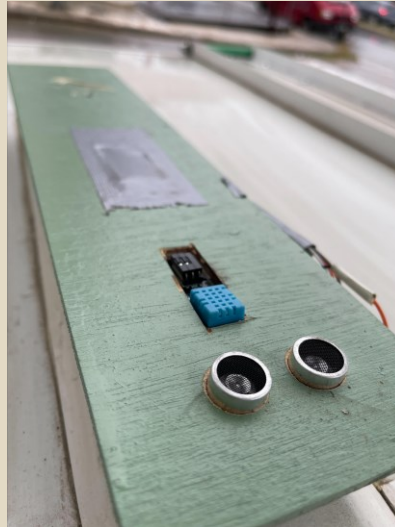
Ο «Έξυπνος» Κάδος από ανακυκλώσιμα υλικά



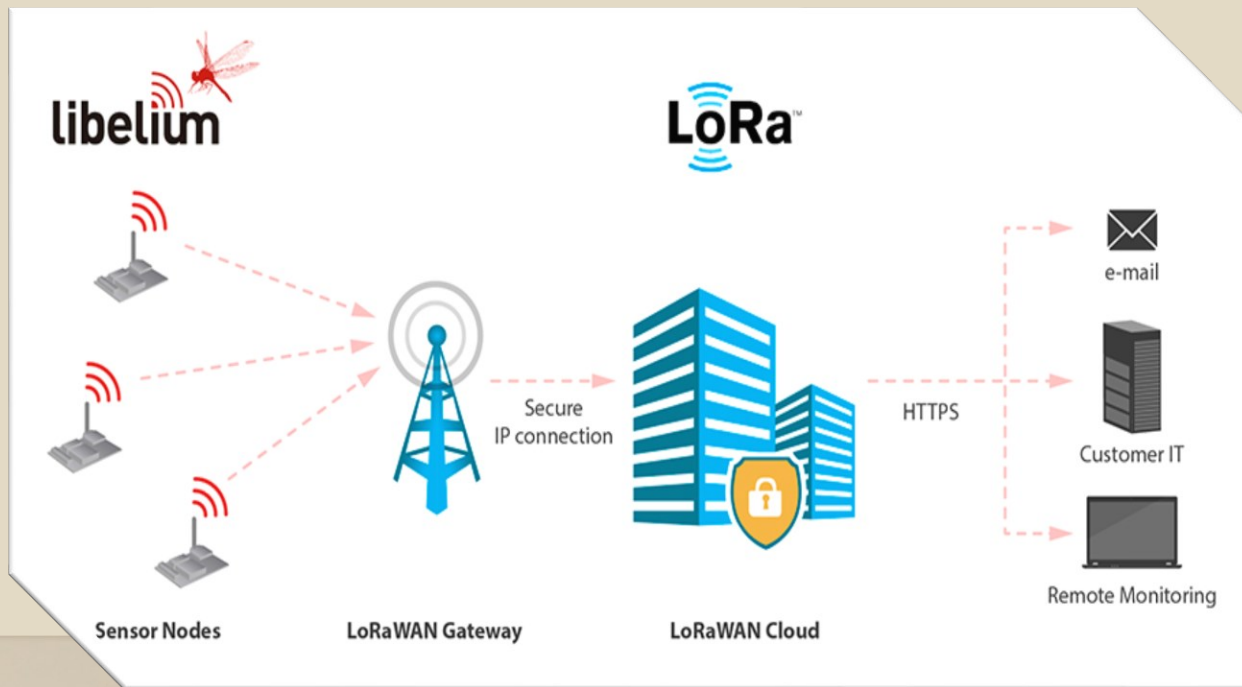
Τρόπος υλοποίησης

Η συγκεκριμένη λύση βασίστηκε:

- Arduino MKR1100
- Αισθητήρες
 - ❑ Απόστασης (Ultrasonic HC-SR04)
 - ❑ Θερμοκρασίας (DHT-11)
 - ❑ Διακόπτης
- Δίκτυο LoRa (Long Range)
- Εξειδικευμένο Πληροφοριακό Σύστημα



Γιατί LoRa;



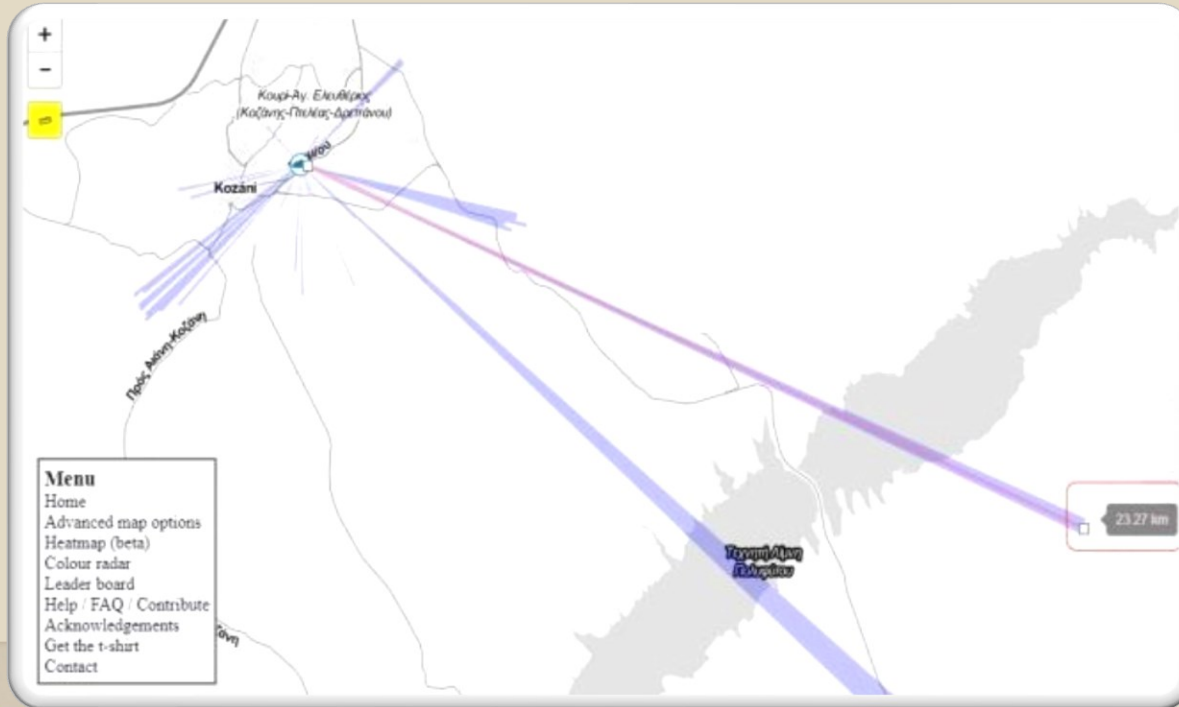
Πλεονεκτήματα

- Μεγάλη απόσταση κάλυψης
- Χαμηλή κατανάλωση ενέργειας
- Χαμηλό κόστος εγκατάστασης
- Ανοιχτό Λογισμικό (Open Source)

Μειονεκτήματα

- Χαμηλός ρυθμός μετάδοσης δεδομένων
- Προϋπόθεση να υπάρχει εγκατεστημένο δίκτυο

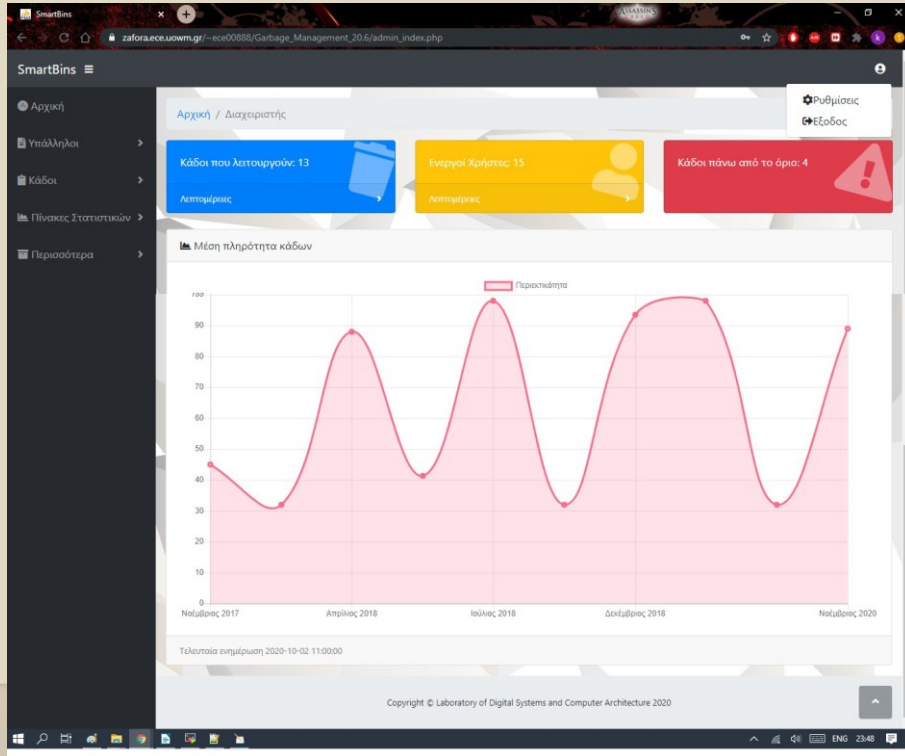
Πειραματικές μετρήσεις LoRa



The Things Network site
<https://thethingsnetwork.org>

Μέγιστη απόσταση 23,27 km

Πληροφοριακό Σύστημα



- ❑ Τα δεδομένα αποθηκεύονται στο Πληροφοριακό Σύστημα (ΠΣ)
- ❑ Οι χρήστες μπορούν να βλέπουν τις πληροφορίες που συλλέγονται σε πραγματικό χρόνο και ενημερώνονται για τυχόν ειδοποιήσεις
- ❑ Δυναμικός προγραμματισμός συλλογής αστικών στερεών αποβλήτων
- ❑ Άμεση Παραμετροποίηση
- ❑ Mobile App

Ο «Έξυπνος» Κάδος Ανακύκλωσης Υλικών



Βασικά χαρακτηριστικά κάδου ανακύκλωσης

Τα βασικά χαρακτηριστικά της συγκεκριμένης λύσης είναι:

- Raspberry Pi 3 Model B+ και Xilinx Pynq-Z1 FPGA
- Νευρωνικό δίκτυο CNN (resnet34)
- Βιβλιοθήκη fastai
- Εικόνες για Εκπαίδευση – Επικύρωση – Δοκιμή : 50-25-25
- Αλγόριθμος YOLOV4
- Εκπαίδευση συστήματος σε 20 εποχές
- 6 κλάσεις (χαρτί, γυαλί, αλουμίνιο, πλαστικό, χαρτόνι, διάφορα)

Πειραματικά αποτελέσματα του κάδου ανακύκλωσης

Τα πειραματικά αποτελέσματα της συγκεκριμένης λύσης είναι:

- Ακρίβεια 92,10% κατά Μέσο Όρο
- Μέσος χρόνος επεξεργασίας της φωτογραφίας 1,82 δευτερόλεπτα

05

Διαχωρισμός υλικών
στις Μονάδες
Επεξεργασίας
Απορριμμάτων (ΜΕΑ)



Σημερινή διαδικασία διαχωρισμού

Βασικά στάδια διαχωρισμού των υλικών στις Μονάδες Διαχείρισης Απορριμμάτων (ΜΕΑ)

1. Έναρξη: χειροκίνητος διαχωρισμός ογκώδη απορριμμάτων
2. Μηχανικός διαχωρισμός με βάση το βάρος του υλικού
3. Ηλεκτρονικός διαχωρισμός υλικών : πλαστικό, αλουμίνιο, χαρτί, διάφορα
4. Χειροκίνητος έλεγχος (χειροδιαλογείς)

Προτεινόμενο μοντέλο διαχωρισμού στις MEA (1/2)

Dataset:

- ☐ Αξιοποίηση των TrashNEt και TACO, καθώς και χειροκίνητη διαδικασία σχολιασμού εικόνων (<https://www.makesense.ai>)
- ☐ Μέγεθος εικόνας 512 χ 384 pixel
- ☐ Εικόνες για Εκπαίδευση – Επικύρωση – Δοκιμή: 70%-17%-13%

Εκπαίδευση:

- ☐ MobileNet-V2
- ☐ Ενεργοποιήσαμε το CUDA και προσαρμόσαμε το μοντέλο στην αρχιτεκτονική DataParallel προκειμένου να εκμεταλλευτούμε τον παραλληλισμό πολλαπλών GPU.

Προτεινόμενο μοντέλο διαχωρισμού στις MEA (2/2)

Αύξηση δεδομένων

- ❑ Δημιουργούνται διπλότυπες εικόνες εισόδου, οι οποίες μετατοπίζονται, μεγεθύνονται/σμικρύνονται, περιστρέφονται, αναστρέφονται, παραμορφώνονται ή σκιάζονται με μια απόχρωση

Βέλτιστος ρυθμός μάθησης :

- ❑ Διαπιστώσαμε ότι ο βέλτιστος ρυθμός μάθησης είναι $1,66 \times 10^{-3}$ (optuna.org)

Εκπαίδευση MobileNetV2:

- ❑ Εκπαιδεύσαμε το μοντέλο για 20 εποχές

Πειραματικά Αποτελέσματα μοντέλου διαχωρισμού στις ΜΕΑ

Κλάση	Ακρίβεια
Χαρτί	95,42%
Πλαστικό	95,46%
Αλουμίνιο	94,27%
Διάφορα	84,57%
ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	92,43%

Συμπεράσματα

Απαντήθηκαν τα ερευνητικά ερωτήματα που τέθηκαν στην αρχή της διδακτορικής διατριβής.

Συγκεκριμένα:

- ❑ Πραγματοποιήθηκε βιβλιογραφική έρευνα σχετικά με τα ενσωματωμένα συστήματα που είναι διαθέσιμα σήμερα στον τομέα του περιβάλλοντος, τα χαρακτηριστικά και τις δυνατότητες τους.
- ❑ Τα ενσωματωμένα συστήματα μπορούν να βελτιώσουν τις διαδικασίες αποκομιδής απορριμμάτων και ανακύκλωσης υλικών, σε σχέση με τις παραδοσιακές μεθόδους όσον αφορά την αποδοτικότητα, την αποτελεσματικότητα και τη σχέση κόστους-αποτελεσματικότητας.
- ❑ Προτάθηκαν συγκεκριμένες λύσεις για την βελτίωση της αποκομιδής απορριμμάτων και ανακύκλωσης υλικών.
- ❑ Αναπτύχθηκε και προτάθηκε συγκεκριμένη μεθοδολογία με την ονομασία «Προσαρμοστικό Μοντέλο Ζ» για τη συγκεκριμένη ερευνητική περιοχή.

Δημοσιεύσεις σε επιστημονικά περιοδικά

Ziouzios D, Tsiktiris D, Baras N, Dasygenis M. A Distributed Architecture for Smart Recycling Using Machine Learning. *Future Internet*. 2020; 12(9):141. <https://doi.org/10.3390/fi12090141> (Scimago Q2)

Ziouzios D, Baras N, Balafas V, Dasygenis M, Stimoniaris A. Intelligent and Real-Time Detection and Classification Algorithm for Recycled Materials Using Convolutional Neural Networks. *Recycling*. 2022; 7(1):9. <https://doi.org/10.3390/recycling7010009> (Scimago Q2)

Ziouzios D, Dasygenis M. Effectiveness of the IoT in Regional Energy Transition: The Smart Bin Case Study. *Recycling*. 2023; 8(1):28. <https://doi.org/10.3390/recycling8010028> (Scimago Q2)

Tsiktiris D, **Ziouzios D**, Dasygenis M. A High-Level Synthesis Implementation and Evaluation of an Image Processing Accelerator. *Technologies*. 2019; 7(1):4. <https://doi.org/10.3390/technologies7010004>

Δημοσιεύσεις σε επιστημονικά συνέδρια

- D. Ziouzos** and M. Dasygenis, "A Smart Recycling Bin for Waste Classification," *2019 Panhellenic Conference on Electronics & Telecommunications (PACET)*, Volos, Greece, 2019, pp. 1-4, doi: 10.1109/PACET48583.2019.8956270.
- D. Ziouzos** and M. Dasygenis, "A Smart Bin Implementantion using LoRa," 2019 4th South-East Europe Design Automation, Computer Engineering, Computer Networks and Social Media Conference (SEEDA-CECNSM), Piraeus, Greece, 2019, pp. 1-4, doi: 10.1109/SEEDA-CECNSM.2019.8908523.
- N. Baras, **D. Ziouzos**, M. Dasygenis and C. Tsanaktsidis, "A cloud based smart recycling bin for waste classification," 2020 9th International Conference on Modern Circuits and Systems Technologies (MOCASST), Bremen, Germany, 2020, pp. 1-4, doi: 10.1109/MOCASST49295.2020.9200283.
- N. Baras, **D. Ziouzos**, M. Dasygenis and C. Tsanaktsidis, "A modern cloud based recycling system for smart cities," 2021 10th International Conference on Modern Circuits and Systems Technologies (MOCASST), Thessaloniki, Greece, 2021, pp. 1-4, doi: 10.1109/MOCASST52088.2021.9493420.
- D. Ziouzos**, N. Baras, M. Dasygenis, A. Manavis, C. Vanidis and C. Tsanaktsidis, "Fueling the technology growth using innovative IoT solutions: The SmartBin project," 2020 International Conference on Technology and Entrepreneurship (ICTE), Bologna, Italy, 2020, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICTE47868.2020.9215536.

Δημοσιεύσεις σε επιστημονικά συνέδρια

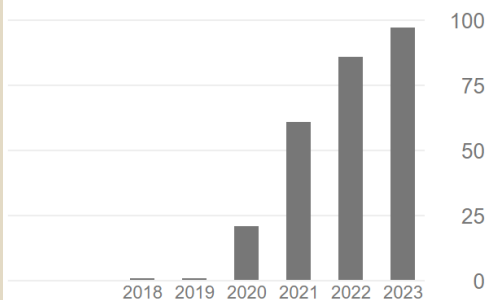
- D. Ziouzos**, N. Baras, M. Dasygenis and C. Tsanaktsidis, "Enhancing Technological Development Using Novel Internet Of Things Solutions: The Smart-Bin Project," 2021 International Conference on Electrical, Communication, and Computer Engineering (ICECCE), Kuala Lumpur, Malaysia, 2021, pp. 1-5, doi: 10.1109/ICECCE52056.2021.9514186.
- N. Baras, **D. Ziouzos**, M. Dasygenis and C. Tsanaktsidis, "Waste collection vehicle navigation in modern cities," 2021 6th South-East Europe Design Automation, Computer Engineering, Computer Networks and Social Media Conference (SEEDA-CECNSM), Preveza, Greece, 2021, pp. 1-4, doi: 10.1109/SEEDA-CECNSM53056.2021.9565885.
- D. Tsiktsiris, **D. Ziouzos** and M. Dasygenis, "HLS Accelerated Noise Reduction Approach Using Image Stacking on Xilinx PYNQ," 2019 8th International Conference on Modern Circuits and Systems Technologies (MOCAST), Thessaloniki, Greece, 2019, pp. 1-4, doi: 10.1109/MOCAST.2019.8741574.
- D. Ziouzos**, N. Baras, M. Dasygenis and C. Tsanaktsidis, "Envisioning IoT applications in a smart city to underpin an effective municipal strategy: The smartbin project", 2021 SHS Web Conf. 102 04020, doi: 10.1051/shsconf/202110204020
- D. Ziouzos** and D. Minas, "A methodology to design ubiquitous embedded systems for environmental scenarios," AIP Conf Proc, vol. 2909, no. 1, p. 120013, Nov. 2023, doi: 10.1063/5.0182494.

Συνολικές Δημοσιεύσεις



Παρατίθεται από

	Όλα	Από το 2018
Παραθέσεις	270	270
h-index	9	9
i10-index	9	9



Scopus Preview

Ziouzios, Dimitris

[University of Western Macedonia, Kozani, Greece](#) 57202989096

173

Citations by **163 documents**

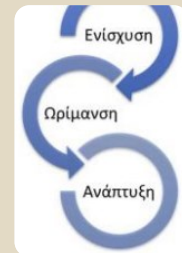
24

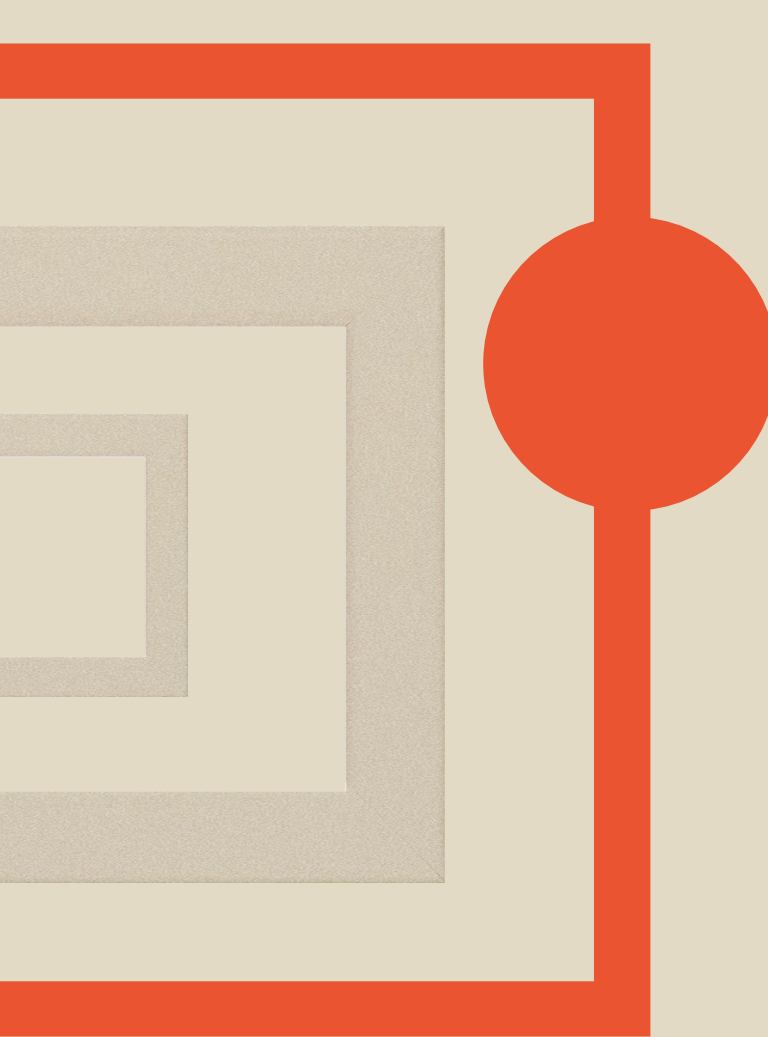
Documents

8

h-index [View h-graph](#)

Συμμετοχή σε ερευνητικά έργα





Σας ευχαριστώ!

Ερωτήσεις

Υποψήφιος Διδάκτορας
Δημήτριος Ζιούζιος
dziouzios@uowm.gr