



# Πανεπιστήμιο Αιγαίου

Τμήμα Μηχανικών Πληροφοριακών &  
Επικοινωνιακών Συστημάτων

## ΕΞΑΜΗΝΙΑΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑ

### Διαδίκτυο των Πραγμάτων

Αυτοματοποιημένος εσωτερικός ή  
εξωτερικός φωτισμός (IoT και  
έξυπνες πόλεις)

Εκπονών:

Κορρές Παντελεήμων (321/2018100)  
Νακούτσι Πέτρος (321/2019149)  
Καραδήμας Χαράλαμπος (321/2020083)

Ημερομηνία:

08/02/2025

## 1. Εισαγωγή

Η συνεχής τεχνολογική εξέλιξη έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη των **έξυπνων πόλεων (smart cities)**, όπου οι **συσκευές Internet of Things (IoT)** παίζουν καθοριστικό ρόλο στη βελτίωση της καθημερινότητας των πολιτών. Ένα βασικό πρόβλημα στις σύγχρονες πόλεις είναι η **αναποτελεσματική διαχείριση του φωτισμού**, η οποία συχνά οδηγεί σε **περιττή κατανάλωση ενέργειας** και **περιβαλλοντική επιβάρυνση**. Η αυτοματοποίηση του φωτισμού, με βάση τις πραγματικές συνθήκες του περιβάλλοντος και τις ανάγκες των χρηστών, μπορεί να συμβάλει στην **εξοικονόμηση ενέργειας** και στην **αύξηση της ασφάλειας** των πολιτών.

Στα πλαίσια αυτής της εργασίας, αναπτύχθηκε ένα **σύστημα αυτοματοποιημένου φωτισμού**, το οποίο βασίζεται στην **ανάλυση δεδομένων φωτεινότητας** και **κίνησης** για την έξυπνη ενεργοποίηση και απενεργοποίηση του φωτισμού. Η λύση αυτή χρησιμοποιεί **αισθητήρες φωτεινότητας (LDR) και κίνησης (PIR)**, ώστε να συλλέγει δεδομένα σε πραγματικό χρόνο. Οι αποφάσεις λαμβάνονται **στο cloud**, και η IoT συσκευή λαμβάνει εντολές ενεργοποίησης ή απενεργοποίησης των λαμπτήρων, ανάλογα με τα δεδομένα που έχουν αναλυθεί.

Για την επικοινωνία και την αποθήκευση δεδομένων, χρησιμοποιήθηκαν **δύο διαφορετικές υλοποιήσεις**:

1. **LoRaWAN & The Things Network (Υλοποίηση A)** → Χαμηλής κατανάλωσης επικοινωνία για IoT συσκευές σε μεγάλη απόσταση.
2. **WiFi & ThingSpeak (Υλοποίηση B)** → Δικτύωση μέσω WiFi για διασύνδεση με πλατφόρμα cloud και απομακρυσμένο έλεγχο μέσω web interface.

### Πλεονεκτήματα του Συστήματος

Το σύστημα αυτό συμβάλλει σε:

- **Εξοικονόμηση ενέργειας:** Μειώνει την άσκοπη κατανάλωση ρεύματος, καθώς ο φωτισμός ενεργοποιείται μόνο όταν είναι απαραίτητος.
- **Αύξηση της ασφάλειας:** Οι δρόμοι και οι χώροι γίνονται ασφαλέστεροι μέσω αυτόματου φωτισμού όταν ανιχνεύεται κίνηση.
- **Μείωση της ανθρώπινης παρέμβασης:** Δεν απαιτείται χειροκίνητος έλεγχος του φωτισμού.
- **Ευκολία στη διαχείριση:** Ο χρήστης μπορεί να ελέγχει το σύστημα απομακρυσμένα μέσω μιας web εφαρμογής.

## 2. Στόχοι και Οφέλη

Η ανάπτυξη του συστήματος αυτοματοποιημένου φωτισμού βασίζεται στην υλοποίηση ενός έξυπνου μηχανισμού ενεργοποίησης και απενεργοποίησης των φώτων, με σκοπό τη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας και της ασφάλειας σε αστικούς ή οικιακούς χώρους. Η λύση αυτή αξιοποιεί αισθητήρες φωτεινότητας (LDR) και κίνησης (PIR) για τη δυναμική διαχείριση του φωτισμού, αποφεύγοντας την αλόγιστη κατανάλωση ενέργειας.

### 2.1 Στόχοι του Συστήματος

Οι βασικοί στόχοι της εφαρμογής είναι οι εξής:

#### 1. Αυτόματη διαχείριση φωτισμού

Το σύστημα σχεδιάστηκε ώστε να ενεργοποιεί και να απενεργοποιεί αυτόματα τα φώτα, χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση, λαμβάνοντας υπόψη:

- Την ένταση του φυσικού φωτός (μέσω του αισθητήρα LDR).
- Την παρουσία ανθρώπων (μέσω του αισθητήρα PIR).

Αυτό εξασφαλίζει έξυπνη ενεργειακή διαχείριση και βελτιωμένη ασφάλεια.

#### 2. Απομακρυσμένος έλεγχος μέσω διαδικτύου

- Ο χρήστης μπορεί να διαχειρίζεται τον φωτισμό μέσω web εφαρμογής (HTML interface).
- Η σύνδεση επιτυγχάνεται μέσω WiFi (ThingSpeak API) ή LoRaWAN (The Things Network), επιτρέποντας τον έλεγχο από οπουδήποτε.
- Επιπλέον, το σύστημα προσφέρει δυνατότητα χειροκίνητης ρύθμισης (π.χ. αλλαγή σε party mode ή RGB mode).

#### 3. Εξοικονόμηση ενέργειας

- Ο φωτισμός παραμένει σβηστός όταν δεν υπάρχει ανάγκη και ενεργοποιείται μόνο όταν απαιτείται, μειώνοντας την κατανάλωση ρεύματος.
- Η λήψη αποφάσεων στο cloud επιτρέπει καλύτερη διαχείριση των δεδομένων και πιθανές βελτιώσεις μέσω ανάλυσης δεδομένων.

#### 4. Συλλογή, αποθήκευση και ανάλυση δεδομένων στο cloud

- Το σύστημα αποθηκεύει δεδομένα φωτεινότητας και κίνησης στο ThingSpeak και The Things Network.
- Αυτή η πληροφορία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για στατιστική ανάλυση, αναγνώριση προτύπων και πιθανές βελτιώσεις του αλγορίθμου.

#### 5. Εύκολη ενσωμάτωση σε υποδομές έξυπνων πόλεων

- Το σύστημα μπορεί να εφαρμοστεί σε **δρόμους, πάρκα, κατοικίες και βιομηχανικούς χώρους.**
  - Μπορεί να προσαρμοστεί σε **μεγαλύτερα δίκτυα φωτισμού**, όπου πολλαπλές IoT συσκευές συνεργάζονται μεταξύ τους.
- 

## 2.2 Οφέλη του Συστήματος

Η εφαρμογή του συστήματος αυτοματοποιημένου φωτισμού προσφέρει πολλαπλά οφέλη τόσο σε ατομικό όσο και σε ευρύτερο κοινωνικό επίπεδο.

### 1. Μείωση κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας

- Η έξυπνη διαχείριση του φωτισμού συμβάλλει στη **μείωση της ενεργειακής σπατάλης**, καθώς τα φώτα ανάβουν μόνο όταν υπάρχει ανάγκη.
- Σημαντική μείωση του **κόστους ηλεκτρικής ενέργειας** για κατοικίες, επιχειρήσεις και δημόσιες υποδομές.

### 2. Μείωση περιβαλλοντικού αποτυπώματος

- Η μειωμένη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σημαίνει **λιγότερες εκπομπές CO<sub>2</sub>** και μικρότερο **περιβαλλοντικό αποτύπωμα**.
- Συμβάλλει στους στόχους **βιώσιμης ανάπτυξης** και **πράσινης ενέργειας**.

### 3. Βελτίωση της ασφάλειας

- Σε **δημόσιους χώρους** (π.χ. δρόμοι, πάρκα), το σύστημα διασφαλίζει **καλύτερο φωτισμό** όταν υπάρχει κίνηση.
- Αυξάνεται η **ορατότητα τη νύχτα**, μειώνοντας τους κινδύνους ατυχημάτων και εγκληματικών ενεργειών.

### 4. Άνεση και αυτοματοποίηση

- Το σύστημα επιτρέπει στους χρήστες να έχουν **πλήρη έλεγχο του φωτισμού απομακρυσμένα**.
- Δεν απαιτείται **χειροκίνητη παρέμβαση**, προσφέροντας ευκολία και άνεση.

### 5. Ευκολία στην ανάπτυξη και συντήρηση

- Χρησιμοποιεί **πλατφόρμες ανοιχτού κώδικα (ThingSpeak, TTN)**, διευκολύνοντας την **προσαρμογή** και τη **συντήρηση** του συστήματος.
- Ο κώδικας μπορεί να αναβαθμιστεί για **νέες λειτουργίες** και **δυνατότητες**.

### 3. Υλοποίηση

Η υλοποίηση βασίζεται σε δύο διαφορετικές τεχνολογίες συνδεσιμότητας:

#### A) LoRaWAN & The Things Network (Υλοποίηση A)

- Χρησιμοποιείται η πλατφόρμα **The Things Network (TTN)** για τη διαχείριση δεδομένων μέσω LoRaWAN.
- Ο κώδικας "`mkrwan.ino`" προγραμματίζει μια IoT συσκευή για επικοινωνία μέσω LoRaWAN.
- Ο κώδικας "`payloadformatterdownlink.txt`" διαμορφώνει τα μηνύματα downlink που αποστέλλονται στη συσκευή και αντίστοιχα "`payloadformatteruplink.txt`" διαμορφώνει τα μηνύματα uplink.
- Ο κώδικας "`mqtt.py`" χρησιμοποιεί MQTT για την αποστολή και λήψη δεδομένων μέσω του TTN.

**Λειτουργία:**

- Η IoT συσκευή στέλνει δεδομένα φωτεινότητας (L) και κίνησης (P) στο TTN.
- Ο **MQTT broker** παραλαμβάνει τα δεδομένα και λαμβάνει αποφάσεις για την ενεργοποίηση ή απενεργοποίηση του φωτισμού.
- Οι αποφάσεις αποστέλλονται ξανά στη συσκευή μέσω downlink μηνυμάτων.

#### B) WiFi & ThingSpeak (Υλοποίηση B)

- Χρησιμοποιείται το **ESP32** για την επικοινωνία μέσω WiFi.
- Ο κώδικας "`esp32.ino`" (που δεν είναι διαθέσιμος αυτή τη στιγμή) διαχειρίζεται τη σύνδεση WiFi και την επικοινωνία με την πλατφόρμα **ThingSpeak**.
- Ο κώδικας "`index.html`" δημιουργεί μια διεπαφή χρήστη (Web Interface) για τον έλεγχο του φωτισμού.

**Λειτουργία:**

- Η IoT συσκευή στέλνει δεδομένα φωτεινότητας και κίνησης στο ThingSpeak.
- Ο χρήστης μπορεί να ελέγχει τον φωτισμό μέσω του **web interface (index.html)**.
- Οι εντολές χρήστη αποστέλλονται μέσω HTTP requests στο ESP32, το οποίο επεξεργάζεται τα δεδομένα και ενεργοποιεί/απενεργοποιεί τον φωτισμό.

## 4. Αρχιτεκτονική Συστήματος

### Αισθητήρες και Συσκευές

- **Αισθητήρας φωτός (LDR):** Μετρά την ένταση του περιβάλλοντος φωτισμού.
- **Αισθητήρας κίνησης (PIR):** Ανιχνεύει την παρουσία ανθρώπων.
- **ESP32 / LoRaWAN MKR WAN 1300:** Επεξεργάζεται δεδομένα και στέλνει πληροφορίες στο cloud.
- **LED / Ρελέ:** Ενεργοποιεί ή απενεργοποιεί τον φωτισμό.

### Σύνδεση με το Cloud

- **LoRaWAN (Υλοποίηση Α):** TTN χρησιμοποιείται για την επικοινωνία της IoT συσκευής.
- **WiFi (Υλοποίηση Β):** To ESP32 συνδέεται με το ThingSpeak για την αποστολή και λήψη δεδομένων.

### Διαδικασία Επεξεργασίας Δεδομένων

1. **Συλλογή Δεδομένων:** Η IoT συσκευή διαβάζει τιμές από τον LDR και τον PIR.
2. **Αποστολή στο Cloud:** Τα δεδομένα στέλνονται μέσω LoRaWAN ή WiFi στις αντίστοιχες πλατφόρμες.
3. **Λήψη Απόφασης:** Η απόφαση για το αν θα ενεργοποιηθεί ο φωτισμός λαμβάνεται στο cloud.
4. **Αποστολή Εντολής στη Συσκευή:** To cloud στέλνει εντολή ON/OFF στη συσκευή.
5. **Εκτέλεση Εντολής:** Η συσκευή ενεργοποιεί ή απενεργοποιεί τον φωτισμό.

## 5. Προβλήματα και Αδυναμίες

- **Καθυστέρηση στην απόκριση:** Η λήψη απόφασης στο cloud και η αποστολή της πίσω στη συσκευή μπορεί να καθυστερήσει λόγω δικτύου.
- **Απώλεια συνδεσιμότητας:** Αν υπάρξει διακοπή στη σύνδεση LoRaWAN ή WiFi, η συσκευή δεν μπορεί να λειτουργήσει σωστά.
- **Περιορισμοί εύρους LoRaWAN:** Σε πυκνοκατοικημένες περιοχές, η εμβέλεια του LoRaWAN μπορεί να είναι περιορισμένη.

## 6. Πιθανές Βελτιώσεις

Για να βελτιωθεί το σύστημα στο μέλλον, μπορούν να προστεθούν οι εξής δυνατότητες:

- **Πρόβλεψη φωτισμού με Machine Learning:** Ανάλυση ιστορικών δεδομένων για πιο έξυπνη διαχείριση.
- **Ενσωμάτωση GPS:** Προσαρμογή του φωτισμού ανάλογα με τη γεωγραφική θέση.
- **Σύνδεση με άλλες IoT συσκευές:** Π.χ. επικοινωνία με έξυπνα φανάρια ή κάμερες ασφαλείας.
- **Έλεγχος μέσω Mobile App:** Για μεγαλύτερη ευελιξία στον έλεγχο του φωτισμού.

## 7. Συμπέρασμα

Η παρούσα υλοποίηση παρέχει μια λειτουργική λύση για την αυτοματοποιημένη διαχείριση φωτισμού σε έξυπνες πόλεις. Μέσω της συνδυασμένης χρήσης αισθητήρων, cloud computing και IoT τεχνολογιών, επιτυγχάνεται μια έξυπνη και ενεργειακά αποδοτική λύση. Παρόλο που υπάρχουν προκλήσεις, οι δυνατότητες βελτίωσης είναι σημαντικές και μπορούν να οδηγήσουν σε ακόμα πιο αποδοτικά και εξελιγμένα συστήματα στο μέλλον.

## 8. Παραρτήματα (Κώδικας)

- ◆ **Web Interface:** index.html
- ◆ **MQTT & Cloud Integration:** mqtt.py
- ◆ **LoRaWAN Payload Formatter:** payloadformatterdownlink.txt, payloadformatteruplink.txt
- ◆ **ESP32 Firmware:** esp32.ino (δεν είναι διαθέσιμο)
- ◆ **LoRaWAN Firmware:** mkrwan.ino

## 9. Υλοποιημένη Εικόνα

