



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ**  
**ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Συγκριτική ανάλυση τεχνικών οπτικής αναγνώρισης χαρακτήρων (OCR) για  
την αυτόματη αναγνώριση πινακίδων κυκλοφορίας (ALPR)**

**ΦΛΑΒΙΟ ΝΤΟΛΛΑΝΙ**  
**A.M. 18390139**

**Εισηγητής: Χρήστος Τρούσσας, Επ. Καθηγητής**

Συγκριτική ανάλυση τεχνικών οπτικής αναγνώρισης χαρακτήρων (OCR) για την αυτόματη αναγνώριση πινακίδων κυκλοφορίας (ALPR)

Συγκριτική ανάλυση τεχνικών οπτικής αναγνώρισης χαρακτήρων (OCR) για την αυτόματη αναγνώριση πινακίδων κυκλοφορίας (ALPR)

## **ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Συγκριτική ανάλυση τεχνικών οπτικής αναγνώρισης χαρακτήρων (OCR) για την αυτόματη αναγνώριση πινακίδων κυκλοφορίας (ALPR)**

**ΦΛΑΒΙΟ ΝΤΟΛΛΑΝΙ**  
**A.M. 18390139**

**Εισηγητής:**

Χρήστος Τρούσσας, Επ. Καθηγητής

**Εξεταστική Επιτροπή:**

Χρήστος Τρούσσας, Επ. Καθηγητής

Ακριβή Κρούσκα, Μέλος ΕΔΙΠ

Παναγιώτα Τσελέντη, Μέλος ΕΔΙΠ

**Ημερομηνία εξέτασης:** Σεπτέμβριος, 2024

Συγκριτική ανάλυση τεχνικών οπτικής αναγνώρισης χαρακτήρων (OCR) για την αυτόματη αναγνώριση πινακίδων κυκλοφορίας (ALPR)

## ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

«Βεβαιώνω ότι είμαι συγγραφέας αυτής της Διπλωματικής εργασίας και κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της, είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Ο/Η Δηλών/ούσα



Συγκριτική ανάλυση τεχνικών οπτικής αναγνώρισης χαρακτήρων (OCR) για την αυτόματη αναγνώριση πινακίδων κυκλοφορίας (ALPR)

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία ολοκληρώθηκε μετά από επίμονες προσπάθειες, σε ένα ενδιαφέρον γνωστικό αντικείμενο, όπως αυτό της οπτικής αναγνώρισης χαρακτήρων. Την προσπάθειά μου αυτή υποστήριξε ο επιβλέπων καθηγητής μου, τον οποίο θα ήθελα να ευχαριστήσω.

Ακόμα θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για τη συμπαράσταση κατά τη διάρκεια των σπουδών μου καθώς και τους φίλους μου για την υποστήριξή τους.

Συγκριτική ανάλυση τεχνικών οπτικής αναγνώρισης χαρακτήρων (OCR) για την αυτόματη αναγνώριση πινακίδων κυκλοφορίας (ALPR)



## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Με την μεγάλη αύξηση των οχημάτων στην σύγχρονη κοινωνία, έχει δημιουργηθεί σε πολλές περιπτώσεις η ανάγκη για μια ακριβής και γρήγορη λύση ανίχνευσης οχημάτων. Τα συστήματα Αυτόματης Αναγνώρισης Πινακίδων Κυκλοφορίας (ALPR) βελτιώνουν σημαντικά την διαδικασία αυτή καθώς λειτουργούν με ελάχιστη παρέμβαση από τον άνθρωπο και μπορούν να συνεισφέρουν σε θέματα ασφαλείας, οδικής κυκλοφορίας ή διαχείρισης πάρκινγκ υπό διάφορες συνθήκες.

Η παρούσα διπλωματική εργασία παρουσιάζει μια συγκριτική ανάλυση των τεχνικών οπτικής αναγνώρισης κειμένου (OCR) που εφαρμόζονται σε συστήματα ALPR. Η μελέτη επικεντρώνεται στην αξιολόγηση της απόδοσης δημοφιλών βιβλιοθηκών OCR σε διάφορα σενάρια, με στόχο την εύρεση της πιο αποτελεσματικής λύσης σε ένα τέτοιο σύστημα. Για την διεξαγωγή της έρευνας θα χρησιμοποιηθεί το μοντέλο YOLOv8 για την αναγνώριση των οχημάτων και των πινακίδων κυκλοφορίας, αφού πρώτα εκπαιδευτεί σε ένα μεγάλο σύνολο δεδομένων.

Για την εξαγωγή του κειμένου από τις πινακίδες κυκλοφορίας θα χρησιμοποιηθούν οι βιβλιοθήκες EasyOCR, KerasOCR και PaddleOCR, όπου όπως διαπιστώνεται και στην συνέχεια έχουν τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους ανάλογα με τις συνθήκες φωτισμού και την ποιότητα της εικόνας. Τα μοντέλα αυτά θα δοκιμαστούν σε ένα βίντεο αυτοκινητόδρομου για να γίνει η σύγκριση τους σε πραγματικές συνθήκες.

**ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ:** Υπολογιστική Όραση

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** οπτική αναγνώριση χαρακτήρων, αυτόματη αναγνώριση πινακίδων κυκλοφορίας, αναγνώριση κειμένου, αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης, όραση υπολογιστών, μηχανική μάθηση, τεχνητή νοημοσύνη, python, easyOCR, KerasOCR, PaddleOCR, YOLOv8

## ABSTRACT

With the large increase of vehicles in modern society, the need for an accurate and fast vehicle detection solution has arisen in many cases. Automatic License Plate Recognition (ALPR) systems significantly improve this process as they operate with minimal human intervention and can contribute to safety, road traffic or parking management issues under various conditions.

This thesis presents a comparative analysis of optical text recognition (OCR) techniques applied to ALPR systems. The study focuses on evaluating the performance of popular OCR libraries in different scenarios, with the aim of finding the most effective solution in such a system. The YOLOv8 model will be used to conduct the research for vehicle and license plate recognition , after being trained on a large dataset.

To extract the text from the license plates, the EasyOCR, KerasOCR and PaddleOCR libraries will be used, which as it is found later have their advantages and disadvantages depending on the lighting conditions and image quality. These models will be tested on a highway video to compare them in real world circumstances.

**SCIENTIFIC AREA:** Computer Vision

**KEYWORDS:** optical character recognition, automatic license plate recognition, text recognition, machine learning algorithms, computer vision, machine learning, artificial intelligence, Python, EasyOCR, KerasOCR, Paddle, YOLOv8

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	8
ABSTRACT.....	9
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	11
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	12
1. Κεφάλαιο 1ο: Εισαγωγή.....	13
1.1. Εισαγωγή.....	13
1.2. Σκοπός της έρευνας.....	14
1.3. Δομή της διπλωματικής εργασίας.....	14
2. Κεφάλαιο 2ο: Θεωρητικό Υπόβαθρο και Ανασκόπηση Βιβλιογραφίας.....	15
2.1. Οπτική Αναγνώριση Χαρακτήρων (OCR).....	15
2.2. Διαδικασία αναγνώρισης χαρακτήρων.....	16
2.3. Κύριοι τύποι τεχνικών OCR.....	20
2.4. Δυσκολίες και Προκλήσεις των τεχνικών OCR.....	21
2.5. Αυτόματη Αναγνώριση Πινακίδων Κυκλοφορίας.....	21
2.5.1. Βήματα Αυτόματης Αναγνώρισης Πινακίδων.....	21
2.6. Δυσκολίες και Προκλήσεις ALPR.....	23
2.7. Ανασκόπηση Βιβλιογραφίας.....	24
3. Μεθοδολογία Έρευνας.....	27
3.1. Περιγραφή Δεδομένων.....	27
3.2. Εργαλεία και Τεχνολογίες.....	29
3.2.1. You only look once – YOLOv8.....	29
3.2.2. Βιβλιοθήκες OCR.....	30
3.2.3. OpenCV.....	31
3.3. Ανάλυση Μεθοδολογίας.....	32
4. Παρουσίαση Εργασίας.....	34
4.1. Εκπαίδευση Μοντέλου Αναγνώρισης Πινακίδων Κυκλοφορίας.....	34
4.2. Αναγνώριση Και Παρακολούθηση Οχημάτων.....	35
4.3. Αναγνώριση Πινακίδων Κυκλοφορίας.....	36
4.4. Προεπεξεργασία Πινακίδων Κυκλοφορίας.....	37

## Συγκριτική ανάλυση τεχνικών οπτικής αναγνώρισης χαρακτήρων (OCR) για την αυτόματη αναγνώριση πινακίδων κυκλοφορίας (ALPR)

4.5. Αναγνώριση κειμένου .....	38
5. Συγκρίσεις Τεχνικών OCR.....	41
6. Συμπεράσματα.....	45
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	46
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	50

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Figure 1: Διαδικασία αναγνώρισης κειμένου .....	16
Figure 2: Απόκτηση της εικόνας .....	17
Figure 3: Προεπεξεργασία της εικόνας .....	18
Figure 4: Κατάτμηση κειμένου .....	19
Figure 5: Βήματα Αυτόματης Αναγνώρισης Πινακίδων .....	22
Figure 6: Εικόνες για training .....	27
Figure 7: Εικόνες για training .....	28
Figure 8: Βίντεο αυτοκινητόδρομου .....	28
Figure 9: Μοντέλο YOLOv8 .....	30
Figure 10: Αναγνώριση χαρακτήρων με χρήση νευρωνικών δικτύων (CRNN) .....	31
Figure 11: Εικόνα πινακίδας (Threshold Binary Inverse) .....	33
Figure 12: F1-Confidence Curve .....	34
Figure 13: Precision-Confidence Curve.....	35
Figure 14: Αναγνώριση και παρακολούθηση οχημάτων - YOLOv8 .....	36
Figure 15: Αναγνώριση πινακίδων κυκλοφορίας - YOLOv8 .....	37
Figure 16: Προεπεξεργασία πινακίδας .....	37
Figure 19 Αναγνώριση Κειμένου - EasyOCR .....	38
Figure 17: Αναγνώριση Κειμένου - EasyOCR .....	39
Figure 19 Αναγνώριση Κειμένου - KerasOCR .....	39
Figure 18: Αναγνώριση Κειμένου - KerasOCR .....	40
Figure 19 Αναγνώριση Κειμένου - PaddleOCR .....	40
Figure 19 Αναγνώριση Κειμένου - PaddleOCR .....	41

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Table 1: Προβέψεις EasyOCR .....	42
Table 2: Προβέψεις Keras OCR .....	43
Table 3: Προβλέψεις Paddle OCR .....	44

## ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

**OCR** Optical Character Recognition

**ALPR** Automatic License Plate Recognition

**ML** Machine Learning

**NN** Neural Networks

## 1. Κεφάλαιο 1ο: Εισαγωγή

### 1.1. Εισαγωγή

Η Αυτόματη Αναγνώριση Πινακίδων κυκλοφορίας (ALPR), σε μια εποχή όπου τα πάντα οδεύουν προς την αυτοματοποίηση και τον ψηφιακό κόσμο, φέρουν καθοριστικό ρόλο σε διάφορες εφαρμογές όπως η ασφάλεια, ευκολότερη διαχείριση της κυκλοφορίας και στην βελτιστοποίηση της οδικής υποδομής καθώς και σε ορισμένες περιπτώσεις στα εγκλήματα.

Η ALPR, με την χρήση της υπολογιστικής όρασης, αναγνωρίζει τα οχήματα και μέσω των πινακίδων τους όπου περιλαμβάνουν γράμματα και αριθμούς, μπορεί με την χρήση οπτικής αναγνώρισης χαρακτήρων (OCR) να πραγματοποιήσει την εξαγωγή του κειμένου από την εικόνα. Έτσι, μπορεί άμεσα να γίνει η ταυτοποίηση κάποιου οχήματος καθώς οι πινακίδες είναι μοναδικές για το κάθε όχημα. Αυτή η διαδικασία με την σημερινή υπολογιστική δύναμη γίνεται τόσο γρήγορα που μειώνει σημαντικά την παρέμβαση του ανθρώπου και βελτιώνει την ταχύτητα που ολοκληρώνονται οι παραπάνω διαδικασίες παρακολούθησης.

Στην πραγματικότητα όμως, παρά την ευρεία χρήση τέτοιων συστημάτων, οι συνθήκες του πραγματικού κόσμου δημιουργούν πολλές προκλήσεις για την ακρίβεια ενός τέτοιου συστήματος. Ο καιρός, η γωνία της εικόνας καθώς και οι συνθήκες φωτισμού δυσκολεύουν πολύ το πιο σημαντικό κομμάτι ενός συστήματος ALPR, την αναγνώριση των χαρακτήρων, όπως θα δούμε και στην συνέχεια. Ωστόσο, πλέον υπάρχουν πολλές διαφορετικές τεχνικές OCR για να προσπεράσουν αυτά τα εμπόδια ανάλογα με το κάθε σύστημα.

Έτσι, στο πλαίσιο αυτής της διπλωματικής θα εξετάσουμε την απόδοση τριών δημοφιλών βιβλιοθηκών OCR ( EasyOCR, KerasOCR και PaddleOCR ) σε ένα βίντεο όπου οι εικόνες δεν είναι πάντα σε πολύ καλή ποιότητα η λόγο του φωτισμού ορισμένοι χαρακτήρες δεν διακρίνονται εύκολα.

## 1.2. Σκοπός της έρευνας

Ο στόχος της εργασίας είναι η συγκριτική ανάλυση των βιβλιοθηκών EasyOCR, Keras OCR και PaddleOCR σε ένα ALPR σύστημα με την βοήθεια του YOLOv8 για την αναγνώριση των οχημάτων και των πινακίδων κυκλοφορίας. Στο πλαίσιο αυτό θα δούμε το πώς επηρεάζει η επεξεργασία εικόνας τα αποτελέσματα, στην κλίμακα του γκρι (grayscale) και προσθέτοντας κατώφλι (threshold). Έτσι, θα έχουμε μια γενικότερη εικόνα για το ποιός αλγόριθμος είναι πιο αξιόπιστος στις περισσότερες περιπτώσεις. Επιπλέον, το βίντεο που θα εκτελεστεί η έρευνα είναι ενός λεπτού με 30 fps (frames per second), οπότε υπάρχουν πολλές εικόνες (1800) για να δοκιμαστούν οι βιβλιοθήκες για καλύτερα συμπεράσματα.

## 1.3. Δομή της διπλωματικής εργασίας

### **Κεφάλαιο 1ο: Εισαγωγή**

Το κεφάλαιο αυτό παρουσιάζει το γενικό πλαίσιο της διπλωματικής, δίνοντας μια εισαγωγή στο θέμα.

### **Κεφάλαιο 2ο: Θεωρητικό Υπόβαθρο και Ανασκόπηση Βιβλιογραφίας**

Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται μια πιο βαθιά ανάλυση της βιβλιογραφίας σχετικά με την τεχνολογία OCR και τα συστήματα ALPR. Αναλύονται οι βασικές έννοιες και γίνεται αναφορά σε παρόμοιες προσεγγίσεις στην έρευνα για την αυτόματη αναγνώριση πινακίδων κυκλοφορίας

### **Κεφάλαιο 3ο: Μεθοδολογία Έρευνας**

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφονται λεπτομερώς εργαλεία και οι τεχνητές που χρησιμοποιήθηκαν για την έρευνα, όπως την εκπαίδευση των μοντέλων με χρήση YOLOv8 και η χρήση των OCR βιβλιοθηκών.

### **Κεφάλαιο 4ο: Παρουσίαση Εργασίας**

Το κεφάλαιο αυτό περιέχει το μεγαλύτερο κομμάτι της διπλωματικής εργασίας, όπου παρουσιάζονται τα πειραματικά αποτελέσματα του συστήματος. Περιλαμβάνονται γραφήματα και εικόνες που απεικονίζουν τα δεδομένα και γίνεται ανάλυση των αποτελεσμάτων.

### **Κεφάλαιο 5ο: Συγκρίσεις**

Συγκριτική ανάλυση τεχνικών οπτικής αναγνώρισης χαρακτήρων (OCR) για την αυτόματη αναγνώριση πινακίδων κυκλοφορίας (ALPR)

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται η σύγκριση των τριών τεχνικών OCR, λαμβάνοντας υπόψη την ακρίβεια αναγνώρισης και την απόδοση σε διαφορετικές καταστάσεις της εικόνας.

### **Κεφάλαιο 6ο: Συμπεράσματα**

Το τελευταίο κεφάλαιο συνοψίζει τα αποτελέσματα της έρευνας και γίνεται αναφορά σε δυσκολίες και βελτιώσεις του συστήματος.

## 2. Κεφάλαιο 2ο: Θεωρητικό Υπόβαθρο και Ανασκόπηση Βιβλιογραφίας

### 2.1. Οπτική Αναγνώριση Χαρακτήρων (OCR)

Οπτική Αναγνώριση Χαρακτήρων ονομάζεται η τεχνολογία που επιτρέπει την αυτόματη αναγνώριση και εξαγωγή γραπτών χαρακτήρων από διάφορες μορφές κειμένου, όπως από σαρωμένα έγγραφα, εικόνες κειμένου ή και φωτογραφίες σε κείμενο κατανοητό από την μηχανή. Η διαδικασία OCR περιλαμβάνει πολλά στάδια, από την απόκτηση της εικόνας μέχρι την αποτελεσματική εξαγωγή των χαρακτήρων που έχουν αναγνωριστεί από την μηχανή.

Η πρώτη μηχανή OCR είχε δημιουργηθεί γύρω στο 1920, από τον Emanuel Goldberg, η οποία είχε δυνατότητα αναγνώρισης χαρακτήρων και την μετατροπή τους σε κώδικα τηλεγραφίας. Οι μηχανές τότε ήταν πολύ περιορισμένες και μπορούσαν να αναγνωρίσουν ελάχιστους χαρακτήρες και γραμματοσειρές μέχρι περίπου το 1970, όπου ο επιστήμονας Ray Kurzweil δημιούργησε την πρώτη μηχανή OCR που μπορούσε να αναγνωρίσει σχεδόν οποιαδήποτε γραμματοσειρά.

Πλέον, η χρήση του OCR είναι πολύ πιο εξελιγμένη, με την δυνατότητα να μπορεί να αναγνωρίσει κείμενο από οποιοδήποτε είδος αρχείου ή εικόνας, καθώς και είναι εύκολα προσβάσιμο μέσω του cloud και mobile εφαρμογών και στους απλούς ανθρώπους. Η ακρίβεια των τεχνολογιών σήμερα είναι πάρα πολύ ακριβής και η τεχνολογία συνεχίζει να εξελίσσεται.



Συγκριτική ανάλυση τεχνικών οπτικής αναγνώρισης χαρακτήρων (OCR) για την αυτόματη αναγνώριση πινακίδων κυκλοφορίας (ALPR)

## 2.2. Διαδικασία αναγνώρισης χαρακτήρων

Η διαδικασία OCR περιλαμβάνει μια σειρά βημάτων όπου ακολουθεί η αναγνώριση και η μετατροπή του κειμένου, από εικόνες ή σαρωμένα έγγραφα σε ψηφιακή μορφή, σε επεξεργάσιμο κείμενο. Κάθε βήμα, από την απόκτηση της εικόνας μέχρι την αναγνώριση των χαρακτήρων, περιλαμβάνει προεπεξεργασία και ανάλυση της εικόνας με τέτοιο τρόπο ώστε να διασφαλίζεται η μέγιστη δυνατή ακρίβεια στην αναγνώριση του κειμένου. Πρόκειται για μια διαδικασία που υφίσταται σημαντικά βήματα, τα οποία περιλαμβάνουν την προεπεξεργασία της εικόνας, την κατάτμηση, την εξαγωγή χαρακτηριστικών και την αναγνώριση χαρακτήρων.

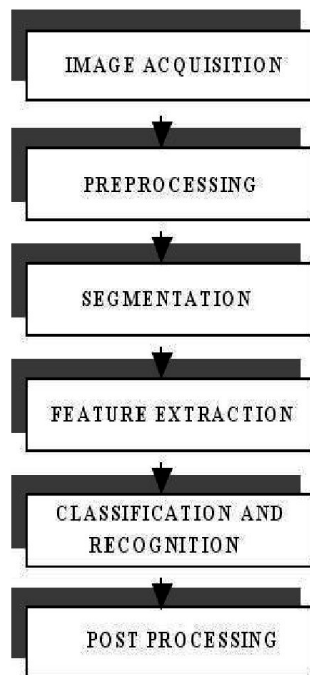


Figure 1: Διαδικασία αναγνώρισης κειμένου

## Συγκριτική ανάλυση τεχνικών οπτικής αναγνώρισης χαρακτήρων (OCR) για την αυτόματη αναγνώριση πινακίδων κυκλοφορίας (ALPR)

- **Απόκτηση της εικόνας (Image Acquisition):** Το πρώτο βήμα της διαδικασίας OCR είναι η απόκτηση της εικόνας ή του εγγράφου που θα επεξεργαστεί. Η μηχανή OCR δέχεται ένα ψηφιακό έγγραφο οποιασδήποτε μορφής όπως σαρωμένα έγγραφα ή φωτογραφίες κειμένου προσφέροντας την δυνατότητα σάρωσης κάποιου φυσικού εγγράφου είτε από φωτογραφία μέσω κινητής συσκευής είτε μέσω σάρωσης. Σημαντικό ρόλο στην διαδικασία έχει και η ποιότητα της εικόνας που θα επεξεργαστεί, επηρεάζοντας σημαντικά τα αποτελέσματα του OCR.



Figure 2: Απόκτηση της εικόνας

- **Προεπεξεργασία (Preprocessing):** Αφού αποκτηθεί η εικόνα, υπόκειται σε μια προεπεξεργασία για την διόρθωση τυχόν ατελειών και την βελτίωση στη ποιότητα της εικόνας. Αυτό συμβαίνει με διάφορους τρόπους, όπως η αφαίρεση θορύβου (noise removal) και η ευθυγράμμιση της εικόνας (Skew Correction). Επιπλέον γίνεται χρήση διάφορων τεχνικών όπως μετατροπή της εικόνας σε ασπρόμαυρη (Grayscale) και η δυαδική μετατροπή (Binarization) χρησιμοποιώντας κατώφλι (Threshold) μετατρέποντας την ασπρόμαυρη εικόνα σε ένα μαύρο φόντο με άσπρο κείμενο ώστε να διακρίνονται η περιοχές κειμένου από το φόντο. Ακόμα μια σημαντική τεχνική είναι και η κανονικοποίηση της εικόνας βελτιώνοντας την φωτεινότητα και την αντίθεση του κειμένου. Έτσι βελτιώνετε σημαντικά η ποιότητα της εικόνας και η ακρίβεια της αναγνώρισης χαρακτήρων μειώνοντας τα σφάλματα.

Συγκριτική ανάλυση τεχνικών οπτικής αναγνώρισης χαρακτήρων (OCR) για την αυτόματη αναγνώριση πινακίδων κυκλοφορίας (ALPR)

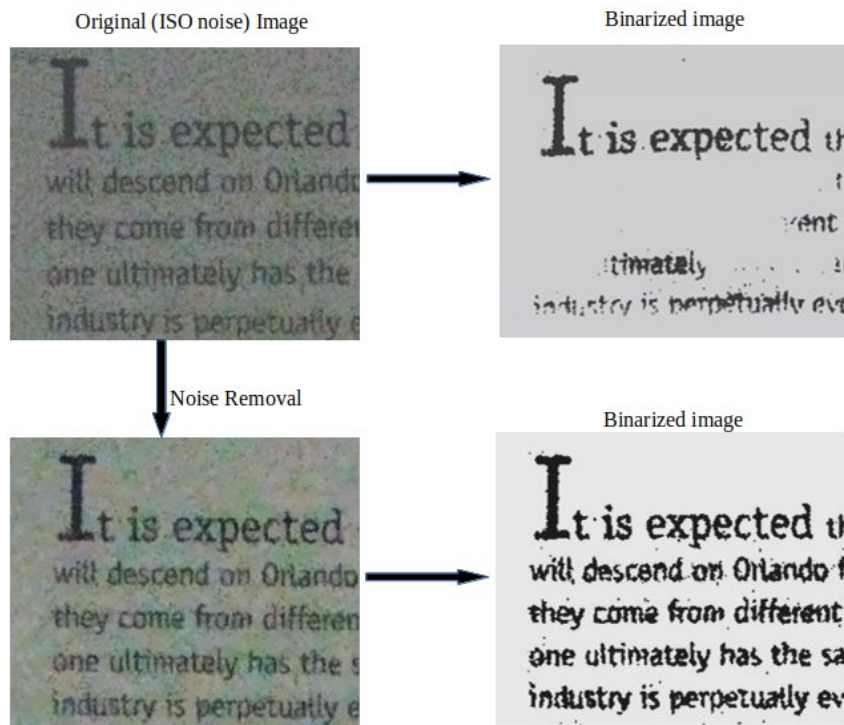


Figure 3: Προεπεξεργασία της εικόνας

- **Κατάτμηση (Segmentation):** Μετά την επεξεργασία της εικόνας ακολουθεί η κατάτμηση της, με σκοπό τον διαχωρισμό του κειμένου και των χαρακτήρων σε περιοχές για την ευκολότερη αναγνώριση τους. Αυτό επιτυγχάνεται με 3 τεχνικές, το πρώτο επίπεδο είναι η κατάτμηση γραμμών (Line Segmentation) όπου διαχωρίζεται το κείμενο σε ξεχωριστές γραμμές, ύστερα γίνεται κατάτμηση λέξεων (Word Segmentation) όπου σε κάθε γραμμή με βάση τα κενά ανάμεσα στο κείμενο γίνεται κατάτμηση της κάθε λέξης στην γραμμή και τελικό στάδιο έχουμε την κατάτμηση χαρακτήρων (Character Segmentation) όπου για κάθε λέξη που βρέθηκε προηγουμένως, γίνεται κατάτμηση για κάθε χαρακτήρα της λέξης.



Figure 4: Κατάμηση κειμένου

- **Εξαγωγή χαρακτήρων (Feature Extraction):** Στην συνέχεια ακολουθεί η εξαγωγή των χαρακτήρων με βάση μοναδικών ιδιοτήτων και μοτίβων κάθε χαρακτήρα της εικόνας. Με βάση τα δομικά τους χαρακτηριστικά όπως το σχήμα και οι γωνίες αλλά και τα γεωμετρικά τους χαρακτηριστικά, διακρίνεται κάθε χαρακτήρας της εικόνας.
- **Αναγνώριση κειμένου (Text Recognition):** Αφού ολοκληρωθεί κάθε είδους επεξεργασίας και ανάλυσης της εικόνας, ξεκινάει η διαδικασία αναγνώρισης συμβόλων, γραμμάτων και ψηφίων της εικόνας. Αυτό γίνεται είτε ανά σύμβολο ή ανά λέξη, καθώς η μηχανή μπορεί να αναγνωρίσει πρότυπα που έχει εκπαιδευτεί, η μεμονωμένους χαρακτήρες.

Οι μηχανές έχουν εκπαιδευτεί σε τεράστια σύνολα δεδομένων διαφορετικών γλωσσών, γραμματοσειρών και συνδυασμών των χαρακτήρων. Έτσι μπορεί να αναγνωρίσει επαναλαμβανόμενα μοτίβα λέξεων ή οδηγεί στην αναγνώριση μεμονωμένων συμβόλων με βάση τα χαρακτηριστικά του σε περίπτωση που δεν έχει εκπαιδευτεί για όλες τις περιπτώσεις.

## Συγκριτική ανάλυση τεχνικών οπτικής αναγνώρισης χαρακτήρων (OCR) για την αυτόματη αναγνώριση πινακίδων κυκλοφορίας (ALPR)

Έτσι, κάθε χαρακτήρας συγκρίνεται με ένα σύνολο προκαθορισμένων προτύπων μέχρι να βρεθεί η καλύτερη αντιστοιχία.

- **Μετεπεξεργασία (Post-processing):** Αφού οι χαρακτήρες αναγνωριστούν, εφαρμόζεται μια τεχνική μετεπεξεργασίας για την βελτίωση της ακρίβειας του OCR. Πιο συγκεκριμένα, γίνεται ορθογραφικός έλεγχος στο αναγνωρισμένο κείμενο ώστε να διορθωθούν οι λανθασμένα αναγνωρισμένες λέξεις και γραμματικός έλεγχος του κειμένου βασισμένος στην γραμματική της αναγνωρισμένης γλώσσας σε περίπτωση γραμματικών λαθών.

Τέλος, οι πληροφορίες που συγκέντρωσε η μηχανή αποθηκεύονται σε ψηφιακή μορφή για παράδειγμα σε εικόνα ή PDF αρχείο. Το έγγραφο αυτό είτε είναι σε επεξεργάσιμη μορφή κειμένου, είτε υπάρχει σχολιασμός πάνω στην εικόνα για κάθε λέξη που έχει αναγνωριστεί από το OCR.

### 2.3. Κύριοι τύποι τεχνικών OCR

Με το πέρασμα των χρόνων οι παραπάνω διαδικασίες έχουν εξελιχθεί σε μεγάλο βαθμό έχοντας πλέον στους εξής βασικούς τύπους τεχνολογιών OCR:

- **Η απλή μορφή του OCR**, όπου όπως περιγράψαμε αναλύει και αντιστοιχεί λέξεις και μοτίβα χαρακτήρων. Είναι αρκετά αποτελεσματική για έγγραφα και εικόνες με σαφείς γραμματοσειρές και δομή, αλλά δυσκολεύεται σε χειρόγραφο κείμενο και πολύπλοκες διατάξεις.
- **OCR βασισμένο σε μηχανική μάθηση**, το οποίο για την εκμάθηση μοτίβων χρησιμοποιεί αλγορίθμους μηχανικής μάθησης σε ένα μεγάλο σύνολο δεδομένων και παραδειγμάτων για την εκπαίδευση του. Είναι πιο προσαρμόσιμο για περίπλοκες γραμματοσειρές και διατάξεις αλλά απαιτεί μεγάλα δεδομένα εκπαίδευσης για την αξιοπιστία του.
- **Η τεχνολογία Ευφυής Αναγνώρισης Χαρακτήρων (ICR)** στην οποία το σύστημα υπόκειται σε μια συνεχής διαδικασία εκμάθησης και μέσω της τεχνητής νοημοσύνης και της βαθιάς μάθησης έχει πλέον την δυνατότητα για πολύ γρήγορη αναγνώριση

## Συγκριτική ανάλυση τεχνικών οπτικής αναγνώρισης χαρακτήρων (OCR) για την αυτόματη αναγνώριση πινακίδων κυκλοφορίας (ALPR)

χαρακτήρων οποιαδήποτε μορφής η γλώσσας, καθώς και να μπορεί να αναγνωρίζει ολόκληρες λέξεις κατευθείαν. Με την χρήση των νευρωνικών δικτύων (CNN/RNN) επιτυγχάνουν πολύ ακριβείς προβλέψεις.

### 2.4. Δυσκολίες και Προκλήσεις των τεχνικών OCR

Όσο και αν έχουν βελτιωθεί οι μηχανές OCR καθώς και η ακρίβεια των βημάτων αναγνώρισης κειμένου που αναφέραμε, τα συστήματα OCR αντιμετωπίζουν διάφορες προκλήσεις που μειώνουν την ακρίβεια τους. Κύριο πρόβλημα είναι οι εικόνες κακής ποιότητας με χαμηλή ανάλυση ή θόρυβο, όπου μειώνουν σημαντικά τις επιδόσεις του OCR αν δεν είναι ιδιαίτερα καθαρό το κείμενο. Επιπλέον μια μηχανή OCR θα πρέπει να είναι προσαρμοσμένη και εκπαιδευμένη να αναγνωρίζει πολύπλοκες γραμματοσειρές η και διαφορετικές γλώσσες, κυρίως σε αυτές που δεν έχουν λατινικούς χαρακτήρες καθώς είναι αρκετά πιο περίπλοκη η αναγνώριση τους. Τέλος, εικόνες με πολύπλοκα φόντα όπου δεν διακρίνεται εύκολα το κείμενο από το φόντο του επηρεάζουν πολύ το κομμάτι της κατάτμησης και της εξαγωγής χαρακτήρων οδηγώντας σε λάθος αποτελέσματα.

### 2.5. Αυτόματη Αναγνώριση Πινακίδων Κυκλοφορίας

Η αυτόματη αναγνώριση πινακίδων κυκλοφορίας είναι μια τεχνολογία που χρησιμοποιεί τεχνικές οπτικής αναγνώρισης χαρακτήρων (OCR) για την αναγνώριση των πινακίδων κυκλοφορίας των οχημάτων. Η τεχνολογία αυτή χρησιμοποιείται ευρέως για πολλούς τύπους εφαρμογών όπως τον έλεγχο της κυκλοφορίας, για την ασφάλεια, και της διαχείρισης των χώρων στάθμευσης. Αυτά τα συστήματα έχουν σχεδιαστεί για λειτουργία με ελάχιστη ανθρώπινη παρέμβαση, κάτι που τα κάνει να είναι πραγματικά αποτελεσματικά και αξιόπιστα για την παρακολούθηση και την επιτυχημένη διαχείριση των οχημάτων.

#### 2.5.1. Βήματα Αυτόματης Αναγνώρισης Πινακίδων

Όπως φαίνεται στην εικόνα που ακολουθεί, υπάρχουν διάφορα στάδια για την ολοκλήρωση της διαδικασίας αναγνώρισης μιας πινακίδας στα συστήματα ALPR.

## Συγκριτική ανάλυση τεχνικών οπτικής αναγνώρισης χαρακτήρων (OCR) για την αυτόματη αναγνώριση πινακίδων κυκλοφορίας (ALPR)

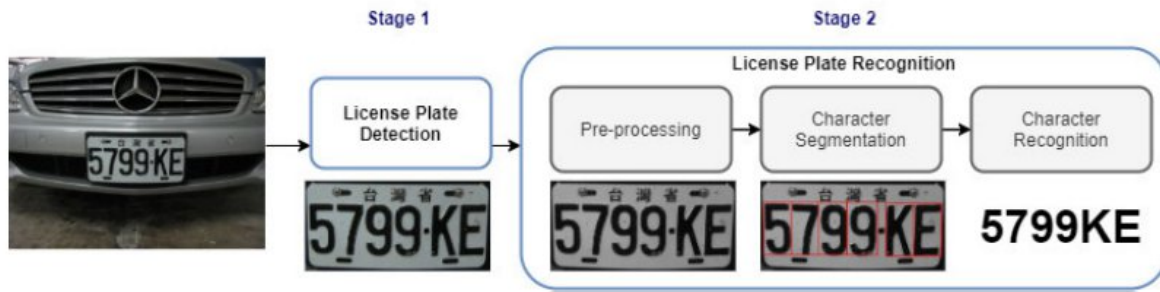


Figure 5: Βήματα Αυτόματης Αναγνώρισης Πινακίδων

- **Αναγνώριση Οχήματος:** Πρώτο βήμα στην διαδικασία ALPR είναι η αναγνώριση του οχήματος στην εικόνα. Αυτό επιτυγχάνεται με χρήση μοντέλων μηχανικής μάθησης τα οποία είναι εκπαιδευμένα να αναγνωρίσουν κάθε τύπο οχήματος. Αυτά τα συστήματα κάνουν συνήθως χρήση καμερών υψηλής ανάλυσης για την λήψη των εικόνων, ώστε η εικόνα που θα εφαρμοστεί το OCR να είναι καλής ποιότητας ανεξαρτήτως των συνθηκών.
- **Αναγνώριση Πινακίδας:** Αφού εντοπιστεί το όχημα, το επόμενο βήμα είναι η αναγνώριση της πινακίδας. Παρομοίως, αυτό επιτυγχάνεται από ένα μοντέλο μηχανικής μάθησης καλά εκπαιδευμένο σε διαφορετικούς τύπους πινακίδων κάθε χώρας.
- **Προεπεξεργασία Εικόνας:** Ύστερα, ακολουθεί η προεπεξεργασία της εικόνας της πινακίδας. Καθώς τα οχήματα βρίσκονται σε κίνηση, ανάλογα την ταχύτητα του οχήματος και τις καιρικές συνθήκες οι εικόνες του οχήματος δεν είναι πάντα σε άριστη ποιότητα. Έτσι πρέπει να γίνει μια επεξεργασία της εικόνας για την αφαίρεση του θορύβου και την ευθυγράμμιση της. Στην συνέχεια, όπως είδαμε και στην ενότητα του OCR, η εικόνα θα μετατραπεί σε ασπρόμαυρη και δυαδική.
- **Κατάτμηση Πινακίδας:** Σε αυτό το στάδιο γίνεται διαχωρισμός κάθε χαρακτήρα της πινακίδας σε περιοχές για την ευκολότερη αναγνώριση τους.

Συγκριτική ανάλυση τεχνικών οπτικής αναγνώρισης χαρακτήρων (OCR) για την αυτόματη αναγνώριση πινακίδων κυκλοφορίας (ALPR)

- **Αναγνώριση Χαρακτήρων:** Τέλος , πραγματοποιείτε η αναγνώριση των χαρακτήρων από την κατάτμηση της πινακίδας με χρήση OCR τεχνικών. Το OCR θα μετατρέψει κάθε χαρακτήρα της εικόνας σε ψηφιακή μορφή για οποιαδήποτε χρήση. Η τεχνική OCR θα πρέπει να είναι εκπαιδευμένη να αναγνωρίζει πινακίδες διάφορων τύπων και χωρών λόγω διαφοράς των συμβόλων που χρησιμοποιούν.

## 2.6. Δυσκολίες και Προκλήσεις ALPR

Τα συστήματα ALPR συνεχίζουν να έχουν αρκετές προκλήσεις παρά την εξέλιξη των τεχνικών αναγνώρισης. Κάθε χώρα έχει διαφορετικού τύπου πινακίδες, είτε άλλου μεγέθους ή μορφής , είτε τελείως διαφορετικό αλφάβητο όπως ορισμένες χώρες τις Ασίας, με αποτέλεσμα να έχουν ακριβή αποτελέσματα να πρέπει να είναι προσαρμοσμένα για κάθε μορφή. Επιπλέον, οι περιβαλλοντικοί παράγοντες επηρεάζουν την ποιότητα της εικόνας καθώς αλλάζει ο φωτισμός και οι κακές καιρικές συνθήκες δημιουργούν θόρυβο στην εικόνα. Ένα ακόμα σημαντικό ζήτημα είναι και οι παραμορφώσεις της εικόνας λόγω της ταχύτητας των οχημάτων καθιστώντας δύσκολη την αναγνώριση τους.



## 2.7. Ανασκόπηση Βιβλιογραφίας

Η αυτόματη αναγνώριση πινακίδων κυκλοφορίας (ALPR) εφευρέθηκε το 1976 στο τμήμα επιστημονικής ανάπτυξης της αστυνομίας στο Ηνωμένο Βασίλειο. Ο Sang Kyooh Kim [11] πρότεινε μια μέθοδο που χρησιμοποιεί έναν κατανεμημένο γενετικό αλγόριθμο για να ξεπεραστούν οι δυσκολίες αντιμετώπισης των φθαρμένων πινακίδων κυκλοφορίας.

Ο Serkan Ozbay [12] πρότεινε μια μέθοδο για την βελτίωση την ανίχνευσης και αναγνώρισης πινακίδων κυκλοφορίας, βελτιώνοντας τις τεχνικές επεξεργασίας εικόνας. Χρησιμοποίησε έναν αλγόριθμο που λέγεται smearing algorithm για τον εντοπισμό της θέσης της πινακίδας στην εικόνα και για την αφαίρεση του θορύβου από αυτήν, αυξάνοντας έτσι την συνολική ακρίβεια στην ανίχνευση πινακίδων.

Ο Clemens Arth [13] παρουσίασε ένα σύστημα ανίχνευσης και αναγνώρισης πινακίδων κυκλοφορίας σε πραγματικό χρόνο, όπου αποσπάσματα από βίντεο λαμβάνονται και επεξεργάζονται σε πραγματικό χρόνο.

Ο Arulmozhi K [14] εφάρμοσε μια τεχνική διόρθωσης της κλίσης των εικονών (skew correction) και για ακριβή κατάτμηση χαρακτήρων ονομάζοντας την Centroid-based Hough Transform.

Ο Amninder Kaur [15] χρησιμοποίησε τις μεθόδους Ostu και μεθόδους εντοπισμού αντικειμένων με βάση τα χαρακτηριστικά τους για την προεπεξεργασία και τον εντοπισμό των πινακίδων κυκλοφορίας.

Ο Humayun Karim Sulehria [16] πρότεινε έναν αλγόριθμο που επιτρέπει την αναγνώριση των πινακίδων κυκλοφορίας χρησιμοποιώντας υβριδικές μορφολογικές τεχνικές και νευρωνικά δίκτυα.

## Συγκριτική ανάλυση τεχνικών οπτικής αναγνώρισης χαρακτήρων (OCR) για την αυτόματη αναγνώριση πινακίδων κυκλοφορίας (ALPR)

Ο Muhammad Tahir [17] πρότεινε μια μέθοδο για την αυτόματη αναγνώριση πινακίδων κυκλοφορίας, η οποία χρησιμοποιεί τον αλγόριθμο αναζήτησης κίτρινου χρώματος για την εξαγωγή της περιοχής ενδιαφέροντος (ROI) σε μια εικόνα, με εστίαση τις κίτρινες πινακίδες.

Ο Ankush Roy [18] πρότεινε μια μέθοδο για να ξεπεραστεί η δυσκολία της σωστής αναγνώρισης των μη τυπικών χαρακτήρων στις πινακίδες, χρησιμοποιώντας έναν αλγόριθμο κατάτμησης βασισμένο σε pixel για τους αλφαριθμητικούς χαρακτήρες στην πινακίδα κυκλοφορίας.

Ο Roy [19] πρότεινε μια μέθοδο όπου χρησιμοποιείται μια εικόνα γεμάτη με τρύπες για τον διαχωρισμό πινακίδων κυκλοφορίας, αφαιρώντας όλες τις συνδετικές ακμές και εφαρμόζοντας ένα κατώφλι 1000 pixel.

Ο Norizam Sulaiman [20] πρότεινε έναν συνδυασμό τεχνικών επεξεργασίας εικόνας και OCR για την ακριβή αναγνώριση πινακίδων οχημάτων στη Μαλαισία.

Ο Bhat [21] όπως και ο Roy [19] χρησιμοποίησε παροιμία τεχνική με τις τρύπες στην δυαδική εικόνα αλλά αυτό το σύστημα είχε περιορισμούς στο μέγεθος των οχημάτων.

Ο Shan Du [22] παρουσίασε όλες τις μεθόδους κατάτμησης που έχουν χρησιμοποιηθεί έως τότε και κατέγραψε τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα κάθε μεθόδου στον καταμερισμό πινακίδων.

Ο Gee-Sern Hsu [23] χρησιμοποίησε για πρώτη φορά τον τύπο ομαδοποίησης ακμών για να λύσει το πρόβλημα της ανίχνευσης πινακίδων. Πρόκειται για μια καινοτόμα εφαρμογή του ανιχνευτή μέγιστης σταθερής ακραίας περιοχής (MSER) στην κατάτμηση χαρακτήρων.

Η Priyanka Prabhakar [24] πρότεινε έναν αλγόριθμο που χρησιμοποιεί τον μετασχηματισμό Hough για την κατάτμηση των πινακίδων κυκλοφορίας.

Ο Raskar R [25] χρησιμοποίησε ένα φίλτρο μέσης τιμής για την αφαίρεση του θορύβου και στη συνέχεια ακολούθησε ο αλγόριθμος ανίχνευσης ακμών Sobel.

## Συγκριτική ανάλυση τεχνικών οπτικής αναγνώρισης χαρακτήρων (OCR) για την αυτόματη αναγνώριση πινακίδων κυκλοφορίας (ALPR)

Ο Chi-Hung Chuang [26] πρότεινε μια προσέγγιση για να ξεπεραστούν προβλήματα όπως η χαμηλή ανάλυση, οι μακρινές εικόνες και οι θολές εικόνες, χρησιμοποιώντας υπερ-ανάλυση μέσω ασαφούς λογικής (fuzzy logic).

Ο Jitendra Sharma [27] επικεντρώθηκε στη βελτίωση του ποσοστού αναγνώρισης και του χρόνου αναγνώρισης των χαρακτήρων της πινακίδας κυκλοφορίας του οχήματος.

Ο Silvestre Garcia-Sanchez [28] πρότεινε μια μέθοδο για τον προσδιορισμό της θέσης, του μήκους και του πλάτους της πινακίδας που περιέχει τους χαρακτήρες σε μια εικόνα, όταν η θέση της πινακίδας δεν είναι ακριβής.

Ο Sarbjit Kaur [29] εφάρμοσε αμφίπλευρο φίλτρο κατά την προεπεξεργασία της εικόνας, ενώ η υπόλοιπη μέθοδος παραμένει ίδια με αυτές των [19] και [21].

Ο Sanchay Dewan [30] πρότεινε μια μέθοδο εξαγωγής πινακίδων βασισμένη σε αποικίες μυρμηγκιών, η οποία προσφέρει καλύτερα αποτελέσματα στην ανίχνευση ακμών κατά την εφαρμογή της κατάτμησης της εικόνας.

### 3. Μεθοδολογία Έρευνας

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναλύσουμε το σύνολο δεδομένων και εργαλείων που χρειάστηκαν για την ολοκλήρωση της εργασίας καθώς και την μεθοδολογία που θα ακολουθηθεί.

#### 3.1. Περιγραφή Δεδομένων

Για την διεξαγωγή της έρευνας, πρέπει να γίνει εκπαίδευση ενός μοντέλου ανίχνευσης αντικειμένων, ώστε να μπορούμε να εξάγουμε την εικόνα της πινακίδας κυκλοφορίας με σκοπό την τροφοδότηση τους στις τεχνολογίες OCR που θα εξετάσουμε.

Το σύνολο δεδομένων (dataset) που θα χρησιμοποιήσουμε για την εκπαίδευση ([License Plate Recognition Dataset](#)) περιέχει 24000 εικόνες οχημάτων με πινακίδες κυκλοφορίας συλλεγμένες σε διάφορες συνθήκες φωτισμού και γωνιών, καθώς και έχουν περάσει από διαδικασία καταμερισμού της εικόνας (segmentation) για να μπορέσει το μοντέλο να αναγνωρίζει τις πινακίδες σε οποιαδήποτε κατάσταση. Τα δεδομένα αυτά προέρχονται από δημόσια datasets ελεύθερα για χρήση.

Για το dataset χρησιμοποιήθηκε το roboflow, παρέχοντας training, validation και test σύνολα εικόνων.



Figure 6: Εικόνες για training

Συγκριτική ανάλυση τεχνικών οπτικής αναγνώρισης χαρακτήρων (OCR) για την αυτόματη αναγνώριση πινακίδων κυκλοφορίας (ALPR)

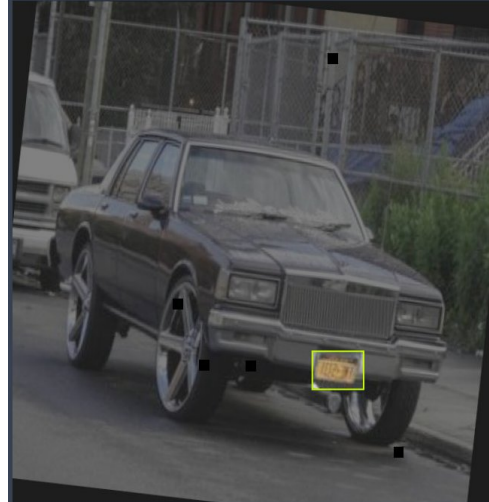


Figure 7: Εικόνες για training

Το μοντέλο θα δοκιμαστεί σε ένα βίντεο του Mike Bird, το οποίο παρουσιάζει έναν αυτοκινητόδρομο από μπροστινή όψη γεμάτο από οχήματα ώστε να δοκιμαστεί το μοντέλο σε πραγματικές συνθήκες.



Figure 8: Βίντεο αυτοκινητόδρομου

Το βίντεο αποτελείται από 1800 καρέ (30x60) ώστε να υπάρχει μεγάλο σύνολο δεδομένων για την εξέταση των OCR αλγορίθμων.

## Συγκριτική ανάλυση τεχνικών οπτικής αναγνώρισης χαρακτήρων (OCR) για την αυτόματη αναγνώριση πινακίδων κυκλοφορίας (ALPR)

Για την αναγνώριση των οχημάτων θα χρησιμοποιήσουμε ένα εκπαιδευμένο μοντέλο του YOLOv8 το οποίο ονομάζεται YOLOv8n το οποίο έχει την δυνατότητα να αναγνωρίσει πάνω από 80 τύπους κλάσεων. Στην συγκεκριμένη εργασία, καθώς θέλουμε μόνο τα οχήματα, θα φιλτράρουμε την λίστα αυτή ώστε να μην αναγνωριστεί κάτι άλλο από την εικόνα.

### 3.2. Εργαλεία και Τεχνολογίες

Η εργασία υλοποιήθηκε στην γλώσσα προγραμματισμού Python, όπου παρέχει πληθώρα βιβλιοθηκών και λειτουργιών σχεδιασμένων για προβλήματα τεχνητής νοημοσύνης και υπολογιστικής όρασης.

#### 3.2.1. You only look once – YOLOv8

Για την εκπαίδευση του μοντέλου και την αναγνώριση των οχημάτων και των πινακίδων κυκλοφορίας χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο YOLOv8 της Ultralytics. Το μοντέλο YOLO ιδρύθηκε από τον Joseph Redmon και παρουσιάστηκε για πρώτη φορά το 2015 ως μια καινοτόμα προσέγγιση στην ανίχνευση αντικειμένων σε πραγματικό χρόνο. Το μοντέλο YOLOv8, είναι ένας ανιχνευτής αντικειμένων ενός σταδίου, δηλαδή προβλέπει τα πλαίσια των ορίων του αντικειμένου και της πιθανότητας της κλάσης ανίχνευσης του αντικειμένου σε ένα πέρασμα του δικτύου του. Αυτό βελτιώνει σημαντικά την ταχύτητα και την αποτελεσματικότητα της αναγνώρισης των αντικειμένων καθώς δεν απαιτείτε δεύτερο στάδιο για την αναγνώριση του είδους της κλάσης. Θέλοντας λοιπόν να εξετάσουμε το μοντέλο σε πραγματικό περιβάλλον, χρειαζόμαστε έναν γρήγορο και αποδοτικό τρόπο αναγνώρισης αντικειμένων στο πρόβλημα μας. Επιπλέον, εκτός από τα ήδη εκπαιδευμένα μοντέλα που παρέχει (COCO), μας δίνει την δυνατότητα με χρήση ενός δικού μας συνόλου δεδομένων να το εκπαιδεύσουμε. Καθώς το μοντέλο δεν μπορεί να αναγνωρίσει τις πινακίδες κυκλοφορίας μέσω του COCO, πρέπει να το εκπαιδεύσουμε με ένα μεγάλο δέγμα εικόνων χρησιμοποιώντας το dataset που αναφέραμε προηγουμένως.

Συγκριτική ανάλυση τεχνικών οπτικής αναγνώρισης χαρακτήρων (OCR) για την αυτόματη αναγνώριση πινακίδων κυκλοφορίας (ALPR)

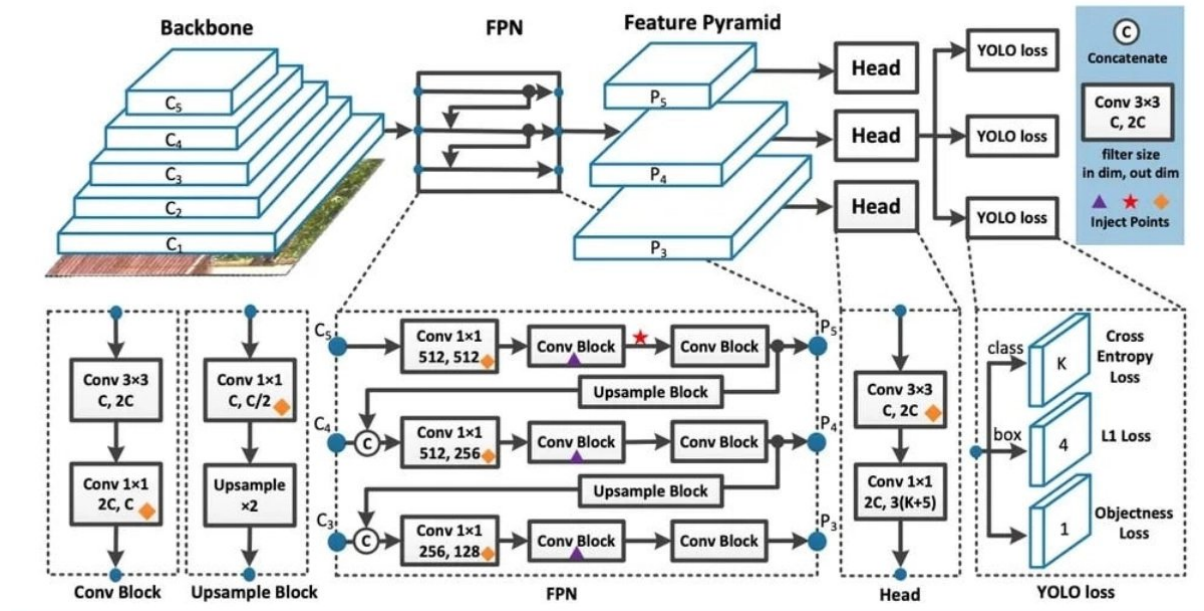


Figure 9: Μοντέλο YOLOv8

### 3.2.2. Βιβλιοθήκες OCR

Για την σύγκριση των αλγορίθμων OCR, χρησιμοποιήθηκαν τα εργαλεία EasyOCR, KerasOCR και PaddleOCR.

- **EasyOCR:** Το EasyOCR είναι μια ρυθον βιβλιοθήκη η οποία όπως αναφέρεται και στο όνομα προσφέρει μια εύκολη και ελαφριά λύση αναγνώρισης χαρακτήρων. Είναι βασισμένη σε προηγμένα νευρωνικά δίκτυα (CNN) με μεγάλα ποσοστά ακρίβειας στην αναγνώριση χαρακτήρων. Υποστηρίζει πάνω από 80 γλώσσες και είναι πολύ αποδοτική ακόμη και σε περίπλοκες γραμματοσειρές .
- **KerasOCR:** Το KerasOCR είναι μια ρυθον βιβλιοθήκη βαθιάς μάθησης φτιαγμένη με βάση το Keras και το TensorFlow της Google για αναγνώριση κειμένου από εικόνες.
- **PaddleOCR:** Το PaddleOCR είναι μια ρυθον βιβλιοθήκη αναγνώρισης χαρακτήρων με βασικό χαρακτηριστικό την υποστήριξη πάνω από 80 γλωσσών. Είναι βασισμένη σε αρχιτεκτονική νευρωνικών δικτύων (CRNN) και προσφέρει εξαιρετικά μεγάλα ποσοστά ακρίβειας στην αναγνώριση κειμένου. Επιπλέον, είναι γνωστή για την ακριβής αναγνώριση κειμένου από έγγραφα με περίπλοκες γραμματοσειρές.

## Συγκριτική ανάλυση τεχνικών οπτικής αναγνώρισης χαρακτήρων (OCR) για την αυτόματη αναγνώριση πινακίδων κυκλοφορίας (ALPR)

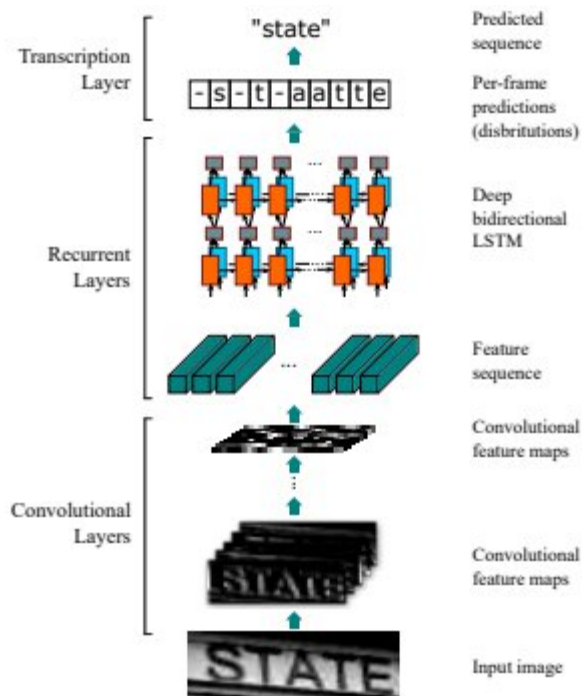


Figure 10: Αναγνώριση χαρακτήρων με χρήση νευρωνικών δικτύων (CRNN)

### 3.2.3. OpenCV

Το OpenCV (Open Source Computer Vision Library) είναι μια βιβλιοθήκη ανοιχτού κώδικα βασισμένη στην υπολογιστική όραση και την μηχανική μάθηση. Δημιουργήθηκε από την Intel το 1999 για να επιταχύνει την χρήση της υπολογιστικής όρασης σε εμπορική χρήση με κύριο σκοπό να προσφέρει τις δυνατότητες της υπολογιστικής όρασης σε διαφορετικές πλατφόρμες. Στην συγκεκριμένη έρευνα, το OpenCV μας βοηθάει στην διαχείριση του video δίνοντάς μας κάθε καρέ ως μία εικόνα έτοιμη προς επεξεργασία. Παρέχει δυνατότητες οπτικής παρουσίαση των αποτελεσμάτων και επεξεργασίας των εικόνων, καθώς προσφέρει πολλές δυνατότητες στην ανάλυση των εικόνων. Έτσι μπορούμε να επεξεργαστούμε το κάθε καρέ του βίντεο ξεχωριστά, και αφού γίνει η αναγνώριση των χαρακτήρων να εμφανίσουμε τα αποτελέσματα. Επιπλέον θα μας βοηθήσει στην μετατροπή των εικόνων σε ασπρόμαυρες και δυαδικές για καλύτερη απόδοση των OCR τεχνικών.



### 3.3. Ανάλυση Μεθοδολογίας

Για την πραγματοποίηση της έρευνας θα ακολουθηθούν τα παρακάτω βήματα, ξεκινώντας από την εκπαίδευση του μοντέλου αναγνώρισης πινακίδων κυκλοφορίας και καταλήγοντας στην αναγνώριση των χαρακτήρων της πινακίδας.

Αφού ολοκληρωθεί η εκπαίδευση του μοντέλου, με την χρήση του OpenCV θα επεξεργαστούμε κάθε καρέ του video. Πρώτο βήμα είναι η αναγνώριση όλων των οχημάτων στην εικόνα.

Χρησιμοποιώντας το YOLOv8 για την αναγνώριση και παρακολούθηση των οχημάτων με την χρήση του COCO μοντέλου που μας παρέχει προχωράμε στο επόμενο βήμα.

Στην συνέχεια με το μοντέλο που εκπαιδεύσαμε για την αναγνώριση πινακίδων κυκλοφορίας πραγματοποιείται η αναγνώριση των πινακίδων με χρήση του YOLOv8 και γίνεται η συσχέτιση με το αντίστοιχο όχημα. Καθώς στο βίντεο υπάρχει μεγάλος αριθμός οχημάτων, δεν είναι αποτελεσματικό να κάνουμε αναγνώριση της πινακίδας για κάθε όχημα ξεχωριστά καθώς στα περισσότερα δεν είναι ορατή η πινακίδα κυκλοφορίας. Έτσι γλιτώνουμε πόρους στο σύστημα μας απλά αναγνωρίζοντας όλες τις πινακίδες της εικόνας και κάνουμε την αντιστοιχίση τους στο κατάλληλο όχημα.

Ύστερα, αφού βρούμε όλες τις πινακίδες σε μία εικόνα γίνονται αποκοπή από το καρέ για να τις επεξεργαστούμε με το OpenCV.

Η εικόνα της πινακίδας θα υποστεί προεπεξεργασία σε

- Grayscale : Ασπρόμαυρη εικόνα
- Binary Inverted Thershold : Δυαδική εικόνα με κατώφλι

Όπως αναφερθήκαμε προηγουμένως στο OCR, η προεπεξεργασία κάθε πινακίδας είναι απαραίτητη για να μειωθεί ο θόρυβος και η ατέλειες των εικόνων, ώστε να έχουμε ακριβής αναγνώριση κειμένου από το OCR.

Συγκριτική ανάλυση τεχνικών οπτικής αναγνώρισης χαρακτήρων (OCR) για την αυτόματη αναγνώριση πινακίδων κυκλοφορίας (ALPR)

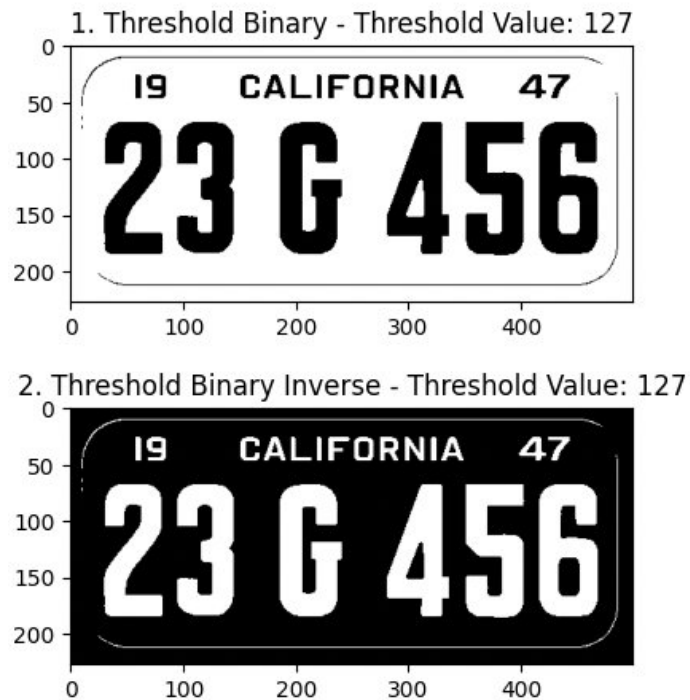


Figure 11: Εικόνα πινακίδας (Threshold Binary Inverse)

Κάνοντας την εικόνα ασπρόμαυρη και μετά έχοντας με λευκό χρώμα μόνο τα γράμματα και το φόντο μαύρο (Inversed Binary Image) , βελτιώνουμε σημαντικά την ακρίβεια του OCR αλγορίθμου.

Τέλος , κάθε εικόνα θα τροφοδοτηθεί στις 3 τεχνικές OCR και θα συλλέξουμε τα αποτελέσματα σε ένα csv αρχείο , οπύ στο τέλος θα αποικονήσουμε για να δούμε τα αποτελέσματα.

## 4. Παρουσίαση Εργασίας

Σε αυτό το κεφάλαιο, θα παρουσιαστεί η εργασία με ανάλυση των βημάτων που ακολουθήθηκαν για την μελέτη του θέματος και θα γίνει παρουσίαση εικόνων για διαγράμματα για τα αποτελέσματα της ανίχνευσης των αντικειμένων, της εκπαίδευσης αλλά και των βιβλιοθηκών OCR.

### 4.1. Εκπαίδευση Μοντέλου Αναγνώρισης Πινακίδων Κυκλοφορίας

Κάνοντας εκπαίδευση το μοντέλο YOLOv8 με το dataset των πινακίδων οδικής κυκλοφορίας στα 20 epochs για καλύτερη ακρίβεια, παίρνουμε τα παρακάτω αποτελέσματα σχετικά με την εκπαίδευση του μοντέλου.

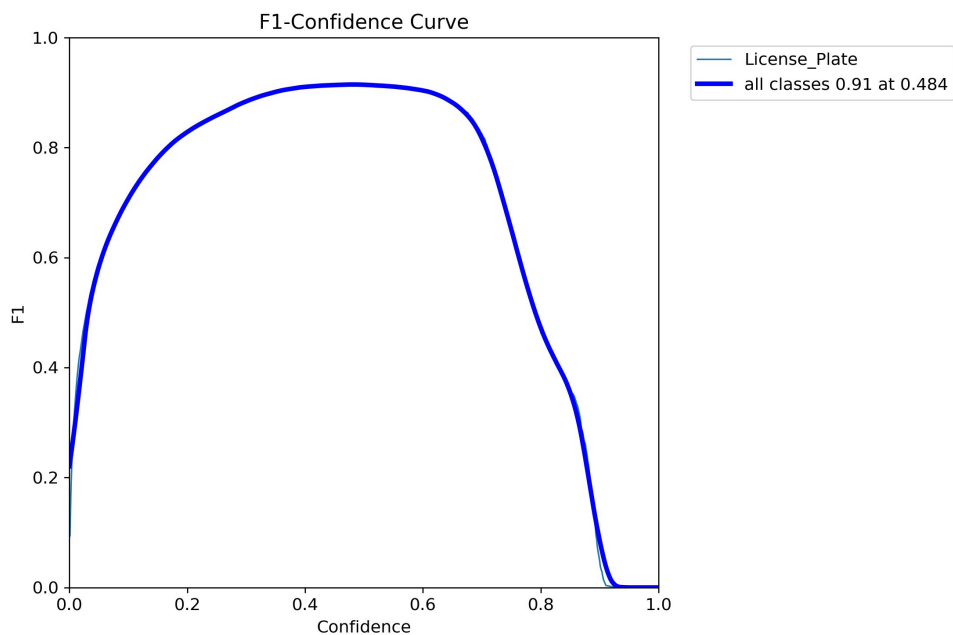


Figure 12: F1-Confidence Curve

Βλέποντας την καμπύλη του F1 Score, παρατηρούμε ότι το μοντέλο έχει καλύτερη απόδοση  $F1 = 0.91$  όταν το κατώφλι εμπιστοσύνης είναι περίπου 0.48. Αυτό σημαίνει ότι σε μεγαλύτερα επίπεδα το κατώφλι εμπιστοσύνης οδηγεί σε μεγαλύτερη ακρίβεια αλλά μειώνεται ο αριθμός των πινακίδων που ανιχνεύονται.

## Συγκριτική ανάλυση τεχνικών οπτικής αναγνώρισης χαρακτήρων (OCR) για την αυτόματη αναγνώριση πινακίδων κυκλοφορίας (ALPR)

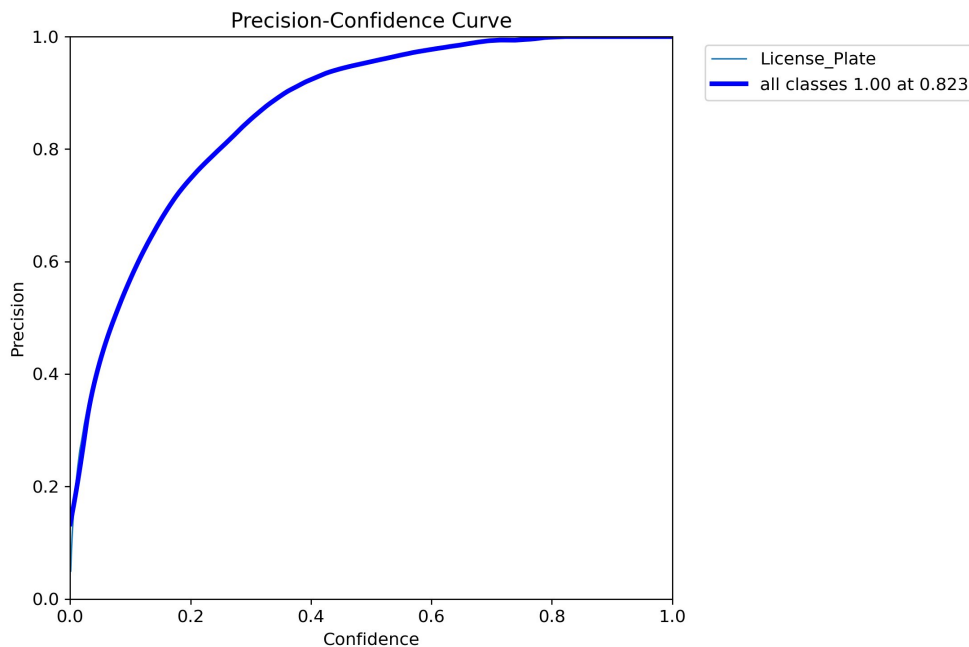


Figure 13: Precision-Confidence Curve

Βλέποντας την καμπύλη της ακρίβειας παρατηρούμε ότι το μοντέλο έχει 100% ακρίβεια όταν το κατώφλι είναι περίπου 0.823. Αυτό σημαίνει ότι όλες οι προβλέψεις του μοντέλου θα είναι σωστές, αλλά ανεβάζοντας το κατώφλι εμπιστοσύνης το μοντέλο θα απορρίπτει περισσότερες ανιχνεύσεις που ενδεχομένως να είναι σωστές.

### 4.2. Αναγνώριση Και Παρακολούθηση Οχημάτων

Με την χρήση του μοντέλου COCO που παρέχει το YOLOv8, εκτός από την αναγνώριση των οχημάτων μας δίνεται η δυνατότητα και παρακολούθησης του κάθε οχήματος κατά την διάρκεια του βίντεο, βοηθώντας στην καλύτερη αναπαράσταση των αποτελεσμάτων. Κάθε όχημα έχει ένα μοναδικό id, που το δεσμεύει για κάθε καρέ του βίντεο.

## Συγκριτική ανάλυση τεχνικών οπτικής αναγνώρισης χαρακτήρων (OCR) για την αυτόματη αναγνώριση πινακίδων κυκλοφορίας (ALPR)



Figure 14: Αναγνώριση και παρακολούθηση οχημάτων - YOLOv8

### 4.3. Αναγνώριση Πινακίδων Κυκλοφορίας

Εφόσον έχουμε αναγνωρίσει όλα τα οχήματα της εικόνας, ακολουθεί η αναγνώριση των πινακίδων κυκλοφορίας από το YOLOv8 μοντέλο που έγινε η εκπαίδευση. Κάθε αναγνωρισμένη πινακίδα κυκλοφορίας αντιστοιχείτε στο όχημα της με βάση το id που πήραμε προηγουμένως. Μετά από αυτή την διαδικασία γίνεται αποκοπή κάθε πινακίδας που αναγνωρίστηκε στο καρέ ώστε να γίνει προεπεξεργασία της εικόνας. Για καλύτερη απόδοση των μηχανών OCR η επεξεργασία εικόνας θα γίνεται απευθείας στην πινακίδα και όχι σε όλη την εικόνα.

## Συγκριτική ανάλυση τεχνικών οπτικής αναγνώρισης χαρακτήρων (OCR) για την αυτόματη αναγνώριση πινακίδων κυκλοφορίας (ALPR)



Figure 15: Αναγνώριση πινακίδων κυκλοφορίας - YOLOv8

### 4.4. Προεπεξεργασία Πινακίδων Κυκλοφορίας

Αφού γίνει αποκοπή της πινακίδας από το καρέ, ακολουθεί η μετατροπή της σε ασπρόμαυρη εικόνα και ύστερα χρησιμοποιώντας κατώφλι την μετατρέπεται σε δυαδική (binary inverted threshold). Τέλος, γίνεται αφαίρεση του θορύβου και ευθυγράμμιση της εικόνας.

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, για τα βέλτιστα αποτελέσματα των μηχανών OCR, πρέπει η εικόνα να είναι στην καλύτερη δυνατή ποιότητα όταν γίνει η αναγνώριση των χαρακτήρων.



Figure 16: Προεπεξεργασία πινακίδας

Συγκριτική ανάλυση τεχνικών οπτικής αναγνώρισης χαρακτήρων (OCR) για την αυτόματη αναγνώριση πινακίδων κυκλοφορίας (ALPR)

#### 4.5. Αναγνώριση κειμένου

Τελευταίο στάδιο είναι η αναγνώριση κειμένου από τις πινακίδες και η αποθήκευση των αποτελεσμάτων σε ένα csv αρχείο. Με την χρήση του αρχείου αυτού μπορούμε να αναπαράγουμε το βίντεο βλέποντας τα αποτελέσματα όλων των προηγούμενων βημάτων μαζί, για κάθε μηχανή OCR ξεχωριστά. Πάνω από κάθε όχημα βλέπουμε την την αποκομμένη εικόνα της πινακίδας και την πρόβλεψη της αντίστοιχης μηχανής OCR

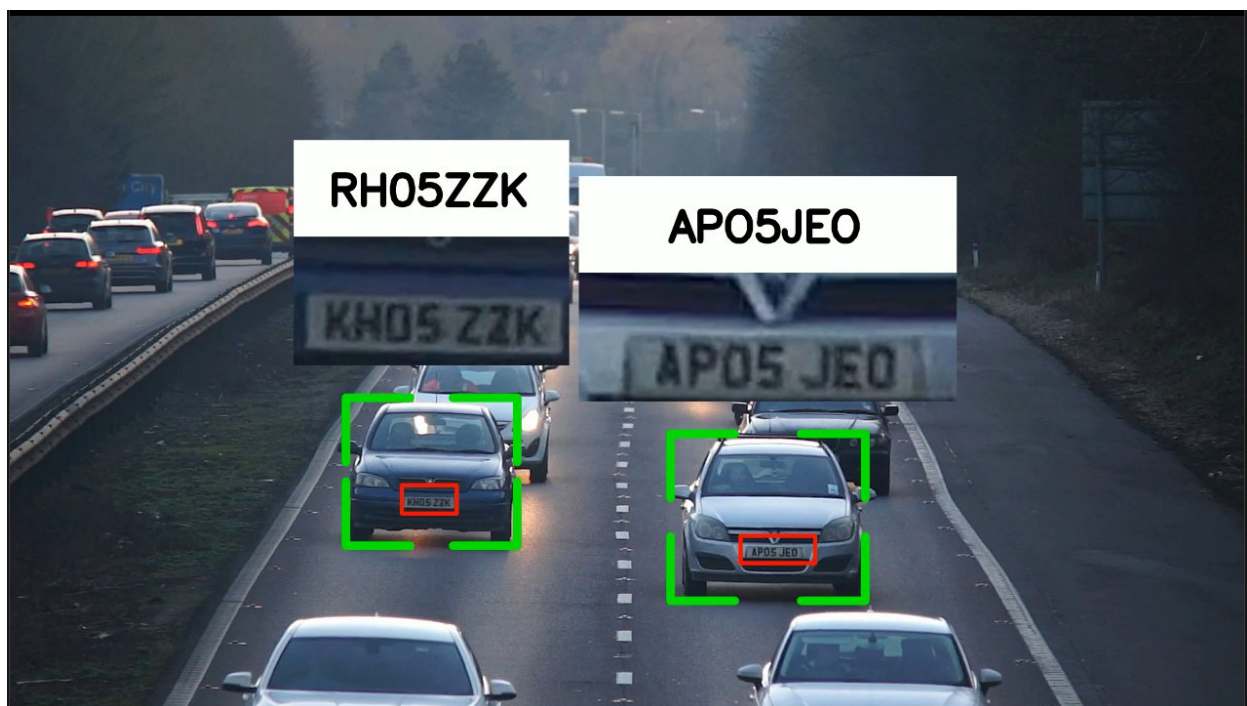


Figure 19 Αναγνώριση Κειμένου - EasyOCR

Συγκριτική ανάλυση τεχνικών οπτικής αναγνώρισης χαρακτήρων (OCR) για την αυτόματη αναγνώριση πινακίδων κυκλοφορίας (ALPR)

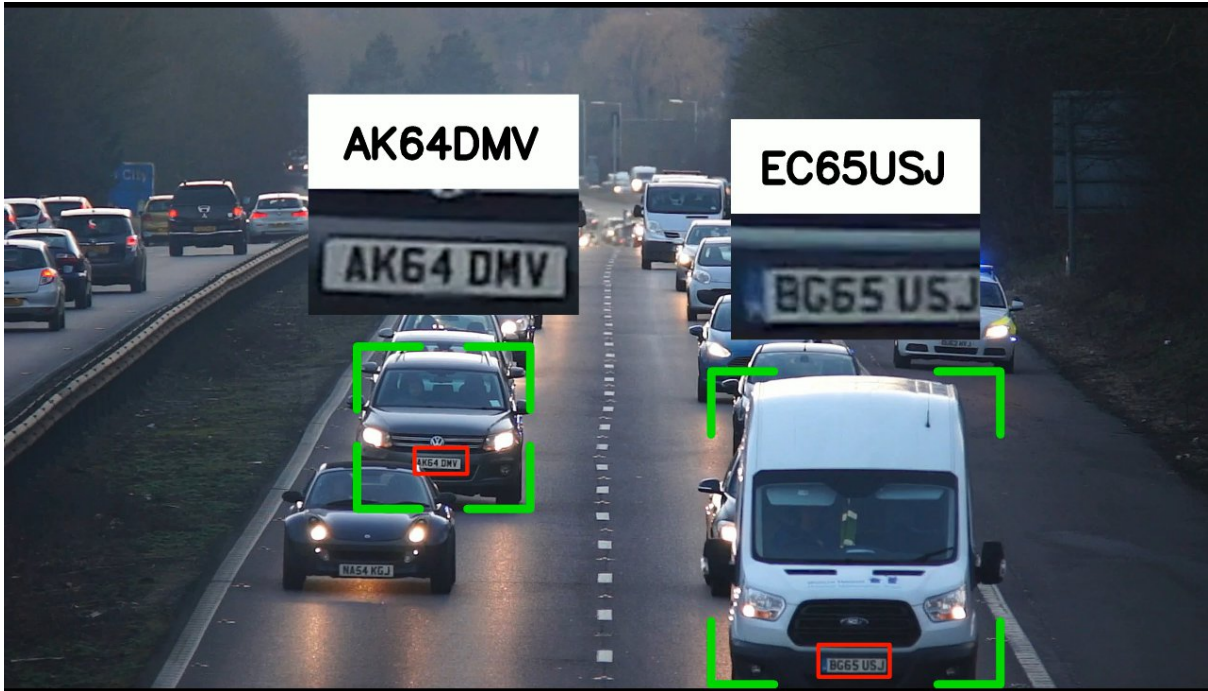


Figure 17: Αναγνώριση Κειμένου - EasyOCR



Figure 19 Αναγνώριση Κειμένου - KerasOCR



Συγκριτική ανάλυση τεχνικών οπτικής αναγνώρισης χαρακτήρων (OCR) για την αυτόματη αναγνώριση πινακίδων κυκλοφορίας (ALPR)



Figure 18: Αναγνώριση Κειμένου - KerasOCR

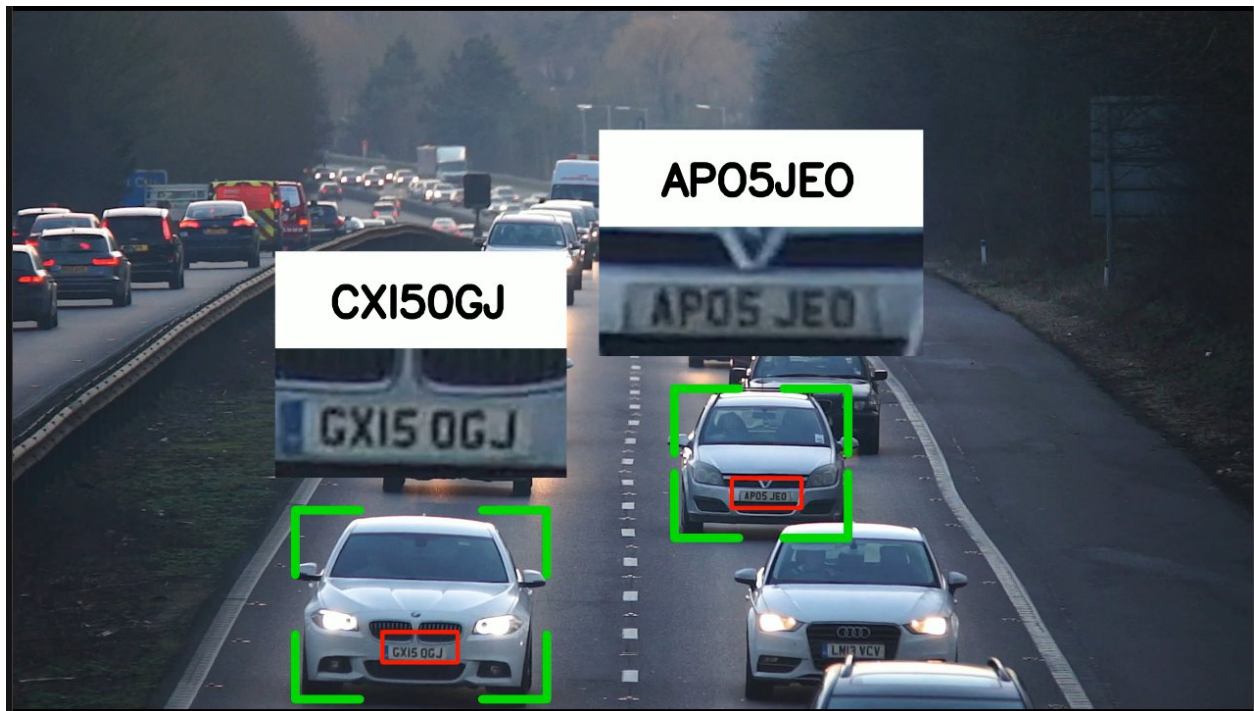


Figure 19 Αναγνώριση Κειμένου - PaddleOCR

Συγκριτική ανάλυση τεχνικών οπτικής αναγνώρισης χαρακτήρων (OCR) για την αυτόματη αναγνώριση πινακίδων κυκλοφορίας (ALPR)

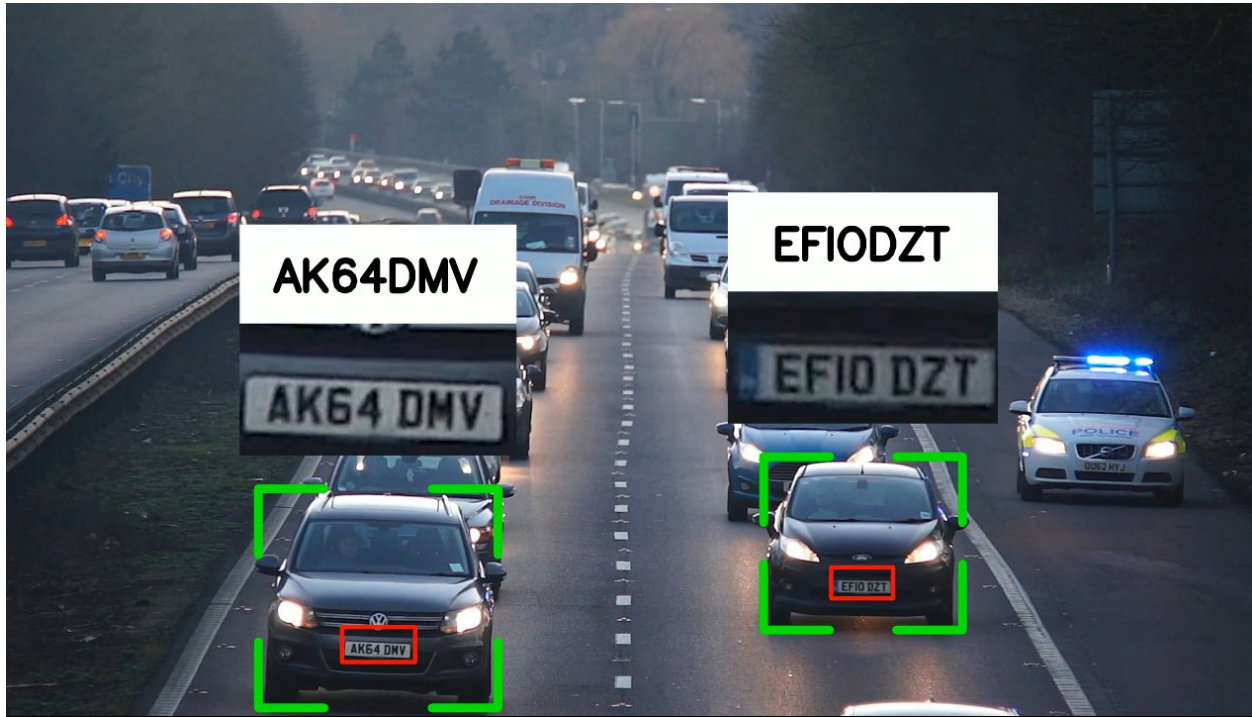


Figure 19 Αναγνώριση Κειμένου - PaddleOCR

## 5. Συγκρίσεις Τεχνικών OCR

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζεται η απόδοση και τα αποτελέσματα των τεχνικών EasyOCR, KerasOCR και PaddleOCR βλέποντας τις προβλέψεις τους για κάθε πινακίδα που αναγνωρίζεται και το σκορ ακρίβειας που έχει υπολογιστεί για κάθε πρόβλεψη. Για κάθε τεχνητή θα δούμε τις πρώτες 15 πινακίδες που έλαβαν ως είσοδο από το βίντεο, και θα συγκρινούμε τα αποτελέσματα.

ΠΙΝΑΚΙΔΕΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ	ΠΡΟΒΛΕΨΗ EASYOCR	ΣΚΟΡ
NA13NRU	NAI3NPU	0.321402
MW51VSU	MT51VSU	0.308853
GX15OGJ	GXI5OGJ	0.466469
LM13VCV	LMIJVCV	0.526352
KH05ZZK	RH05ZZK	0.412901

Συγκριτική ανάλυση τεχνικών οπτικής αναγνώρισης χαρακτήρων (OCR) για την αυτόματη αναγνώριση πινακίδων κυκλοφορίας (ALPR)

AP05JEO	APO5JEO	0.568406
EY61N BG	EY61N BG	0.793096
FJ14ZHY	FJI4ZHY	0.611695
AV08HVF	AVO8HVF	0.774239
BG65USJ	EC65USJ	0.891801
AK64DMV	AK64DMV	0.730142
EFI0DZT	EFI0DZT	0.560175
AF65JKV	AF65JKV	0.733091
GJ06EPD	GJO6EPD	0.679909
KH06KSU	KHO6RSU	0.578423
LN15ZZC	L4I5ZZC	0.237681
DA07CLX	DA07CLX	0.689262
EY09VWS	EYO9VVS	0.533525
BP63LYH	BP6JLYF	0.513537
WG65ZFX	NG65ZFX	0.61457

Table 1: Προβέψεις EasyOCR

Τα accuracy score του EasyOCR δείχνουν αρκετά καλή απόδοση, με τις περισσότερες προβλέψεις να έχουν score μεγαλύτερο από 0.5. Βλέπουμε ότι τα λάθη των προβλέψεων είναι είτε κάποιο μεμονωμένο γράμμα, είτε οι αριθμοί της πινακίδας να γίνονται γράμματα όπως το 0 που γίνεται O και το 1 γίνεται I.

ΠΙΝΑΚΙΔΕΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ	ΠΡΟΒΛΕΨΗ KERASOCR	ΣΚΟΡ
NA13NRU	ST	0.0
MW51VSU	NTSISU	0.3
GX15OGJ	GNISOGJ	0.4
LM13VCV	LNIZVCY	0.5
KH05ZZK	LIKES	0.1

Συγκριτική ανάλυση τεχνικών οπτικής αναγνώρισης χαρακτήρων (OCR) για την αυτόματη αναγνώριση πινακίδων κυκλοφορίας (ALPR)

AP05JEO	IFOS	0.2
EY61NBG	EYSINSG	0.5
FJ14ZHY	THY	0.2
AV08HVF	EAVDALYI	0.2
BG65USJ	US	0.0
AK64DMV	DATY	0.1
EFI0DZT	EFIO	0.4
AF65JKV	AFES	0.2
GJ06EPD	CINE	0.1
KH06KSU	KSU	0.3
LN15ZZC	PRTC	0.2
DA07CLX	DLC	0.2
EY09VWS	EFCES	0.4
BP63LYH	BPSJLYI	0.6
WG65ZFX	S	0.0

Table 2: Προβέψεις Keras OCR

Το KerasOCR έχει το χαμηλότερο accuracy score από τις 3 τεχνικές, με τα περισσότερα να έχουν τιμή κάτω από 0.3. Βλέπουμε ότι οι προβλέψεις του όχι μόνο δεν είναι κοντά στην πινακίδα κυκλοφορίας, αλλά πολλές φορές να είναι διαφορετικές λέξεις πχ LIKES και να λείπουν αρκετοί χαρακτήρες σε σχέση με τα ψηφία της πινακίδας..

ΠΙΝΑΚΙΔΕΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ	ΠΡΟΒΛΕΨΗ PADDLEOCR	ΣΚΟΡ
NA13NRU	NAI3NRU	0.891494
MW51VSU	MU5IYSU	0.570167
GX15OGJ	GXI50CJ	0.830562
LM13VCV	LNI3VCY	0.708424
KH05ZZK	KHO5ZZK	0.718674

Συγκριτική ανάλυση τεχνικών οπτικής αναγνώρισης χαρακτήρων (OCR) για την αυτόματη αναγνώριση πινακίδων κυκλοφορίας (ALPR)

AP05JEO	APO5JEO	0.848136
EY61NBG	EY6INBG	0.620919
FJ14ZHY	FJI4ZHY	0.845674
AV08HVF	AVO8HVF	0.787351
BG65USJ	BG65USJ	0.842831
AK64DMV	AK64DMV	0.834358
EFI0DZT	EFI0DZT	0.927758
AF65JKV	AF65JKY	0.957175
GJ06EPD	GJ06EPD	0.874948
KH06KSU	KH06KSU	0.880571
LN15ZZC	LN15ZZC	0.862563
DA07CLX	DAO7CLX	0.896594
EY09VWS	EY09VUS	0.820563
BP63LYH	BP63LYH	0.882304
WG65ZFX	NG65ZFX	0.858438

Table 3: Προβλέψεις Paddle OCR

Το PaddleOCR φαίνεται να έχει το μεγαλύτερο accuracy score από τις 3 τεχνικές και τα λιγότερα λάθη στις προβλέψεις του. Η απόδοση του στις περισσότερες προβλέψεις είναι μεγαλύτερη του 0.7, και τα λάθη του είναι παρόμοια με του EasyOCR.

Μελετώντας τα αποτελέσματα βλέπουμε ότι το PaddleOCR ξεχωρίζει ως το πιο αξιόπιστο μοντέλο στην αναγνώριση πινακίδων κυκλοφορίας, με αρκετά υψηλό accuracy score και ακριβείς προβλέψεις. Πολύ κοντά του στην απόδοση είναι και το EasyOCR καθώς αν και παρατηρήθηκαν περισσότερα λάθη στις προβλέψεις, είναι παρόμοιου τύπου χωρίς να αλλάζουν δραματικά οι χαρακτήρες και τα ψηφία της πινακίδας. Το KerasOCR όπως είδαμε σε περίπλοκες πινακίδες και μέτριας ποιότητας και ανάλυσης εικόνες δεν είναι καθόλου ακριβές και δεν είναι αξιόπιστη η χρήση του για ένα τέτοιου είδους σύστημα.

## 6. Συμπεράσματα

Η παρούσα διπλωματική εργασία είχε ως στόχο την συγκριτική ανάλυση των τριών OCR μηχανών , Easy OCR , Keras OCR και Paddle OCR με σκοπό την εύρεση της πιο αξιόπιστης μηχανής για ένα σύστημα Αυτόματης Αναγνώρισης Πινακίδων Κυκλοφορίας. Χρησιμοποιώντας το βίντεο του αυτοκινητόδρομου αντί για απλές εικόνες στην έρευνα αυτή, καταφέρνουμε να εξετάσουμε τις επιδόσεις των αλγορίθμων σε σενάρια που βρίσκονται πιο κοντά στις πραγματικές συνθήκες που θα λειτουργούσε ένα τέτοιο σύστημα, δοκιμάζοντας τις τεχνικές OCR σε καταστάσεις όπου τα οχήματα που βρίσκονται σε κίνηση καθώς και περιπτώσεις που υπάρχουν πολλά οχήματα στο ίδιο σημείο. Αυτή η προσέγγιση αποκαλύπτει τις προκλήσεις που αντιμετωπίζουν οι μηχανές αυτές σε πιο απαιτητικά σενάρια και με την πολυπλοκότητα του περιβάλλοντος.

Ο κύριος περιορισμός της μελέτης αυτής είναι η εκπαίδευση διαφορετικών τύπων πινακίδων κυκλοφορίας λόγω του τεράστιου όγκου δεδομένων που θα έπρεπε να εκπαιδευτεί το μοντέλο. Η απόδοση των μηχανών OCR εξετάστηκε μόνο σε Αγγλικές πινακίδες, χωρίς να δούμε γραμματοσειρές και αλφάβητο άλλων χωρών.

Σε επέκταση της έρευνας θα μπορούσε να γίνει εκπαίδευση παραπάνω τύπων πινακίδων κυκλοφορίας με πιο περίπλοκες γραμματοσειρές και μη λατινικούς χαρακτήρες καθώς και να γίνει αξιολόγηση των μηχανών OCR σε εικόνες υπό κακές καιρικές συνθήκες. Τέλος, μια σημαντική επέκταση της έρευνας θα ήταν η εφαρμογή του συστήματος σε πραγματικό χρόνο. Χρησιμοποιώντας ζωντανή εικόνα από κάμερα, όπως αυτή που μπορεί να παρέχει ένα Raspberry Pi, θα είχαμε ένα σύστημα που θα βρισκόταν πολύ κοντά στα υπαρκτά συστήματα ALPR.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Vi, G.V., Faudzi, A.A.b.M. (2022). A Study on Different Techniques in ALPR System: The Systems Performance Analysis. In: Ab. Nasir, A.F., Ibrahim, A.N., Ishak, I., Mat Yahya, N., Zakaria, M.A., P. P. Abdul Majeed, A. (eds) Recent Trends in Mechatronics Towards Industry 4.0. Lecture Notes in Electrical Engineering, vol 730. Springer, Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-33-4597-3\\_56](https://doi.org/10.1007/978-981-33-4597-3_56)
- [2] Khokhar, Sahil & Dahiya, Pawan. (2017). A Review of Recognition Techniques in ALPR Systems. International Journal of Computer Applications. 170. 30-32. 10.5120/ijca2017914867.
- [3] Fernandes, L.S. *et al.* (2020). A Robust Automatic License Plate Recognition System for Embedded Devices. In: Cerri, R., Prati, R.C. (eds) Intelligent Systems. BRACIS 2020. Lecture Notes in Computer Science(), vol 12319. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-61377-8\\_16](https://doi.org/10.1007/978-3-030-61377-8_16)
- [4] Bansal, Swati & Jain, Abhilasha & Sharma, Manoj & Kumar, Gautam & Ojha, Shivam & Walia, Hemant. (2024). Enhancing ALPR: a two stage YOLO model with data augmentation for improved accuracy and robustness. Multimedia Tools and Applications. 1-20. 10.1007/s11042-024-19415-1.
- [5] Bakshi, Akshay & Gulhane, Sudhanshu & Sawant, Tanish & Sambhe, Vijay & Udmale, Sandeep. (2023). ALPR - An Intelligent Approach Towards Detection and Recognition of License Plates in Uncontrolled Environments. 10.1007/978-3-031-24848-1\_18.
- [6] Bensouilah, Mouad & Zennir, Mohamed & Taffar, Mokhtar. (2021). An ALPR System-based Deep Networks for the Detection and Recognition. 204-211. 10.5220/0010229202040211.
- [7] Chang, Shyang-Lih & Chen, Li-Shien & Chung, Yun-Chung & Chen, Sei-Wang. (2004). Automatic License Plate Recognition. Intelligent Transportation Systems, IEEE Transactions on. 5. 42 - 53. 10.1109/TITS.2004.825086.
- [8] Eugene Borovikov. (2014). A survey of modern optical character recognition techniques.
- [9] Terven, J., Córdova-Esparza, D.M., and Romero-González, J.A. 2023. A Comprehensive Review of YOLO Architectures in Computer Vision: From YOLOv1 to YOLOv8 and YOLO-

- [10] I. Culjak, D. Abram, T. Pribanic, H. Dzapo and M. Cifrek, "A brief introduction to OpenCV," 2012 Proceedings of the 35th International Convention MIPRO, Opatija, Croatia, 2012, pp. 1725-1730. keywords: {Libraries;Image edge detection;Cameras;Computer vision;Histograms;Low pass filters;Detectors},
- [11] Kim, S. K., Kim, D. W., & Kim, H. J. (1996, September). A recognition of vehicle license plate using a genetic algorithm based segmentation. In *Image Processing, 1996. Proceedings., International Conference on* (Vol. 2, pp. 661-664). IEEE.
- [12] Ozbay, S., & Ercelebi, E. (2005). Automatic vehicle identification by plate recognition. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 9(41), 222- 225.
- [13] Arth, C., Limberger, F., & Bischof, H. (2007, June). Real-time license plate recognition on an embedded DSP-platform. In *Computer Vision and Pattern Recognition, 2007. CVPR'07. IEEE Conference on* (pp. 1-8). IEEE.
- [14] Arulmozhi, K., Perumal, S. A., Priyadarsini, C. T., & Nallaperumal, K. (2012, December). Image refinement using skew angle detection and correction for Indian license plates. In *Computational Intelligence & Computing Research (ICCIC), 2012 IEEE International Conference on* (pp. 1-4). IEEE
- [15] Kaur, A., Jindal, S., & Jindal, R. (2012). License Plate Recognition using Support Vector Machine (SVM). *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering*, 2(7).
- [16] Sulehria, H. K., Ye Zhang, D. I., & Sulehria, A. K. (2008). Vehicle number plate recognition using mathematical morphology and neural networks. *WSEAS Transactions on Computers*, 7



Συγκριτική ανάλυση τεχνικών οπτικής αναγνώρισης χαρακτήρων (OCR) για την αυτόματη αναγνώριση πινακίδων κυκλοφορίας (ALPR)

- [17] Qadri, M. T., & Asif, M. (2009, April). Automatic number plate recognition system for vehicle identification using optical character recognition. In Education Technology and Computer, 2009. ICETC'09. International Conference on (pp. 335- 338). IEEE.
- [18] Roy, A., & Ghoshal, D. P. (2011, March). Number Plate Recognition for use in different countries using an improved segmentation. In Emerging Trends and Applications in Computer Science (NCETACS), 2011 2nd National Conference on (pp. 1-5). IEEE.
- [19] Roy, S., Choudhury, A., & Mukherjee, J. (2013). An approach towards detection of indian number plate from vehicle. International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE), 2(4), 241-244.
- [20] Sulaiman, N., Jalani, S. N. H. M., Mustafa, M., & Hawari, K. (2013, August). Development of automatic vehicle plate detection system. In System Engineering and Technology (ICSET), 2013 IEEE 3rd International Conference on (pp. 130-135). IEEE.
- [21] Bhat, R., & Mehandia, B. (2014). Recognition of vehicle number plate using matlab. International Journal of Innovative Research in Electrical, Electronics, Instrumentation and Control Engineering, 2(8)
- [22] Du, S., Ibrahim, M., Shehata, M., & Badawy, W. (2013). Automatic license plate recognition (ALPR): A state-of-the-art review. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 23(2), 311-325.
- [23] Hsu, G. S., Chen, J. C., & Chung, Y. Z. (2013). Application-oriented license plate recognition. IEEE Transactions on Vehicular technology, 62(2), 552- 561.
- [24] Prabhakar, P., Anupama, P., & Resmi, S. R. (2014, July). Automatic vehicle number plate detection and recognition. In Control, Instrumentation, Communication and Computational Technologies (ICCCCT), 2014 International Conference on (pp. 185-190). IEEE.

- [25] Raskar, R. R., & Dabhade, R. G. (2015). Automatic Number Plate Recognition (ANPR). *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 5.
- [26] Chuang, C. H., Tsai, L. W., Deng, M. S., Hsieh, J. W., & Fan, K. C. (2014, August). Vehicle licence plate recognition using super-resolution technique. In *Advanced Video and Signal Based Surveillance (AVSS), 2014 11th IEEE International Conference on* (pp. 411-416). IEEE.
- [27] Sharma, J., Mishra, A., Saxena, K., & Kumar, S. (2014, February). A hybrid technique for license plate recognition based on feature selection of wavelet transform and artificial neural network. In *Optimization, Reliability, and Information Technology (ICROIT), 2014 International Conference on* (pp. 347-352). IEEE.
- [28] García-Sánchez, S., Aubert, S., Iraqui, I., Janbon, G., Ghigo, J. M., & d'Enfert, C. (2004). *Candida albicans* biofilms: a developmental state associated with specific and stable gene expression patterns. *Eukaryotic cell*, 3(2), 536-545.
- [29] Kaur, S., & Kaur, S. (2014). An efficient approach for number plate extraction from vehicles image under image processing. *International Journal of Computer Science and Information Technologies*, 5(3), 2954-2959.
- [30] Dewan, S., Bajaj, S., & Prakash, S. (2015, June). Using Ant's Colony Algorithm for improved segmentation for number plate recognition. In *Computer and Information Science (ICIS), 2015 IEEE/ACIS 14th International Conference on* (pp. 313-318). IEEE.

Συγκριτική ανάλυση τεχνικών οπτικής αναγνώρισης χαρακτήρων (OCR) για την αυτόματη αναγνώριση πινακίδων κυκλοφορίας (ALPR)

## ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] The OpenCV page. [www.opencv.org](http://www.opencv.org)
- [2] The KerasOCR page. <https://keras-ocr.readthedocs.io/en/latest/>
- [3] The PaddleOCR page. <https://paddlepaddle.github.io/PaddleOCR/en/index.html>
- [4] The Ultralytics page. <https://docs.ultralytics.com/>