

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΙΚΟΝΑΣ

CEID1033

Δημιουργία περιοχής ενδιαφέροντος (region of interest ή ROI) και κατάλληλης μάσκας σε εικόνες, για την ανίχνευση οχημάτων που κινούνται σε αυτοκινητόδρομο

Αλέξιος Καραδήμος
Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Τεχνολογίας Υπολογιστών

2020



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

Περιεχόμενα

1 Προαπαιτούμενα & Οδηγίες εγκατάστασης	2
2 1ο Ερώτημα - Υλοποίηση αλγορίθμων δημιουργίας περιοχής ενδιαφέροντος	2
2.1 1ος Αλγόριθμος - Συχνότητα αλλαγής στιγμιοτύπων	2
2.2 2ος Αλγόριθμος - Χρήση ιστογράμματος	3
3 Εισαγωγή θορύβου	5
3.1 Υποβάθμιση με 2 είδη θορύβου και εφαρμογή αλγορίθμων	5
3.2 Αφαίρεση θορύβων και εφαρμογή αλγορίθμων	8
4 Υπολογισμός μάσκας για ανίχνευση οχήματος	11
5 Επιδόσεις προγραμμάτων	13
Ευρετήριο Εικόνων	14
Βιβλιογραφία	14

1 Προαπαιτούμενα & Οδηγίες εγκατάστασης

Για την υλοποίηση της παρούσας εργασίας χρησιμοποιήθηκε η γλώσσα προγραμματισμού **Python** και η βιβλιοθήκη ανοιχτού κώδικα για Μηχανική Όραση **OpenCV**. Για την εκτέλεση του κώδικα που συνοδεύει την εργασία αυτή, απαιτούνται τα παρακάτω:

- Python $\geq 2.7.17$
- OpenCV2 $\geq 3.2.0$
- numpy $\geq 1.19.1$
- matplotlib $\geq 3.3.1$

Οι παραπάνω βιβλιοθήκες μπορούν να εγκατασταθούν τρέχοντας την παρακάτω εντολή σε ένα τερματικό στον ίδιο φάκελο με τον κώδικα

```
pip install -r requirements.txt
```

Για να κλείσουν τα αναδύμενα παράθυρα και να σταματήσεις η εκελεση του προγράμματος, πιέστε **Q** στο πληκτρολόγιο σας (σε λατινικούς χαρακτήρες). Για να αποθηκεύσετε τους διάφορους υπολογισμούς ενός στιγμιοτύπου σε μορφή εικόνων, πιέστε **S** στο πληκτρολόγιο σας (σε λατινικούς χαρακτήρες).

2 1ο Ερώτημα - Υλοποίηση αλγορίθμων δημιουργίας περιοχής ενδιαφέροντος

2.1 1ος Αλγόριθμος - Συχνότητα αλλαγής στιγμιοτύπων

Στον 1ο αλγόριθμο που εξετάζεται σε αυτήν την εργασία, η περιοχή ενδιαφέροντος υπολογίζεται με βάση τη συχνότητα αλλαγής των pixels σε κάθε καρέ. Πιο συγκεκριμένα, η περιοχή ενδιαφέροντος περιέχει εκείνες τις περιοχές που μεταβάλλονται πιο συχνά όπως οι διακεκομένες γραμμίσεις του δρόμου, γρήγορες προσπεράσεις αυτοκινήτων κλπ. Μια απλοϊκή προσέγγιση αυτού του αλγορίθμου είναι να αγνοήσουμε το πάνω μισό του καρέ, που περιλαμβάνει κυρίως τον ουρανό και άλλα μιακρινά κτήρια, δεντρά κλπ, τα οποία μεταβάλλονται στο βίντεο πολύ πιο αργά σε σχέση με τα πιο κοντινά αντικείμενα και να θεωρήσουμε ως περιοχή ενδιαφέροντος το κάτω μισό του κάθε καρέ, που είναι και η περιοχή στην οποία αναμένουμε να εμφανιστούν τα περισσότερα αυτοκίνητα.

Θετικά αλγορίθμου:

- Πολύ απλός στην υλοποίηση
- Καθόλου πράξεις (στην περίπτωση της απλοϊκής (trivial) προσέγγισης) ή πολύ απλές πράξεις (στην περίπτωση που εξετάζουμε πόσο γρήγορα αλλάζουν οι διάφορες περιοχές του καρέ) και άρα πολύ γρήγορος αλγόριθμος

Αρνητικά αλγορίθμου:

- Στην απλοϊκή προσέγγιση, ο προγραμματιστής πρέπει χειροκίνητα να περάσει ως παράμετρο ποια περιοχή θα θεωρείται ουρανός και ποιά περιοχή θα αντιστοιχεί στον αυτοκινητόδρομο.
- Στην πιο σύνθετη προσέγγιση, δεν ανταποκρίνεται σωστά σε περιπτώσεις που η περιοχή ενδιαφέροντος δεν έχει γρήγορες μεταβολές, όπως για παράδειγμα αν δεν υπάρχουν διακεκομένες λευκές διαχωριστικές γραμμίσεις στο δρόμο ή αν τα αυτοκίνητα τρέχουν με την ίδια σταθερή ταχύτητα και άρα σε κάθε καρέ φαίνονται σχεδόν ακίνητα.

Για να εκτελέσετε τον κώδικα αυτού του ερωτήματος, τρέξτε σε ένα τερματικό το παρακάτω πρόγραμμα

```
python car-roi-1.py
```

και για να σταματήσετε την εκτέλεση πατήστε **Q** στο πληκτρολόγιο σας.



Εικόνα 1: Από αριστερά προς τα δεξιά: ένα στιγμιότυπο από το αρχικό βίντεο, η μάσκα που καθορίζει την περιοχή ενδιαφέροντος και η περιοχή ενδιαφέροντος του στιγμιοτύπου

2.2 2ος Αλγόριθμος - Χρήση ιστογράμματος

Στον 2ο αλγόριθμο που εξετάστηκε σε αυτήν την εργασία έγινε χρήση του ιστογράμματος του κάθε χαρέ. Σε αυτήν την περίπτωση υπερούμε ως περιοχή ενδιαφέροντος εκείνες τις περιοχές που τα pixels έχουν τιμές στην περιοχή 120-130 (στη μέση του διαστήματος τιμών του ιστογράμματος), δηλαδή τις περιοχές που έχουν κυρίως γρίπης χρώμα. Τα γκρι pixels αντιστοιχούν με μεγάλη πιθανότητα στο δρόμο, που αποτελεί και τη ζητούμενη περιοχή ενδιαφέροντος.

Στο 2ο αλγόριθμο της εργασίας αυτής, ακολουθήθηκε η εξής διαδικασία:

- Τυπολογισμός της 1ης μάσκας, στην οποία αποθηκεύονται οι θέσεις των εικονοστοιχείων που έχουν τιμή ιστογράμματος (τιμή γκρι) μεγαλύτερη από το κατώτατο κατώφλι.
- Τυπολογισμός της 2ης μάσκας, στην οποία αποθηκεύονται οι θέσεις των εικονοστοιχείων που έχουν τιμή ιστογράμματος μικρότερη από το ανώτατο κατώφλι.
- Πολλαπλασιασμός των 2 παραπάνω μασκών, στο αποτέλεσμα του οποίου αποθηκεύονται οι θέσεις των εικονοστοιχείων που έχουν τιμή ιστογράμματος ανάμεσα στα δύο κατώφλια.
- Η παραπάνω μασκα έχει ακανόνιστο σχήμα. Για να εξάγουμε από αυτήν μια ορθογώνια περιοχή ενδιαφέροντος, πρέπει να βρεθεί το πάνω όριο του ορθογωνίου και το κάτω όριο. Για το πάνω όριο, διατρέχουμε τις σειρές της παραπάνω μασκας από πάνω προς τα κάτω και σταματάμε στη σειρά εκείνη που έχει ένα ικανοποιητικό πλήθος μιονάδων (λευκών εικονοστοιχείων μάσκας), π.χ. ≥ 60 . Για το κάτω όριο της ορθογώνιας περιοχής ενδιαφέροντος, ακολουθούμε παρόμοια διαδικασία, αλλά ξεκινώντας από την τελευταία σειρά και προς τα πάνω.

Θετικά αλγορίθμου:

- Πιο αποτελεσματικός σε σχέση με τον 1ο αλγόριθμο

Αρνητικά αλγορίθμου:

- Πιο σύνθετος στην υλοποίηση
- Πολύ μεγαλύτερη υπολογιστική πολυπλοκότητα (υπολογισμός ιστογράμματος και πράξεις με μάσκες σε κάθε καρέ) ήδη πολύ περισσότερες πράξεις και ήδη πολύ πιο αργός σαν αλγόριθμος

Για να εκτελέσετε τον κώδικα αυτού του ερωτήματος, τρέξτε σε ένα τερματικό το παρακάτω πρόγραμμα

```
python car-roi-2.py
```

και για να σταματήσετε την εκτέλεση πατήστε **Q** στο πληκτρολόγιό σας.



Εικόνα 2: Τα 3 πρώτα στάδια του 2ου αλγορίθμου, για τον υπολογισμό της μασκας περιοχής ενδιαφέροντος.



Εικόνα 3: Από αριστερά προς τα δεξιά: ένα στιγμιότυπο από το αρχικό βίντεο, η μάσκα που καθορίζει την περιοχή ενδιαφέροντος και η περιοχή ενδιαφέροντος του στιγμιοτύπου

3 Εισαγωγή Θορύβου

3.1 Υποβάθμιση με 2 είδη θορύβου και εφαρμογή αλγορίθμων

Για να εκτελέσετε τον κώδικα της εφαρμογής του 1ου αλγορίθμου με υόρυβο, τρέξτε σε ένα τερματικό το παρακάτω πρόγραμμα

```
python car-roi-3.py
```

ενώ για τον κώδικα της εφαρμογής του 2ου αλγορίθμου με υόρυβο, τρέξτε σε ένα τερματικό το παρακάτω πρόγραμμα

```
python car-roi-4.py
```

και για να σταματήσετε την εκτέλεση πατήστε **Q** στο πληκτρολόγιό σας.



Εικόνα 4: Υπολογισμός περιοχής ενδιαφέροντος με τον 1o αλγόριθμο, χωρίς καθαρισμό θορύβου.



Εικόνα 5: Τα 3 πρώτα στάδια του 2ου αλγορίθμου, για τον υπολογισμό της μασκας περιοχής ενδιαφέροντος, χωρίς καθαρισμό θορύβου.



Εικόνα 6: Υπολογισμός περιοχής ενδιαφέροντος με τον 2ο αλγόριθμο, χωρίς καθαρισμό θορύβου.

3.2 Αφαίρεση θορύβων και εφαρμογή αλγορίθμων

Στους παρακάτω 2 κώδικες εφαρμόζουμε τους αλγορίθμους περιοχής ενδιαφέροντος αφού πρώτα έχουμε αφαιρέσει τους 2 ειδών θορύβους. Η αφαίρεση του Προσθετικού Λευκού Γκαουστιανού Θορύβου γίνεται εφαρμόζωντας ένα φίλτρο μετακινούμενου μέσου όρου, δηλαδή κάθε εικονοστοιχείο αντικαθιστάται με ένα νέο το οποίο υπολογίζεται από το μέσο όρο των γειτόνων του. Η αφαίρεση του κρουστικού θορύβου γίνεται με παρόμιοι τρόπο, αλλά αντί για μέσο όρο, το κάθε εικονοστοιχείο αντικαθιστάται με το μέσο (median) των γειτόνων του. Στη διαδικασία φαίρεσης θορύβων είναι σημαντική και η σειρά με την οποία εφαρμόζουμε τα φίλτρα. Στην εργασία αυτή πρώτα εφαρμόζεται το μή-γραμμικό φίλτρο καθαρισμού κρουστικού θορύβου και μετά το γραμμικό φίλτρο για το λευκό θόρυβο. Αν τα φίλτρα εφαρμόζονταν ανάποδα, τότε στο τελικό αποτέλεσμα θα εμφανίζονταν μικρές αχνές μάυρες (ή ασπρες κηλίδες).

Για να εκτελέσετε τον κώδικα της εφαρμογής του 1ου αλγορίθμου μετά από αφαίρεση θορύβου, τρέξτε σε ένα τερματικό το παρακάτω πρόγραμμα

```
python car-roi-5.py
```

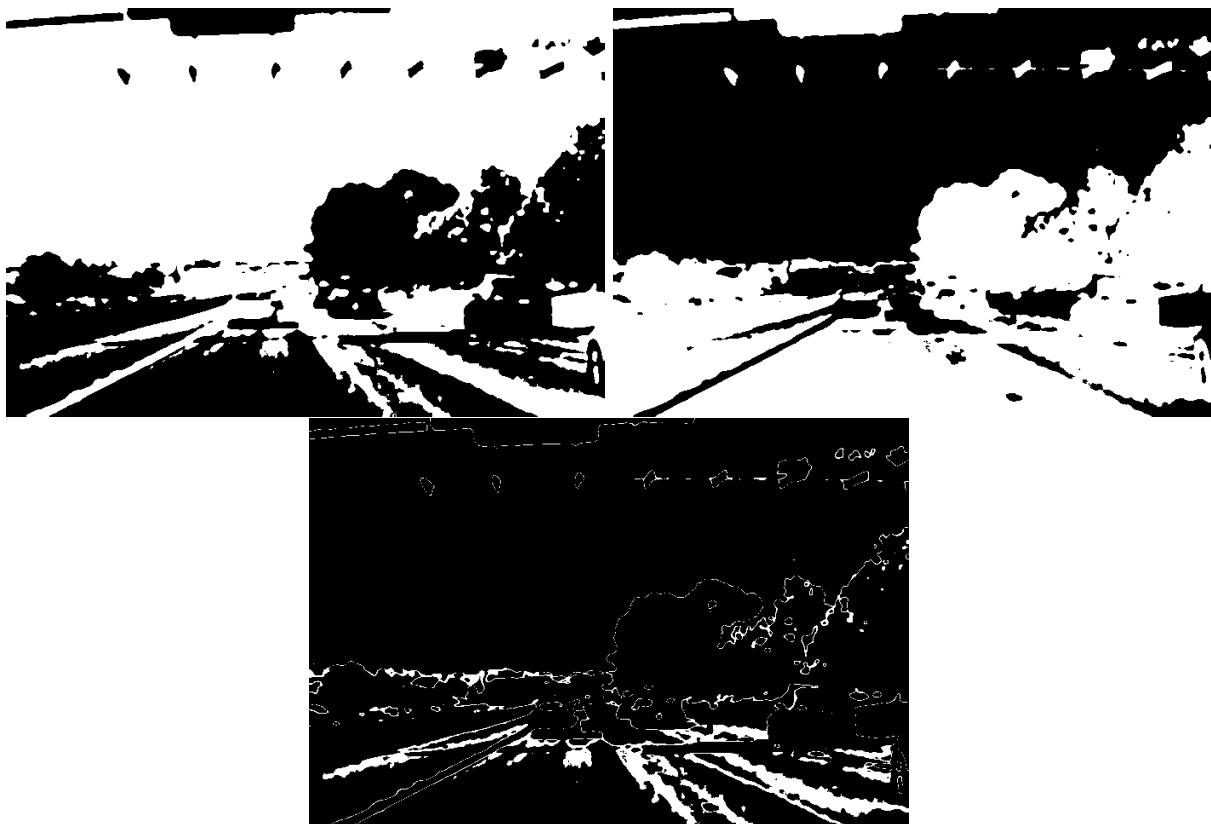
ενώ για τον κώδικα της εφαρμογής του 2ου αλγορίθμου μετά από αφαίρεση θορύβου, τρέξτε σε ένα τερματικό το παρακάτω πρόγραμμα

```
python car-roi-6.py
```

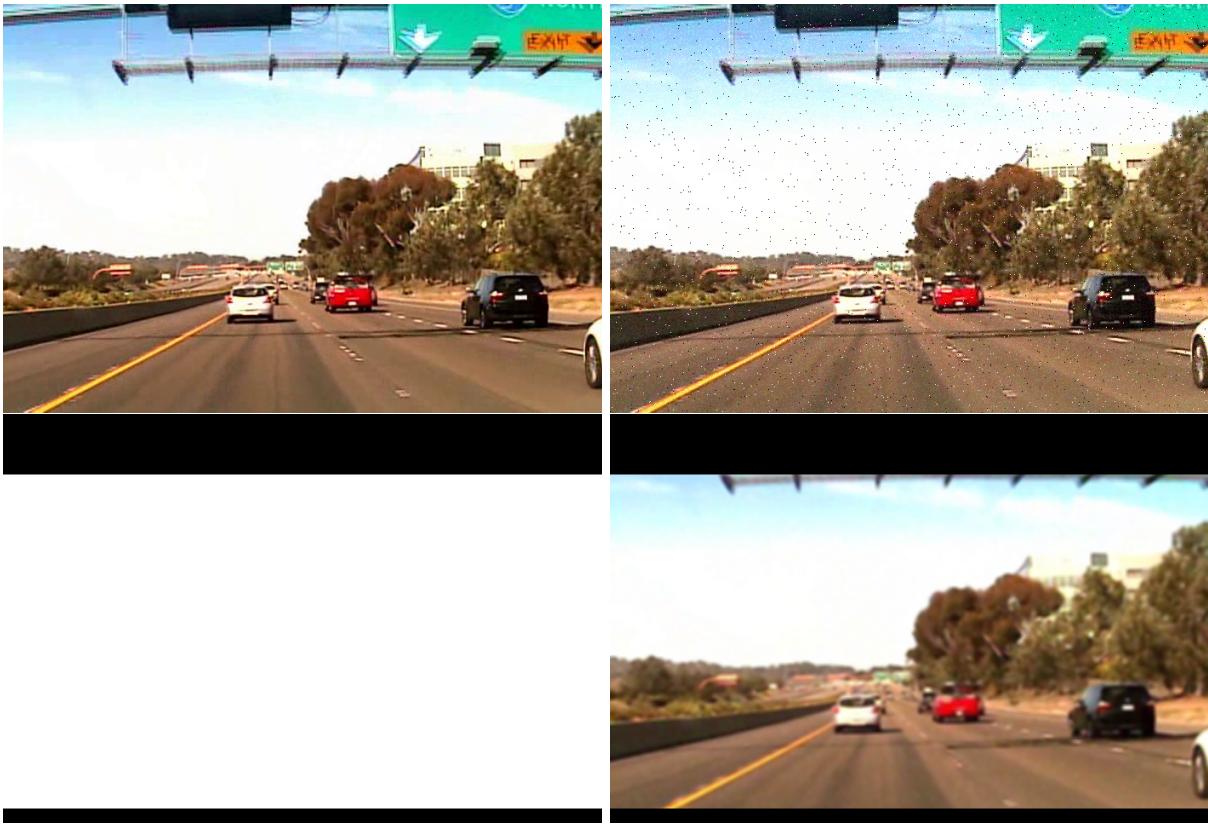
και για να σταματήσετε την εκτέλεση πατήστε **Q** στο πληκτρολόγιό σας.



Εικόνα 7: Υπολογισμός περιοχής ενδιαφέροντος με τον 1o αλγόριθμο, ύστερα από καθρισμό θορύβου.



Εικόνα 8: Τα 3 πρώτα στάδια του 2ου αλγορίθμου, για τον υπολογισμό της μασκας περιοχής ενδιαφέροντος, ύστερα από καθαρισμό όσορύβου.



Εικόνα 9: Υπολογισμός περιοχής ενδιαφέροντος με το 2ο αλγόριθμο, ύστερα από καθρισμό θορύβου. Στη συγκεκριμένη χρονική στιγμή, η περιοχή ενδιαφέροντος είναι μεγαλύτερη απ' ότι στις άλλες χρονικές στιγμές, λόγω της ξαφνικής εμφάνισης της οριζόντιας ταμπέλας.

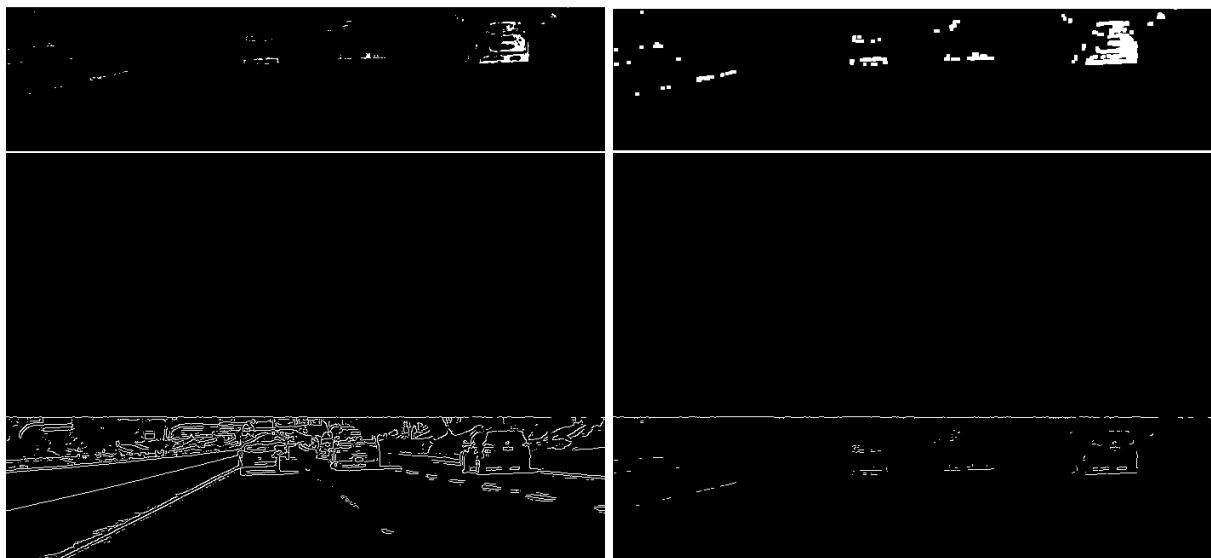
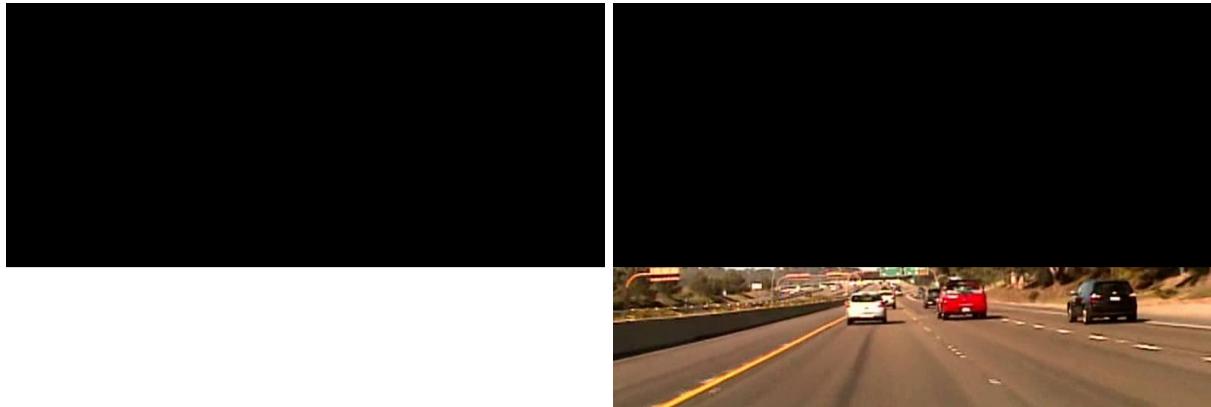
4 Υπολογισμός μάσκας για ανίχνευση οχήματος

Ανατρέχοντας στην προτεινόμενη βιβλιογραφία, διαπιστώνει κανείς ότι ένα κοινό χαρακτηριστικό των αυτοκινήτων που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αναγνώρισή τους είναι η **σκιά που δημιουργείται από αυτά στο δρόμο**, δηλαδή χρησιμοποιούνται τα πιο σκοτεινά εικονοστοιχεία της εικόνας. Για τον υπολογισμό μιας μάσκας για ανγνώριση αυτοκινήτων, ακολουθήθηκε η εξής διαδικασία στην παρούσα εργασία:

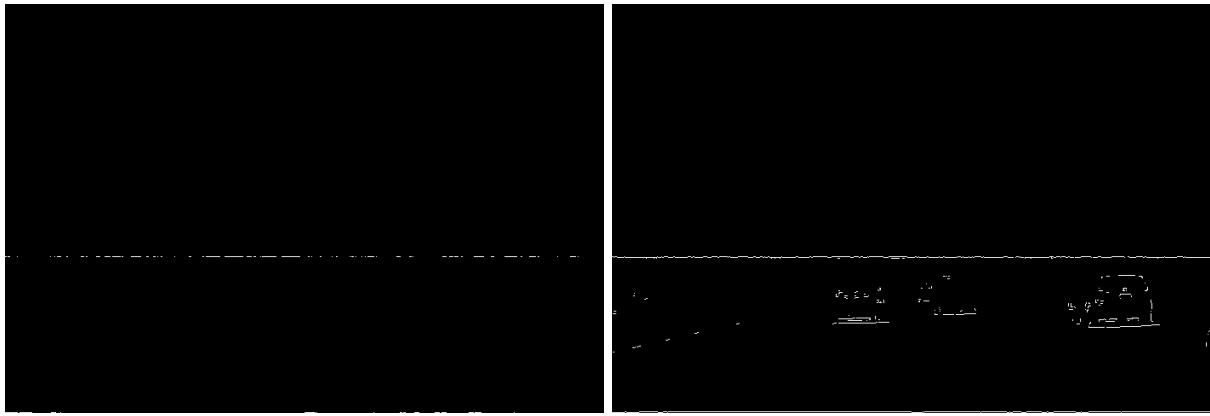
1. Αρχικά περιορίζουμε το χώρο επεξεργασίας σε μια μικρότερη περιοχή ενδιαφέροντος, που περιέχει μόνο τα αυτοκίνητα, χρησιμοποιώντας το 2ο αλγόριθμο που αναπτύχθηκε στα προηγούμενα ερωτήματα, προκειμένου να επιταγχύνουμε τους υπολογισμούς.
2. Σε μια καινούρια μάσκα κρατάμε τα πιο σκοτεινά εικονοστοιχεία του στιγμιούπου (σκιές) χρησιμοποιώντας ένα κατώφλι για το ιστόγραμμα. Μια καλή ιδέα θα ήταν επίσης να εφαρμόσουμε ολική εξίσωση ιστογράμματος, έτσι ώστε ο αλγόριθμος να μπορεί να ανταπεξέλθει και σε περιπτώσεις χαμηλού φωτισμού. Η τιμή του κατωφλίου που χρησιμοποιήθηκε είναι $threshold = 10$ (τιμές ιστογράμματος: [0, 255]).
3. Προκειμένου η μάσκα με τις σκιές να μπορεί να πολλαπλασιαστεί με μια μάσκα κατωφλίωσης ακμών ώστε το αποτέλεσμα να μη μηδενιστεί τελείως (βλ. ??), θα πρέπει να διαστείλουμε τις σκιές χρησιμοποιώντας το μορφολογικό μετασχηματισμό της διαστολής χρησιμοποιώντας ως δομικό στοιχείο (kernel) ένα τετράγωνο διαστάσεων 4-επί-4.
4. Υπολογίζουμε τις ακμές του στιγμιούπου χρησιμοποιώντας τον τελεστή Canny, τον οποίο εφαρμόζουμε μόνο στην περιοχή ενδιαφέροντος που υπολογίστηκε σε προηγούμενο βήμα
5. Τέλος, η μάσκα ανίχνευσης αυτοκινήτων, προκύπτει από τον πολλαπλασιασμό της μάσκας κατωφλίωσης ακμών με τη μάσκα σκιών.

Για να εκτελέσετε τον κώδικα αυτού του ερωτήματος, τρέξτε σε ένα τερματικό το παρακάτω πρόγραμμα

```
python car-roi-7-mask-detection.py
```



Εικόνα 10: Βήματα διαδικασίας για υπολογισμό μάσκας ανίχνευσης αυτοκινήτων



Εικόνα 11: Το αποτέλεσμα της μάσκας ανίχνευσης αυτοκινήτων σε περίπτωση που δεν εφαρμόζουμε διαστολή σκιών (αριστερά) και σε περίπτωση που την εφαρμόζουμε (δεξιά)



Εικόνα 12: Το αποτέλεσμα της μάσκας ανίχνευσης αυτοκινήτων για διάφορες τιμές κατωφλίου σκιάς: Από αριστερά πρός τα δεξιά $threshold = 10, 20, 40$

5 Επιδόσεις προγραμμάτων

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι μετρήσεις του πλήθους στιγμιοτύπων ανά δευτερόλεπτο για κάθε πρόγραμμα της παρούσας εργασίας. Τα προγράμματα εκτελέστηκαν σε υπολογιστή με τα παρακάτω χαρακτηριστικά: Intel® Core™ i7-8750H CPU @ 2.20GHz × 12, Intel® UHD Graphics 630 (CFL GT2), 31,0 GiB RAM.

Πρόγραμμα	Μέσος όρος FPS (Frames-per-second)	Τυπική απόκλιση FPS	Σχόλιο
car-roi-1.py	26.27	2.73	-
car-roi-2.py	24.80	3.00	-
car-roi-3.py	15.28	3.09	Περιλαμβάνει το χρόνο για εισαγωγή θορύβου
car-roi-4.py	14.91	2.89	Περιλαμβάνει το χρόνο για εισαγωγή θορύβου
car-roi-5.py	14.40	2.71	Περιλαμβάνει το χρόνο για εισαγωγή και καθαρισμό θορύβου
car-roi-6.py	13.95	2.57	Περιλαμβάνει το χρόνο για εισαγωγή και καθαρισμό θορύβου
car-roi-7-mask-detection.py	17.70	2.01	Δεν περιλαμβάνει θόρυβο

Ευρετήριο Εικόνων

1	Από αριστερά προς τα δεξιά: ένα στιγμιότυπο από το αρχικό βίντεο, η μάσκα που καθορίζει την περιοχή ενδιαφέροντος και η περιοχή ενδιαφέροντος του στιγμιούπου	3
2	Τα 3 πρώτα στάδια του 2ου αλγορίθμου, για τον υπολογισμό της μασκας περιοχής ενδιαφέροντος.	4
3	Από αριστερά προς τα δεξιά: ένα στιγμιότυπο από το αρχικό βίντεο, η μάσκα που καθορίζει την περιοχή ενδιαφέροντος και η περιοχή ενδιαφέροντος του στιγμιούπου	5
4	Υπολογισμός περιοχής ενδιαφέροντος με τον 1ο αλγόριθμο, χωρίς καθαρισμό όφελου.	6
5	Τα 3 πρώτα στάδια του 2ου αλγορίθμου, για τον υπολογισμό της μασκας περιοχής ενδιαφέροντος, χωρίς καθαρισμό όφελου.	7
6	Υπολογισμός περιοχής ενδιαφέροντος με τον 2ο αλγόριθμο, χωρίς καθαρισμό όφελου.	8
7	Υπολογισμός περιοχής ενδιαφέροντος με τον 1ο αλγόριθμο, ύστερα από καθρισμό όφελου.	9
8	Τα 3 πρώτα στάδια του 2ου αλγορίθμου, για τον υπολογισμό της μασκας περιοχής ενδιαφέροντος, ύστερα από καθαρισμό όφελου.	10
9	Υπολογισμός περιοχής ενδιαφέροντος με το 2ο αλγόριθμο, ύστερα από καθρισμό όφελου. Στη συγκεκριμένη χρονική στιγμή, η περιοχή ενδιαφέροντος είναι μεγαλύτερη απ' ότι στις άλλες χρονικές στιγμές, λόγω της ξαφνικής εμφάνισης της οριζόντιας ταμπέλας.	11
10	Βήματα διαδικασίας για υπολογισμό μάσκας ανίχνευσης αυτοκινήτων	12
11	Το αποτέλεσμα της μάσκας ανίχνευσης αυτοκινήτων σε περίπτωση που δεν εφαρμόζουμε διαστολή σκιών (αριστερά) και σε περίπτωση που την εφαρμόζουμε (δεξιά)	13
12	Το αποτέλεσμα της μάσκας ανίχνευσης αυτοκινήτων για διάφορες τιμές κατωφλίου σκιάς: Από αριστερά πρός τα δεξιά threshold = 10, 20, 40	13

Βιβλιογραφία

- [1] Jang Woon Baek, Kee-Koo Kwon, and Soo-In Lee. “Mono-camera based vehicle detection using effective candidate generation”. In: *The 18th IEEE International Symposium on Consumer Electronics (ISCE 2014)* (2014), pp. 1–2.
- [2] S.G. Hoggar. *Mathematics of Digital Images*. Cambridge, 2016.
- [3] R. Woods R. Gonzalez. *Ψηφιακή Επεξεργασία Εικόνας*. Εκδόσεις ΤΖΙΟΛΑΣ, 2018.
- [4] Christos Tzomakas and Werner von Seelen. “Vehicle Detection in Traffic Scenes Using Shadows”. In: 1998.
- [5] Gang Yan et al. “Real-time vehicle detection using histograms of oriented gradients and AdaBoost classification”. In: *Optik* 127 (2016), pp. 7941–7951.
- [6] Xiang Yi and Bingjian Wang. “Obstacles detection method of vehicles based on image analysis”. In: *2017 20th International Conference on Information Fusion (Fusion)* (2017), pp. 1–5.
- [7] Zhang Yun-zhou et al. “Real-time vehicle detection in highway based on improved Adaboost and image segmentation”. In: *2015 IEEE International Conference on Cyber Technology in Automation, Control, and Intelligent Systems (CYBER)* (2015), pp. 2006–2011.
- [8] N. Παπαμάρκος. *Ψηφιακή Επεξεργασία και Ανάλυση Εικόνας*. Εκδόσεις ΑΦΟΙ ΠΑΠΑΜΑΡΚΟΥ Ο.Ε, 2013.