



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΗΜΜΥ. ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ

ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΕΙΚΟΝΑΣ

Εργασία 1

Παραλλαγές αλγορίθμων εξισορρόπησης και αντιστοίχισης
ιστογράμματος

Συντάκτης:
Χρήστος Χουτουρίδης [8997]
cchoutou@ece.auth.gr

Διδάσκοντες:
Α. Ντελόπουλος

Δ. Αλέτρας
lnmpikas@ece.auth.gr

29 Απριλίου 2025

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Παραδοτέα

Τα παραδοτέα της εργασίας αποτελούνται από:

- Την παρούσα αναφορά.
- Τα αρχεία `demo.py`, `hist_modif.py`, `hist_utils.py` με τον κώδικα της εργασίας και το αρχείο `requirements.txt` με τις απαιτήσεις της python.
- Το [σύνδεσμο](#) με το αποθετήριο που περιέχει όλο το project με τον κώδικα σε python της αναφοράς και τα παραδοτέα.

2. ΕΞΙΣΟΡΡΟΠΗΣΗ ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ (Equalization)

2.1. Τεχνική περιγραφή και σχόλια υλοποίησης

Η εξισορρόπηση ιστογράμματος στοχεύει στη βελτίωση της αντίθεσης μιας εικόνας κατανέμοντας ομοιόμορφα τις εντάσεις φωτεινότητας. Για την υλοποίηση αναπτύχθηκε η συνάρτηση `perform_hist_eq()`, η οποία στηρίζεται στη γενικευμένη `perform_hist_modification()`. Η `perform_hist_eq()` δημιουργεί έναν ισοκατανεμημένο στόχο ιστογράμματος με $L=256$ επίπεδα και καλεί την τροποποίηση με το επιθυμητό mode (`greedy`, `non-greedy`, `post-disturbance`).

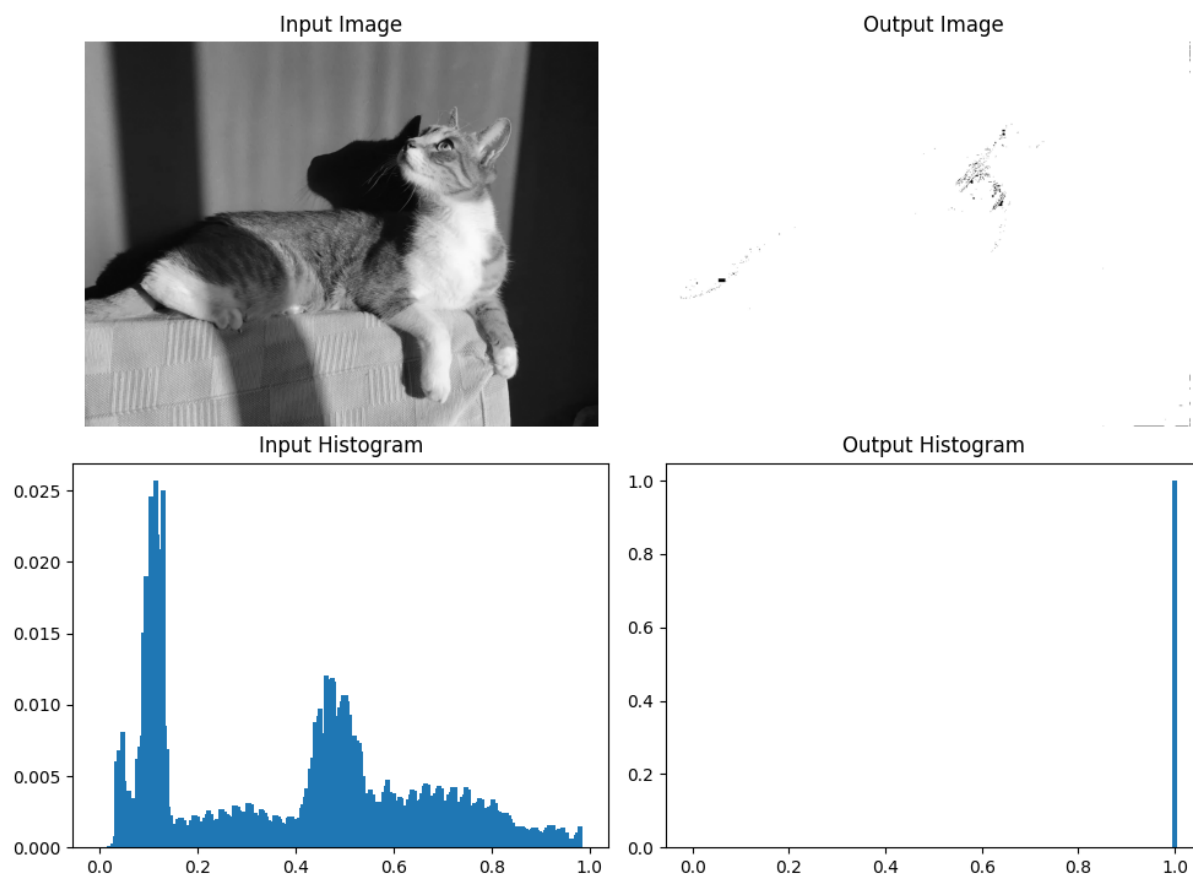
Περιγραφή Κώδικα Ο κώδικας ακολουθεί τα εξής βήματα:

1. Υπολογισμός του ιστογράμματος εισόδου.
2. Δημιουργία στόχου: ισοκατανομή με ίσες πιθανότητες ανά επίπεδο.
3. Κλήση της `perform_hist_modification()` με το επιλεγμένο mode για να μετασχηματιστεί η εικόνα.

Η `perform_hist_modification()` χαρτογραφεί κάθε επίπεδο εισόδου σε επίπεδο εξόδου με βάση την επιθυμητή κατανομή, χρησιμοποιώντας διαφορετικές στρατηγικές εκχώρησης αναλόγως του mode.

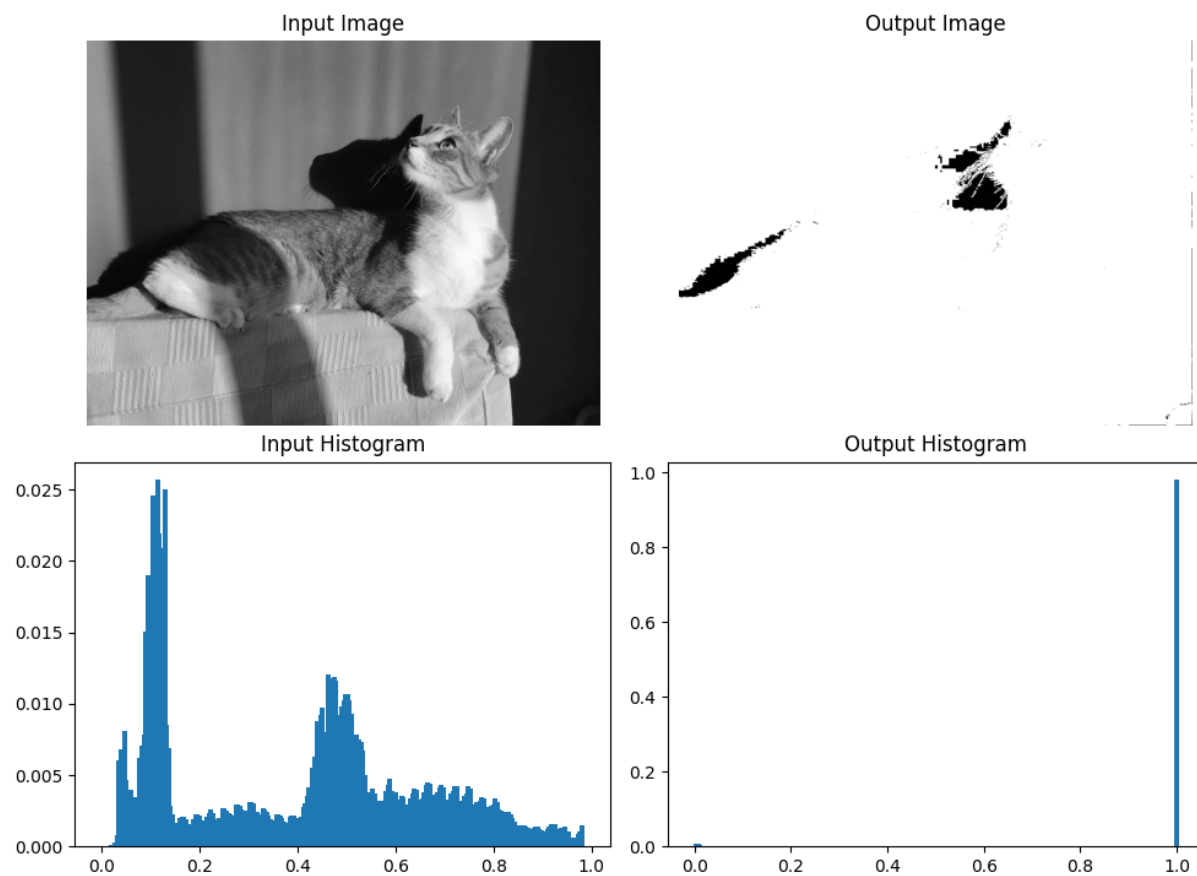
2.2. Plots και σχόλια για τα αποτελέσματα

Histogram Equalization (greedy)

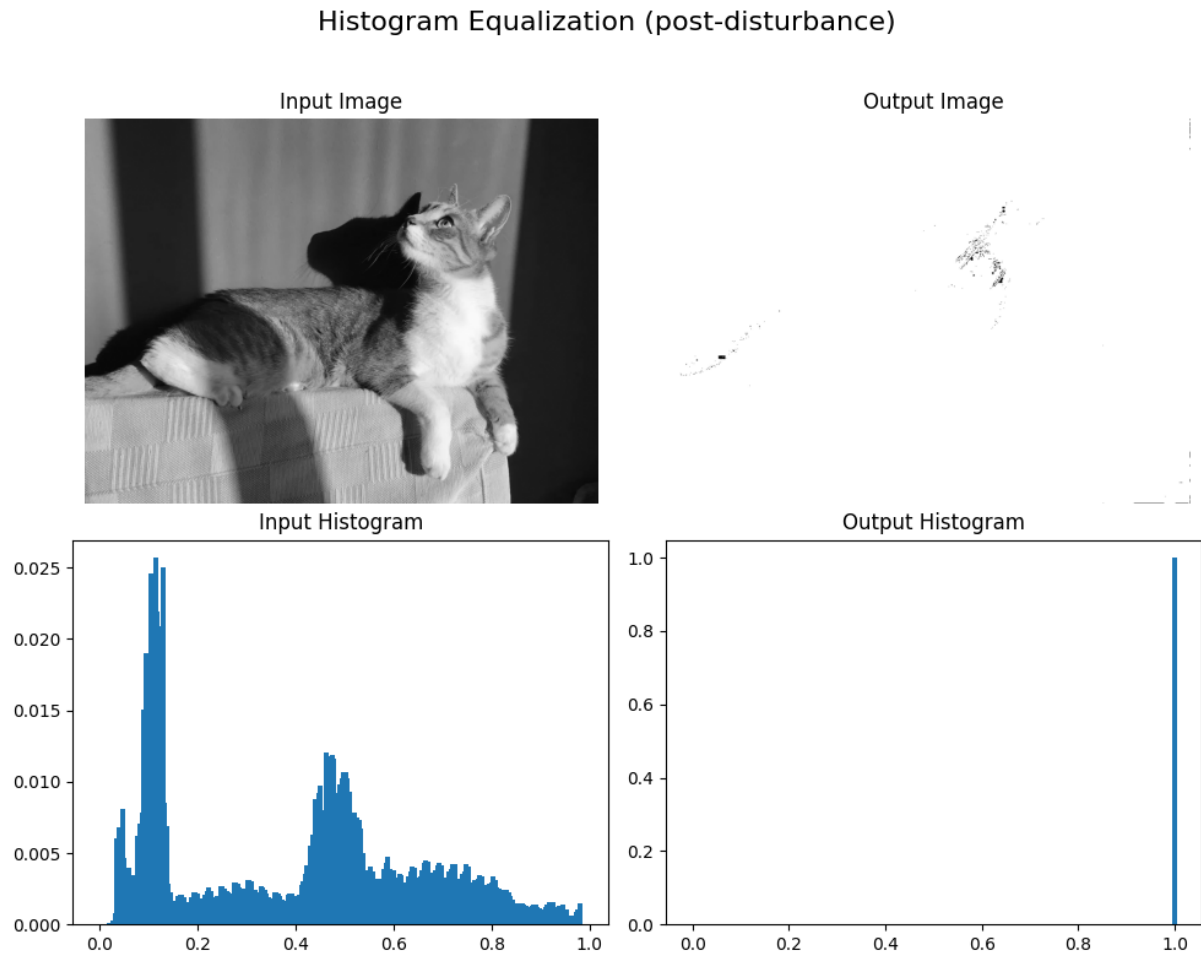


Σχήμα 1: Ισοστάθμιση ιστογράμματος με χρήση *greedy* στρατηγικής.

Histogram Equalization (non-greedy)



Σχήμα 2: Ισοστάθμιση ιστογράμματος με χρήση non-greedy στρατηγικής.



Σχήμα 3: Ισοστάθμιση ιστογράμματος με χρήση *post-disturbance* στρατηγικής.

Σχολιασμός αποτελεσμάτων Παρατηρείται ότι η ισοστάθμιση δεν επιτυγχάνεται πλήρως. Πιο συγκεκριμένα:

- Στο *greedy mode*, πολλά επίπεδα εισόδου συγκεντρώνονται στα ίδια επίπεδα εξόδου, καθώς η στρατηγική είναι άπληστη και δεν διασφαλίζει σωστή εξισορρόπηση.
- Στο *non-greedy mode*, υπάρχει κάποια βελτίωση, αλλά η μέθοδος δεν εξισορροπεί τέλεια, επειδή τα επίπεδα εισόδου δεν κατανέμονται ιδανικά λόγω του τρόπου που διαχειριζόμαστε το έλλειμμα (*deficiency*).
- Στο *post-disturbance mode*, εισάγεται τυχαίος θόρυβος πριν την αντιστοίχιση, γεγονός που οδηγεί σε ελαφρώς καλύτερη κατανομή, αλλά το αποτέλεσμα εξακολουθεί να είναι μακριά από την ιδανική ισοκατανομή.

Η κύρια αιτία είναι ότι η μετατροπή βασίζεται σε απλή αντιστοίχιση επιπέδων χωρίς πραγματική υπολογιστική σύγκλιση σε ομοιόμορφο ιστόγραμμα.

3. ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΣΗ ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ (Matching)

3.1. Τεχνική περιγραφή και σχόλια υλοποίησης

Η αντιστοίχιση ιστογράμματος έχει ως στόχο τη μεταβολή του ιστογράμματος μιας εικόνας ώστε να προσεγγίσει αυτό μιας εικόνας αναφοράς. Για την υλοποίηση χρησιμοποιήθηκε η συνάρτηση `perform_hist_matching()`, η οποία:

- Υπολογίζει το κανονικοποιημένο ιστόγραμμα της εικόνας αναφοράς.

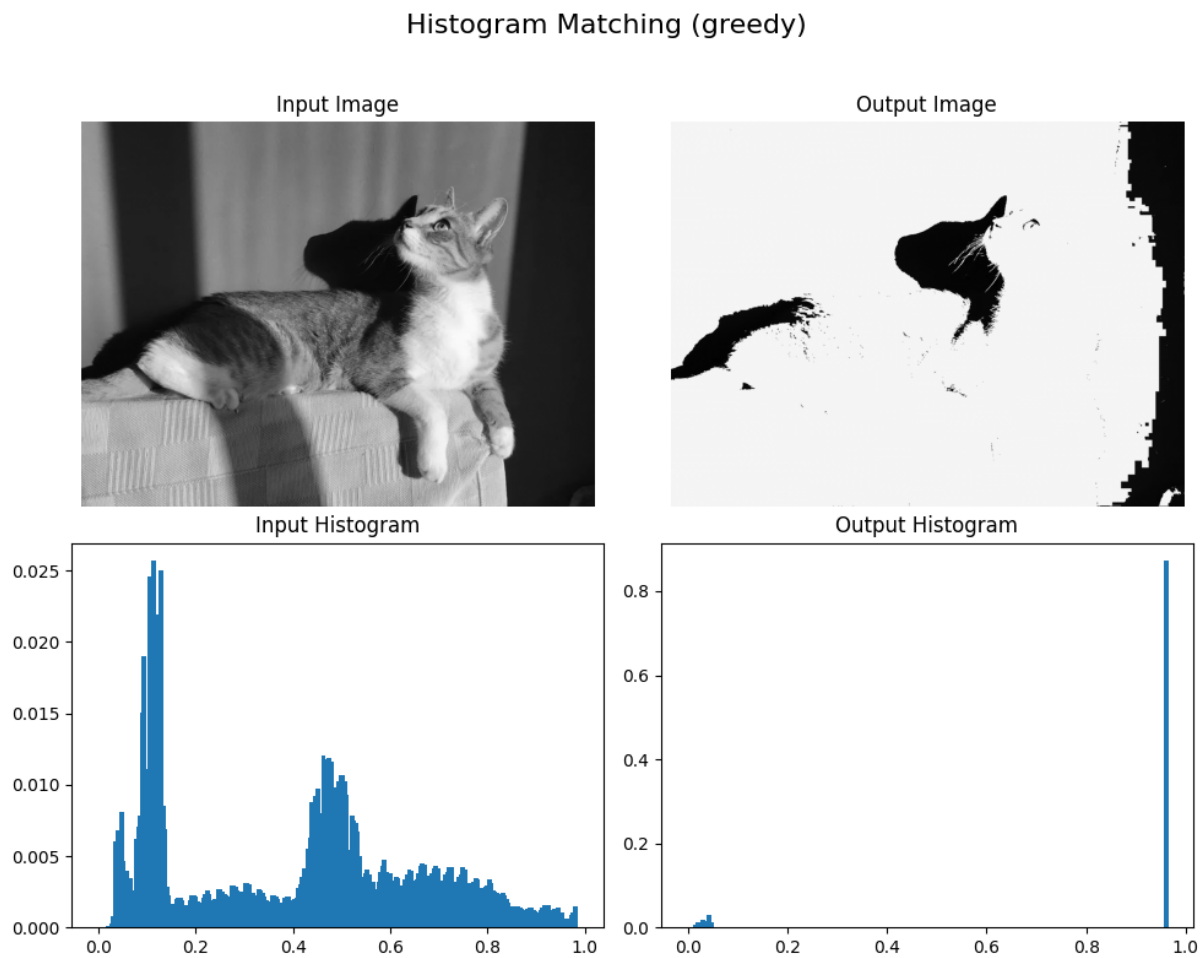
- Καλεί την `perform_hist_modification()` χρησιμοποιώντας το ιστόγραμμα αναφοράς ως στόχο.

Περιγραφή Κώδικα Η διαδικασία ακολουθεί τα εξής βήματα:

1. Ανάγνωση της εικόνας αναφοράς.
2. Υπολογισμός κανονικοποιημένου ιστογράμματος για την εικόνα αναφοράς.
3. Εκτέλεση της τροποποίησης με βάση το ιστόγραμμα αναφοράς και το επιθυμητό mode.

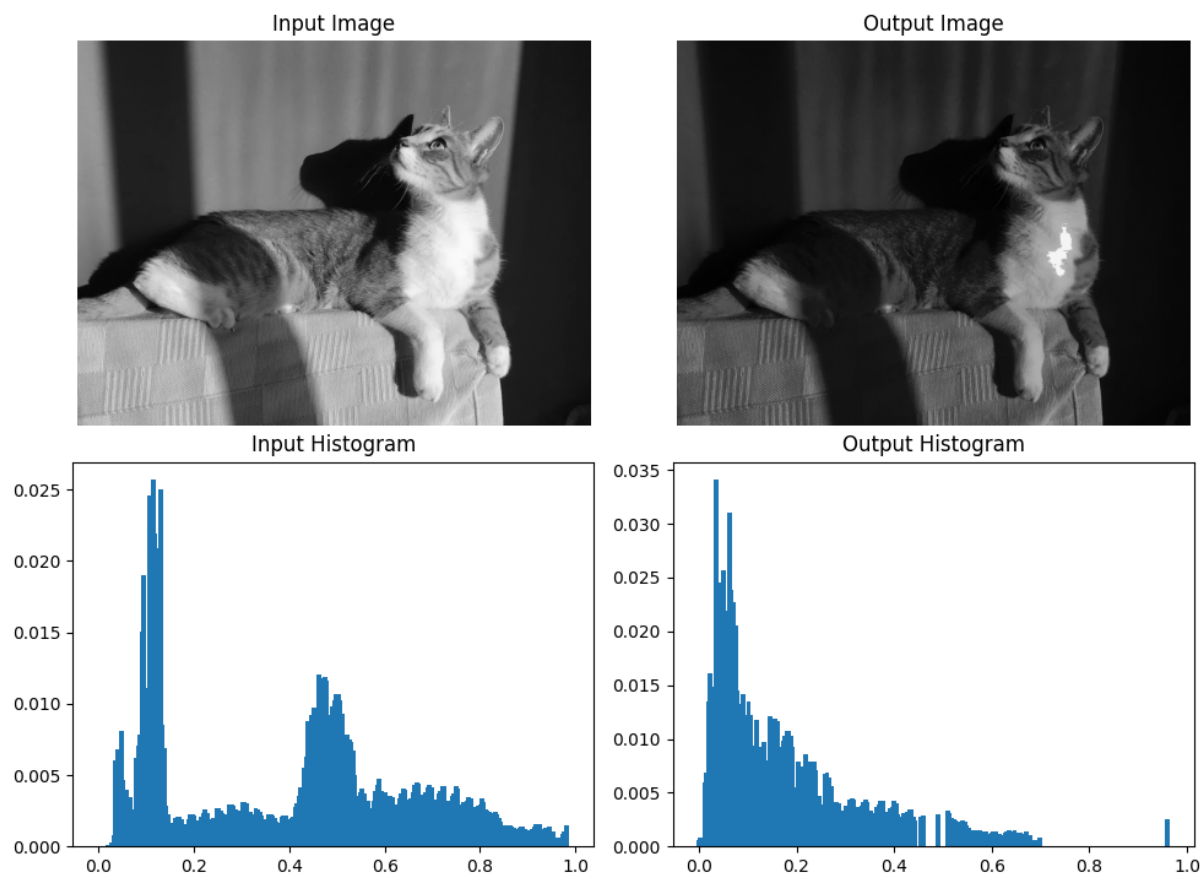
Όπως και στην εξισορρόπηση, τα διαφορετικά modes καθορίζουν πώς γίνεται η αντιστοίχιση των επιπέδων.

3.2. Plots και σχόλια για τα αποτελέσματα



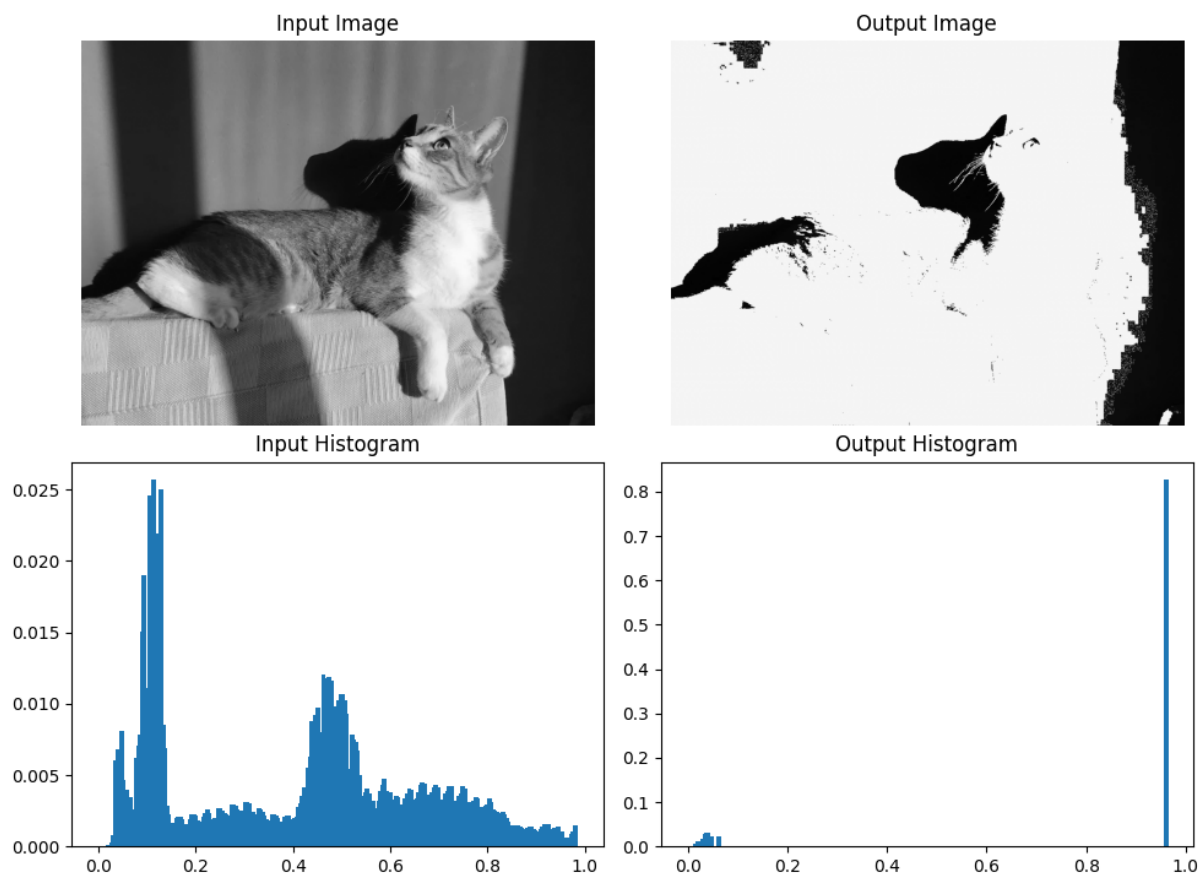
Σχήμα 4: Αντιστοίχιση ιστογράμματος με χρήση greedy στρατηγικής.

Histogram Matching (non-greedy)



Σχήμα 5: Αντιστοίχιση ιστογράμματος με χρήση non-greedy στρατηγικής.

Histogram Matching (post-disturbance)



Σχήμα 6: Αντιστοίχιση ιστογράμματος με χρήση post-disturbance στρατηγικής.

Σχολιασμός αποτελεσμάτων Παρατηρείται ότι και στην περίπτωση της αντιστοίχισης η τελική μορφή των ιστογραμμάτων δεν προσεγγίζει με ακρίβεια το ιστόγραμμα της εικόνας αναφοράς. Συγκεκριμένα:

- Στο **greedy mode**, πολλά επίπεδα εισόδου συνδέονται με λίγα επίπεδα εξόδου, προκαλώντας υπερσυσσώρευση.
- Στο **non-greedy mode**, υπάρχει μερική βελτίωση, όμως εξακολουθεί να υπάρχει απώλεια ακρίβειας στις περιοχές χαμηλής ή υψηλής πυκνότητας.
- Στο **post-disturbance mode**, η διασπορά βελτιώνεται, αλλά η κατανομή απέχει ακόμα από το ιδανικό.

Η αποτυχία στην πλήρη αντιστοίχιση οφείλεται στο γεγονός ότι η υλοποίηση βασίζεται σε τοπική αντιστοίχιση επιπέδων και όχι σε παγκόσμια αντιστοίχιση αθροιστικών συναρτήσεων κατανομής (CDF), όπως απαιτείται στη θεωρητικά σωστή μέθοδο.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την πειραματική αξιολόγηση διαπιστώθηκε ότι:

- Η μέθοδος ισοστάθμισης και αντιστοίχισης που αναπτύχθηκε λειτουργεί σε βασικό επίπεδο, αλλά δεν επιτυγχάνει ακριβή προσαρμογή της κατανομής.
- Η στρατηγική **post-disturbance** οδηγεί σε πιο ομαλή και φυσική κατανομή επιπέδων, αν και δεν αρκεί για την πλήρη επιδιόρθωση.
- Μια ακριβέστερη υλοποίηση θα απαιτούσε τη χρήση σωστής αντιστοίχισης των αθροιστικών συναρτήσεων κατανομής (CDF matching).

Η συνολική υλοποίηση βασίστηκε σε modular σχεδίαση, επιτρέποντας εύκολη παραμετροποίηση και δοκιμή διαφορετικών στρατηγικών αντιστοίχισης.