

Εξισορρόπηση και Αντιστοίχιση Ιστογράμματος

Βογιατζής Χαρίσιος AEM: 9192

April 29, 2025

Abstract

Σε αυτήν την εργασία υλοποιούμε και εξετάζουμε τρεις αλγόριθμους για εξισορρόπηση ιστογράμματος σε grayscale εικόνες: *greedy*, *non-greedy* και *post-disturbance*, καθώς και μια μέθοδο *histogram matching*. Παρουσιάζονται τα βοηθητικά utilities, οι βασικές συναρτήσεις, ένα demo script για οπτικοποίηση και ανάλυση, και συζητούνται οι περιορισμοί των μεθόδων.

1 Εισαγωγή

Στόχος μας είναι:

- **Histogram Equalization:** Να μετατρέψουμε μια εικόνα ώστε οι έντασεις να κατανέμονται ομοιόμορφα.
- **Histogram Matching:** Να ταιριάζουμε την κατανομή μιας εικόνας με αυτή μιας reference εικόνας.

2 Υλοποίηση

2.1 Βοηθητικές Συναρτήσεις (hist_utils.py)

Περιλαμβάνει:

- `calculate_hist_of_img(img_array, return_normalized)`: Υπολογίζει το ιστογράμμο και μπορεί να επιστρέψει raw counts ή normalized frequencies.
- `apply_hist_modification_transform(img_array, transform)`: Εφαρμόζει mapping από κάθε στάθμη εισόδου f_i σε μία στάθμη εξόδου g_j με χρήση ενός lookup table.

2.2 Κύριοι Αλγόριθμοι (hist_modif.py)

Η συνάρτηση `perform_histogram_modification(img, hist_ref, mode)` υλοποιεί τρεις αλγόριθμους εξισορρόπησης ιστογράμματος:

1. **greedy**: Αθροίζει counts μέχρι το N/L_g (target_bin) και μεταβαίνει στην επόμενη στάθμη εξόδου.
2. **non-greedy**: Υπολογίζει το έλλειμμα $deficiency = N/L_g - \sum_{i=0}^{j-1} count(f_i)$ και εισάγει την επόμενη στάθμη εισόδου μόνο αν $deficiency_j \geq count(f_j)/2$ αλλιώς μεταβαίνει σε νέο bin.
3. **post-disturbance**: Προσθέτει ομοιόμορφο θόρυβο σε κάθε pixel (διάστημα $[-d/2, d/2]$) πριν εφαρμόσει τον greedy αλγόριθμο.

Οι τρεις παραλλαγές μοιάζουν στη λειτουργία τους, με κύριες τις διαφορές που παραθέσαμε μόλις.

```
#greedy algorithm code
input_levels = sorted(hist_input.keys())
for f_val in input_levels:
    if current_output_idx >= Lg:
        # If we've exhausted output levels, assign to last bin
        modification_transform[f_val] = output_levels[-1]
        continue
```

```

# Greedy assignment
accumulated_count += hist_input[f_val]
modification_transform[f_val] = output_levels[current_output_idx]

# If we exceed the target bin count, move to a new bin
if accumulated_count >= target_bin_count:
    current_output_idx += 1
    accumulated_count = 0

# Apply the transformation
modified_img = apply_hist_modification_transform(img_array,
    modification_transform)

```

Οι υπόλοιπες υλοποιήσεις είναι σχολιασμένες και μπορούν να βρεθούν στο `hist_modif.py`

2.3 Equalization And Matching Wrappers

Έχουν δημιουργηθεί οι ακόλουθες "wrapper" συναρτήσεις:

`perform_hist_eq(img, mode)` καλεί τον βασικό αλγόριθμο με uniform hist_ref 256 επιπέδων.

`perform_hist_matching(img, img_ref, mode)` υπολογίζει πρώτα το hist_ref από μια reference εικόνα και έπειτα καλεί την ίδια συνάρτηση.

2.4 Demo Script (demo.py)

Έχει δημιουργηθεί ένα script επίδειξης `demo.py`:

- Φορτώνει `input_img.jpg`, `ref_img.jpg`.
- Τρέχει κάθε mode για equalization και matching.
- Δημιουργεί και Αποθηκεύει τις εξισορροπημένες εικόνες σε ένα φάκελο `/output` που δημιουργεί.
- Δημιουργεί 2 summary figures με τις εικόνες και τα ιστογράμματα σε αντιπαραβολή για ευκολότερη εποπτεία των αποτελεσμάτων.
- Υποστηρίζει `-v/--verbose` λειτουργία: εκτυπώνει στατιστικές ιστογράμματος (εύρος $f_i - g_i$, percentiles, κ.α.) για περισσότερη ανάλυση αν είναι επιθυμητή από το χρήστη.

3 Αποτελέσματα

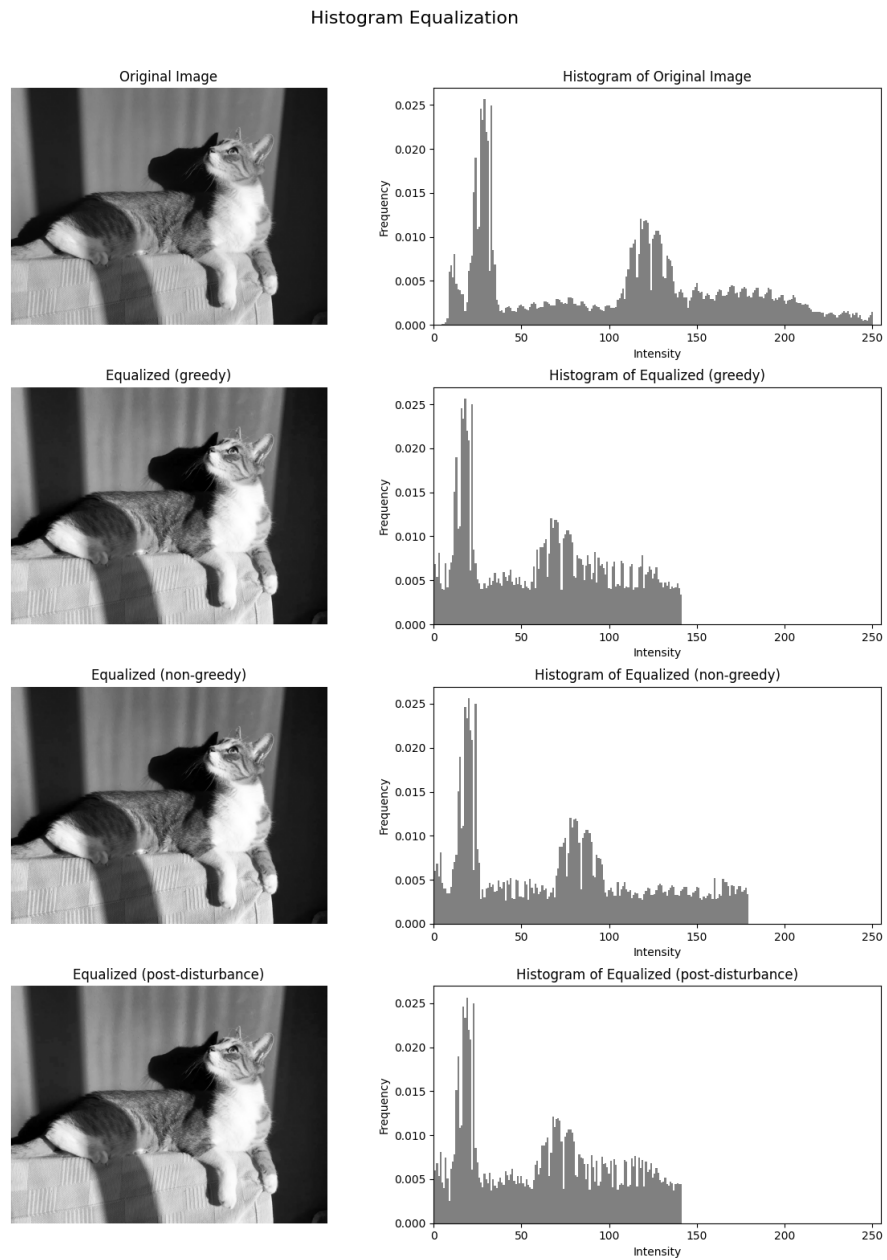


Figure 1: Equalization: greedy, non-greedy, post-disturbance.

Histogram Matching

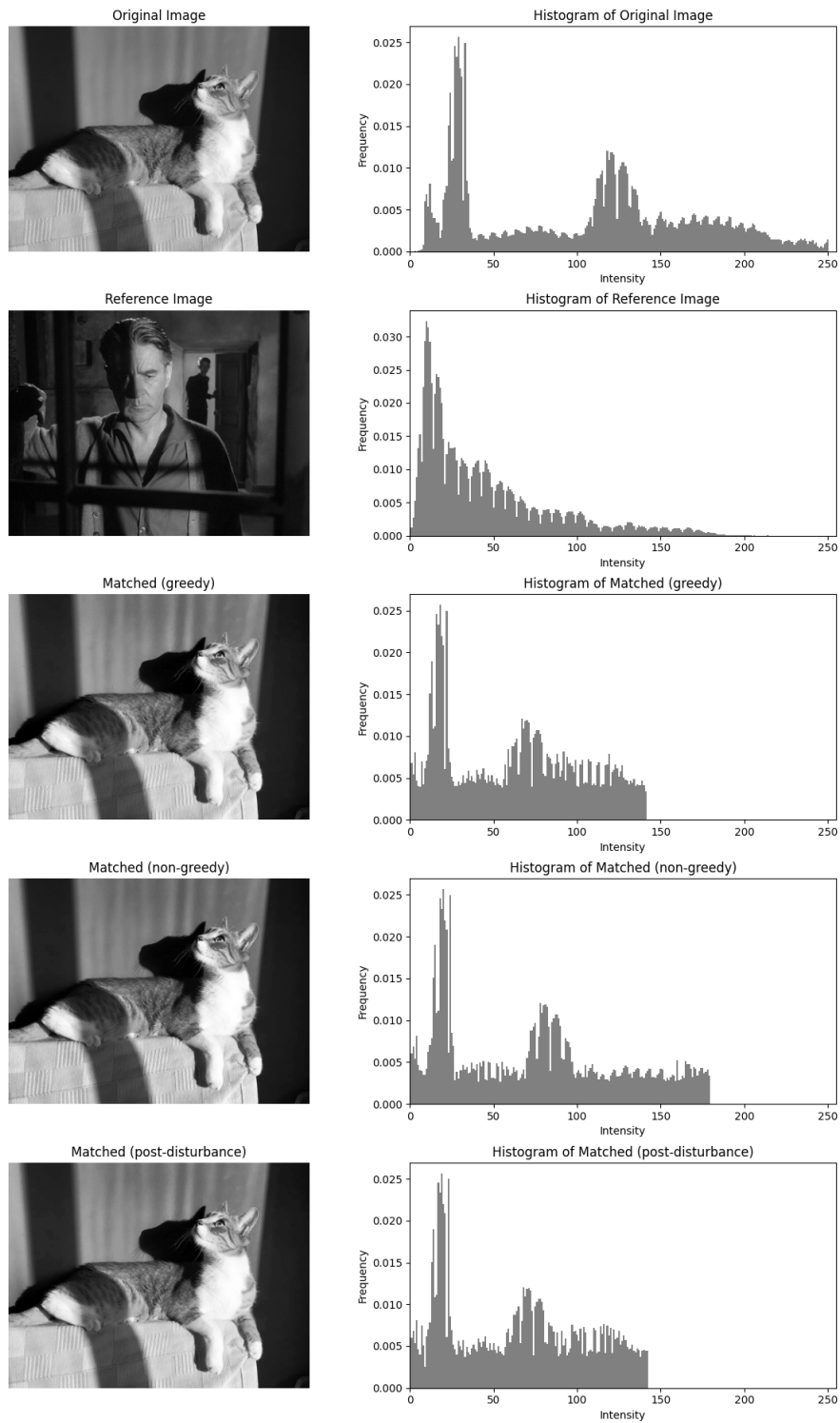


Figure 2: Matching: greedy, non-greedy, post-disturbance.

Όπως διαπιστώνουμε από τα αποτελέσματα οι αλγόριθμοι αντιμετωπίζουν προβλήματα:

- **Αξιοποίηση πλήρους φάσματος:** Σε ιστογράμματα που παρουσιάζουν κυρτότητα ή έχουν πολλές τιμές pixel/δείγματα συγκεντρωμένες σε μία/λίγες συχνότητες ο greedy αλγόριθμος αδυνατεί να χρησιμοποιήσει το πλήρες εύρος και να πετύχει καλή εξισορρόπηση ιστογράμματος

- **Non-greedy:** Η non-greedy εκδοχή του αλγορίθμου βελτιώνει την κατανομή αλλά δεν διασφαλίζει και πάλι πλήρες εύρος. Ούτε σε αυτήν την περίπτωση η εξισορρόπηση είναι καλή.
- **Post-disturbance:** Ο αλγόριθμος που χρησιμοποιεί θόρυβο περιορισμένης έκτασης από ομοιόμορφη κατανομή δεν καταφέρνει να επεκτείνει αρκετά τις απομακρυσμένες τιμές ώστε να λύσει το πρόβλημα της greedy εκδοχής και έχει παρόμοια αποτελέσματα.
- **Reference Matching:** Παρόμοια αποτελέσματα διαπιστώνουμε και στην περίπτωση της αντιστοίχισης ιστογράμματος σε μία εικόνα αναφοράς.

4 Επιπρόσθετα Αποτελέσματα

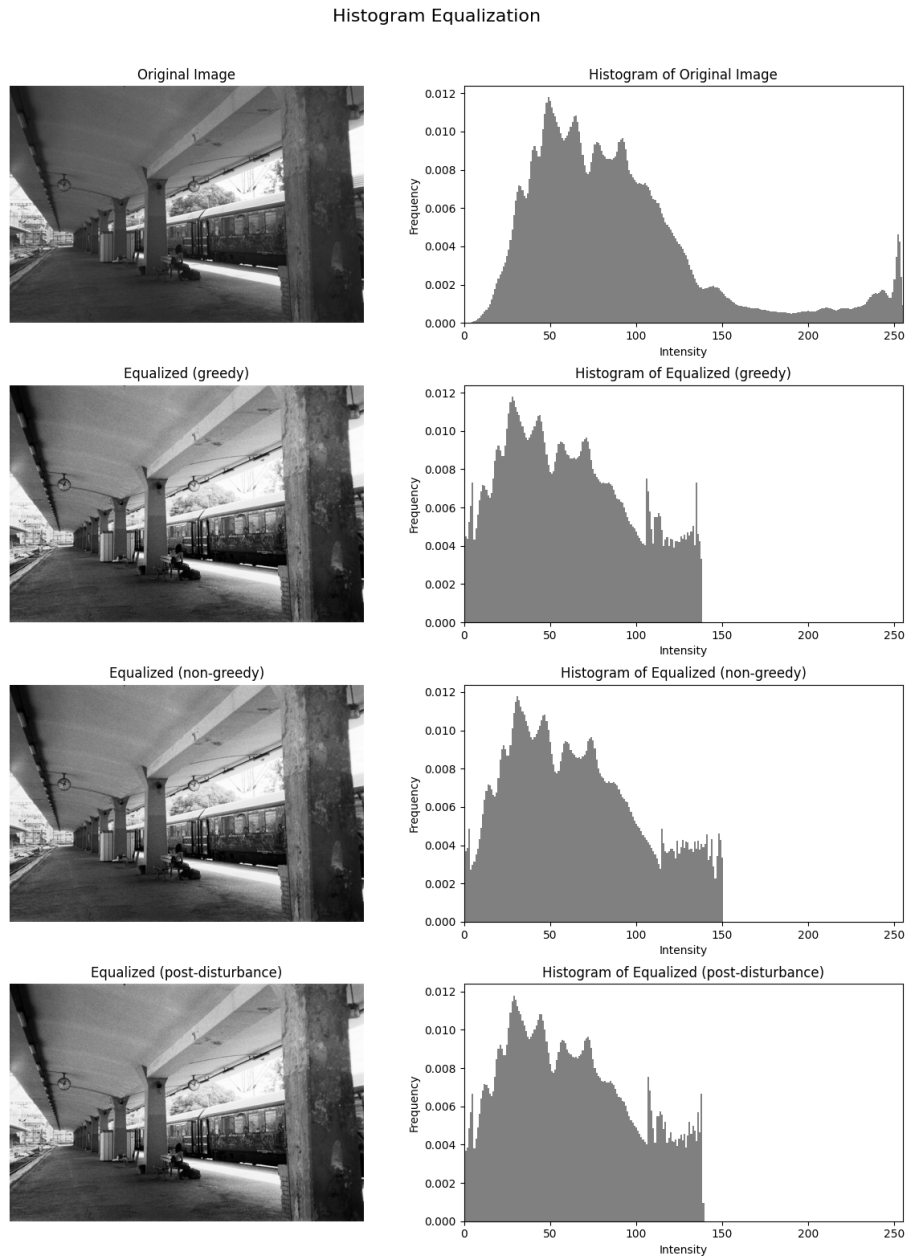


Figure 3: Equalization: greedy, non-greedy, post-disturbance.

Histogram Matching

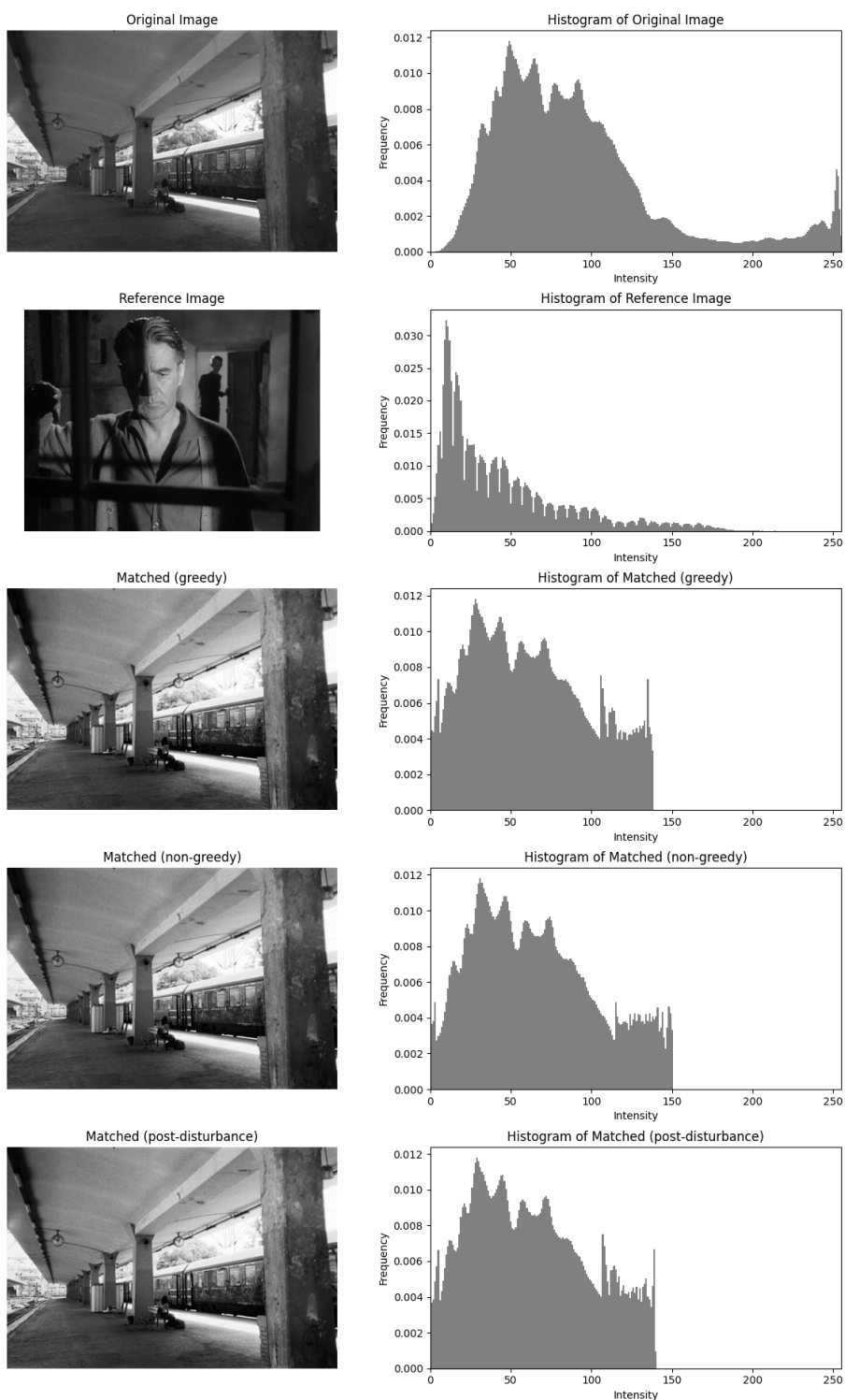


Figure 4: Matching: greedy, non-greedy, post-disturbance.

5 Κώδικας

Μπορείτε να βρείτε τον κώδικα και τα αποτελέσματα στο Github.