

# **ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΕΙΚΟΝΑΣ**

## **ΕΡΓΑΣΙΑ 1**

**ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ : ΠΙΤΤΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ**

**ΑΕΜ : 10586**

**ΙΔΡΥΜΑΤΙΚΟ EMAIL:**

**[gkpittis@ece.auth.gr](mailto:gkpittis@ece.auth.gr)**

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Εξήγηση λειτουργίας συναρτήσεων	3
Αρχείο demo.py	7
Εικόνες που παράγονται από το demo	8
Σχολιασμός Εικόνων και Ιστογραμμάτων	10

## Εξήγηση λειτουργίας συναρτήσεων

- **get equalization transform of img(img array)** : Παίρνει ως είσοδο την εικόνα `img_array`. Αρχικά, ο κώδικας διατρέχει κάθε pixel της εικόνας `img_array` και στη συνέχεια αποθηκεύει στη λίστα `levels_appearances_list` το πλήθος των εμφανίσεων των τιμών των pixels στην εικόνα. Με άλλα λόγια αποθηκεύει το πλήθος των εμφανίσεων κάθε στάθμης της εικόνας `img_array`. Κατόπιν, υπολογίζει τα συνολικά pixel της εικόνας εισόδου. Επιπλέον, χρησιμοποιεί τη μεταβλητή `sum_of_levels_appearances` προκειμένου η συνάρτηση να μπορεί να αθροίζει το πλήθος των εμφανίσεων των διαδοχικών στάθμεων της εικόνας εισόδου. Δημιουργεί τη λίστα `u_list` στην οποία αποθηκεύει όλα τα στοιχεία  $u_k$  που βρίσκονται στο αριστερό μέλος της εξίσωσης 1 (σελ 1 του pdf εκφώνησης). Το  $k$ -οστό στοιχείο της λίστας `u_list` ισούται με :  $p(x_0) + p(x_1) + \dots + p(x_k)$ . Τα  $x_0, x_1, \dots, x_k$  αποτελούν τις στάθμες της εικόνας εισόδου και τα  $p(x_0), p(x_1), \dots, p(x_k)$  αποτελούν τις πιθανότητες εμφάνισης αυτών των στάθμεων στην εικόνα εισόδου. Επομένως, γίνεται σαφές ότι τα στοιχεία `u_list[i]` θα παίρνουν τιμές μεταξύ 0 και 1 , μιας και αποτελούν άθροισμα πιθανοτήτων διαδοχικών στάθμεων. Ακόμη, η συνάρτηση δημιουργεί τη λίστα `u_list_normalized`, την οποία χρησιμοποιεί για να εξομαλύνει τις τιμές των `u_list[i]` ανάμεσα στο 0 και στο 1. Όλες οι λίστες που ανέφερα προηγουμένως έχουν μήκος ίσο με 256, όσο δηλαδή είναι το πλήθος όλων των πιθανών στάθμεων της εικόνας(στάθμη 0 έως στάθμη 255). Έπειτα, υλοποιεί την σχέση 2 ( σελ 1 του pdf εκφώνησης) ώστε να υπολογιστεί ο μετασχηματισμός εξισορρόπησης της εικόνας εισόδου. Τέλος, επιστρέφει αυτόν τον μετασχηματισμό.
- **perform global hist equalization(img array)**: Παίρνει ως είσοδο την εικόνα `img_array`. Υπολογίζει τον μετασχηματισμό εξισορρόπησης για όλη την εικόνα εισόδου. Δηλαδή πραγματοποιεί τη συμβατική διαδικασία εξισορρόπησης ιστογράμματος. Διατρέχει κάθε pixel της εικόνας `img_array` και εφαρμόζει πάνω σε αυτό τον μετασχηματισμό συμβατικής εξισορρόπησης. Επιστρέφει την εξισορροπημένη εικόνα.

- **calculate eq transformations of regions(img array, region len h, region len w)**: Παίρνει ως είσοδο την εικόνα img\_array καθώς και το ύψος(region\_len\_h) και το πλάτος (region\_len\_w) κάθε contextual region. Οι contextual regions είναι περιοχές στις οποίες διαμερίζεται η εικόνα εισόδου και η κάθε μια contextual region διαθέτει τον δικό της μετασχηματισμό εξισορρόπησης. Η συνάρτηση χρησιμοποιεί 2 nested for loops προκειμένου να φτιάξει τα επιθυμητά contextual regions. Ουσιαστικά κάθε contextual region είναι μια υπο-εικόνα της εικόνας εισόδου. Αυτές λοιπόν τις υπο-εικόνες, τις περνάει ως ορίσματα εισόδου στην συνάρτηση get\_equalization\_transform\_of\_img και με αυτόν τον τρόπο κάθε contextual region αποκτά το δικό του μετασχηματισμό εξισορρόπησης. Επιστρέφει το λεξικό region\_to\_eq\_transform. Σε αυτό το λεξικό κάθε κλειδί είναι ένα tuple που αναφέρεται σε μια συγκεκριμένη contextual region και κάθε τιμή είναι ο μετασχηματισμός εξισορρόπησης του αντίστοιχου contextual region.
- **perform adaptive hist equalization(img array, region len h, region len w)**: Παίρνει ως είσοδο την εικόνα img\_array καθώς και το ύψος(region\_len\_h) και το πλάτος (region\_len\_w) κάθε contextual region. Τα κλειδιά του λεξικού region\_to\_eq\_transform ταυτίζονται με τα tuples που αναπαριστούν το κάθε contextual region της εικόνας εισόδου και οι τιμές του λεξικού region\_to\_eq\_transform ισούνται με τους μετασχηματισμούς εξισορρόπησης των συγκεκριμένων contextual regions. Δημιουργεί το λεξικό centers\_dict, το οποίο έχει τα ίδια κλειδιά με το region\_to\_eq\_transform. Όμως, οι τιμές του centers\_dict είναι τα κέντρα των contextual regions. Επιπλέον βρίσκει τα 4 contextual regions που αναπαριστούν τις 4 γωνιακές περιοχές της εικόνας(γωνιακά contextual regions). Παράλληλα, βρίσκει τα contextual regions που υπάρχουν στο πάνω(up border), στο κάτω(down border), στο αριστερό(left border) και στο δεξί(right border) όριο της εικόνας(οριακά contextual regions). Στη συνέχεια, εντοπίζει τα pixels της εικόνας εισόδου που βρίσκονται στις γωνιακές περιοχές της και ελέγχει αν αυτά τα pixels βρίσκονται στο κόκκινο κομμάτι των περιοχών (σύμφωνα με το σχήμα 7 σελ 5 του pdf εκφώνησης). Αν αυτά τα pixels βρίσκονται στο κόκκινο κομμάτι, τότε πάνω σε κάθε τέτοιο pixel εφαρμόζεται ο μετασχηματισμός εξισορρόπησης του γωνιακού contextual

region στο οποίο βρίσκεται ώστε να υπολογιστεί η τιμή του στη εξισορροπημένη εικόνα. Αντίστοιχα, για κάθε pixel της εικόνας εισόδου που βρίσκεται στο κόκκινο κομμάτι των οριακών contextual regions, εφαρμόζεται ο μετασχηματισμός εξισορρόπησης του οριακού contextual region στο οποίο βρίσκεται ώστε να υπολογιστεί η τιμή του στη εξισορροπημένη εικόνα. Δημιουργεί το λεξικό dict\_coord , το οποίο έχει ως κλειδιά τα κέντρα όλων των contextual regions της εικόνας και ως τιμές τους αντίστοιχους μετασχηματισμούς εξισορρόπησης τους(δηλαδή έχει ίδιες τιμές με το region\_to\_eq\_transform). Στα pixels που ταυτίζονται με κέντρα contextual regions, εφαρμόζει πάνω σε αυτά μονάχα τον μετασχηματισμό εξισορρόπησης του contextual region στο οποίο βρίσκονται ώστε να υπολογιστεί η τιμή τους στη εξισορροπημένη εικόνα. Έπειτα, διατρέχει όλα τα κέντρα των contextual regions και ελέγχει αν γειτονεύουν με άλλα κέντρα εντός των ορίων της εικόνας. Αν κάτι τέτοιο συμβαίνει, τότε υπολογίζει τα άλλα 3 γειτονικά κέντρα για κάθε κέντρο. Έτσι, δημιουργούνται νέες περιοχές με κορυφές 4 γειτονικά κέντρα. Όσα pixel της εικόνας βρίσκονται εντός αυτών των περιοχών(δηλαδή είναι inner points), τότε η τιμή τους στην εξισορροπημένη εικόνα υπολογίζεται με την χρήση της διγραμμικής παρεμβολής της εξίσωσης 4 (σελ 3 του pdf εκφώνησης). Δηλαδή, στον υπολογισμό της τιμής τους συμμετέχουν οι μετασχηματισμοί εξισορρόπησης των contextual regions στα οποία βρίσκονται τα 4 εκάστοτε γειτονικά κέντρα. Επιστρέφει την εξισορροπημένη εικόνα(equalized\_img).

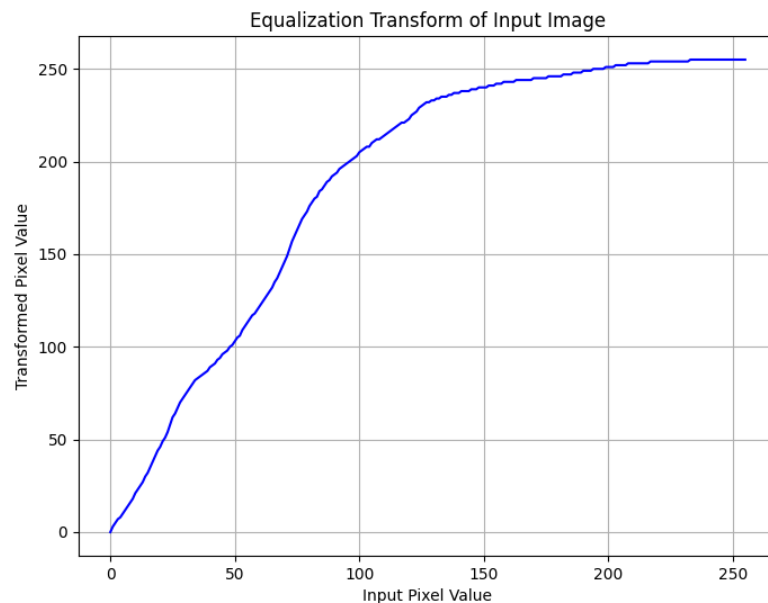
- Δημιούργησα ακόμη 2 συναρτήσεις για τον υπολογισμό των ιστογραμμάτων των ζητούμενων εικόνων, τις οποίες καλώ στο demo. Πρόκειται για τις :
  - **show\_image\_and\_plot\_histogram(img\_array, name\_histogram, name\_photo)** : Παίρνει ως όρισμα εισόδου την εικόνα(img\_array) για την οποία θέλω να παράξω ιστόγραμμα. Επίσης, παίρνει ως όρισμα εισόδου το όνομα του ιστογράμματος και το όνομα της φωτογραφίας που θα εμφανιστούν στο τελικό σχήμα που παράγει η συνάρτηση. Η συνάρτηση παράγει το ιστόγραμμα της εικόνας εισόδου και το εμφανίζει μαζί με την εικόνα εισόδου σε ένα λευκό πλαίσιο.

- show image and plot histogram for 2 images(img\_array1, img\_array2, name\_histogram1, name\_photo1, name\_histogram2, name\_photo2) : Επιτελεί ακριβώς την ίδια λειτουργία με την προηγούμενη συνάρτηση. Η μόνη διαφορά είναι ότι μπορεί να παράξει και να εμφανίσει ταυτόχρονα τα ιστογράμματα 2 εικόνων. Τις 2 αυτές εικόνες τις παίρνει ως είσοδο(img\_array1, img\_array2). Επίσης, ως είσοδο παίρνει τα ονόματα των ιστογραμμάτων και τα ονόματα των φωτογραφιών που θα εμφανιστούν στο τελικό σχήμα που παράγει η συνάρτηση. Η συνάρτηση παράγει τα ιστογράμματα των εικόνων εισόδου και τα εμφανίζει μαζί με τις αντίστοιχες εικόνες εισόδου σε ένα λευκό πλαίσιο.

## Αρχείο demo.py

Στο demo χρησιμοποιώ τις συναρτήσεις που προανέφερα προκειμένου να παράξω τα ζητούμενα αποτελέσματα.

Γραμμές κώδικα στο demo : (20 – 27).



*Εικόνα 1 : Απεικόνιση μετασχηματισμού εξισορρόπησης*

Παρουσιάζω σε μορφή διαγράμματος την απεικόνιση (μετασχηματισμό εξισορρόπησης) της εικόνας input\_img.png και παρατηρώ ότι αρκετές στάθμες της αρχικής εικόνας(πριν τον μετασχηματισμό) απεικονίζονται στην ίδια στάθμη της τελικής εικόνας(μετά τον μετασχηματισμό). Αυτό γίνεται αντιληπτό και από το γεγονός, ότι μειώνεται συνεχώς η κλίση της καμπύλης του διαγράμματος με την αύξηση των τιμών των pixels της αρχικής εικόνας.

Γραμμές κώδικα στο demo : (36 – 68). Υπολογίζω την εξισορροπημένη εικόνα , εάν στη μέθοδο AHE δε γίνει χρήση της διγραμμικής παρεμβολής. Δηλαδή, χρησιμοποιώ για την κάθε contextual region τον δικό της μετασχηματισμό εξισορρόπησης. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι δεν γίνεται πλέον διαχωρισμός των pixels σε outer points και inner points. Αντίθετα, βρίσκω σε ποιο contextual region βρίσκεται το κάθε pixel της εικόνας και εφαρμόζω πάνω σε αυτό τον μετασχηματισμό εξισορρόπησης του δικού του contextual region. Έτσι, βρίσκω τη τιμή του στην εξισορροπημένη εικόνα.

## Εικόνες που παράγονται από το demo



Εικόνα 2 : Δοσμένη εικόνα σε grayscale (input\_img\_grayscale.png)



Εικόνα 3 : Η εικόνα που παράγεται με συμβατική εξισορρόπηση ιστογράμματος (equalized\_img\_global.png)





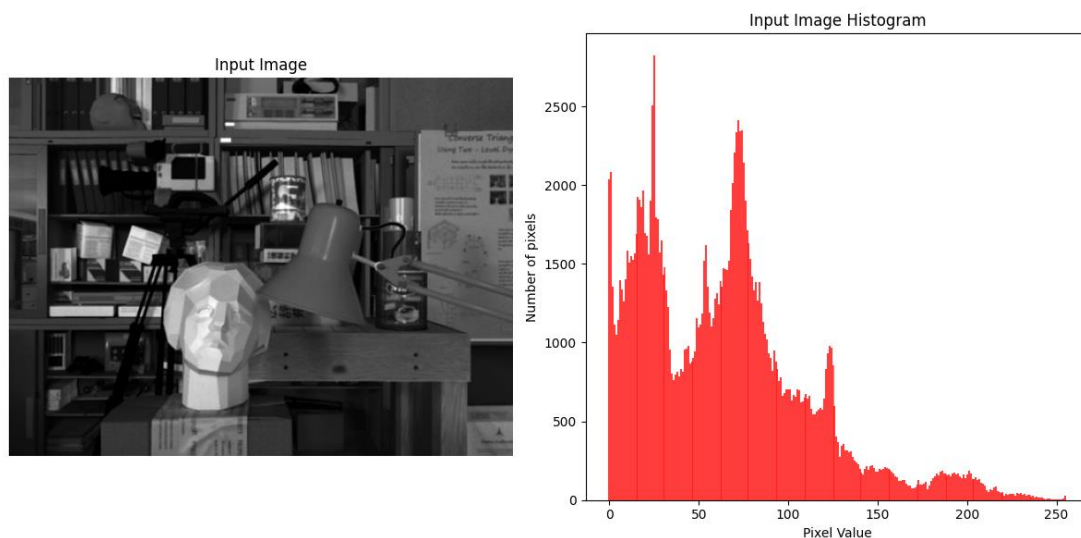
Εικόνα 4 : Η εικόνα που παράγεται με προσαρμοστική εξισορρόπηση ιστογράμματος (AHE) (equalized\_img\_adaptive.png)



Εικόνα 5 : Η εικόνα που παράγεται με προσαρμοστική εξισορρόπηση ιστογράμματος (AHE) χωρίς την χρήση διγραμμικής παρεμβολής (equalized\_img\_wrong\_adaptive.png)

# Σχολιασμός Εικόνων και Ιστογραμμάτων

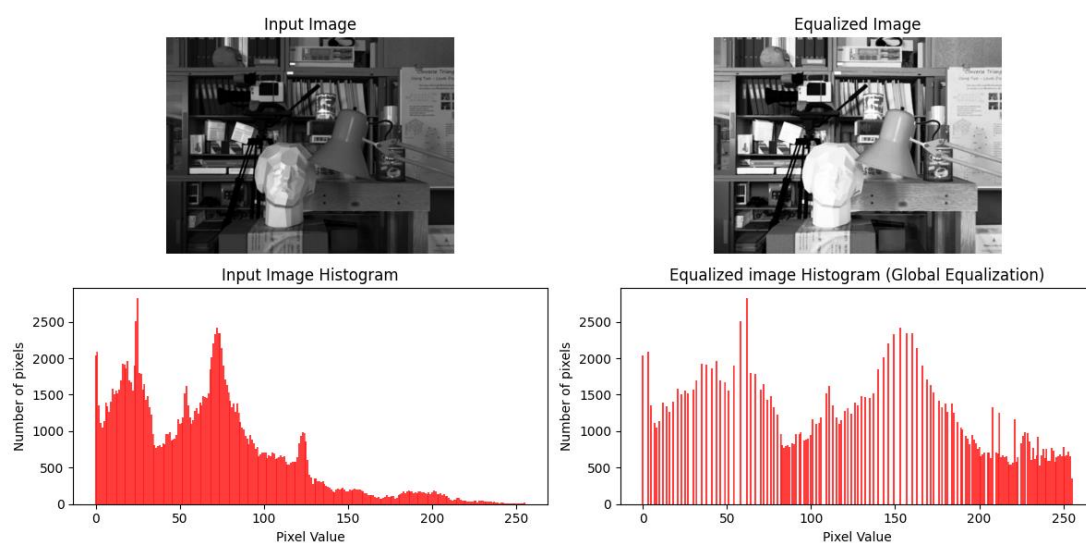
1)



Εικόνα 6 : Η δοσμένη εικόνα σε grayscale με το ιστόγραμμα της

Στον κατακόρυφο άξονα του ιστογράμματος βρίσκεται το πλήθος των pixels της εικόνας που έχουν μια συγκεκριμένη τιμή. Στον οριζόντιο άξονα βρίσκονται όλες οι τιμές των pixels της εικόνας (από 0 μέχρι 255).

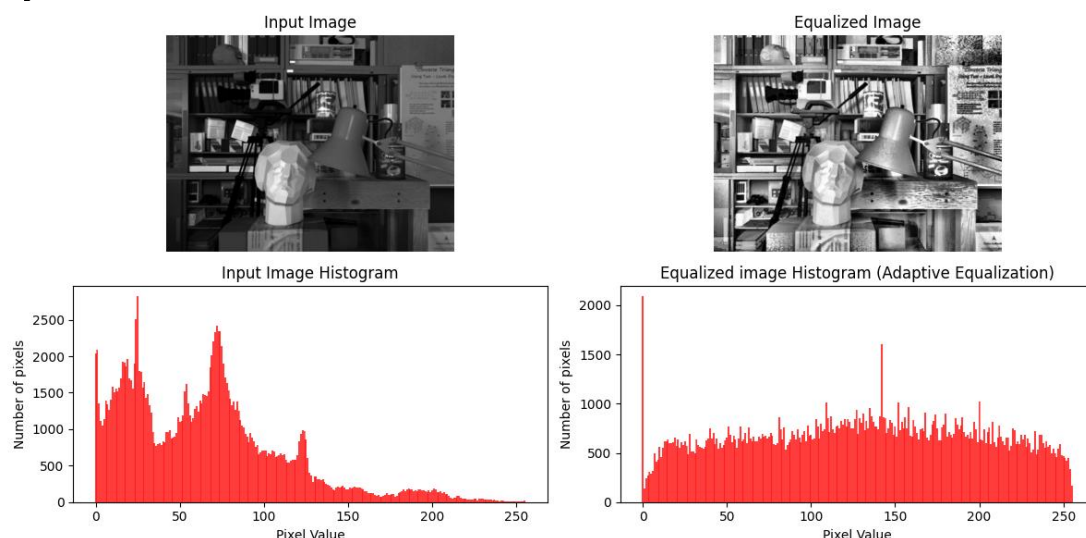
2)



Εικόνα 7 : δοσμένη εικόνα σε σύγκριση με την εικόνα που παράχθηκε με συμβατική εξισορρόπηση

Παρατηρούμε ότι η εξισορροπημένη εικόνα εμφανίζει καλύτερο contrast από την δοσμένη εικόνα. Έτσι λοιπόν, στην εξισορροπημένη εικόνα διακρίνονται με μεγάλη ευκολία τα αντικείμενα που βρίσκονται στο εσωτερικό της. Αντίθετα, στη δοσμένη εικόνα δυσκολεύομαι αρκετά για να παρατηρήσω τα ίδια αντικείμενα και τις επιμέρους λεπτομέρειές τους. Επίσης, η εξισορροπημένη εικόνα είναι αρκετά πιο φωτεινή από την δοσμένη εικόνα. Στο ιστόγραμμα της εξισορροπημένης εικόνας φαίνεται ότι “λείπουν στάθμες”. Κάτι τέτοιο όμως δεν ισχύει, διότι αρκετές στάθμες της δοσμένης εικόνας απεικονίζονται στην ίδια στάθμη στην εξισορροπημένη εικόνα. Για τον λόγο αυτό παρουσιάζονται “κενά” στο ιστόγραμμα της εξισορροπημένης εικόνας.

3)

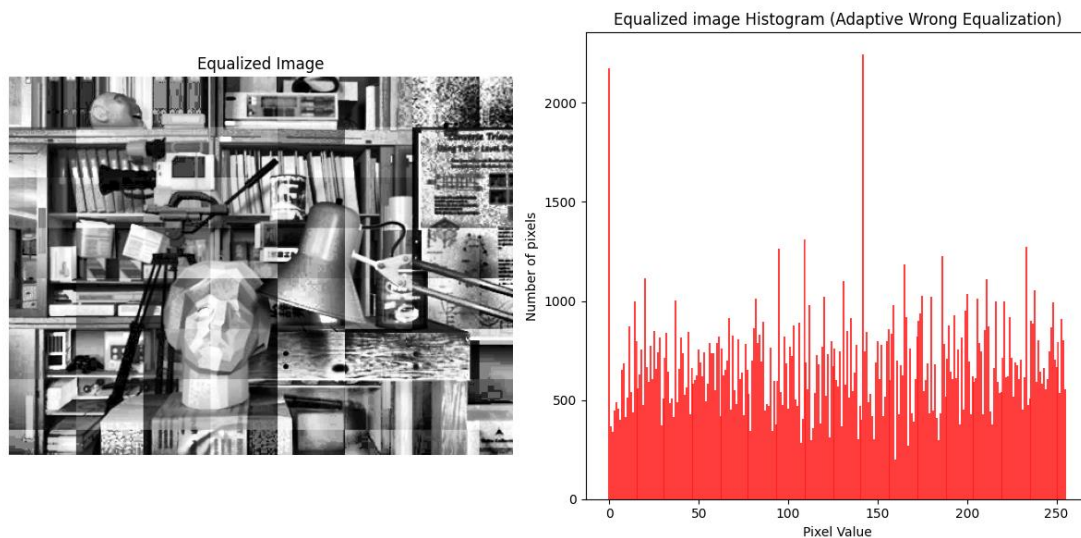


*Εικόνα 8 : Η δοσμένη εικόνα σε σύγκριση με την εικόνα που παράχθηκε με προσαρμοστική εξισορρόπηση ιστογράμματος (AHE)*

Η εξισορροπημένη εικόνα που παράγεται από τον αλγόριθμο AHE είναι λιγότερο φωτεινή από εκείνη που παράγεται με συμβατική εξισορρόπηση ιστογράμματος. Όμως, η εξισορροπημένη εικόνα που παράγεται από τον αλγόριθμο AHE έχει αρκετά καλύτερο contrast με αποτέλεσμα τόσο τα αντικείμενα στο εσωτερικό της εικόνας όσο και οι επιμέρους λεπτομέρειες των αντικειμένων να αναδεικνύονται αποτελεσματικότερα. Επίσης, πετυχαίνω πολύ καλύτερη εξισορρόπηση ιστογράμματος διότι σχεδόν όλες οι στάθμες της εξισορροπημένης εικόνας έχουν παρόμοια πιθανότητα. Δηλαδή, το

πλήθος των pixels που λαμβάνει μια συγκεκριμένη τιμή είναι παρόμοιο για κάθε τιμή.

4)



*Εικόνα 9 : Η εικόνα που παράγεται από τον αλγόριθμο ΑΗΕ χωρίς τη χρήση διγραμμικής παρεμβολής και το ιστόγραμμα της*

Παρατηρώ πως αν εφαρμόσω τον αλγόριθμο ΑΗΕ, χωρίς την χρήση παρεμβολής για τα inner points, τότε στην εικόνα που προκύπτει διακρίνονται τα σύνορα των contextual regions. Η εξισορρόπηση του ιστογράμματος είναι σαφώς χειρότερη από την περίπτωση 3).

**ΠΡΟΣΟΧΗ :** Για να τρέξει το demo.py πρέπει να αντικαταστήσετε τα paths των φωτογραφιών με paths που υπάρχουν στον υπολογιστή σας.