



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών
Υπολογιστών

«Bayer, downsampling, quantization & PPM representation»

1^η Εργασία στο μάθημα

«Ψηφιακή Επεξεργασία Εικόνας»

της φοιτήτριας

Κελέση Ελπίδας, ΑΕΜ : 9410

Διδάσκοντες : Καθ. Α. Ντελόπουλος, Κ. Κυρίτσης, Α. Παπαδόπουλος

Υπεύθυνος εργασίας : Καθ. Α. Ντελόπουλος

Θεσσαλονίκη, Εαρινό εξάμηνο 2020-2021

Πίνακας περιεχομένων

1 Φίλτρο Bayer	Σελ 2
1.1 Εισαγωγή και θεωρητικό υπόβαθρο.....	Σελ 2
1.2 Κώδικας MATLAB και αποτελέσματα.....	Σελ 4
2. Υποδειγματοληψία Εικόνας.....	Σελ 5
2.1 Θεωρητική Ανάλυση.....	Σελ 5
2.2 Κώδικας MATLAB και αποτελέσματα	Σελ 6
3. Κβαντισμός και Αποκβαντισμός Εικόνας	Σελ 8
3.1 Θεωρητική Ανάλυση.....	Σελ 8
3.2 Κώδικας MATLAB και αποτελέσματα	Σελ 9
4. Πρότυπο PPM.....	Σελ 10
4.1 Κώδικας MATLAB και αποτελέσματα	Σελ 10
5. Βιβλιογραφία.....	Σελ 11

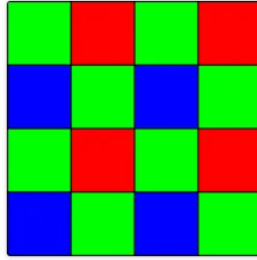
1. Φίλτρο Bayer

1.1 Εισαγωγή και θεωρητικό υπόβαθρο

Υπάρχουν πολλές και διαφορετικές μέθοδοι μέσω των οποίων μπορεί να ληφθεί έγχρωμη εικόνα από έναν αισθητήρα εικόνας. Από αυτές, το φίλτρο Bayer χρησιμοποιείται ευρέως σήμερα και με αυτό θα ασχοληθούμε σε αυτό το κομμάτι τη εργασίας.

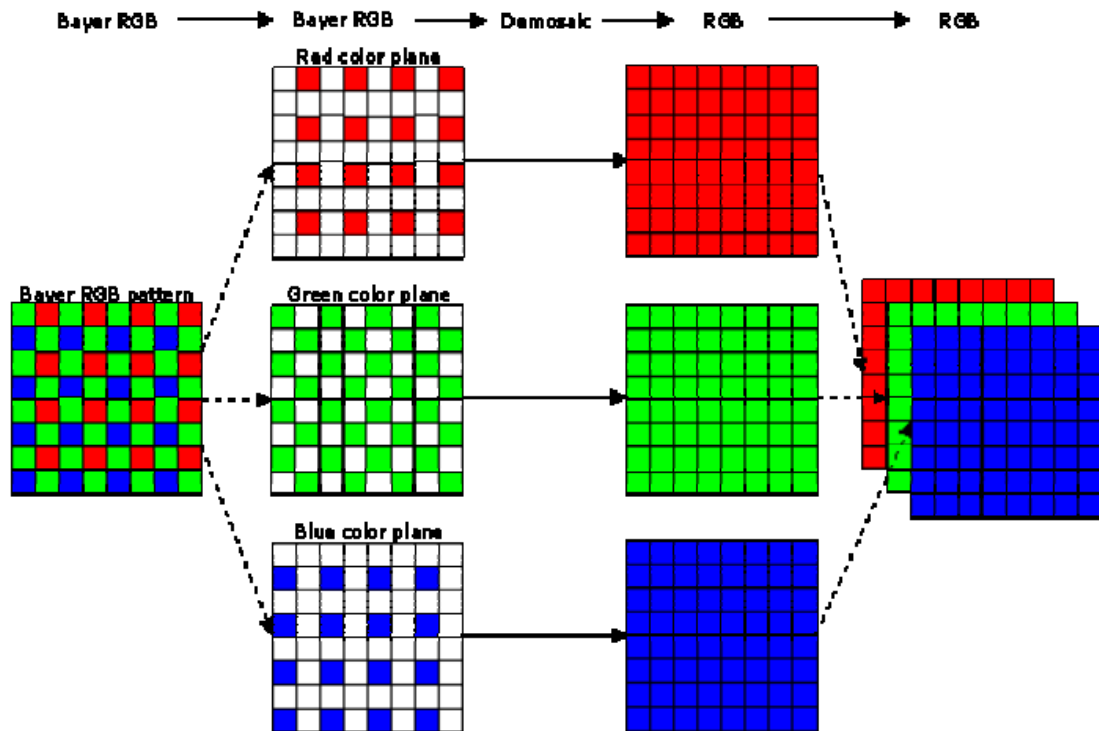
Για να σχηματίσουμε μια έγχρωμη εικόνα, πρέπει να συλλέξουμε πληροφορίες σε μήκη κύματος RGB για όλα τα pixel ή τους αισθητήρες. Το RGB (για την αναφορά θα χρησιμοποιήσω την εξής γραφή : $R \rightarrow \text{Red}$, $G \rightarrow \text{Green}$, $B \rightarrow \text{Blue}$), έγχρωμο μοντέλο είναι ένα πρόσθετο χρωματικό μοντέλο στο οποίο το κόκκινο, το πράσινο και το μπλε φως προστίθενται μαζί με διάφορους τρόπους για την αναπαράγωγή μιας ευρείας σειράς χρωμάτων.

Αυτή η διαδικασία όμως, είναι δαπανηρή τόσο ως προς τον χρόνο όσο και για τα χρήματα. Έτσι, το 1976, ο Bayer σκέφτηκε μια εναλλακτική λύση, αντί να καταγράφει όλες τις πληροφορίες RGB σε κάθε pixel, σκέφτηκε να καταγράψει μία από τις RGB για κάθε pixel. Τώρα, κάθε εικονοστοιχείο θα περιέχει είτε R, G είτε B . Για να είναι σε θέση να σχηματίσει μια έγχρωμη εικόνα, αποφάσισε ότι τα 50% εικονοστοιχεία είναι πράσινα και θα παραμείνουν εξίσου 25% κόκκινα και 25% μπλε (για να μιμούνται το ανθρώπινο μάτι) και αυτά είναι διατεταγμένα σε μοτίβο ως εξής:



Πηγή : <https://theailearner.com/2018/10/28/bayer-filter/>

Στη συνέχεια, θα χρησιμοποιούσε interpolation ή color demosaicing algorithm για να βρει τις πληροφορίες που λείπουν, για παράδειγμα στη λήψη εικονοστοιχείων, το κόκκινο θα χρειαστεί πράσινο και μπλε και ούτω καθεξής. Η συνολική διαδικασία από την έγχρωμη εικόνα Bayer έως RGB μπορεί να συνοψιστεί ως :



Πηγή : ALGEBRAIC MODELING OF TRANSFORMATIONS FROM BAYER TO RGB IMAGES - TSENGELIDIS SAVVAS

Έτσι, με το φίλτρο Bayer, αποθηκεύουμε μόνο μία έγχρωμη πληροφορία (είτε R, G είτε B) σε κάθε pixel που μειώνει τον χρόνο και το κόστος υπολογισμού διατηρώντας ταυτόχρονα την ποιότητα της εικόνας. Το οποίο είναι ακριβώς αυτό που κάναμε και στον κώδικά μας στο MATLAB, με μόνη διαφορά ότι στην περίπτωση μας είναι ανάποδα το μπλε με το κόκκινο.

1.2 Κώδικας MATLAB και αποτελέσματα

Στο πρώτο ερώτημα υλοποιήθηκε μόνο η συνάρτηση ανακατασκευής τριχρωματικής εικόνας RGB από εικόνα Bayer, που λήφθηκε από τον πίνακα march.mat.

Bayer2rgb(xb) : Η συνάρτηση αυτή δέχεται σαν όρισμα τον $[M_o \times N_o]$ πίνακα xb , που έχει τις τιμές του στο αρχείο march.mat. Αρχικοποιεί τον πίνακα $xrgb$ με μηδενικά και διαστάσεις $[M_o \times N_o \times 3]$, καθώς η εικόνα RGB που θα λάβουμε μέσω της συνέλιξης, θα έχει αυτές τις διαστάσεις. Στη συνέχεια αρχικοποιεί με μηδενικά τους πίνακες r, g, b , έναν για κάθε χρώμα, και εισάγει τιμές από τον xb , δηλαδή την εικόνα Bayer, σύμφωνα με τις δομή των Red, Green και Blue color plane πινάκων ανά χρώμα που είδαμε παραπάνω. Μετά γεμίζει τα κενά αυτών πινάκων και δημιουργεί μέσω συνέλιξης του πίνακες τελικούς RGB πίνακες για κάθε χρώμα. Η συνέλιξη γίνεται μεταξύ των πινάκων kernel συνέλιξης για bilinear interpolation (“averaging”) κάθε χρώματος και των πινάκων r, g, b . Στο τέλος εισάγονται αυτοί οι τρεις πίνακες στον xb , με αντιστοιχία - χρώμα ανά διάσταση- και λαμβάνουμε μέσω του demo1 την τελική μας εικόνα.

Τα kernel συνέλιξης είναι :

$$K_B = K_R = \frac{1}{4} \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} \quad \text{και} \quad K_G = \frac{1}{4} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Τα αποτελέσματα είναι τα εξής :



Η εικόνα στα αριστερά είναι η εικόνα που μας δόθηκε από την εκφώνηση και η εικόνα στα δεξιά είναι αυτή που λαμβάνουμε από τον κώδικά μας.

Σχετικά με το αν επιτυγχάνεται το averaging, σύμφωνα με τους πίνακες K_B , K_R και K_G βλέπουμε πως ο όρος $\frac{1}{4}$ υποδηλώνει ένα μέσο όρο, δεδομένου ότι σε κάθε color plane πίνακα ένα κουτάκι με χρώμα, έχει μέχρι 4 γύρω του τα οποία δεν είναι κενά. Ωστόσο επειδή σε πολλές περιπτώσεις έχει 2 ή 3 (αν βρίσκεται στην άκρη) έχει ως αποτέλεσμα να μην είναι ακριβώς μέσος όρος. Οπότε θα έλεγα ότι το averaging επιτυγχάνεται στις περισσότερες περιπτώσεις.

2. Υποδειγματοληψία Εικόνας

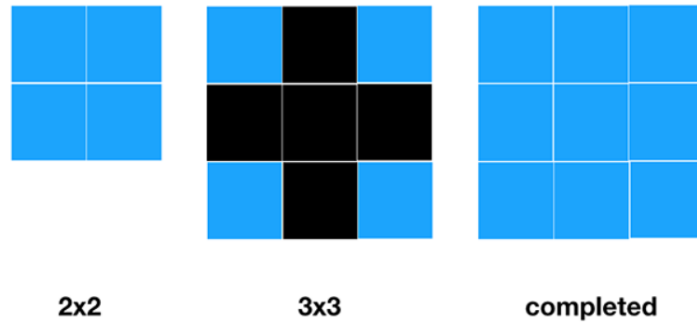
2.1 Θεωρητική ανάλυση

Η παρεμβολή εικόνας (image interpolation) συμβαίνει όταν αλλάζει το μέγεθος ή παραμορφώνεται η εικόνα από το πλέγμα ενός pixel στο άλλο. Η αλλαγή μεγέθους εικόνας είναι απαραίτητη όταν πρέπει να αυξηθεί ή να μειωθεί ο συνολικός αριθμός των pixel, ενώ η επανατοποθέτηση μπορεί να πραγματοποιηθεί όταν διορθώνεται η παραμόρφωση φακού ή περιστρέφεται μια εικόνα. Η μεγέθυνση αναφέρεται στην αύξηση της ποσότητας των pixel, έτσι ώστε όταν επιτυγχάνεται ζουμ μιας εικόνας, να φαίνονται περισσότερες λεπτομέρειες.

Η παρεμβολή λειτουργεί χρησιμοποιώντας γνωστά δεδομένα για την εκτίμηση τιμών σε άγνωστα σημεία. Η παρεμβολή εικόνας λειτουργεί σε δύο κατευθύνσεις και προσπαθεί να επιτύχει την καλύτερη προσέγγιση της έντασης ενός pixel με βάση τις τιμές στα γύρω pixel. Οι κοινοί αλγόριθμοι παρεμβολής μπορούν να ομαδοποιηθούν σε δύο κατηγορίες: προσαρμοστικοί και μη προσαρμοστικοί. Οι προσαρμοστικές μέθοδοι αλλάζουν ανάλογα με το τι παρεμβάλλονται, ενώ οι μη προσαρμοστικές μέθοδοι αντιμετωπίζουν όλα τα pixel εξίσου. Οι μη προσαρμοστικοί αλγόριθμοι περιλαμβάνουν: nearest neighbor, bilinear, bicubic, spline, sinc, lanczos και άλλα.

Nearest Neighbor :

Η πλησιέστερη γειτονική παρεμβολή είναι η πιο γρήγορη και απλούστερη προσέγγιση στην παρεμβολή. Αντί να υπολογίσει μια μέση τιμή με κάποια κριτήρια στάθμισης ή να δημιουργήσει μια ενδιάμεση τιμή με βάση περίπλοκους κανόνες, αυτή η μέθοδος αντικαθιστά κάθε pixel με το πλησιέστερο pixel στην έξοδο. Κατά την κλιμάκωση μιας εικόνας, πολλαπλά εικονοστοιχεία του ίδιου χρώματος θα αντιγράφονται σε όλη την εικόνα. Για παράδειγμα, ας πούμε ότι έχουμε μια περιοχή εικόνας 2x2 μπλε pixel. Όταν το αναβαθμίζουμε σε 3x3, δημιουργούμε 5 επιπλέον εικονοστοιχεία, τα μαύρα εικονοστοιχεία, τα οποία αντιπροσωπεύουν κενά διαστήματα όπου απαιτείται παρεμβολή. Χρησιμοποιώντας το Nearest Neighbor, ο αλγόριθμος χρησιμοποιεί απλώς το χρώμα του μπλε εικονοστοιχείου για εκχώρηση στα νέα εικονοστοιχεία και η πλήρης εικόνα είναι το αποτέλεσμα του αλγορίθμου αυτού. Ένα πρόβλημα που μπορεί να εισαγάγει είναι οι οδοντωτές άκρες, οπότε απαιτείται βελτίωση της διαδικασίας.



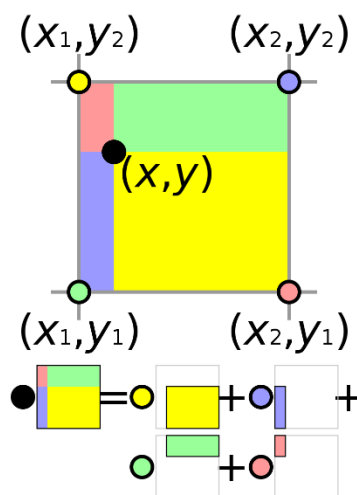
Πηγή : <https://medium.com/hd-pro/jpeg-image-scaling-algorithms-913987c9d588>

Η κλιμάκωση μπορεί να είναι είτε μεγέθυνση είτε συρρίκνωση. Στην πρώτη περίπτωση όπως είπα και παραπάνω η μέθοδος του Nearest Neighbor θα έχει ως αποτέλεσμα αν η κλίμακα μεγέθυνσης είναι δύο, κάθε pixel να έχει διπλασιαστεί σε μέγεθος. Ενώ στη δεύτερη περίπτωση, η συρρίκνωση, συνεπάγεται μείωση των pixel, που έχει ως επακόλουθο να χαθεί πληροφορία. Επομένως η μέθοδος στη δεύτερη περίπτωση, προσπαθεί να βρει τα σωστά εικονοστοιχεία που θα χαθούν.

Bilinear :

Αυτή η μέθοδος παρεμβάλλει εικονοστοιχεία πολύ καλύτερα από τη μέθοδο του Nearest Neighbor. Χρησιμοποιεί την ίδια προσέγγιση, αλλά ο υπολογισμός είναι πολύ πιο περίπλοκος. Η τεχνική θα ορίσει την τιμή του στοιχείου σύμφωνα με τα πλησιέστερα pixel. Παίρνει ένα δείγμα 2x2 ή 4 pixel από τα 4 πλησιέστερα κελιά του πλέγματος και εφαρμόζει βάρη με βάση την απόσταση. Η μέθοδος αυτή δεν είναι συνεχής σε τετράγωνα όρια, επομένως τα χρώματα δεν είναι ακτινωτά συμμετρικά.

Αντί να αντιγράφει πρακτικά τα γειτονικά εικονοστοιχεία, χρησιμοποιεί την τεχνική παρεμβολής που βασίζεται σε περιβάλλοντα εικονοστοιχεία για την παραγωγή πολύ πιο ομαλής κλιμάκωσης.



Πηγή : https://en.wikipedia.org/wiki/Bilinear_interpolation

2.2 Κώδικας MATLAB και αποτελέσματα

Στο δεύτερο ερώτημα υλοποιήθηκε μόνο η συνάρτηση υποδειγματοληψίας της RGB εικόνας, που σχηματίσαμε στο πρώτο ερώτημα, με δύο μεθόδους, τη μέθοδο nearest και linear.

Myresize(xrgb, N, M, method): Η συνάρτηση αυτή αρχικοποιεί με μηδενικά τους πίνακες r,g,b, έναν για κάθε χρώμα(κόκκινο, μπλε και πράσινο) και αναθέτει σε κάθε διάσταση του πίνακα [xrgb] από έναν. Μετά, ανάλογα με τη μέθοδο υποδειγματοληπτεί την RGB εικόνα. Στη μέθοδο nearest, αρχικά ορίζεται ο τύπος του νέου ύψους και πλάτους. Ο υπολογισμός γίνεται από τον τύπο παλιό/νέο (ύψος/πλάτος). Στη συνέχεια μέσω δύο for ψάχνει να βρει τις πιο κοντινές συνταγμένες ως προς τις νέες μέσω στρογγυλοποίησης, ώστε με να αντικαταστήσει τις τιμές των νέων, με τις αντίστοιχες τιμές του αρχικού πίνακα. Στη μέθοδο linear, αρχικά ορίζεται ο τύπος του νέου ύψους και πλάτους. Ο υπολογισμός γίνεται από τον τύπο παλιό/νέο (ύψος/πλάτος). Στη συνέχεια κάνουμε γραμμική παρεμβολή ως προς το ύψος και το πλάτος.

Τα αποτελέσματα είναι τα εξής :

Resized Image with the method Nearest



Resized Image with the method Linear



RGB Image from Bayer Filter

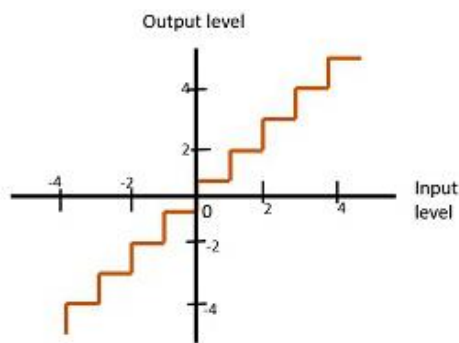


Αν και η κλιμάκωση του πλησιέστερου γείτονα δεν επιτυγχάνει εξαιρετικά αποτελέσματα, το πλεονέκτημά της είναι η ταχύτητα λόγω της απλότητας των υπολογισμών. Χρησιμοποιείται σε ορισμένα συστήματα για την παραγωγή μικρογραφιών και εικονιδίων από εικόνες όπου η ταχύτητα είναι ουσιαστική. Όπως παρατηρούμε η linear είναι πιο ακριβής, το οποίο είναι και λογικό καθώς το αποτέλεσμα βγαίνει μέσω της διγραμμικής παρεμβολής.

3. Κβαντισμός και Αποκβαντισμός Εικόνας

3.1 Θεωρητική ανάλυση

Ο κβαντισμός είναι η διαδικασία χαρτογράφησης συνεχών άπειρων τιμών σε μικρότερο σύνολο διακριτών πεπερασμένων τιμών. Στο πλαίσιο της προσομοίωσης και του ενσωματωμένου υπολογιστή, πρόκειται για την προσέγγιση των πραγματικών τιμών με μια ψηφιακή αναπαράσταση που εισάγει όρια στην ακρίβεια και το εύρος μιας τιμής. Ο κβαντισμός αναφέρεται στη διακριτοποίηση της τιμής f του κάθε εικονοστοιχείου (δηλαδή του πεδίου τιμών).



Πηγή : <https://www.hebergementwebs.com/digital-communication-tutorial/digital-communication-quantification>

3.2 Κώδικας MATLAB και αποτελέσματα

Στο τρίτο ερώτημα υλοποιήθηκαν οι συναρτήσεις myquant, mydequant, imagequant, imagedequant.

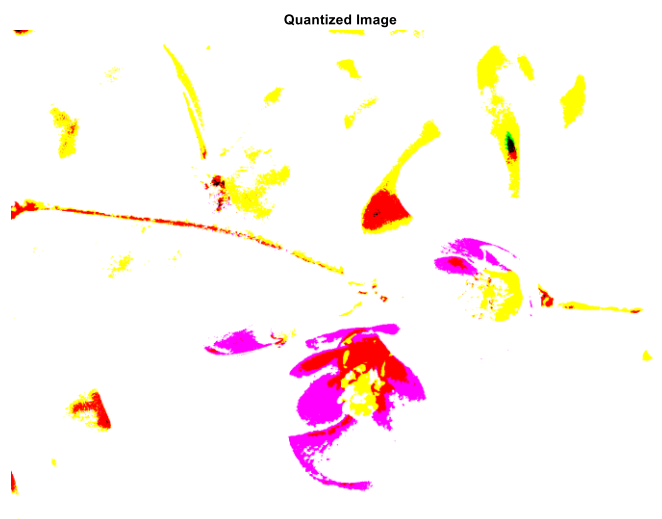
Myquant(x, w): Η συνάρτηση αυτή κβαντίζει και κωδικοποιεί το αριθμητικό αντικείμενο x σύμφωνα με το πλάτος w. Πρακτικά δηλαδή διαιρεί ακέραια το x με το w και βρίσκει το κβαντισμένο q.

Mydequant(q, w): Η συνάρτηση αυτή μας δίνει τιμές στην μέση του διαστήματος κβαντισμού.

Imagequant(x, w1, w2, w3): Η συνάρτηση αυτή κβαντίζει και κωδικοποιεί μια δεδομένη εικόνα σύμφωνα με την myquant για κάθε κανάλι χρώματος.

Imagedequant(q, w1, w2, w3): Η συνάρτηση αυτή αποκβαντίζει και κωδικοποιεί μια δεδομένη εικόνα σύμφωνα με την mydequant για κάθε κανάλι χρώματος.

Τα αποτελέσματα είναι τα εξής :



Dequantized Image



4. Πρότυπο PPM

4.1 Κώδικας MATLAB και αποτελέσματα

Στο τέταρτο ερώτημα υλοποιήθηκε η συνάρτηση `saveasppm`.

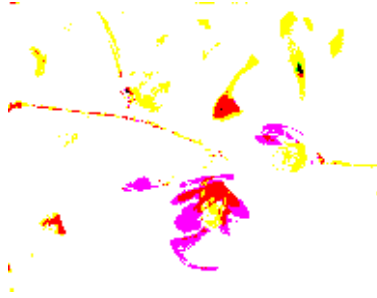
Saveasppm(x, filename, K): Η συνάρτηση αυτή υλοποιεί έναν κωδικοποιητή σύμφωνα με το πρότυπο PPM. Συνδυάζει και τα 3 χρώματα σε έναν πίνακα `img` και μετά δημιουργεί το `ppm` αρχείο.

Τα αποτελέσματα είναι τα εξής :

Resized Image with the method Linear



Quantized Image



PPM Image



5. Βιβλιογραφία

Papers :

Algebraic Modeling Of Transformations From Bayer to RGB Images - Tsengelidis Savvas

Image Demosaicing - Ruiwen Zhen and Robert L. Stevenson

Ηλεκτρονικές πηγές :

<https://theailearner.com/2018/10/28/bayer-filter/>

https://en.wikipedia.org/wiki/RGB_color_model

<https://sisu.ut.ee/imageprocessing/book/3>

<https://medium.com/hd-pro/jpeg-image-scaling-algorithms-913987c9d588>

<http://tech-algorithm.com/articles/nearest-neighbor-image-scaling/>

https://en.wikipedia.org/wiki/Bilinear_interpolation

<http://tech-algorithm.com/articles/bilinear-image-scaling/>

[https://en.wikipedia.org/wiki/Quantization_\(signal_processing\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Quantization_(signal_processing))

<https://www.hebergementwebs.com/digital-communication-tutorial/digital-communication-quantification>