



Ψηφιακής Επεξεργασίας Εικόνας
-Εργασία 2-
Image Segmentation

Αλέξανδρος Πετρίδης

Τελευταία ενημέρωση: 27 Μαΐου 2021

Περιεχόμενα

| | | |
|----------|---|----------|
| 1 | Αναπαράσταση εικόνων σαν γράφους | 3 |
| 2 | Image segmentation με τη μέθοδο spectral clustering | 3 |
| 2.1 | Αποτελέσματα Demo 1 | 3 |
| 2.2 | Αποτελέσματα Demo 2 | 4 |
| 2.3 | Σχολιασμός αποτελεσμάτων | 4 |
| 3 | Image segmentation με τη μέθοδο normalized cuts | 5 |
| 3.1 | Αποτελέσματα Demo 3a | 5 |
| 3.2 | Αποτελέσματα Demo 3b | 6 |
| 3.3 | Αποτελέσματα Demo 3c | 7 |
| 3.4 | Σχολιασμός αποτελεσμάτων | 8 |
| 4 | Αναπαράσταση των εικόνων μετά το <i>segmentation</i> | 8 |

1 Αναπαράσταση εικόνων σαν γράφους

Σε αυτή την ενότητα κατασκευάστηκε η ρουτίνα `Image2Graph` η οποία δέχεται σαν είσοδο μια εικόνα με n κανάλια και επιστρέφει τον πίνακα *Affinity* ο οποίος περιγράφει ένα μη-κατευθυντικό γράφο $G = (V, E)$. Κάθε *pixel* της εικόνας αποτελεί ένα *node* του τελικού γράφου και οι τιμές των ακμών του γράφου υπολογίζονται από τον τύπο $A(i, j) = \frac{1}{e^{d(i, j)}}$, όπου $d(i, j)$ είναι η Ευκλείδεια απόσταση της φωτεινότητας των καναλιών του i -οστού και του j -οστού *pixel*. Υπολογίζεται από $d(i, j) = \sqrt{\sum^n (Im(i, n) - Im(j, n))^2}$ όπου $Im(i, n)$ είναι η φωτεινότητα στο n κανάλι του *pixel* i και το άθροισμα εφαρμόζεται για όλα τα κανάλια.

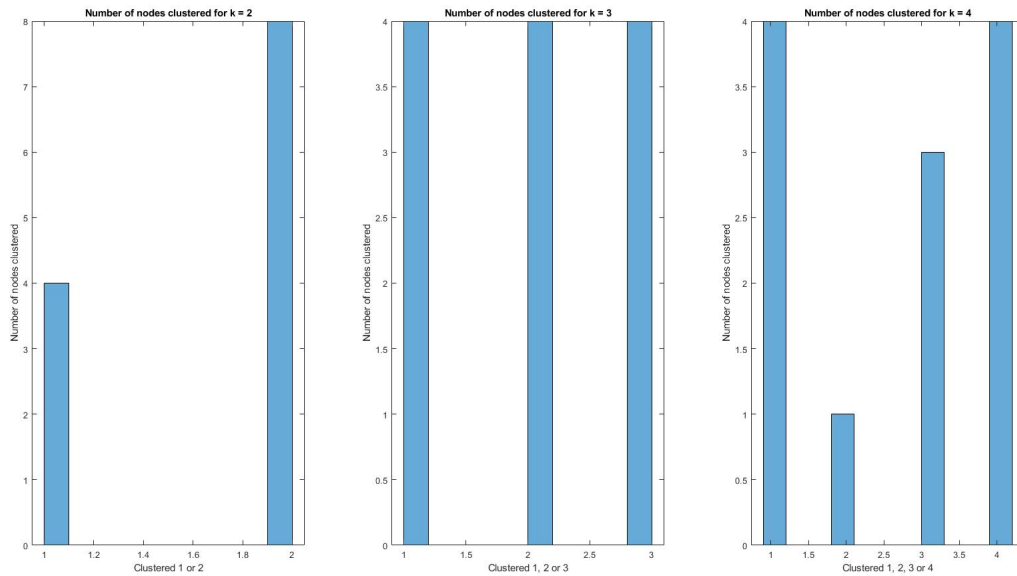
2 Image segmentation με τη μέθοδο spectral clustering

Σε αυτή την ενότητα θα δημιουργήσουμε την ρουτίνα `mySpectralClustering` η οποία παίρνει ως όρισμα ένα πίνακα *affinity* ο οποίος περιγράφει ένα μη κατευθυντικό γράφο (αποτέλεσμα της ρουτίνας από την Ενότητα 1), θα ακολουθήσουμε τα παρακάτω βήματα έτσι ώστε να επιστρέφει τις ετικέτες των *clusters* στις οποίες ανοίχουν οι κορυφές του γράφου.

1. Υπολογίζουμε τον Λαπλασιανό πίνακα ως $L = D - W$, όπου W ο *affinity* πίνακας που περιγράφει τον γράφο και $D(i, i) = \sum_j W(i, j)$, ένας διαγώνιος πίνακας ο οποίος περιέχει τα αθροίσματα των γραμμών του πίνακα W .
2. Βρίσκουμε τα k μικρότερα ιδιοδιανύσματα του πίνακα L .
3. Σχηματίζουμε τον πίνακα $U \in \mathbb{R}^{n \times k}$ που περιέχει τα ιδιοδιανύσματα u_1, \dots, u_k σαν στήλες.
4. Ομαδοποιούμε τα σημεία που ορίζονται από τις γραμμές του πίνακα U με τον αλγόριθμο $k - means$.

2.1 Αποτελέσματα Demo 1

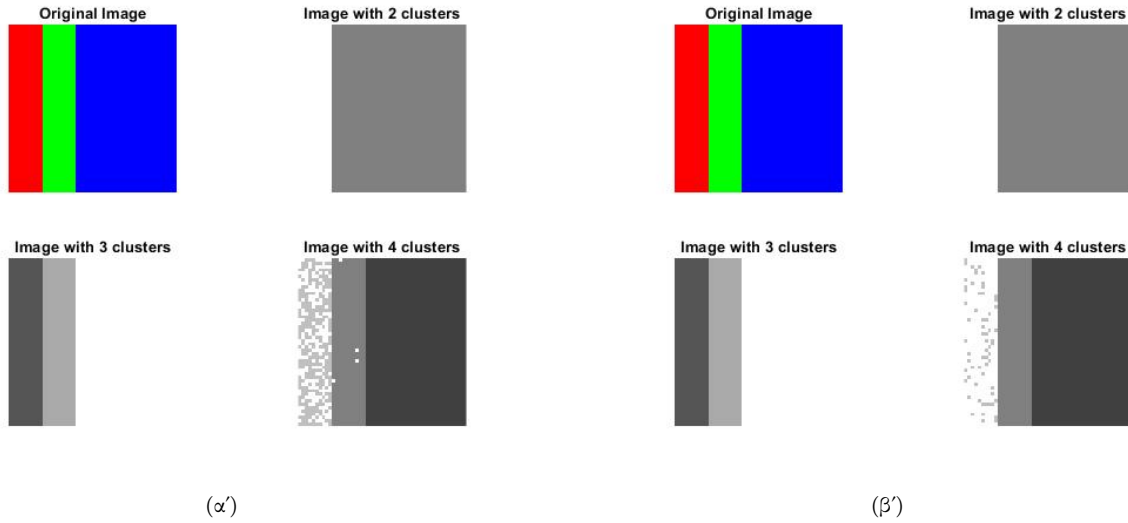
Παρακάτω απεικονίζονται τα αποτελέσματα του `demo1`.



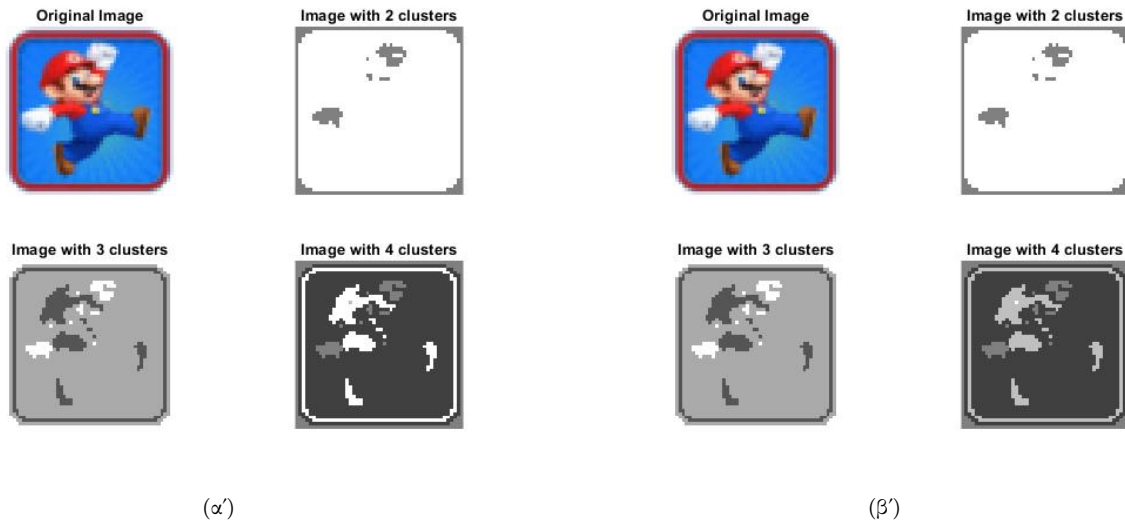
Σχήμα 1: Αποτελέσματα ομαδοποίησης του πίνακα *Affinity* d1a για $k=2, k=3, k=4$

2.2 Αποτελέσματα Demo 2

Παρακάτω απεικονίζονται τα αποτελέσματα του *demo2*.



Σχήμα 2: Αποτελέσματα της εικόνας *d2a* με (α') τα k μικρότερα ιδιοδιανύσματα κατ' απόλυτη τιμή και (β') τα k μικρότερα πραγματικά ιδιοδιανύσματα



Σχήμα 3: Αποτελέσματα της εικόνας *d2b* με (α') τα k μικρότερα ιδιοδιανύσματα κατ' απόλυτη τιμή και (β') τα k μικρότερα πραγματικά ιδιοδιανύσματα

2.3 Σχολιασμός αποτελεσμάτων

Στο Σχήμα 1. παρατηρούμε την επιτυχία της κατάτμησης των *pixel* όταν ο αριθμός των *clusters* ήταν 3, καθώς και η αρχική εικόνα απαρτίζεται από τρία χρώματα. Ακόμα παρατηρούμε πως στα 2 *cluster* τα χρώματα που έχουν

κοντινότερη φωτεινότητα ενώθηκαν ενώ στα 4 *clusters* κάποια σημεία έχουν καταταμηθεί λάθος από το κόκκινο και το πράσινο. Στο Σχήμα 2. καθώς στην αρχική εικόνα υπάρχει μεγαλύτερη ποικιλομορφία χρωμάτων για 2, 3 και 4 *clusters* οι καταταμήσεις δεν αντιστοιχούν σε πολύ χρήσιμη πληροφορία.

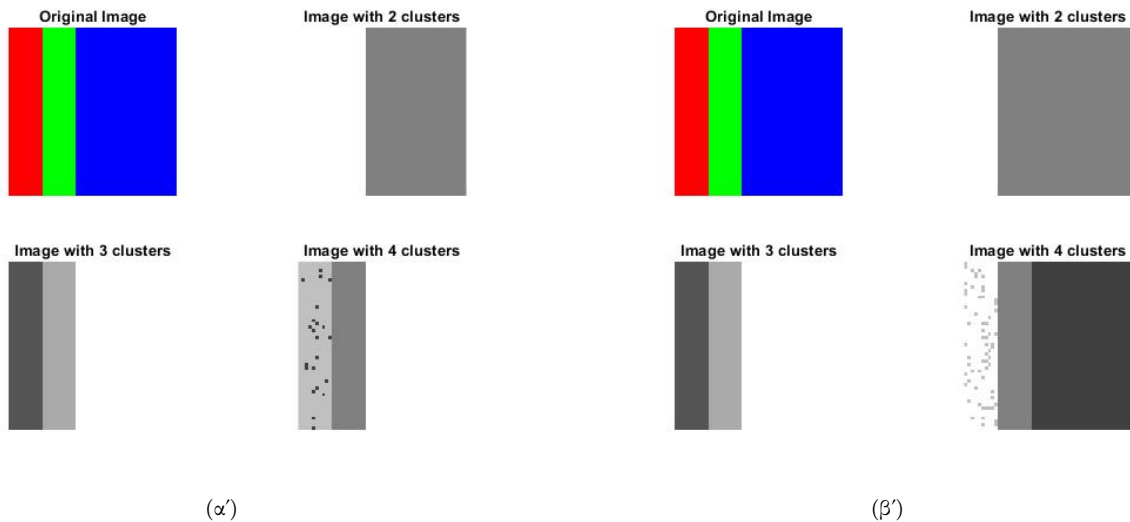
Ακόμα βλέπουμε πως στην πρώτη εικόνα με την χρήση των k μικρότερων πραγματικών ιδιοτιμών τα *clusters* όταν ζητούνται 4 ομάδες έχουμε καλύτερη κατάτμηση των *pixels*.

3 Image segmentation με τη μέθοδο normalized cuts

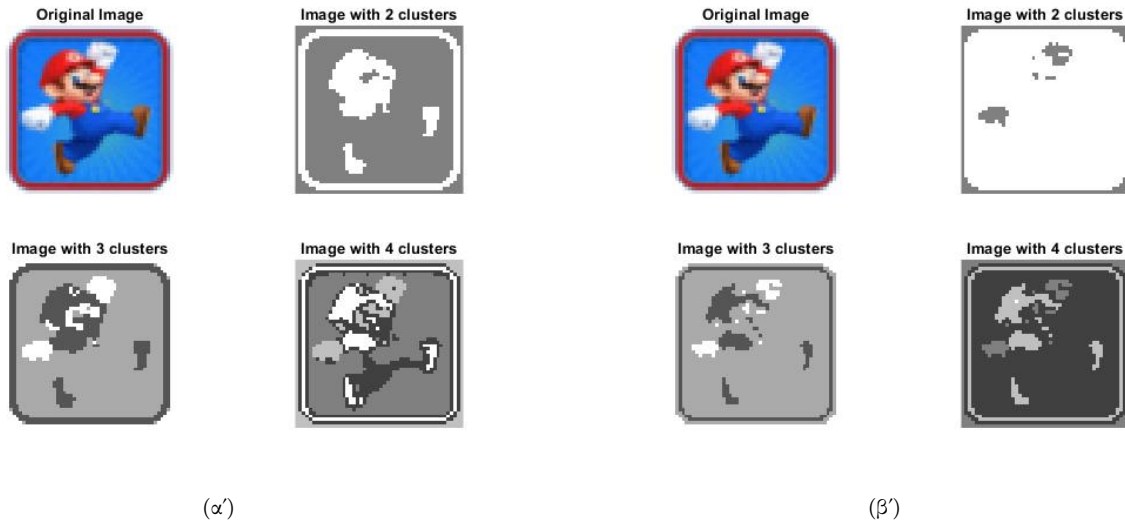
Σε αυτή την ενότητα θα υλοποιήσουμε την συνάρτηση *myNCuts* η οποία υπολογίζει την μη-αναδρομική εκδοχή του αλγορίθμου *nCuts* και την συνάρτηση *myNCutsRecursive*, η οποία υπολογίζει την αναδρομική εκδοχή του αλγορίθμου *nCuts*.

3.1 Αποτελέσματα Demo 3a

Παρακάτω απεικονίζονται τα αποτελέσματα του *demo3a*.



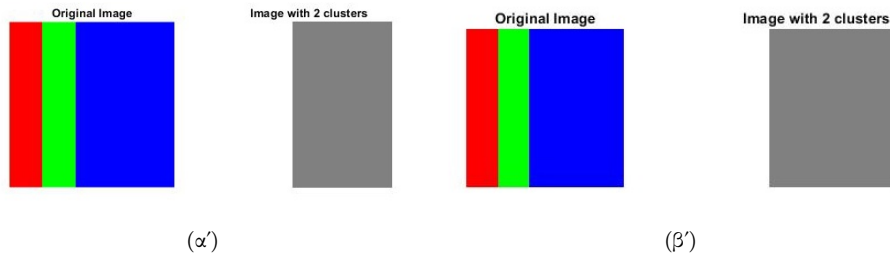
Σχήμα 4: Αποτελέσματα της εικόνας *d2a* (α') με χρήση του μη-αναδρομικού *myNCuts* (β') με χρήση του *mySpectralClustering*



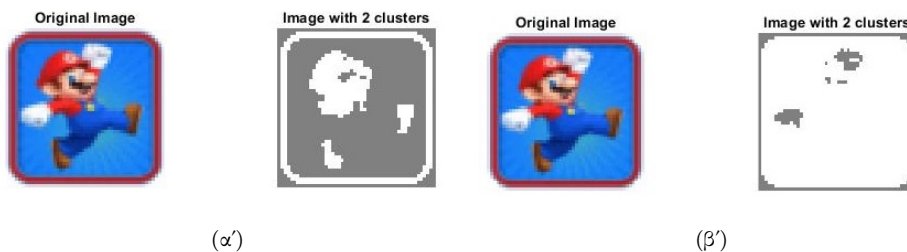
Σχήμα 5: Αποτελέσματα της εικόνας *d2b* (α') με χρήση του μη-αναδρομικού *myNCuts* (β') με χρήση του *mySpectralClustering*

3.2 Αποτελέσματα Demo 3b

Παρακάτω απεικονίζονται τα αποτελέσματα του *demo3b*.



Σχήμα 6: Αποτελέσματα της εικόνας *d2a* για $k = 2$ (α') με χρήση του μη-αναδρομικού *myNCuts* (β') με χρήση του *mySpectralClustering*

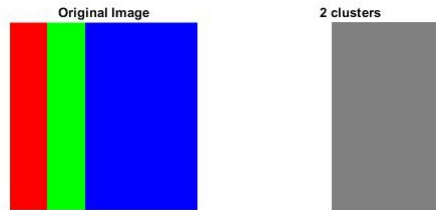


Σχήμα 7: Αποτελέσματα της εικόνας *d2b* για $k = 2$ (α') με χρήση του μη-αναδρομικού *myNCuts* (β') με χρήση του *mySpectralClustering*

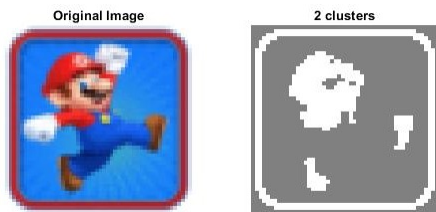
Οι τιμές των μετρικών *nCut* για τις εικόνες: 0.346168 για την πρώτη *d2a* και 0.690479 για την δεύτερη *d2b*.

3.3 Αποτελέσματα Demo 3c

Όπως μπορούμε να συμπεράνουμε από τα αποτελέσματα του Demo 3b των μετρικών των εικόνων και από το κατώφλι 0.2 που δίνεται για την μετρική $nCut$ ο αλγόριθμος θα διαχωρίσει τα *cluster* μόνο μία φορά.



Σχήμα 8: Αποτελέσματα εικόνας $d2a$

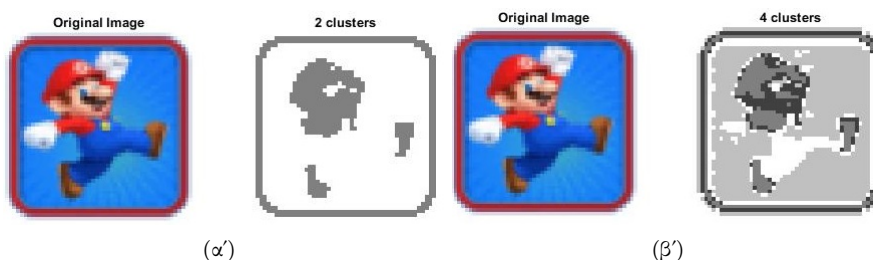


Σχήμα 9: Αποτελέσματα εικόνας $d2a$

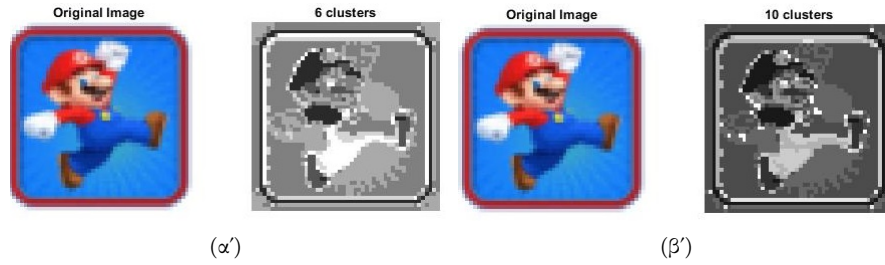
Εφαρμόζοντας δοκιμή και σφάλμα προσπαθώντας να καταλήξω σε καλύτερες κατατμήσεις των εικόνων παραθέτω παρακάτω τα συμπεράσματά μου.

Η εικόνα $d2a$ έχει καλύτερη κατάτμηση με το κατώφλι της μετρικής $nCut$ που δώθηκε καθώς μέχρι αυτό το κατώφλι να φτάσει σε αυτό που υπολογίστηκε στο Demo 3b δηλαδή 0.346168 η εικόνα θα χωρίζεται σε 2 *clusters*, όταν το κατώφλι μεγαλώσει θα δημιουργηθούν από 4 και παραπάνω *clusters* κάτι το οποίο δεν θα ήταν επιθυμητό για αυτήν την εικόνα.

Η δεύτερη εικόνα $d2b$ έχει μεγαλύτερη ιδιομορφία από την πρώτη. Θα μπορούσαμε να πούμε πως τα 6 *clusters* θα ήταν μια πολύ καλή κατάτμηση για την εικόνα. Η τιμή που δίνεται για την μετρική είναι πολύ χαμηλότερη από την πρώτη τιμή $nCut$ που υπολογίζεται για την εικόνα και έτσι η κατάτμηση της εικόνας στα δύο δεν είναι τόσο χρήσιμη. Παρακάτω παραθέτονται διάφορες εικόνες για τις διαφορετικές τιμές του κατωφλιού του $nCut$ που χρησιμοποιήθηκαν.



Σχήμα 10: Τιμή μετρικής $nCut$ (α') 0.6 (β') 0.7



Σχήμα 11: Τιμή μετρικής $nCut$ (α') 0.9 (β') 0.92

3.4 Σχολιασμός αποτελεσμάτων

Παρατηρούμε πως ο μη-αναδρομικός αλγόριθμος *myNCuts* έχει καλύτερα αποτελέσματα από τον *mySpectralClustering*. Ακόμα μεταβάλλοντας τα κατώφλια στις τιμές που βολεύουν για κάθε εικόνα ο αναδρομικός αλγόριθμος μπορεί να κα-
ταμήσει την εικόνα σε μεγαλύτερη ακρίβεια, κάτι που δεν είναι πάντα το επιθυμητό.

4 Αναπαράσταση των εικόνων μετά το *segmentation*

Χωρίζοντας τα *pixel* σε $n - clusters$, για την αναδημιουργία της εικόνας δώθηκε σε όλα τα *pixel* του κάθε *cluster* μια τιμή στο όριο $[0, 1]$ με τον παρακάτω τρόπο. ομάδα $1 \rightarrow \frac{1}{n}$, ..., ομάδα $x \rightarrow \frac{x}{n}$ έτσι ώστε να γίνει απεικόνισή τους σε μια εικόνα *grayscale*.