

Όραση Υπολογιστών

Εργασία 2

Στην παρούσα εργασία σχολιάζονται τα αποτελέσματα της υλοποίησης του αλγορίθμου παραγωγής πανοραμάτων από πολλαπλές επιμέρους εικόνες σε 10 διαφορετικές εφαρμογές. Πιο συγκεκριμένα ο αλγόριθμος έχει εφαρμοσθεί 2 φορές σε καθένα από τα 5 διαφορετικά σετ των 4 φωτογραφιών, την μια φορά αξιοποιώντας τον ανιχνευτή SIFT και την άλλη τον ανιχνευτή SURF. Για την κάθε περίπτωση έχει παραχθεί ένα αρχείο *.py*, ενώ στο αρχείο *utils.py* έχουν ορισθεί κάποιες συναρτήσεις που χρησιμοποιούνται στα υπόλοιπα αρχεία κώδικα.

Όλες οι διεργασίες και οι υπολογισμοί έχουν πραγματοποιηθεί όπως έχει οριστεί, με εξαίρεση τον συνταιριασμό (matching) των σημείων ενδιαφέροντος. Η μέθοδος “cross checking” αν και υλοποιήθηκε (*utils.py* -> *match_1()* και *match_3()*), εν τέλει δεν χρησιμοποιείται, καθώς σε καμία περίπτωση δεν οδηγεί σε matches. Αυτή η αδυναμία εύρεσης ταιριάσματος μπορεί να οφείλετε είτε στην εσφαλμένη υλοποίηση της μεθόδου, είτε στο ότι οι συνθήκες για ταίριασμα είναι πολύ “αυστηρές” και ο αριθμός σημείων ενδιαφέροντος πολύ μικρός. Στην θέση λοιπόν αυτής της μεθόδου, χρησιμοποιείται η *match_2()*, η οποία εκτελεί μονόδρομο “καλό” ταίριασμα.

A) hw 2 OpenPano

1) Αποτελέσματα hw_2_OpenPano_SIFT.py

Σε αυτή την εφαρμογή αξιοποιείται ο ανιχνευτής SIFT. Το παραγόμενο πανόραμα προέρχεται από τις 4 φωτογραφίες του φακέλου *OpenPano* και είναι αυτό στην παρακάτω εικόνα.



Οι μετρικές και τα αποτελέσματά τους φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

	Unnormalized value	Normalized value
f2-differential entropy	0.050	0.006 (= 0.05 / $\log_2 256$)
f3-average local entropy for the stitched image	2.372	0.296 (= 2.372 / $\log_2 256$)
f4-differential variance of the local entropy	13.526	0.211 (= 13.526 / $(\log_2 256)^2$)
f9-absolute difference of standard deviations	134.831	0.529 (134.831/256)

2) Αποτελέσματα hw_2_OpenPano_SURF.py

Σε αυτή την εφαρμογή αξιοποιείται ο ανιχνευτής SURF. Το παραγόμενο πανόραμα προέρχεται από τις 4 φωτογραφίες του φακέλου *OpenPano* και είναι αυτό στην παρακάτω εικόνα.



Οι μετρικές και τα αποτελέσματά τους φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

	Unnormalized value	Normalized value
f2-differential entropy	0.044	0.005
f3-average local entropy for the stitched image	2.402	0.300
f4-differential variance of the local entropy	13.522	0.211
f9-absolute difference of standard deviations	135.136	0.530

3) Αξιολόγηση

Από τις δύο παραπάνω εικόνες του πανοράματος καταλαβαίνουμε ότι έγινε αρκετά καλό “stitching” των επιμέρους φωτογραφιών, με όχι έντονες παραμορφώσεις και με λίγες ασυνέχειες (πέραν του φωτισμού), το οποίο οφείλεται, τόσο στην καταλληλότητα για matching των φωτογραφιών (όχι μεγάλες αλλαγές στον προσανατολισμό), όσο και στην καλή αντιστοίχιση και ανίχνευση των σημείων ενδιαφέροντος. Μεταξύ όμως των δύο παραγόμενων εικόνων, καλύτερη αντιστοίχιση έγινε σε εκείνη που αξιοποιεί τον ανιχνευτή SIFT, καθώς παρουσιάζει τις λιγότερες ασυνέχειες. Αυτό όμως δεν σημαίνει ότι ο SURF δεν απέδωσε ικανοποιητικά αποτελέσματα. Μάλιστα παρατηρούμε ότι οι

τιμές των μετρητικών είναι πρακτικά ίσες που σημαίνει ότι και οι δύο μέθοδοι είναι σχεδόν το ίδιο αποτελεσματικές στην συγκεκριμένη εφαρμογή.

Σχετικά με τις μετρητικές, και στις δύο μεθόδους παρατηρούμε ότι η κανονικοποιημένη διαφορική εντροπία $f2$ είναι πολύ μικρή (κοντά στο μηδέν). Αυτό σημαίνει ότι η κατανομή των εντάσεων (τιμών pixel) του πανοράματος είναι σχεδόν ίδια με εκείνη των συστατικών εικόνων και άρα έγινε όντως αρκετά καλή συγχώνευση.

Η σχετικά αυξημένη τιμή της $f3$ (περίπου 30%) οφείλεται στις τοπικές διαφορές εντάσεων (εντροπία), κάποιες από τις οποίες είναι φανερές και με την απλή παρατήρηση των δύο πανοραμάτων. Όλες οι τοπικές ασυνέχειες (π.χ. οι διαφορές στην “φωτεινότητα” στα κομμάτια της “stitched” εικόνας) συμβάλουν στην αύξηση της τιμής αυτού του μεγέθους.

Ως προς την $f4$, η τιμή της εξαρτάται από το μήκος των “συνόρων” των διαφορετικών “κομματιών” του πανοράματος σε συνδυασμό με το πόσο έντονη είναι η διαφορά εντροπίας (κατανομή των εντάσεων των pixels) γύρω από αυτά τα σύνορα. Όσο μεγαλύτερη είναι αυτή η διαφορά, τόσο μεγαλύτερη η διακύμανση (variance) του πανοράματος σε σχέση εκείνη των δομικών εικόνων και άρα τόσο μεγαλύτερη η $f4$. Για αυτό και στις παραπάνω παραγόμενες φωτογραφίες, η τιμή της $f4$ είναι κάπως αυξημένη (αλλά σε σχέση με τις παρακάτω ενότητες χαμηλή).

Τέλος, η μεγάλη τιμή απόλυτης διαφοράς των τυπικών αποκλίσεων $f9$ είναι αναμενόμενη, διότι ο συνδυασμός των συστατικών φωτογραφιών σε μία ενιαία εισάγει ακόμη μεγαλύτερες αποκλίσεις των εντάσεων από την μέση τιμή, σε σχέση με τις αποκλίσεις στην κάθε εικόνα/κομμάτι ξεχωριστά.

B) hw 2 GES-50

1) Αποτελέσματα hw_2_GES-50_SIFT.py

Σε αυτή την εφαρμογή αξιοποιείται ο ανιχνευτής SIFT. Το παραγόμενο πανόραμα προέρχεται από τις 4 φωτογραφίες του φακέλου *GES-50* και είναι αυτό στην παρακάτω εικόνα.



Οι μετρικές και τα αποτελέσματά τους φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

	Unnormalized value	Normalized value
f2-differential entropy	0.053	0.007
f3-average local entropy for the stitched image	2.666	0.333
f4-differential variance of the local entropy	25.478	0.398
f9-absolute difference of standard deviations	203.462	0.798

2) Αποτελέσματα hw_2_GES-50_SURF.py

Σε αυτή την εφαρμογή αξιοποιείται ο ανιχνευτής SURF. Το παραγόμενο πανόραμα προέρχεται από τις 4 φωτογραφίες του φακέλου *GES-50* και είναι αυτό στην παρακάτω εικόνα.



Οι μετρικές και τα αποτελέσματά τους φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

	Unnormalized value	Normalized value
f2-differential entropy	0.054	0.007
f3-average local entropy for the stitched image	2.674	0.334
f4-differential variance of the local entropy	25.482	0.398
f9-absolute difference of standard deviations	203.513	0.798

3) Αξιολόγηση

Όπως φαίνεται από τα παραγόμενα πανοράματα, σε σχέση με την προηγούμενη εφαρμογή (ενότητα Α), το “stitching” εδώ δεν είναι το ίδιο αποτελεσματικό, αφού υπάρχουν πιο έντονες ασυνέχειες κατά την μετάβαση από ένα “κομμάτι” στο άλλο. Αυτό όμως δεν σημαίνει ότι οι δύο αντιστοιχίσεις δεν είναι καλές, καθώς βλέπουμε ότι οι τιμές των f2 και f3 σε αυτήν την ενότητα είναι περίπου ίσες με εκείνες της προηγούμενης ενότητας. Από άποψη μετρητικών, και η SIFT και η SURF είναι το ίδιο

αποτελεσματικές και σε αυτή την εφαρμογή, καθώς οι τιμές όλων των μετρητικών είναι αντίστοιχα σχεδόν ίσες μεταξύ τους. Παρόλα αυτά παρατηρούμε ότι το πανόραμα που παράχθηκε αξιοποιώντας το SIFT έχει λιγότερο έντονες αποκλίσεις σε σχέση με εκείνο του SURF και άρα προτιμάτε σαν μέθοδος σε αυτή την περίπτωση.

Τώρα ως προς τα υπολογισμένα μεγέθη, όπως προαναφέρθηκε, οι τιμές των $f2$ και $f3$ είναι περίπου ίσες με τις αντίστοιχες της ενότητας A , οπότε εξάγονται τα ίδια συμπεράσματα και σε αυτό το περιβάλλον.

Επιπρόσθετα, οι τιμές των $f4$ είναι αρκετά πιο αυξημένες σε σχέση με εκείνες της προηγούμενης ενότητας, καθώς οι διαφορές στην κατανομή των εντάσεων στα “όρια” είναι πιο έντονες (λόγω των περισσότερων “ασυνεχειών”). Για παρόμοιους λόγους οι $f9$ είναι επίσης πολύ μεγάλες.

Γ) hw_2_NISwGSP

1) Αποτελέσματα hw_2_NISwGSP_SIFT.py

Σε αυτή την εφαρμογή αξιοποιείται ο ανιχνευτής SIFT. Το παραγόμενο πανόραμα προέρχεται από τις 4 φωτογραφίες του φακέλου *NISwGSP* και είναι αυτό στην παρακάτω εικόνα.



Οι μετρικές και τα αποτελέσματά τους φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

	Unnormalized value	Normalized value
f2-differential entropy	0.025	0.003
f3-average local entropy for the stitched image	3.442	0.430
f4-differential variance of the local entropy	15.258	0.238
f9-absolute difference of standard deviations	205.180	0.805

2) Αποτελέσματα hw_2_NISwGSP_SURF.py

Σε αυτή την εφαρμογή αξιοποιείται ο ανιχνευτής SURF. Το παραγόμενο πανόραμα προέρχεται από τις 4 φωτογραφίες του φακέλου *NISwGSP* και είναι αυτό στην παρακάτω εικόνα.



Οι μετρικές και τα αποτελέσματά τους φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

	Unnormalized value	Normalized value
f2-differential entropy	0.028	0.004
f3-average local entropy for the stitched image	3.412	0.427
f4-differential variance of the local entropy	15.300	0.239
f9-absolute difference of standard deviations	205.593	0.806

3) Αξιολόγηση

Τα πανοράματα της συγκεκριμένης *ενότητας* είναι μια ιδιαίτερη περίπτωση, γιατί δεν παράχθηκαν μόνο με οριζόντια σύνδεση των συστατικών εικόνων αλλά και με κατακόρυφη. Παρά την αυξημένη πολυπλοκότητα της συγκεκριμένης εφαρμογής, τα τελικά αποτελέσματα είναι αρκετά ικανοποιητικά. Μπορεί η υλοποίηση της αντιστοίχισης με ανιχνευτή SURF να οδήγησε σε έντονες ασυνέχειες ως προς τον οριζόντιο άξονα, αλλά κατάφερε να συνδέσει πολύ καλά τις εικόνες κατακόρυφα. Το ίδιο όμως δεν μπορεί να λεχθεί και για το matching με τον SIFT, διότι, αν και καλύτερα από το αναμενόμενο, οδήγησε σε εμφανείς αποκλίσεις και στην κάθετη διεύθυνση. Όποτε, παρόλο που και σε αυτή την εφαρμογή οι τιμές των μετρητικών διαφέρουν ελάχιστα μεταξύ των δύο μεθόδων, επιλέγεται η υλοποίηση με SURF ως η καλύτερη.

Οι f2 είναι ελάχιστα μικρότερες από όλες τις άλλες περιπτώσεις μέχρι στιγμής, το οποίο μπορεί να οφείλετε στο ότι το μεγαλύτερο μέρος των δύο αυτών πανοραμάτων έχει, αν όχι την ίδια, παρόμοια φωτεινότητα/παλέτα (άρα κατανομή εντάσεων pixel) σε σχέση με τα προηγούμενα. Ωστόσο αυτή η διαφορά είναι τόσο ελάχιστη που δεν χρήζει περεταίρω ανάλυση.

Από την άλλη, οι τιμές των $f3$ είναι οι μεγαλύτερες από όλες τις άλλες μέχρι στιγμής. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί από το γεγονός ότι υπάρχουν περιοχές σε αυτή την εφαρμογή στις οποίες συνορεύουν 3 εικόνες “κομμάτια” αντί για 2, όπως στις προηγούμενες περιπτώσεις. Τρεις γειτονικές φωτογραφίες διαφορετικών εντάσεων σημαίνει αυξημένη τοπική εντροπία, εξού και η αυξημένη $f3$.

Τέλος, παρόλο που βλέπουμε τις $f9$ να φτάνουν στο πολύ υψηλό ποσοστό του 80-81%, οι τιμές των $f4$ είναι ιδιαίτερα χαμηλές. Εν μέρη αυτό εξηγήθηκε στην ανάλυση των αποτελεσμάτων των $f2$. Πιο συγκεκριμένα, έγινε αναφορά στο ότι το μεγαλύτερο μέρος των δύο πανοραμάτων έχει την ίδια φωτεινότητα. Αυτό ισχύει και στην περιοχή γύρω από το μεγαλύτερο “σύνορο”, στην οποία αν και η μία μεριά είναι πιο φωτεινή από την άλλη, η διακύμανση είναι σχετικά μικρή, οδηγώντας έτσι τελικά σε μικρότερη $f4$.

Δ) hw_2_ESTIES_STABLE

1) Αποτελέσματα hw_2_ESTIES_STABLE_SIFT.py

Σε αυτή την εφαρμογή αξιοποιείται ο ανιχνευτής SIFT. Το παραγόμενο πανόραμα προέρχεται από τις 4 φωτογραφίες του φακέλου *ESTIES_STABLE* και είναι αυτό στην παρακάτω εικόνα. Οι συστατικές φωτογραφίες του πανοράματος αποτελούν προσωπική σκηνή ενδιαφέροντος, είναι διαδοχικής λήψεως με συγκεκριμένο προσανατολισμό και σταθερό βαθμό επικάλυψης σκηνής.



Οι μετρικές και τα αποτελέσματά τους φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

	Unnormalized value	Normalized value
f2-differential entropy	-0.016	-0.002
f3-average local entropy for the stitched image	2.086	0.261
f4-differential variance of the local entropy	26.484	0.414
f9-absolute difference of standard deviations	156.742	0.615

2) Αποτελέσματα hw_2_ESTIES_STABLE_SURF.py

Σε αυτή την εφαρμογή αξιοποιείται ο ανιχνευτής SURF. Το παραγόμενο πανόραμα προέρχεται από τις 4 φωτογραφίες του φακέλου *ESTIES_STABLE* και είναι αυτό στην παρακάτω εικόνα.



Οι μετρικές και τα αποτελέσματά τους φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

	Unnormalized value	Normalized value
f2-differential entropy	-0.022	-0.003
f3-average local entropy for the stitched image	2.026	0.253
f4-differential variance of the local entropy	26.580	0.411
f9-absolute difference of standard deviations	156.594	0.614

3) Αξιολόγηση

Όπως φαίνεται από τις τιμές των $|f2|$ και $f3$, οι οποίες είναι η μικρότερες από οποιαδήποτε άλλη περίπτωση, η αντιστοίχιση εδώ είναι πάρα πολύ καλή. Η επιτυχία αυτή οφείλεται τόσο στον σταθερό προσανατολισμό λήψης και βαθμό επικάλυψης σκηνής, όσο και στο μεγάλο πλήθος από σημεία ενδιαφέροντος που διαθέτει το συγκεκριμένο περιβάλλον. Και δύο ανιχνευτές ανταπεξήλθαν πολύ καλά, το οποίο για ακόμη μια φορά φαίνεται από τις σχεδόν ίδιες τιμές των αντίστοιχων μετρητικών τους, αλλά η υλοποίηση με τον SURF είναι σαφώς καλύτερη. Με παρατήρηση των δύο πανοραμάτων φαίνεται ο SURF να οδήγησε σε λιγότερες ασυνέχειες σε σχέση με τον SIFT, καθιστώντας τον πιο αποτελεσματικό στην συγκεκριμένη εφαρμογή.

Οι τιμές των μετρητικών που χρειάζονται περαιτέρω σχολιασμό (επειδή διαφέρουν από τις προηγούμενες περιπτώσεις) είναι αυτές των $f2$ και $f3$. Συγκεκριμένα, οι $f2$ έχουν αρνητικές τιμές που πρακτικά σημαίνει ότι η καθολική εντροπία των stitched εικόνων είναι μικρότερη από τον μέσο όρο της καθολικής εντροπίας των συστατικών εικόνων, ενώ οι συγκριτικά χαμηλότερες τιμές των $f3$ οφείλονται στο ότι οι τοπικές ασυνέχειες και οι διαφορές στον “φωτισμό” είναι λιγότερες και πολύ μικρότερες αντίστοιχα.

E) hw 2 ESTIES UNSTABLE

1) Αποτελέσματα hw_2_ESTIES_UNSTABLE_SIFT.py

Σε αυτή την εφαρμογή αξιοποιείται ο ανιχνευτής SIFT. Το παραγόμενο πανόραμα προέρχεται από τις 4 φωτογραφίες του φακέλου *ESTIES_UNSTABLE* και είναι αυτό στην παρακάτω εικόνα. Οι συστατικές φωτογραφίες του πανοράματος αποτελούν την προσωπική σκηνή ενδιαφέροντος της *ενότητας Δ* και είναι διαδοχικής λήψεως χωρίς συγκεκριμένο προσανατολισμό και με μεταβλητό βαθμό επικάλυψης σκηνής.

Σχόλιο: Αν συγκρίνει κανείς τις διαστάσεις των συστατικών εικόνων αυτής της *ενότητας* και της προηγούμενης, θα παρατηρήσει ότι οι φωτογραφίες της *E* είναι σημαντικά μικρότερες από εκείνες της *Δ*. Μάλιστα αποτελούν το 30% των αρχικών διαστάσεων. Ο λόγος για τον οποίο επιλέχθηκε αυτό είναι πρακτικός. Το μεγάλο μέγεθος των φωτογραφιών *Δ*, οδηγεί σε πολύ μεγάλο χρόνο εκτέλεσης προγράμματος λόγω της πολυπλοκότητας $O(n^2)$ του υπολογισμού της τοπικής εντροπίας, ο οποίος μάλιστα συμβαίνει 5 φορές σε κάθε εκτέλεση! Εάν λοιπόν οι διαστάσεις των συστατικών φωτογραφιών *E* ήταν ακριβώς οι ίδιες με των *Δ*, τότε για τα δύο παρακάτω πανοράματα, θα αυξανόταν σημαντικά ο χρόνος υπολογισμούς της “stitched” τοπικής εντροπίας και ο χρόνος εκτέλεσης του καθενός από τα δύο προγράμματα θα έπαιρνε πάρα πολύ περισσότερο από το ανώτατο λογικό όριο των 2 ωρών! Αν και η μείωση των τιμών των διαστάσεων σαφώς επηρεάζει τα αποτελέσματα, τόσο στην παραγωγή πανοράματος, όσο και στις τιμές των μετρητικών, ποιοτικά είναι τα ίδια, το οποίο είναι και το απαιτούμενο για την αξιολόγηση αυτής και της επόμενης *ενότητας*. Κάποιος θα μπορούσε αντί να μειώσει τις διαστάσεις των συστατικών φωτογραφιών, να περικόψει τα πανοράματα, έτσι ώστε να απομακρυνθεί τελείως το επιπλέον και κοστοβόρο μαύρο μέρος. Αν γινόταν όμως αυτό, τότε δεν θα φαίνονταν ποιοτικά οι συνέπειες των διαφορετικών συνθηκών λήψεως μεταξύ αυτής και της προηγούμενης *ενότητας*.



Οι μετρικές και τα αποτελέσματά τους φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

	Unnormalized value	Normalized value
f2-differential entropy	-1.654	-1.654

f3-average local entropy for the stitched image	2.188	0.273
f4-differential variance of the local entropy	46.850	0.732
f9-absolute difference of standard deviations	170.565	0.669

2) Αποτελέσματα hw_2_ESTIES_UNSTABLE_SURF.py

Για αυτή την εφαρμογή αξιοποιείται ο ανιχνευτής SURF. Το παραγόμενο πανόραμα προέρχεται από τις 4 φωτογραφίες του φακέλου *ESTIES_UNSTABLE* και είναι αυτό στην παρακάτω εικόνα.



Οι μετρικές και τα αποτελέσματά τους φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

	Unnormalized value	Normalized value
f2-differential entropy	-1.584	-0.198
f3-average local entropy for the stitched image	2.237	0.280
f4-differential variance of the local entropy	46.737	0.73
f9-absolute difference of standard deviations	168.878	0.662

3) Αξιολόγηση

Σε αυτή την ενότητα φαίνεται ξεκάθαρα η επίδραση του μεταβλητού προσανατολισμού λήψης και βαθμού επικάλυψης σκηνης. Αυτές οι συνθήκες δυσχεραίνουν την διαδικασία σωστής αντιστοίχισης των φωτογραφιών για την σύνθεση του πανοράματος, προκαλώντας παραμορφώσεις στο τελικό αποτέλεσμα και τεράστιες ασυνέχειες, ανεξάρτητα από το πλήθος των σημείων ενδιαφέροντος που χρησιμοποιούνται. Παρόλες τις εμφανείς αποκλίσεις και παραμορφώσεις, και οι δύο μέθοδοι (SIFT και SURF) πραγματοποίησαν αρκετά καλή αντιστοίχιση, δεδομένου των δύσκολων συνθηκών που επιβλήθηκαν. Για ακόμη μια φορά, οι αντίστοιχες τιμές

των μετρητικών δεν απέχουν σημαντικά μεταξύ τους, καθιστώντας και τους δυο ανιχνευτές πρακτικά το ίδιο αποτελεσματικούς για αυτή την εφαρμογή. Αν έπρεπε όμως να ξεχωρισθεί ένα από τους δύο ανιχνευτές, τότε ο SIFT είχε, κατά ελάχιστη διαφορά, λιγότερο έντονες ασυνέχειες.

Ως προς τις μετρήσεις που εκτελέστηκαν, δύο είναι οι μετρητικές που έφεραν ιδιαίτερα αποτελέσματα (και στις δύο μεθόδους), τόσο συγκριτικά με την *ενότητα Δ*, όσο και με τις υπόλοιπες: οι $f2$ και $f4$. Οι $f2$, όχι μόνο είναι αρνητικές, αλλά είναι και οι μεγαλύτερες σε απόλυτη τιμή από οποιαδήποτε άλλη *ενότητα*. Αυτές οι τιμές οφείλονται στην φυσική σημασία της εντροπίας. Η εντροπία έχει μεγαλύτερη τιμή όσο λιγότερη ομοιομορφία και μεγαλύτερη “τυχειότητα” υπάρχει σε μία εικόνα, ενώ το αντίθετο για το όσο πιο ομοιόμορφη είναι. Στον υπολογισμό λοιπόν της καθολικής εντροπίας των δυο παραπάνω πανοραμάτων, λαμβάνεται υπόψιν και η μαύρη περιοχή, η οποία αν απομονωθεί έχει μηδενική εντροπία, γιατί είναι απολύτως ομοιόμορφη και μη τυχαία. Επομένως το μαύρο σώμα συμβάλλει σημαντικά στην μείωση της καθολικής εντροπίας των πανοραμάτων, τόσο μάλιστα ώστε να γίνει μικρότερη από την μέση καθολική εντροπία των συνιστωσών φωτογραφιών.

Κάτι αντίστοιχο συμβαίνει και με τις $f4$. Αυτές έχουν την μεγαλύτερη τιμή από οποιαδήποτε άλλη σκηνή, η οποία οφείλεται στο μεγάλο μήκος συνόρων με την μαύρη περιοχή. Η *local_entropy()* (*utils.py* -> *lines 130-153*) αγνοεί στους υπολογισμούς τις μηδενικές τιμές της *hist* (*utils.py* -> *lines 146*), οπότε οι ολόμαυρες περιοχές δεν επηρεάζουν τους υπολογισμούς. Ωστόσο, δεν αγνοούνται τα σύνορα με τις μαύρες περιοχές, στις οποίες θεωρητικά η εντροπία είναι πολύ μεγαλύτερη σε σχέση με την υπόλοιπη εικόνα. Επομένως η διακύμανση της τοπικής εντροπίας στην “stitched” φωτογραφία είναι αρκετά μεγαλύτερη από εκείνη στις συστατικές εικόνες και εξού η μεγάλη τιμή της $f4$.

ΣΤ) Συμπεράσματα για ενότητες Δ και Ε

Συγκρίνοντας τα τελικά πανοράματα των δύο εφαρμογών και τα αποτελέσματα των μετρήσεων τους μπορούμε να καταλάβουμε την σημασία των συνθηκών λήψης των επιμέρους φωτογραφιών, για την σύνθεση μίας ενιαίας. Διαδοχικές εικόνες οι οποίες δεν διαφέρουν ούτε κατά προσανατολισμό λήψης, ούτε κατά βαθμό επικάλυψης σκηνής, θέτουν τις ιδανικές συνθήκες για την παραγωγή ενός πανοράματος, που είναι ταυτόχρονα και ποιοτικό, χωρίς ασυνέχειες και εμφανείς μεταβάσεις, αλλά και καταναλώνει λίγους (χρονικούς) πόρους για την παραγωγή τους. Επιπλέον σημαντικό συμπέρασμα το οποίο δεν σχολιάστηκε καθόλου στις προηγούμενες *ενότητες*, αλλά κατανοήθηκε κατά την λήψη των επιμέρους φωτογραφιών των *ενοτήτων Δ* και *Ε*, είναι το ότι χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή στην επιλογή της σκηνής/δειγματοληψία. Πρέπει η σκηνή να περιλαμβάνει αρκετές λεπτομέρειες, ώστε να διευκολυνθεί στην συνέχεια η αντιστοίχιση, αλλά ταυτόχρονα όχι τόσες και τέτοιες που κατά την λήψη της επόμενης διαδοχικής φωτογραφίας, να μεταβάλλονται/παραμορφώνονται τόσο πολύ

(π.χ. εμφάνιση προηγουμένως κρυμμένων όψεων), ώστε να θεωρούνται εσφαλμένα ως καινούργια σημεία ενδιαφέροντος.