



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΚΡΗΤΗΣ

Εργαστηριακή Άσκηση 1^η
Υποδειγματοληψία και αναδειγματοληψία εικόνας

Σωτήριος Μιχαήλ
2015030140

ΨΗΦΙΑΚΗ
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ
ΕΙΚΟΝΑΣ

Σκοπός

Σκοπός της εργαστηριακής άσκησης είναι η πειραματική αναδόμηση μίας αρχικής εικόνας μέσω αναδειγματοληψίας και εφαρμογή διαφόρων φίλτρων, εφόσον η αρχική η εικόνα έχει υποστεί υποδειγματοληψία, έτσι ώστε να αποφανθούμε για την καταλληλότερη μέθοδο αναδόμησης της εικόνας. Οι εικόνες που χρησιμοποιήθηκαν για το πείραμα αυτό είναι οι δύο εικόνες στα έγγραφα του μαθήματος (beach.tif & retriever.tif, και οι δύο διαστάσεων 230 επί 230 εικονοστοιχείων). Η επεξεργασία των εικόνων έγινε μέσω MATLAB R2020b.

Εκπόνηση πειράματος

Για την υποδειγματοληψία της κάθε εικόνας, δόθηκαν τρεις διαφορετικοί συνδυασμοί παραμέτρων, με διαφορετική κλίμακα δειγματοληψίας για τις γραμμές και τις στήλες της εικόνας. Συγκεκριμένα:

- Κλίμακα δειγματοληψίας γραμμής $\frac{1}{2}$, στήλης $\frac{1}{4}$ (Συνδυασμός 1)
- Κλίμακα δειγματοληψίας γραμμής $\frac{1}{4}$, στήλης $\frac{1}{2}$ (Συνδυασμός 2)
- Κλίμακα δειγματοληψίας γραμμής & στήλης $\frac{1}{8}$ (Συνδυασμός 3)

Για κάθε συνδυασμό παραμέτρων υποδειγματοληψίας, σύμφωνα με την εκφώνηση, η εικόνα υποδειγματοληπτείται με εφαρμογή του φίλτρου αντί-αλλοίωσης (anti-aliasing) και χωρίς αυτό. Επομένως έχουμε 6 διαφορετικές εικόνες ως αποτέλεσμα υποδειγματοληψίας της αρχικής.

Για την αναδόμηση της εικόνας με αναδειγματοληψία, σε κάθε μία από τις 6 εικόνες που προέκυψαν, έγινε εφαρμογή τριών φίλτρων/συναρτήσεων παρεμβολής (interpolation), των nearest-neighbor interpolation, bilinear interpolation και cubic interpolation. Συνολικά, προέκυψαν 18 διαφορετικές εικόνες για σύγκριση με την αρχική.

Έτσι ώστε να αποφανθούμε για την καταλληλότερη μέθοδο ανάκτησης της εικόνας, χρησιμοποιήθηκαν δύο σχέσεις, η σχέση Μέσου Τετραγωνικού Σφάλματος (Mean Square Error, MSE)

$$MSE(I, \tilde{I}) = \frac{1}{MN} \sum_i^N \sum_j^M (I(i, j) - \tilde{I}(i, j))^2$$

και η σχέση Μέγιστου Λόγου Σήματος προς Θορύβου (Peak Signal-to-Noise Ratio, PSNR)

$$PSNR(I, \tilde{I}) = 10 \log_{10} \left(\frac{\max_I^2}{MSE(I, \tilde{I})} \right)$$

Τα αποτελέσματα και για τις δύο αρχικές εικόνες, beach.tif και retriever.tif, παρουσιάζονται παρακάτω, μαζί με τις τιμές των δύο σχέσεων για όλες τις περιπτώσεις αναδειγματοληψίας.

Αποτελέσματα για την εικόνα beach.tiff



Εικόνα 1: Αρχική εικόνα beach.tiff



Εικόνα 2:
Υποδειγματοληψία $1/2$
και $1/4$, με AA



Εικόνα 3:
Υποδειγματοληψία $1/2$
και $1/4$, χωρίς AA



Εικόνα 4:
Υποδειγματοληψία
 $1/4$ και $1/2$, με
AA



Εικόνα 5:
Υποδειγματοληψία
 $1/4$ και $1/2$, χωρίς
AA



Εικόνα 6:
Υποδειγματοληψία
 $1/8$, με AA



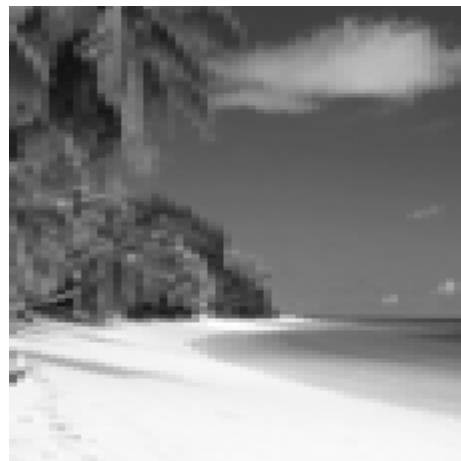
Εικόνα 7:
Υποδειγματοληψία
 $1/8$, χωρίς AA



Εικόνα 8: Αναδειγματοληψία, από $1/2$
με $1/4$ με AA, με εφαρμογή bicubic



Εικόνα 9: Αναδειγματοληψία, από $1/2$
με $1/4$ με AA, με εφαρμογή bilinear



Εικόνα 10: Αναδειγματοληψία, από
 $1/2$ με $1/4$ με AA, με εφαρμογή
nearest



Εικόνα 11: Αναδειγματοληψία, από $1/2$ με $1/4$ χωρίς AA, με εφαρμογή *bicubic*



Εικόνα 12: Αναδειγματοληψία, από $1/2$ με $1/4$ χωρίς AA, με εφαρμογή *bilinear*



Εικόνα 13: Αναδειγματοληψία, από $1/2$ με $1/4$ χωρίς AA, με εφαρμογή *nearest*



Εικόνα 14: Αναδειγματοληψία, από $1/4$ με $1/2$ με AA, με εφαρμογή *bicubic*



Εικόνα 15: Αναδειγματοληψία, από $1/4$ με $1/2$ με AA, με εφαρμογή *bilinear*



Εικόνα 16: Αναδειγματοληψία, από $1/4$ με $1/2$ με AA, με εφαρμογή *nearest*



Εικόνα 17: Αναδειγματοληψία, από $1/4$ με $1/2$ χωρίς AA, με εφαρμογή *bicubic*



Εικόνα 18: Αναδειγματοληψία, από $1/4$ με $1/2$ χωρίς AA, με εφαρμογή *bilinear*



Εικόνα 19: Αναδειγματοληψία, από $1/2$ με $1/4$ χωρίς AA, με εφαρμογή *nearest*



Εικόνα 20: Αναδειγματοληψία, από $1/8$ με AA, με εφαρμογή *bicubic*



Εικόνα 21: Αναδειγματοληψία, από $1/8$ με AA, με εφαρμογή *bilinear*



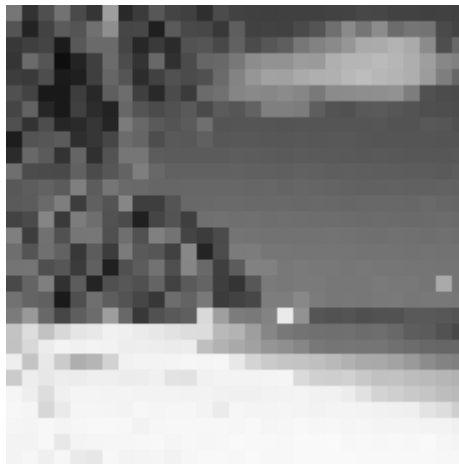
Εικόνα 22: Αναδειγματοληψία, από $1/8$ με AA, με εφαρμογή *nearest*



Εικόνα 23: Αναδειγματοληψία, από $1/8$ χωρίς AA, με εφαρμογή bicubic



Εικόνα 24: Αναδειγματοληψία, από $1/8$ χωρίς AA, με εφαρμογή bilinear



Εικόνα 25: Αναδειγματοληψία, από $1/8$ χωρίς AA, με εφαρμογή nearest

Αναδειγματοληψία από	AA	Συνάρτηση	MSE	PSNR (dB)
Γραμμές $1/2$, στήλες $1/4$	Ναι	Bicubic	85.1520	28.8289
		Bilinear	93.6620	28.4152
		Nearest	106.6163	27.8526
	Όχι	Bicubic	99.1083	28.1697
		Bilinear	98.6336	28.1906
		Nearest	131.6538	26.9365
Γραμμές $1/4$, στήλες $1/2$	Ναι	Bicubic	125.8415	27.1326
		Bilinear	132.3058	26.9150
		Nearest	155.5034	26.2134
	Όχι	Bicubic	200.1525	26.1775
		Bilinear	152.3852	26.3014
		Nearest	156.7934	25.1172
Γραμμές και στήλες $1/8$	Ναι	Bicubic	299.3640	24.5324
		Bilinear	246.1756	24.2184
		Nearest	229.0020	23.3688
	Όχι	Bicubic	297.1035	23.4017
		Bilinear	286.7194	23.5562
		Nearest	408.2753	22.0213

Αποτελέσματα για την εικόνα retriever.tiff



Εικόνα 1: Αρχική εικόνα retriever.tiff



*Εικόνα 2:
Υποδειγματοληψία $1/2$
και $1/4$, με AA*



*Εικόνα 3:
Υποδειγματοληψία $1/2$
και $1/4$, χωρίς AA*



*Εικόνα 4:
Υποδειγματοληψία
 $1/4$ και $1/2$, με
AA*



*Εικόνα 5:
Υποδειγματοληψία
 $1/4$ και $1/2$, χωρίς
AA*



*Εικόνα 6:
Υποδειγματοληψία
 $1/8$, με AA*



*Εικόνα 7:
Υποδειγματοληψία
 $1/8$, χωρίς AA*



*Εικόνα 8: Αναδειγματοληψία, από $1/2$
με $1/4$ με AA, με εφαρμογή bicubic*



*Εικόνα 9: Αναδειγματοληψία, από $1/2$
με $1/4$ με AA, με εφαρμογή bilinear*



*Εικόνα 10: Αναδειγματοληψία, από
 $1/2$ με $1/4$ με AA, με εφαρμογή
nearest*



Εικόνα 11: Αναδειγματοληψία, από $1/2$ με $1/4$ χωρίς ΑΑ, με εφαρμογή bicubic



Εικόνα 12: Αναδειγματοληψία, από $1/2$ με $1/4$ χωρίς ΑΑ, με εφαρμογή bilinear



Εικόνα 13: Αναδειγματοληψία, από $1/2$ με $1/4$ χωρίς ΑΑ, με εφαρμογή nearest



Εικόνα 14: Αναδειγματοληψία, από $1/4$ με $1/2$ με ΑΑ, με εφαρμογή bicubic



Εικόνα 15: Αναδειγματοληψία, από $1/4$ με $1/2$ με ΑΑ, με εφαρμογή bilinear



Εικόνα 16: Αναδειγματοληψία, από $1/4$ με $1/2$ με ΑΑ, με εφαρμογή nearest



Εικόνα 17: Αναδειγματοληψία, από $1/4$ με $1/2$ χωρίς AA, με εφαρμογή bicubic



Εικόνα 18: Αναδειγματοληψία, από $1/4$ με $1/2$ χωρίς AA, με εφαρμογή bilinear



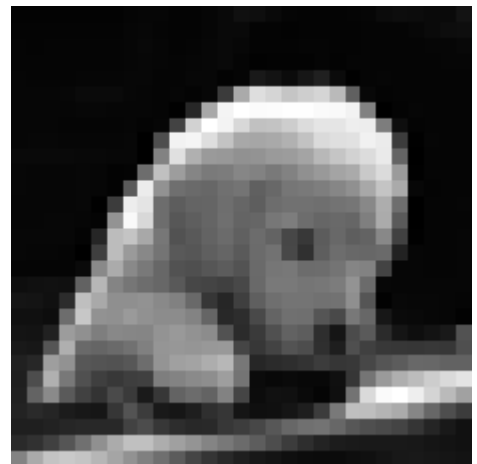
Εικόνα 19: Αναδειγματοληψία, από $1/2$ με $1/4$ χωρίς AA, με εφαρμογή nearest



Εικόνα 20: Αναδειγματοληψία, από $1/8$ με AA, με εφαρμογή bicubic



Εικόνα 21: Αναδειγματοληψία, από $1/8$ με AA, με εφαρμογή bilinear



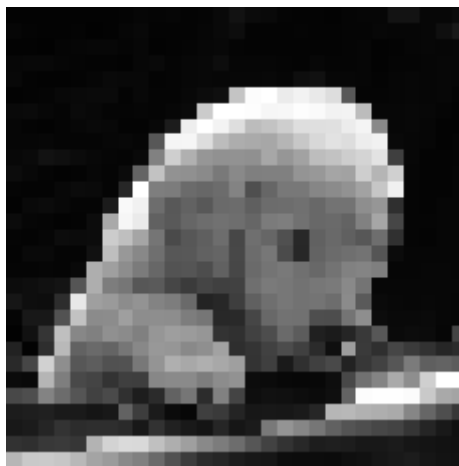
Εικόνα 22: Αναδειγματοληψία, από $1/8$ με AA, με εφαρμογή nearest



Εικόνα 23: Αναδειγματοληψία, από $1/8$ χωρίς AA, με εφαρμογή bicubic



Εικόνα 24: Αναδειγματοληψία, από $1/8$ χωρίς AA, με εφαρμογή bilinear



Εικόνα 25: Αναδειγματοληψία, από $1/8$ χωρίς AA, με εφαρμογή nearest

Αναδειγματοληψία από	AA	Συνάρτηση	MSE	PSNR (dB)
Γραμμές $1/2$, στήλες $1/4$	Ναι	Bicubic	124.2190	27.1541
		Bilinear	136.5320	26.7785
		Nearest	216.5364	24.7755
	Όχι	Bicubic	131.2994	26.9482
		Bilinear	133.2671	26.8836
		Nearest	251.6596	24.1227
Γραμμές $1/4$, στήλες $1/2$	Ναι	Bicubic	193.5819	25.2622
		Bilinear	200.0122	25.1202
		Nearest	294.2238	23.4440
	Όχι	Bicubic	232.1002	24.4740
		Bilinear	223.9662	24.6290
		Nearest	232.1002	22.5389
Γραμμές και στήλες $1/8$	Ναι	Bicubic	393.9290	22.1766
		Bilinear	446.3343	21.6342
		Nearest	641.1915	20.0609
	Όχι	Bicubic	469.8194	21.4115
		Bilinear	475.0690	21.3632
		Nearest	803.2619	19.0822

Συμπεράσματα

Από τις μετρήσεις του MSE, όπου όσο χαμηλότερο είναι τόσο το καλύτερο, και του PSNR, το οποίο λειτουργεί ως δείκτης της ποιότητας της ανακατασκευής της εικόνας, παρατηρήεται πως η καταλληλότερη μέθοδος ανάκτησης μίας εικόνας είναι η εφαρμογή της συνάρτησης bicubic κατά την αναδειγματοληψία (upsampling), ιδιαίτερα όταν έχει εφαρμοστεί το φίλτρο anti-aliasing κατά την υποδειγματοληψία. Η συνάρτηση nearest-neighbor δίνει πάντα ένα αποτέλεσμα με εμφανή αλλοίωση της εικόνας.