

**Πανεπιστήμιο Πατρών**  
**Τμήμα Μηχανικών Η/Υ και Πληροφορικής**

**Θέματα Όρασης Υπολογιστών & Γραφικής**

**Βασικοί Γεωμετρικοί Μετασχηματισμοί**

**Αναφορά Άσκησης 2**

Όνομα: Βασιλική  
Επώνυμο: Στάμου  
Α.Μ.: 1059543

Πάτρα Ιούλιος 2022

## 1. Εξοικειωθείτε με τις συναρτήσεις **imread**, **imwrap**, **affine2d**, **projective2d**, **imref2d**, **imshow** και δώστε μια σύντομη περιγραφή για κάθε μία.

**imread('Filename')**: Η συνάρτηση αυτή μας δίνει τη δυνατότητα να διαβάσουμε το περιεχόμενο μιας εικόνας, είτε είναι ασπρόμαυρη είτε είναι έγχρωμη, δέχεται ως όρισμα ένα αλφαριθμητικό με το όνομα του αρχείου που έχει η εικόνα. Η εντολή μπορεί να συνταχθεί με, συνολικά, 6 τρόπους. Εκτός από τον πρώτο, που μόλις εξηγήσαμε, έχουμε και τους παρακάτω:

- **imread(filename, fmt)**: εκτός από το όνομα δηλώνεται και η κατάληξη του αρχείου, καθορίζοντας έτσι τον τύπο του. Αν δεν μπορεί να διαβαστεί το αρχείο μόνο από το filename, τότε η imread() αναζητά αρχείο με το όνομα filename.fmt.
- **imread(\_, idx)**: διαβάζει τη/ις καθορισμένη/ες εικόνα/ες από ένα multi image file.
- **imread(\_, name, value)**: καθορίζει format specific options χρησιμοποιώντας ένα ή περισσότερα ζεύγη ορισμάτων ονόματος – τιμής επιπλέον των προηγούμενων τρόπων σύνταξης.
- **[a, map] = imread(\_)**: διαβάζει την επιλεγμένη εικόνα στο a και το σχετικό colormap στο map. Οι τιμές του colormap γίνονται αυτόματα rescale στο διάστημα [0, 1].
- **[a, map, transparency] = imread()**: όπως και στο προηγούμενο, αλλά επιστρέφει και το image transparency.

**imwarp(image, transformation)**: Συνάρτηση η οποία παίρνει σαν όρισμα μια εικόνα και τον μετασχηματισμό και εφαρμόζει το μετασχηματισμό πάνω στην εικόνα αυτή. Επιστρέφει την μετασχηματισμένη εικόνα. Μπορεί να συνταχθεί με συνολικά 5 τρόπους που παρουσιάζονται παρακάτω:

- **imwarp(I, tform)**: μετατρέπει την εικόνα (numeric, logical ή categorical) σύμφωνα με τον γεωμετρικό μετασχηματισμό tform. Η συνάρτηση επιστρέφει την μετασχηματισμένη εικόνα. Η tform καθορίζεται ως: affine2d, rigid2d, projective2d, rigid3d, affine3d.
- **imwarp(I, D)**: μετασχηματίζει μία εικόνα I σύμφωνα με το πεδίο μετατόπισης (displacement field) D.
- **imwarp(A, RA, tform)**: μετασχηματίζει μία spatially referenced image (χωρικά αναφερόμενη εικόνα) που καθορίζεται από τα δεδομένα A και το spatial referencing object RA, σύμφωνα με το μετασχηματισμό tform. Οι έξοδοι είναι τα μετασχηματισμένα A, RA.
- **imwarp(\_, interp)**: καθορίζει τον τύπο παρεμβολής που θα χρησιμοποιηθεί.
- **imwarp(\_, name, value)**: καθορίζει ζεύγη ορισμάτων ονόματος – τιμής για τον έλεγχο ορισμένων παραμέτρων του γεωμετρικού μετασχηματισμού.

Για να καταφέρουμε να εφαρμόσουμε ένα γεωμετρικό μετασχηματισμό σε μια εικόνα έχουμε δύο συναρτήσεις διαθέσιμες: `affine2d(Tmatrix)` , `projective2d(Tmatrix)` . Ανάλογα με το τι είδους μετασχηματισμό θέλουμε να ορίσουμε χρησιμοποιούμε είτε τη μία είτε την άλλη.

**affine2d():** Ορίζει τον γεωμετρικό μετασχηματισμό affine στις 2 διαστάσεις. Δηλώνεται ως εξής: `tform = affine2d(T)`, όπου ο T είναι πίνακας διαστάσεων 3x3 όπως φαίνεται παρακάτω

$$T = \begin{bmatrix} a & b & 0 \\ c & d & 0 \\ e & f & 1 \end{bmatrix}$$

Ως default είναι ο identity transformation.

**projective2d():** Ορίζει τον γεωμετρικό μετασχηματισμό προβολής στις 2 διαστάσεις. Δηλώνεται ως εξής: `tform = projective2d(T)`, όπου ο T είναι πίνακας διαστάσεων 3x3 όπως φαίνεται παρακάτω

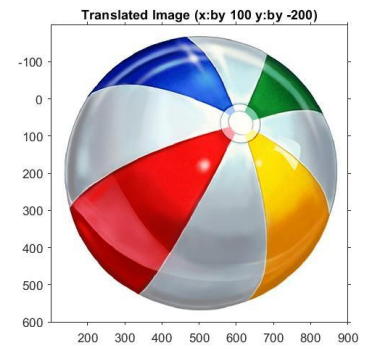
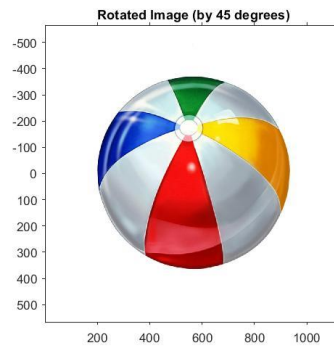
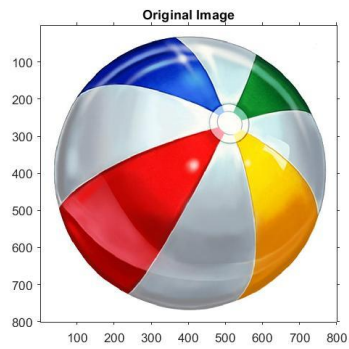
$$T = \begin{bmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & i \end{bmatrix}$$

Ως default είναι ο identity transformation.

**imref2d(imageSize):** Δημιουργεί αντικείμενο χωρικής πληροφορίας για μια εικόνα. Συγκεκριμένα, ένα `imref2d` object αποθηκεύει την σχέση μεταξύ των εγγενών συντεταγμένων της εικόνας στις γραμμές και τις στήλες της και της χωρικής θέσης των ίδιων θέσεων γραμμών και στηλών σε ένα παγκόσμιο σύστημα συντεταγμένων. Η εικόνα δειγματοληπτείται τακτικά στο σύστημα συντεταγμένων world-x, world-y έτσι ώστε οι εγγενείς τιμές x, y να ευθυγραμμίζονται κατάλληλα με τις αντίστοιχες world-x, world-y. Η ανάλυση σε κάθε διάσταση μπορεί να είναι διαφορετική.

**Implay(filename,[FPS]):** Δέχεται ως όρισμα το όνομα ενός βίντεο ή μια ακολουθία εικόνων και την αναπαράγει. Δέχεται και ένα ακόμα προαιρετικό όρισμα το οποίο ορίζει τον αριθμό των FPS. Η ακολουθία των εικόνων θα πρέπει να έχει διαστάσεις MxNx3xK (έγχρωμο) ή MxNxK (ασπρόμαυρο).

Παρατίθεται αποτέλεσμα εφαρμογής ενός συνδυασμού των παραπάνω συναρτήσεων:



**2. Κάνοντας χρήση μετασχηματισμών κλιμάκωσης, να συνθέσετε μια εικόνα η οποία θα αποτελείται από πολλαπλές κλιμακώσεις της. Η επιλογή εικόνας και κλιμακώσεων και η τοποθέτησή τους αφήνονται στην ευχέρειά σας.**

Για την πραγματοποίηση του ερωτήματος θα χρησιμοποιηθεί η εικόνα που φαίνεται παρακάτω.



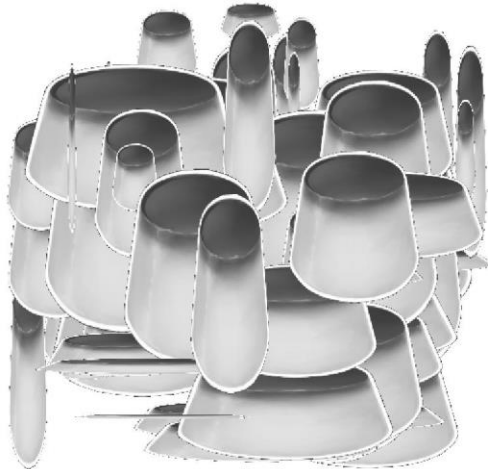
Η κλιμάκωση μιας εικόνας, προκύπτει από τον πολλαπλασιασμό κάθε στοιχείου των συντεταγμένων της με έναν βαθμωτό. Ανάλογα αν αυτός ο βαθμωτός είναι ίδιος για κάθε στοιχείο ή διαφορετικός, η κλιμάκωση ονομάζεται ομοιόμορφη-ισοτροπική ή μη ομοιόμορφη. Η διαδικασία περιγράφεται μαθηματικά ως εξής:

$$\begin{aligned}x' &= a * x \\ y' &= b * y \\ \begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} a & 0 \\ 0 & b \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}\end{aligned}$$

Η κλιμάκωση, όπως και η μετατόπιση, η περιστροφή και η στρέβλωση αποτελούν affine μετασχηματισμούς (μετασχηματισμούς συγγένειας). Επομένως, για την απεικόνιση σε 3x3 μητρώα θα χρησιμοποιήσουμε ομογενείς συντεταγμένες και οι παραπάνω σχέσεις θα μετατραπούν όπως φαίνεται παρακάτω:

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & 0 & 0 \\ 0 & b & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix}$$

Η σύνθεση που δημιουργήθηκε φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



---

Ο αλγόριθμος που χρησιμοποιήθηκε για να υλοποιηθεί το ερώτημα αυτό αποτελείται από της τα εξής βήματα:

Διάβασμα αρχικής εικόνας.

Επιλογή του αριθμού των κλιμακώσεων που θα εφαρμόσουμε.

Δέσμευση μνήμης για την συνολική εικόνα.

Για κάθε κλιμάκωση εφαρμόζουμε τα παρακάτω βήματα:

- Επιλογή κλιμάκωσης κατά  $x, y$ .
- Δημιουργία ενός αντικειμένου γεωμετρικού μετασχηματισμού με χρήση της συνάρτησης `affine2d`.
- Εφαρμογή του γεωμετρικού μετασχηματισμού πάνω στην εικόνα με χρήση της συνάρτησης `imwarp`.
- Τοποθέτηση κλιμακωμένης εικόνας στην συνολική εικόνα.

**3. Δίνεται η εικόνα pudding.png και σκοπός είναι η δημιουργία μιας περιοδικής ακολουθίας εικόνων (βίντεο) με την χρήση μετασχηματισμών στρέβλωσης (shearing) της.**

Εκτελέστηκε παρόμοια με το επόμενο ερώτημα, μόνο που εφαρμόστηκε στρέβλωση και στους δύο άξονες.

**4. Να εφαρμόσετε στρέβλωση μόνο κατά τον οριζόντιο άξονα και ταυτόχρονα η βάση του βασικού σχήματος να είναι σταθερή. Για να πετύχετε την επιθυμητή περιοδικότητα, να επιβάλλετε κατάλληλο κανόνα μεταβολής της τιμής της στρέβλωσης. Η ακολουθία που θα παράξετε να αποθηκευτεί σε μορφή βίντεο στο αρχείο sheared\_pudding.\*.**

Ο μετασχηματισμός στρέβλωσης (shearing) που θα χρησιμοποιήσουμε για τη δημιουργία του βίντεο που ζητείται, ανήκει, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, στους affine μετασχηματισμούς. Περιγράφεται μαθηματικά με χρήση μητρώου 3x3 όπως φαίνεται παρακάτω:

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & sh_y & 0 \\ sh_x & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$x' = x + sh_y y$$

$$y' = sh_x x + y$$

Εφόσον θέλουμε η βάση του σχήματος να μένει σταθερή, ο μετασχηματισμός θα εφαρμόζεται μόνο κατά τον οριζόντιο άξονα. Έτσι, η παράμετρος  $sh_y$ , που αποτελεί τον συντελεστή στρέβλωσης του άξονα  $y$ , θα μηδενιστεί και άρα ο παραπάνω πίνακας θα πάρει τη μορφή:

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ sh_x & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix}$$

Ο  $sh_x$  αποτελεί τον συντελεστή στρέβλωσης του άξονα  $x$  και επομένως, θα ακολουθεί μια περιοδική κίνηση.

Ο αλγόριθμος που χρησιμοποιείται για να υλοποιηθεί το ερώτημα αυτό αποτελείται από τα εξής βήματα:

Διάβασμα εικόνας και δημιουργία περιοδικού σήματος που μοντελοποιεί την στρέβλωση.

Ορισμός συνολικού αριθμού πλαισίων και αρχικοποίηση του movie structure που θα περιέχει όλα τα πλαίσια.

Για κάθε πλαίσιο εφαρμόζουμε τα παρακάτω βήματα:

- Δημιουργία πλαισίου
- Χρήση `affine2d` για ορισμό του γεωμετρικού μετασχηματισμού στρέβλωσης.
- Χρήση `imwarp` για εφαρμογή του γεωμετρικού μετασχηματισμού πάνω στην εικόνα.
- Τοποθέτηση εικόνας στο πλαίσιο με κατάλληλο τρόπο έτσι ώστε να διατηρείται η βάση σταθερή.
- Κατάλληλη ενημέρωση movie structure

Αναπαραγωγή movie structure.



**5. Να δημιουργήσετε ένα βίντεο με την χρήση των εικόνων `windmill_mask.png`, `windmill.png`, `windmill_back.jpeg` και μετασχηματισμών περιστροφής, κλιμάκωσης και μετατόπισης. Στο βίντεο να περιστρέφονται οι φτερωτές του ανεμόμυλου. Χρησιμοποιήστε την δοσμένη μάσκα ώστε στην τελική εικόνα να εμφανίζεται ο ανεμόμυλος με φυσικό τρόπο. Η ακολουθία που θα παράξετε, να αποθηκευτεί στο αρχείο `transf_windmill.*`.**

Οι μετασχηματισμοί περιστροφής και μετατόπισης (για το μετασχηματισμό κλιμάκωσης έχουμε ήδη αναφερθεί στο ερώτημα 2), περιγράφονται μαθηματικά με χρήση μητρώων 3x3 καθώς αποτελούν και αυτοί είδη affine μετασχηματισμών.

Βήματα υλοποίησης:

Διάβασμα διαθέσιμων εικόνων.

Ορισμός συνολικού αριθμού πλαισίων και αρχικοποίηση του `movie structure` που θα περιέχει όλα τα πλαίσια.

Μετατόπιση εικόνας έτσι ώστε ο άξονας περιστροφής να είναι το κέντρο της εικόνας (και όχι η πάνω αριστερή γωνία).

Για κάθε πλαίσιο εφαρμόζουμε:

- Δημιουργία πλαισίου.
- Δημιουργία γεωμετρικού μετασχηματισμού περιστροφής με χρήση της συνάρτησης `affine2d`.
- Εφαρμογή της περιστροφής στην εικόνα του μύλου και στην εικόνα της μάσκας του μύλου με χρήση της συνάρτησης `imwarp`.
- Τοποθέτηση εικόνας στο πλαίσιο.
- Κατάλληλη ενημέρωση `movie structure`.
- Ενημέρωση της γωνίας περιστροφής.

Αναπαγωγή `movie structure`.

**6. Να επαναλάβετε το προηγούμενο ερώτημα αλλά αυτή την φορά να επιλέγετε εσείς την μέθοδο παρεμβολής που θα χρησιμοποιείται κατά την εφαρμογή του μετασχηματισμού. Εκτελέστε το παραπάνω ερώτημα χρησιμοποιώντας linear, nearest και cubic. Καταγράψτε τα συμπεράσματά σας σχετικά με την ποιότητα του αποτελέσματος που πέτυχατε κάθε φορά.**

Μας ζητείται να επιλέξουμε εμείς τον τρόπο παρεμβολής που θα χρησιμοποιήσει η `imwarp()`. Υπάρχουν 3 τύποι: nearest, linear και cubic.

- Η πρώτη περίπτωση αφορά την παρεμβολή του πλησιέστερου γείτονα (nearest neighbor interpolation). Στο output pixel εκχωρείται μόνο η τιμή του κοντινότερου εικονοστοιχείου. Δεν λαμβάνονται υπόψη άλλα pixels. Το συγκεκριμένο είδος παρεμβολής είναι το μόνο που υποστηρίζεται για categorical εικόνες και είναι η προεπιλεγμένη μέθοδος για αυτές τις εικόνες.
- Η linear παρεμβολή η βασική μέθοδος για numerical ή logical εικόνες.
- Η cubic παρεμβολή είναι είδος spline interpolation. Η κυβική συνάρτηση έχει πιο ομαλές μεταβάσεις οπότε είναι προτιμότερη αν και υπολογιστικά είναι πιο ακριβή.

**7. Να δημιουργήσετε ένα βίντεο με την χρήση των εικόνων ball.jpg, ball\_mask.jpg, beach.jpg και μετασχηματισμών περιστροφής, κλιμάκωσης και μετατόπισης. Καταγράψτε αναλυτικά όλα τα βήματα που ακολουθήσατε για να το πετύχετε. Η ακολουθία που θα παράξετε να αποθηκευτεί σε μορφή βίντεο στο αρχείο transf\_beach.\***

Σύμφωνα με το βίντεο, θέλουμε η μπάλα να εκτελεί δύο είδη κινήσεων. Αρχικά, θα κάνει άλματα όπου το κάθε ένα θα έχει μικρότερο πλάτος (ύψος) από το προηγούμενο και ταυτόχρονα, θα περιστρέφεται γύρω από τον εαυτό της. Τον μετασχηματισμό περιστροφής τον μελετήσαμε ήδη στο ερώτημα 5. Οι αναπηδήσεις που ζητούνται περιγράφονται μαθηματικά από τη συνάρτηση του φθίνοντος ημιτόνου.

Βήματα:

Διάβασμα διαθέσιμων εικόνων.

Παραγωγή σήματος που μοντελοποιεί την κίνηση της μπάλας.

Ορισμός συνολικού αριθμού πλαισίων και αρχικοποίηση του movie structure που θα περιέχει όλα τα πλαίσια.

Μετατόπιση εικόνας έτσι ώστε ο άξονας περιστροφής να βρίσκεται στο κέντρο της εικόνας.

Κλιμάκωση της εικόνας έτσι ώστε να χωρέσει στο background της παραλίας.

Για κάθε πλαίσιο εφαρμόζουμε επαναληπτικά:

- Δημιουργία πλαισίου.
- Χρήση `affine2d` για να ορίσουμε το αντικείμενο γεωμετρικού μετασχηματισμού περιστροφής.
- Χρήση `imwarp` για να εφαρμόσουμε τον μετασχηματισμό στην μπάλα και στην μάσκα της μπάλας.
- Τοποθέτηση εικόνας στο πλαίσιο.
- Κατάλληλη ενημέρωση `movie structure`.
- Ενημέρωση της γωνίας περιστροφής.

**8. Τροποποιήστε κατάλληλα τους μετασχηματισμούς ώστε η μπάλα να ακολουθήσει διαφορετική πορεία από αυτή που εμφανίζεται στο παραπάνω βίντεο και συγκεκριμένα να κατευθύνεται προς τη θάλασσα και να εκφυλίζεται σε σημείο στον ορίζοντα. Καταγράψτε αναλυτικά όλα τα βήματα που ακολουθήσατε για να το πετύχετε.**

Έγιναν δύο βασικές αλλαγές συγκριτικά με το προηγούμενο ερώτημα.

Η πρώτη ήταν να μην μετατοπίζουμε την μπάλα δεξιά σε κάθε πλαίσιο και η δεύτερη ήταν να εφαρμόσουμε σε κάθε λούπτα του αλγορίθμου(σε κάθε πλαίσιο δηλαδή) διαδοχική κλιμάκωση (σμίκρυνση).