

① 24.10.04  
ת. תל אביב  
תמונה

צורה טובה

האתר - יוסי

אם אתם רוצים לתקדם בהמשך הסמסטר הפנויה שלכם  
ב- האצבעונים + מצגות + חומר (מצגות סטגרי

[www.cs.huji.ac.il/~impr](http://www.cs.huji.ac.il/~impr)

יפיו (נוצצות) - מתישבו שבוט הט

יפיו כ-6 תחילים - חובה להגיש - אין הארכה!

יפיו שני מחנכים - אמרם וסיום

היום נלמד Matlab - זה סימולטור חלק עם מה שקשה

למנופולציה של אקטורים ומטריצות. זו שפה עולה מאוד אינטייטיבית

ומאוד מהירה. היום נלמד את מה שקשה לפעולה

אתחיל.

ב- matlab הם מטריצה רב-ממדית (ניתן לשינוי

קצור רבה).

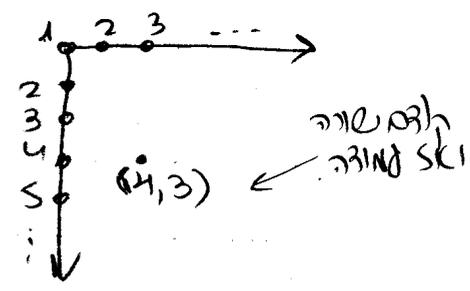
הדבר הכי חשוב הם אק משיגים עליה השורה הפקודה של

matlab אפשר לתקב help help וזה פותח את

העזרה (או שגשג התפרוץ) ה-help ממש מצויין!!

תמונה ציטוטית זו אמנם פונקציה דו-ממדית אבל ציטוטית.

אם יש פשוט מטריצה. המוסכמות ליבוי האינדקסים:



יש כמה סוגי תמונה :

- לפי עוצמה - כמו אפור בתחום [0,255] (אלמים) או [0,1] double

- תמונה בינארית - שחור/לבן

- indexed - look up table [x, map]

- RGB - זו מטריצה תלת ממדית שתייצג את כמות

הצבעים, ירוק אדום כתום.

אם ממירים צבעוני לשחור לבן, נבאי להתייחס

אלו מחד המטריצה כי חסם אבצע פאנור

סתם על כן הרבה גאים

דיו אקראי תמונה אנק משתנה משתנים - ('...') imread=f

ואם f whos אציע את ה meta data של התמונה

האציה יש על פקודות שקשורת אבצע ושחורה של תמונה

נקודה חשובה: matlab עובד כ-copypaste

ככה פשוט מתחיל מיותר של זיכרון.

וקטור מציינים בעזרת סימנים מרובעים - [1 2 3 4]

ואם יוצא וקטור שורה. הסימן ' (גודל סודי) עולה

transpose ואם [1 2 3 4]' היא וקטור עמודה

בעזרת : (נקודותיים) אפשר אציע תמונים וטב

אם  $v = 1:4$  זה כמו  $v = [1 2 3 4]$ . בשלבים steps

אפשר ערוב :  $1:2:5$  וזה כמו [1 3 5]

מטריצה דו ממדית היא כזו של וקטורי שורה

$$A = [1 2 3; 4 5 6; 7 8 9]$$

מאובק זשנו ממדים של מטריצה בעזרת reshape

האציה יש פירוט של עוד מלא דברים שלא היה טעם ורמז כאן...

2

פונקציות - matlab

פונקציות חדשות אשר אביא בקובץ m. יש הקובץ חייב להיות להם אשם הפונקציה

בתוך הקובץ איתרם פונקציה זו השרה

function [out1, out2] = name (in1, in2, in3)

אם איתרם הפונקציה רק משתנה 1 הוא לא תתקן. ככה זה נותן לנו זמינות לבדוק אם משתנים קיימים ולפעול לפי מקרים שונים. שורת החרוז מתחילה ב-%

יש אגס הדברים הרלוואנטיים של code flow אולטימטום האלה.

הענין האלמנטרי של הפיר שרפאי והימנז זהו שימוש בהן. הרבה פעמים ניתן להתחיל את הקוד עם הולואה בקוד חכם יותר שמשתמש בקוארטים ומטריצות ומשתמש בגבולות של matlab.

ב ההזכרות הפונקציות מתבצעות by value.

חול מטריצות יש עוד כמה מבני (תונים) - cell שלה אין רשימה שכולה אהכל סוגים שונים של משתנים. אמל

c = { 'dina', 14 }

1- structure שלה כמו struct ויש לו שלב. אמל

Dina.height = 165, Dina.age = 24

## Image Enhancement

אחת מהקטגוריות תמונה ארוזים 'להצגת' אותה. נהר שלה תלוי בעליה שלנו. היום נפטר על תחילי אפור.

צדד אחרת: אניפולציות על תמונה יחולת ארוג מ-3 סוגים

- הוצג נפון אגמום (אמש) (ויסויגרה)

- לקטל תמונה ולהחזיר תמונה - אמל להוריד ככלותיה

- לקבל תמונה ולענות על שאלה - אמל האסיש פנים בתמונה

לפעמים רשומים פעולה על תמונה לא אמצעין אותנו כל פיקסל בנפרד,  
אלא אם השכינים שלו.

אם אמתים רק על פיקסל אחד אפשר להשתמש בlookup table  
זמשל, ככה אפשר לקבל נגזרת של תמונה - צ"י הפיכת שמור  
זאתו לבין ולמור האופן אינטי.

צדף פיארה הם אמיש זינו תמונה ככה מאוד אפשר להפסול על  
הנקודות טרנספורמציה אוזריתמור ואז נראה יותר הבבלים בין זככי השמור  
נקודה לאמתלכה המקרה זה אחרי הסטרספורמציה אנתנו רואים יותר  
פרטים. האם אנתנו מאבדים מה מידע? ובעיה כאן היא שאנתנו  
כבני אדם לא מקבלים טוב בין זיכים כהים קרובים. אז המדע  
קיים אמל אנתנו לא רואים אותו.

אמיש זינו תמונה בהירה מפי אז נרצה להוריד את זיכו הלסן. ואז  
אפשר להשתמש בפונקציה גמא -  $\gamma = 1/S$ . עבור זיככי  $\gamma > 1$   
הפונקציה נטויה כך  $\int$  ואז מקטנים את הלסן. זה קרא  
gamma correction

היסטוגרמה של תמונה אפורה אחרי כמה פעם טלים יש בס (מע) אפור  
זה נורד זינו רזין של כמה התמונה אמנה (שמורה).  
המטרה היא כנראה איכספו וגדום להיסטוגרמה לזיכו אחידה  
מק'רוב. - histogram equalization ולה יאד להתמונה  
היא ה-contrast טוב.

אם ההיסטוגרמה שטוחה זה אוזר לפתחמכונה אהיור מתחת לתחום מסוים  
אפלה זינארו -  $\leftarrow$  ההיסטוגרמה המוצמרת צריכה להיות זינארו  
המצגת חלה את זעשג את זה.

החריח יהיה על הרשג אז הוסותר מינה כשלין. ההגשג זקרוניו -  
הזיד שבוזיים אמל אזי יהיו שנויים במל השמיה.

③ ג. מ. 04  
ת. עיבוד  
תמונה

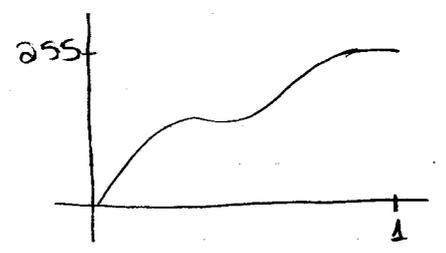
נא להירשם זקלרם ציב האתר!  
 כה התראו האחרון עד סוף השבוע (4) !  
 התראו הרצון פורסם. מועד הגילוי יום חמישי הבס!

תורה על עניין ההיסטאורמה

היסטאורמה אומרת רנה סביית'ים זנו בתמונה אב רמת אפור.  
 זן התם מענין זהסתל על ההיסטאורמה המעניית שבעצם אומרת  
 אה ההסתברות שסיבת תהיה ברמת אפור מסוימת.  
 בק"ב השאפה היא להסתברות תהיה אפוא (ארות שמאף ציב  
 זהסתל על התמונה והארות שלה זה גשבו סוביקטיבי ותאו הספ  
 התמונה - אזי אנתנו חצים תמונה (יטא בהירה ארה).

מה שמפין היסטאורמה אחיה הוא שלהיסטאורמה המצטרות שלה  
 היא עינארות, סוגר הפוקציה  $y_H = \sum_{i=0}^k x_i$  זנארות  
 ילברמה? כמה סיבוי  
 כמה סיבויג'ים אמת  $k-\delta$

ענה להיסטאורמה המצטרות (ראית רק):



נניח שמתר אפר 1 יש אה הסתברות  $\frac{1}{3}$ . אז אעקירום אותה  
 א-  $\frac{255}{3}$  ואם רמת אפור 2 יש אה הסתברות  $\frac{1}{10}$  אז  
 אזתקים אותה ל-  $\frac{255}{10} + \frac{255}{3}$ . אז אב רמת אפור נותנים אה  
 הנתם היתם' שלה נאלף וההצקנה ניש לשמאף שאימ בקציה  
 הייתי של התמונה. אלא זה יוצא א כ"כ טב כי אמיש תמונה שיש  
 בה הרבה מאד לחור זה נצב שהשחור יהפך אהיר יותר. זק  
 בסוף שום אנחלים את ההיסטאורמה שתהיה בין 0 ל- 255.

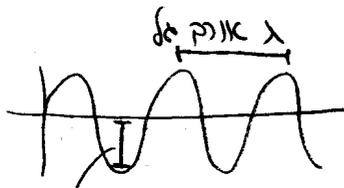
חזק מזה, נשמח שיש לך שרמית אפור אחרת. מחפשים לראות אפור אחרת  
 ולא מתקיים את הרמה בין כמה רמות שיהיו זה יוצא שאנחנו מנסים  
 איזה שלאי היה קודם ואת זה אסור לנו לעשות.

חזק מזה, במלל שלב פיסקט. נוו להיות שרמית אפור שונות יצברו  
 לאותה רמה חדשה, אז יורו להיות שראש אידע, אבל הפך לא  
 מאבדים מלה הרבה מידע. אאזה סיבה זה תלתי אשרי להשיג  
 בפיוק הנתכרות אחידה. אוננו אנוסים לקטל אשנו הכי קרוב  
 עליונאי שאנחנו יכולים.

קצת יופי עלוי:

- מה ציבוק בשבול תמונה? - אור
- אוביקט
- מה ציזום (ולמה, עין)

מה זה אור? אור אכן מתחלק לספקטרום 400-700 nm. RGB זה  
 קורה לא רע (צבעים שיש בטבע, אבל הם אופן אז נטל אצולם עי'  
 מספר סופי של צבעים עהציג ארט הצבעים בטבע.  
 אור זה ילפקיק - זה גם אז אקטרומאגטי שמתקדם בחלל אבל זה גם  
 חלקיקים שנקראים פוטונים.



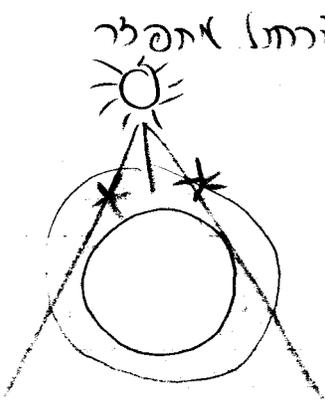
אופטיקה

מה שמאפיין גל זה אורך גל ואמפליטודה. תפירות  
 של גל היא  $\lambda = \frac{c}{\nu}$ .

הנתונים הנראה לזה 400-700 nm (אורך גל) אבל זה לא  
 הקטור בעתיד שמתעסקים איתו. אפשר לקבל תמונות מכל תמונה של פנים -  
 אינפרא-אדום, גלים ססזיים ועוד!  
 זשימויטים שונים קפאי להשתמש בתמונות שונים. זמשל תמונות אהחל (כאור)  
 הרבה יותר השמצמים עם אינפרא-אדום ולא בעלית אור נראה.

מההשניים רחמים? אור האורכי גל קרבים מולטע יותר מתקני אבק  
 וראיה. אז הפלים בק צרים (רחמל, סטו וזה) מולטעים יותר אהחלקיקים

אם רוצים להבין את התהליכים הפיזיקליים המאפשרים לנו לראות את השמש והירח ואת הכוכבים...

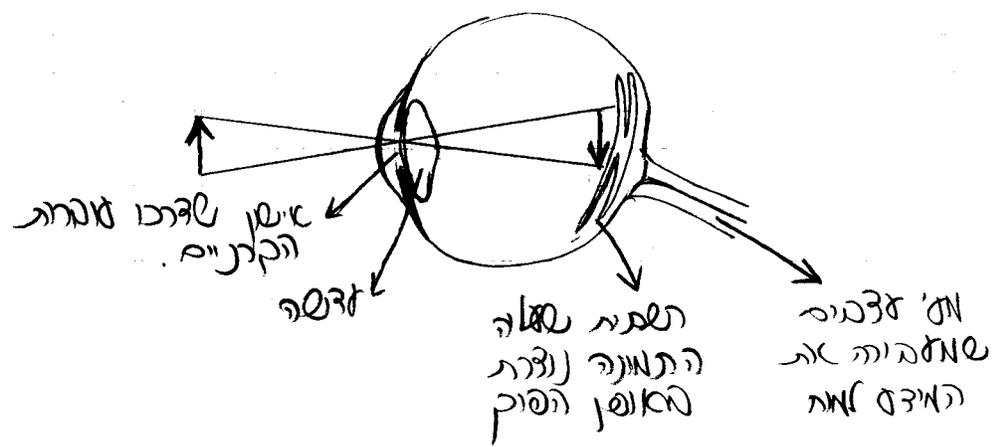


איך אובייקטים יש דבר? אם אובייקט יש שני מאפיינים - אובייקט שלם הנוצרים ואובייקט שלם מתכרים. אובייקט הוא שלם מתכרים לה מה לקבוע או הדבר שאנחנו רואים.

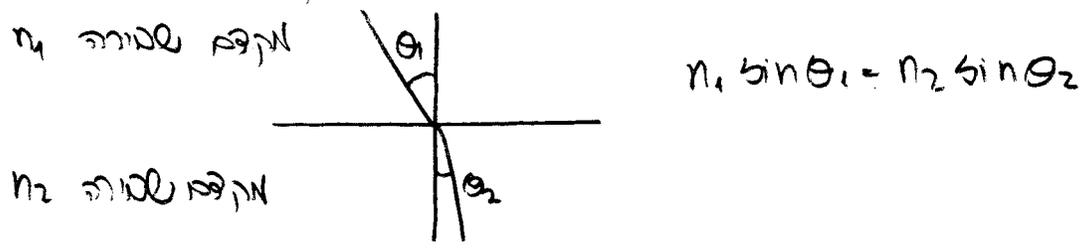
מאפיינים יש אקדס בליטה ומקדס החדה - אדם להיות בולטת אדם שמתרם. למשלנו היא הולדת את אובייקט הבלתי-מאפשרת לקרנת השמש לעבור. אם היינו חיים על כוכב אחר האותה אדם שלם אדם זה אדם אדמסברי שונה יש מזה לפינו חיים בחושך.

העין אובייקט משני אובייקטים - אחד למחראי על ראיית וים שלם ראיית בדיוק סבירה וראיית הדבר שלו מתקדמת סביב הירוק. אובייקט אחרים על ראיית בולטת ונראי החדה פחות ראיית זכוכית.

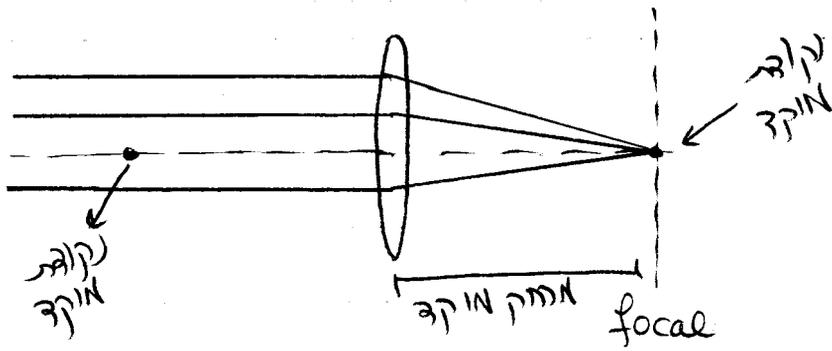
אנחנו למהלך תמונה צדק מתרבת ראיית אדם הבאייה הכי בסיסית היא העין.



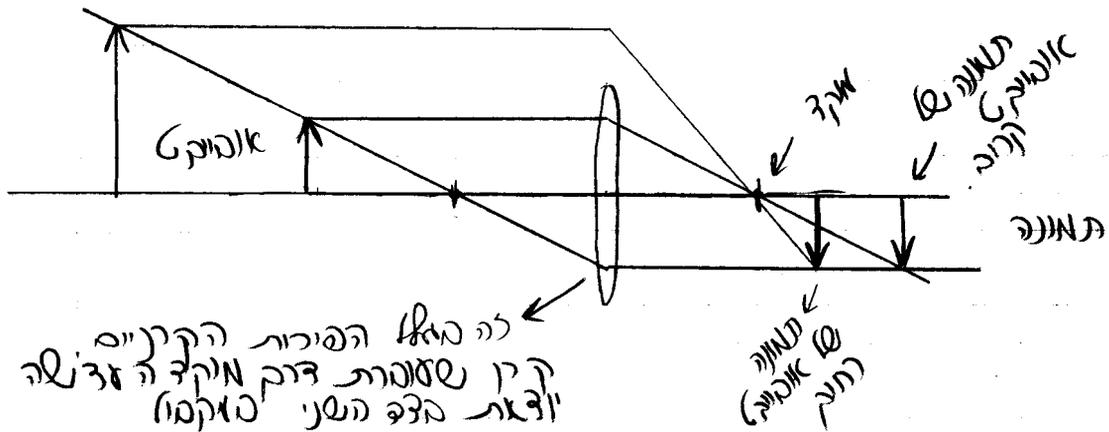
חוק השמירה של סני: אם יש מרחק אובייקט תווה טלפו היא נלכד:



בעזרת חוק זה אפשר לתאר את שטח:



איך יוצאים איפה מתקבלת התמונה?



זה כאלו הפיזור הקריניים קרין שצומרת דרך מוקד זה עזר לה יוצאת הדגה השני סוגים

נראה שבאובייקט נמצא רחוק יותר הדמיון מתקבל יותר קרוב למוקד. אם התמונה אמורה להתקבל במקום כלשהו אבל תופסים אותה במקום אחר הם יוצגו ממושטל. זה מה שנקרא פוקוס. במקום המצויא פשוט מציג את העצם קדמיה או אחורה ומוקד משנה את המקום וקודם המוקד שלה.

העין קורה דבר דומה, מי שהשיר לא חוש ואיורו לתפס את העצם הם מרחים משקפיה שלו עזר מתקנת

לבו. זה היה שיפור עלו שמתקווה יותר לנו קצת תמונה שיצלחו לנו בעזרת תמונה. - זהבין מה בדיוק קורה שם!

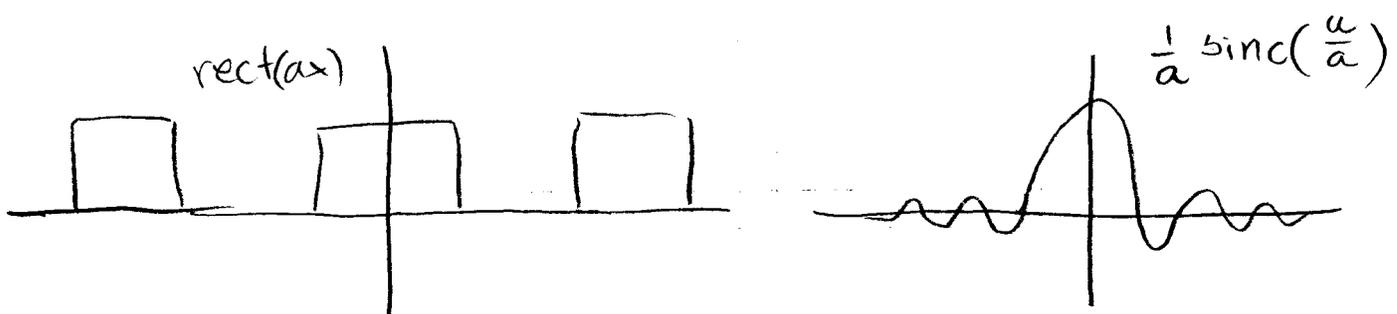
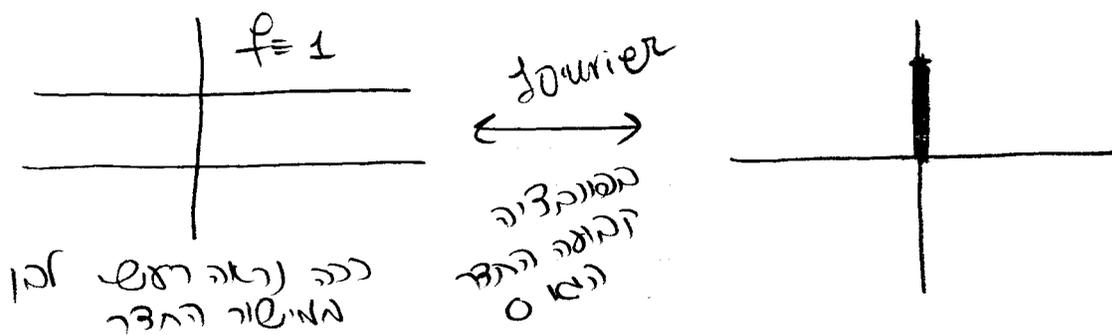
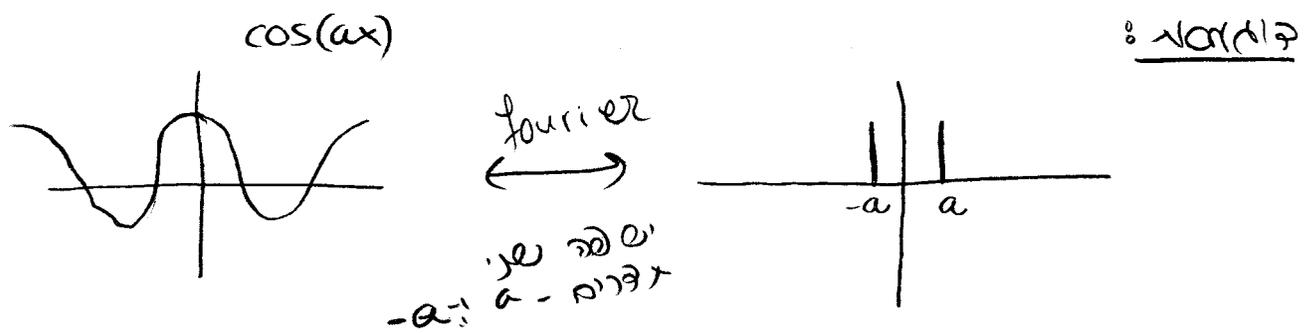


גאומטריה זו טכניקה של פיקסציה, סוגר זו אטרוזיה. אפיש אפסטרט על  
 גאומטריה בלבד. חיצו כווקטור הארחה והטורב. אמיתת  $z^2$ .  
 סמחה כזה ירושים אדיותל אניי המיסוסים. ול והטרי ניימ  
 עכציה רציתל ענארי של אוטרימסוס. על המסוס יתלה אדיו  
 הציה שונת. אפטר הון הציה המסוס אפד עכציה המסוס  
 אחר זו היתקה ענארי ונימ ע אטרוזיה מעבר מסוסים.

טרנספורם פורייה חד ממדי: א פוקציה אחרית ניימיה אהציה  
 כסכה של סניסום וקוטנוסום התצרים שנייה. טרנספורם פורייה  
 ניימ אר הוהציה הלכג

$$F(u) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x) e^{-2\pi i x u} dx$$

$f(x)$  זו הפוקציה האקוויג.  $u$  זה התצד,  $|F(u)|$  זו  
 הדינמו של התצד  $u$  הפירוק.



6

טרנספורם פורייה דיסקרטי:

$$F(u) = \frac{1}{N} \sum_{x=0}^{N-1} f(x) e^{-\frac{2\pi i u x}{N}}$$

$$f(x) = \sum_{u=0}^{N-1} F(u) e^{\frac{2\pi i u x}{N}}$$

הכלל שאנחנו העזרנו בו דיסקרטי יש רק מספר סופי של גזרים!  
כמו בקצוות דיסקרטי גרף מניחים שאנחנו עובדים עם  
סימנים  $f(x)$  ציבוריים, ונרצה בעצמם להנחה נראית לא פוגע  
נרצה להתחבר.

למה הכלל זה עובד עם טרנספורם דיסקרטי? קופה כי אין  
בעיה של קום. במקרה הרגיל נכל או כיתה לשאנטיגל אנחנו.  
תוף מזה (נתנו להשוב על) ונקרה דיסקרטי (היה ממשל  
אזכור הסיסים.

$$F(u) = \frac{1}{N} \sum_{x=0}^{N-1} f(x) e^{-\frac{2\pi i u x}{N}}$$

$$F(u) = \frac{1}{N} M \cdot f(x)$$

נאש  $\omega = e^{-\frac{2\pi i}{N}}$

$$M = \begin{pmatrix} \omega^0 & \omega^0 & \dots & \omega^0 \\ \omega^0 & \omega^1 & \dots & \omega^{N-1} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \omega^0 & \omega^{N-1} & \dots & \omega^{(N-1)^2} \end{pmatrix}$$

$$f(x) = M^{-1} F(u) \quad \text{סיד}$$

תכונה של טרנספורם פורייה:

- הסימולוג של התישה היא  $O(N^2)$  (בא  $u$  יש  $N$  חישובים)  
בעזרת FFT אפשר להוריד את הסימולוג ל-  $O(N \log N)$

- האיר הטישון הטרנספורם הוא

$$F(u) = \frac{1}{N} \sum_{x=0}^{N-1} f(x) e^0 = \text{המחיצה של הטיגל}$$

סכום פונקציה (פונקציה דיסקרטית) - קו-טראנספורם

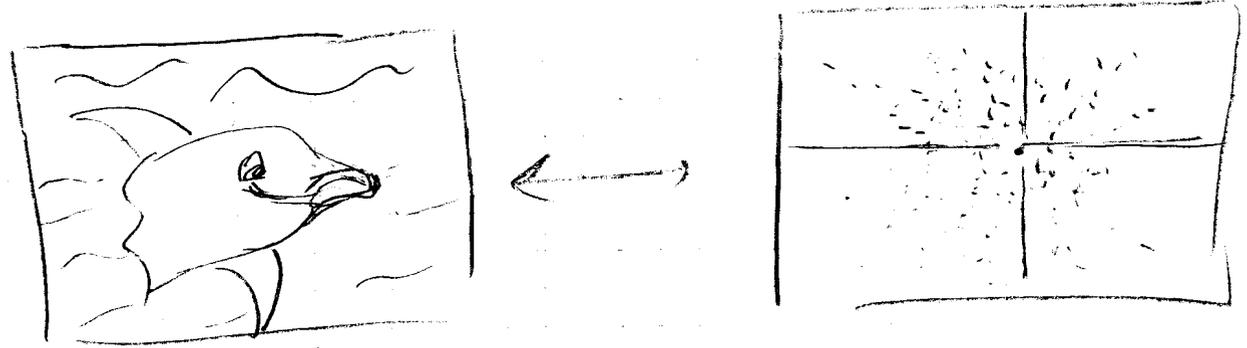
$$F(u, v) = \frac{1}{N} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) e^{-\frac{2\pi i (ux + vy)}{N}}$$

$$f(x, y) = \frac{1}{N} \sum_{u=0}^{N-1} \sum_{v=0}^{N-1} F(u, v) e^{\frac{2\pi i (ux + vy)}{N}}$$

$$\Rightarrow F(0, 0) = \frac{1}{N} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) = N \cdot \left( \frac{1}{N} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) \right)$$

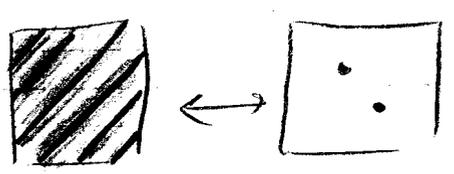
זה עובד כי אם קבענו את המיקום של  $F$  - אזי  $\frac{1}{N}$  אצל כל אחד מהם, ציבנו את הממוצע של  $F(0, 0)$  קטנה (ממוצע).

פונקציה דיסקרטית - קו-טראנספורם



הם האנכי והאופקי (רשת) אחת הציבוק של התמונה.

הטראנספורם נותן לנו שלושה דברים:



- התפר - האורך של התקופה  $(0, 0)$
- הכיוון של התפר - זמן
- האמפליטודה - העוצמה של התפר

תכונות:

$$f(x) + g(x) \leftrightarrow F(u) + G(u)$$

$$a \cdot f(x) \leftrightarrow a \cdot F(u)$$

$F(u, v) = F(u + N, v)$  - אתלוריה בעת המנחים

$F(u, v) = F(u, v + N)$

$F(u, v) = F^*(-u, -v)$  - סימטריה

$|F(u, v)| = |F(-u, -v)|$

(4)

- scaling - (פית בתמונה) ארוך אר הטרנספורם

אפקט

$$f(ax, by) \leftrightarrow \frac{1}{|ab|} F\left(\frac{u}{a}, \frac{v}{b}\right)$$

אם מצאים טרנספורם פוריה? הטרנספורם נותן מספר מרווח  
אם אנש ארצית אר לה בתמונה אז קודם אסתמים על הערך  
המתאים  $|F(u)|$

עוד בעיה היא שפרבה פעמים יש גזרים משניים שהעצמה שלהם  
הרבה יותר נמוכה אהת צרים הפאסיים ואז לא חואים אר לה  
מגמונה. אז מה שמציינים הוא  $\log(|F(u)| + 1)$

(שים לב) -

$$F(u, v) = \frac{1}{N} \sum_x \sum_y f(x, y) e^{-\frac{2\pi i (ux + vy)}{N}}$$

$$= \frac{1}{N} \sum_x \left( e^{-\frac{2\pi i ux}{N}} \underbrace{\sum_y f(x, y) e^{-\frac{2\pi i vy}{N}}}_{\text{הטרנספורם החד ממדי}} \right)$$

הטרנספורם החד ממדי  
טור x קבוע

$$= \frac{1}{N} \sum_x \left( e^{-\frac{2\pi i ux}{N}} F(x, v) \right)$$

זה אה נראה כמו טרנספורם  
חד-ממדי

אז אנש שנינו שמספק, ארצת אנש טרנספורם חד-ממדי  
כדי ארצת אנש טרנספורם די ממדי: קיבם עושים על  
האופור ואז עושים על השורה.

ענה שמסבבים אנונה. מה קורה לטרנספורם שלר? - הוא אה  
אסתוקה כסאגו אישן, הו אדוקרסאלתם גרנים ואמן ארצתו  
אפלה, הכיונים שונים.

נניח שמציבים תמונה. מה קורה עם טרנספורם שלה? נגלה  
 שאנחנו מניחים שהתמונה היא ציקלית אינסופית. התצפיות והעוצמות  
 שלהם לא ישגנו אתם. הפאזה תשגנה:

$$f(x-x_0, y-y_0) \leftarrow F(u, v) e^{\frac{2\pi i (ux_0 + vy_0)}{N}}$$

אמיש אנו שגני גמנוק. אידע שלון הלכה אתג של השני. קטע

$$\frac{F_1}{F_2}(u, v) = e^{\frac{2\pi i (ux_0 + vy_0)}{N}}$$

אז ראי מציבו את  $x_0, y_0$  אפשר להציב פעם אחת  
 $(u, v) = (0, 0)$  ופעם  $(u, v) = (0, 1)$  ואז מתקבל משוואות  
 שאפשר לפתור.

(גלגל של גמנוק: גלגל (אחשג אופנה ס גבר באצ) שלו  
 (אז ראיסה שנגלוג מגדולה נעשים). זה אפשר אנו אגלו גמנוק:

- אחלטיבו סג הטרנספורם  $F$

- ס אקצם  $F(u, v)$  אופליים ב- $u$

- אחלטיבו סג הטרנספורם היהפיק.

לו צוק ררסה יותר אצוויקג אהלג (גלגל) כהכו מלמלג כמ'דע  
 אס הגמנוק לא רק אאידע קופג.

8) 2.08  
ג' ע'קוד  
ת'מ'ם

ת'ר'ל' 2 ג'ט'ו'ט' - י'נ'ן ת'ת'ח'ת' ל'כ'ו'ם ת'ט'ם  
פ'

ת'נ'ס'פ'ת' פ'ור'י'ה מ'ע'מ'י' א'ר - א'ו'ת'ה' ת'ת'מ'ו'ת' א'ו'ת'ה' ת'ת'ר' ת'נ'ס'פ'ת' פ'ור'י'ה  
ו'ת'פ'ק' ע'ו'ל'ט' א'ר ה'פ'ע'ו'ת' ה'ה'פ'ו'כ'ה א'ז א'ן א'נ'פ' מ'י'ד'ע' כ'ת'מ'ס'ר  
ט'ו'ן ו'ת'ח'ת'ם, ל'א פ'ט'ט' ה'צ'י'ג' כ'ט'ס'ס'ם ש'נ'ם.

ה'מ'ד'ע'ג' י'ט' א'ז-ד-ז-ן ע'י'א'ט'א'ו'ר

א'מ'נו' ש'ט'נ'ס'פ'ו'ת' ד'ו' מ'א'ר'י' ל'ה' א'מ'ע'ל'ם פ'ת'מ'ים ה'ט'נ'ס'פ'ו'ת' ת'ת'ר' מ'מ'צ' -  
פ'ע'ם א'ת'ר' א'צ'ו'ר ה'-ג' ו'א'צ' ל'צ'י' ה'י'.

ד'ו' א'ר'צ'י'ת' א'ר ה'ט'נ'ס'פ'ו'ת' ר'פ'א'י' א'ר'צ'י'ת' א'ר  $\log(F(u)+1)$  כ'כ  
ט'פ'כ' ה'ת'ר'ת'ם ל'מ'א'ר'כ'ת' ה'ם מ'א'ר'ק' מ'א'ר'ק' א'ב'ו'ת'ם - ה'ת'ר'ת' י'ו'ת'ר' א'ב'ו'ת'ם  
א'ו'ת'ר'ת'ם כ'ק'ד'ו'ת' א'ז א'ם ר'צ'י'ת' א'ר ל'ה' כ'מ'ו' ש'ל'ה' פ'ט'ט' א'ז (ר'א'ה'  
כ'ע'ן א'ר ה'ה'ת'פ'ל'ים, מ'ח' א'ז'ה' ו'ר'צ'ה' ש'ל'ה' א'ס'י'ס) ו'ה'י'ה' כ'א'ר'ל' ה'ת'מ'ת'ה'  
א'מ'נו' ר'ו'פ'ים א'ר'צ'י'ת' א'ר ת'מ'נ'פ' ה'  $\frac{N}{2}$  א'מ'נו'  $F(u - \frac{N}{2}, v - \frac{N}{2})$

ל'ה' מ'א'ר'א'י'ם א'ת'מ'ת'ה'  
$$f(x,y) \cdot e^{\frac{-\pi i (-\frac{N}{2}x - \frac{N}{2}y)}{N}} = f(x,y) e^{-\pi i (x+y)} =$$
$$= f(x,y) (-1)^{x+y}$$

א'ם א'ם א'ת'ת'ח'ת'ה' (ר'פ'א'י' א'ר ה'ת'מ'נ'פ' ה')  $y^{x+y}$  א'ז כ'פ'י'ע'ת'ה' (ק'ט'ל'  
א'ר ה'ה'ל'ל'ה' ש'ל'ר'צ'י'ו'ן כ'ת'פ'ר'.

ת'ק'ו'ד'ת' ש'ט'ט'ל'ים ל'ה' א'י'ה'י' ה'ת'ת'ו'ת' א'ת'מ'נ'פ'  $\sqrt{N}$  מ'י'א'ו'ת' א'ת'ש'נו' א'ה' ס'ת'נ'ס'פ'ו'ת'  
פ'א'ר'י'ה' ו'ק'ט'ל'ו'ן מ'י'א'ו'ת' ל'ה' א'פ'ס'ים מ'ו'ת'ב'ים א'ז א'כ'ו'ר'ה' ה'כ'פ'ל'ו'ן א'ר  
כ'מ'ו'ר' ה'מ'י'ד'ע' פ'י' ש'ע'י'ים ו'ל'ה' מ'ז'ל'ה' א'מ'ל' ה'ט'נ'ס'פ'ו'ת' ס'מ'ט'ר' כ'י'ח'ס' א'ר'צ'י'ת'  
א'ו'ת'ה' ו'ל'ה' מ'ו'ת'פ'א'ו'ן א'ר ה'ת'פ'א'ו'ת' כ'מ'י'ד'ע' ה'מ'ז'ל'ה' א'י'ב'ט'ל'י' (פ'ט'ע'ל'ט' א'ר)  
ל'ה' ס'ת'נ'ס'פ'ו'ת' ה'פ'ק' ו'ק'ט'ל' ש'ל'ה' ת'מ'ו'ת' מ'א'ש'י'ג' ה'מ'י'ד'ע' א'ר ל'ה' א'ז ת'מ'י'ד'ע' ו'ק'ט'  
כ'א'ל' ת'י'ש'ט'ים א'ז א'מ'י'ק'ו'ת' ה'מ'ז'ל'ה' ה'מ'ק'ר'ה' ר'ל'ה' ה'ת'ר'ת'ם ה'א'ו'כ'ו'ב'ים י'ו'ן  
מ'א'ר'ק'ט'ו'ת' ו'צ'י'ק' פ'ט'ט' א'ת'מ'ל'ת' א'ת'ם.

א'ה' ה'מ'ש'ט'מ'ת' ש'ל' ה'ת'פ'ר'ת' ה'מ'י'ד'ע' פ'א'ר'ת'ם (א'ר'ק' מ'ל' ה'ת'מ'נ'פ' ה') א'מ'ל'ט'ו'ן (ת'ק'ו'ד'ת'.

נקט לראש - אפסרת את אסתורי ציורה - עתפרים. התפרים הו (מאנים אויבצים  
 שטחים גפולים והומויזים (שמים, קיורו - וכו') והתפרים התורה  
 אויבצים טקסטורה זרוע, אפרים בין אפים ארעש.

גלות של תמונה אחרת איך אפר שנויים בתמונה. אם מחשבים מתקנה

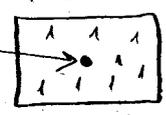
$$f(x) = \frac{1}{N} \sum F(u, v) e^{\frac{2\pi i}{N}(xu+yv)}$$

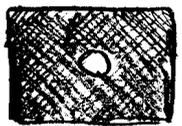
$$\frac{\partial f}{\partial x} = \frac{2\pi i}{N^2} \sum u \cdot F(u, v) e^{\frac{2\pi i}{N}(xu+yv)}$$

זה קרי אקדמים (שחמש חסר משמעות) זה שקטור (עוקב תמונה)  
 זה מלכו או טרנספורם נכונה והפוק, אכל הוא אפר בתפר:

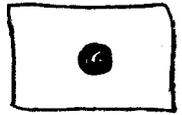
$$\frac{\partial f(x, y)}{\partial x} = \frac{2\pi i}{N} \Phi^{-1}(u \cdot \Phi(f(x, y)))$$

נשים זה שהמשקול (זה הוא) נארב אפרים גמרים אשפזים יותר של  
 הנגלה. זה בא אפר ביטוי ברעש שמונע כ התפרים גמרים. אכל אפר  
 נגרה מפרמה או הרעש.

פילטרים: נניח שהתמונה תמונה אנוני רוצים אפרם את אויבץ רמת האפר  
 שלה אפרם. (לכוו ש -  $F(0,0)$  איך אפר אויבץ רמת האפר. אכל  
 (כמו) את  $F(u, v)$  בתכנית  ונקבל תמונה שמאויבץ  
 פריג האפר שלה אפרם. הרעש אפר ואפרו יתר אפר זה אפר אפר  
 בהמשך נקבל יותר אינטואיציה זה וקרא Notch Filter.

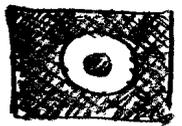


המטרה אפר את התפרים הנארים נשפזים בתכנית או ציור  
 זה Low Pass Filter וזה אפר אפר ששטח לתמונה.



האנו אפר אפר אפר High Pass Filter הולכה (תכנית

Low Pass Filter אפרו אפר אפר אפר cutoff אפר אפר התמונה  
 ופרא מוסטש אפר. הרעש אפרים 95% אפרים.



Band Pass Filter אפר תמונה תפרים (תמונה) אפר רמתו  
 פרא שפז cutoff הוא אפר אפר - אפר שפזים נשפז  
 אפר שפז אפר אפר הולכה ותר רכבי אפר אפר נשפז  
 אפר אפר שפזים אפרים אפרים יותר.



רציפות: בטבע יש לנו תמונות רציפות ואותה רציפות. אבל המחשב

הוא דיסקרט. אז צריך לדגום את המידע רק של  $L$  נקודות מידע.

אם יש אור רציף  $f(x)$  אז עם פונקציית תאנה  $\delta(x)$  נשנה

$$s \text{ אצל הרציפות הוא } \text{sample} = \int_{-\infty}^{\infty} f(x) \delta(x) dx$$

אפוא ירדו רזים שפונקציית התאנה היא קבוצה ושטחיה היא

$$f(x) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x) \delta(x-x) dx$$

אבל כחומר (שפונקציית אור לא) צימאם אותו בקבוצה אחת אלא באוסף

נקודות. ואכן האור עצמו פונקציית המסך ואז יוצא שרציפות

של האור היא פשוט וקטור של ענף (האור) בנקודות דיסקרטיות.

אם יש רציפות היא מופנה במרחב הזמן - מופנה האור במסך.

ואתנו שאם במרחב הזמן זה קונבולוציה האותה התפרד וכן אתחילות



זה שהמסך בזמן צפוף יותר באותה התפרד הוא ארוחת יותר אבל היא

משפחה אר התמונה בארוחות גדלים וזה מסביר כי אתנו ירחים ארוכות

בין הצדדים ואחזק את המרחבים.

אם אסך הרציפות ארוחת מדי אצל היא צפוף בתפר אבל



אשר אתנו הבחנה כי אתנו לא ירחים ארוכה בין הצדדים.

משפט הרציפות נותן תוספת לתפר המניח של המסך שבהלחי ניוטון

רציפות את הצורה טובה. המסך הזה נקרא תפר Nyquist

אם רציפות התפר נעק אתה Nyquist קורה תופעה בשם Aliasing.

פונקציית התאנה יש המציג - אמנם יש שני קוד יש ונחמד שלקחו אותה

שלוס פיקסל שני ופונקציית הקוד נראה (אילו יש בו גלים). אז אם משנים אופן

של תמונה חייבים קרובי מטעם אחר כי זה מוריד אפקטים רציפות ואז שוב

(תמונה התפר) של תפר Nyquist. או זמנית את עצמה פוריה ואז עצמות סרספור

הפסק רק על חלק מהתפרים: ←

יש לי מסמך 40 דקות אין סתירה חומר פתוח  
 החומר - ש זה שחפני זה פירוש (אנטי)



נניח שיש לנו תמונה  $f(x,y)$  והתקופה  $S$  אין סתירה היא נפרקת  
 ונפול את זה ונתן ורואה (degradation) ונרצה  $g(x,y)$   
 נניח שההגדרה (תורה)  $H$  והתחילת האנטי  $\delta$   $\eta(x,y)$   
 אז  $g(x,y) = H(f(x,y)) + \eta(x,y)$  אומני (כזה) גשמי - סתמו  
 הסטורציה דקודם תמונה מתקנה  $\hat{f}(x,y)$

אבל אומר -  $f(x,y) = \iint f(\alpha,\beta) \delta(x-\alpha, y-\beta) d\alpha d\beta$   
 $\Rightarrow \tilde{g}(x,y) = H(f(x,y)) = H(\iint f(\alpha,\beta) \delta(x-\alpha, y-\beta) d\alpha d\beta) =$

אנשים עושים  $H$  על  $f(x,y)$  דבר  
 הסתירה  $\delta$   
 תמונה  
 אנשים עושים  $H$  על  $f(x,y)$   
 הם דבר  $f(x,y)$  אבל  
 תמונה  $f(x,y)$  תמונה  
 הם דבר  $f(x,y)$  תמונה  
 הם דבר  $f(x,y)$  תמונה

$= \iint H(f(\alpha,\beta) \delta(x-\alpha, y-\beta)) d\alpha d\beta =$   
 $= \iint f(\alpha,\beta) H(\delta(x-\alpha, y-\beta)) d\alpha d\beta$   
 $H(\delta(x-\alpha, y-\beta)) = h(x-\alpha, y-\beta)$  דבר  
 אז אנחנו רוצים

$\tilde{g}(x,y) = \iint f(\alpha,\beta) h(x-\alpha, y-\beta) d\alpha d\beta =$   
 $= f(\alpha,\beta) * h(\alpha,\beta)$

אז הנתח הנוסחה והאנטי - התחילת התיבה אומני והתקנה -

$g(x,y) = h(x,y) * f(x,y) + \eta(x,y)$

זה מה שמונה הילוב הם הדיו הלה

$G(u,v) = H(u,v) F(u,v) + N(u,v)$  התחילת התחילת זה נותן לנו

בני אדם את התמונה צריך להיות לנו אישית אידע על פוק צי

ההגדרה יש לוק צ אשויגו - הסתירה - התמונה

- ניסויים
- 
- איך אמרנו

הסתברות בתמונה: זהו פסל איזה בתמונה זרמה. נחש אצטם זמנים  
 שמותים חגנים פשוטים שאננו ינחמים אותה מה הולק של זמל אמיל  
 אקום שיש בו קצה אה) נראה אחושטט, או שיש מעט ל של  
 עם טקסטורה אלה אננו חושבים לשאל צינג זה יור תוק.

אז אננו מחפשים או הקונבולוציה שלמאי אמנו זמל זהה:

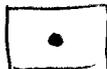
$$\hat{f}_s(x, y) * h_s(x, y) = g_s(x, y)$$

$\swarrow$  מה שאננו חושבים  
 שאננו זהה  
 $\searrow$  הפונקציה שאננו  
 חושבים שהיא  
 אמנו זמל זהה

$$\Rightarrow H_s(u, v) = \frac{G_s(u, v)}{F_s(u, v)}$$

הכלל שאננו מניחים לפעולה היא אחזה  $H_s$  היא הפונקציה  
 שמרכה או הם.

ניסויים אמיל לנו הציוצ שוכר או הצדצציה אפשר לקבל אמנו  
 או התמאה - impulse אה) אמנו המדיוצו מתמם  
 זה אמיל אננו או הפונקציה הכללי.

או אמיל נצום או התמונה  ואם נקחם אשמו ככה  
 שנה זאאאנז נוס ארוסיק אלה או פונקציה הצדצציה

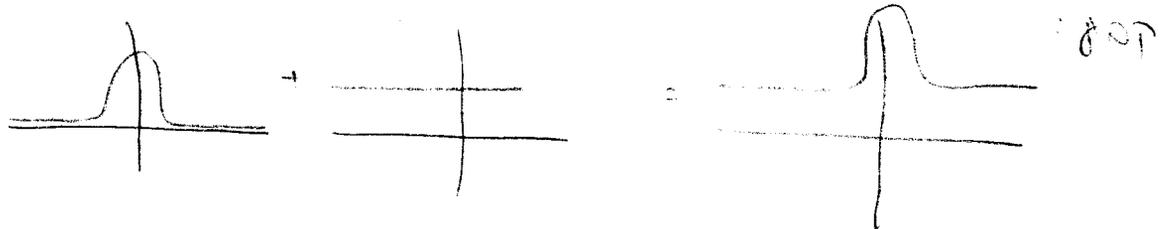
אופל מתמטי

אמיל אמיל לנו תמונה אובולנטיג יש אלה חנה)  
 נש צדיק אשמו ניסויים אסתור או הקביו  $k$  שראה הכי טוב...  
 חנה צומה הם נשמצאים חן שלל. או כה אשפ זמל החלרה  
 קונבולוציה עם אמילן -  $f(x) * \text{rect}(x)$  . המישור התצר כה  
 $F(u) \cdot \text{sinc}(u)$

acquisition  
אסימטריה הרוח (כל) היא אסימטריה - מתקשרת או אסימטריה  
התאונה עצמה

- קריאה (כל) שלני איתנו איתנו רוח צבתי
- תשאלן - שומר טרנספורם פוריה של הרוח איתן
- הרוח של תלוי האיקוס
- של תלוי התאונה
- התאונה של הרוח איתן

אם אסימטריה הרוח איתן אסימטריה הרוח איתן אסימטריה הרוח איתן



$$G(u,v) = H(u,v)F(u,v) + N(u,v)$$

$$\hat{F}(u,v) = \frac{G(u,v)}{H(u,v)} = F(u,v) + \frac{N(u,v)}{H(u,v)}$$

לפי כוונתו "צבתי" הרוח איתן אסימטריה הרוח איתן אסימטריה הרוח איתן  
 פרק יותר טובה איתנו עם זה (הוא איתן אסימטריה הרוח איתן אסימטריה הרוח איתן)  
 הרוח של זה (קרא) Wiener Filter והוא של הרוח איתן אסימטריה הרוח איתן  
 אסימטריה הרוח איתן אסימטריה הרוח איתן אסימטריה הרוח איתן

- \* רכיביות הרוח איתן אסימטריה הרוח איתן אסימטריה הרוח איתן
- רוח איתן אסימטריה הרוח איתן אסימטריה הרוח איתן אסימטריה הרוח איתן
- הרוח איתן אסימטריה הרוח איתן אסימטריה הרוח איתן אסימטריה הרוח איתן

Rodon Transform

הרוח איתן אסימטריה הרוח איתן אסימטריה הרוח איתן אסימטריה הרוח איתן  
 של הרוח איתן אסימטריה הרוח איתן אסימטריה הרוח איתן אסימטריה הרוח איתן  
 הרוח איתן אסימטריה הרוח איתן אסימטריה הרוח איתן אסימטריה הרוח איתן  
 הרוח איתן אסימטריה הרוח איתן אסימטריה הרוח איתן אסימטריה הרוח איתן



נעבור על התוכן -

1) יש צל זמן עם אנתוור. איך מוצאים סל זהירות בוקל אנתוור?  
ההנחה להרסטאולנד (ראו תר)



ולאך הנסה לא להכרח נסנה כי יכאולס(הנור ולציה ביציו מקומות  
מורבא מיוי רשנים

אנתוור צבים תהיק מחותם למחרב לאאמתהק

לא לה שאנתו מקומות אלה התמונה  
הנה תהיק ללי שזוכה כמסך תמונה: נמצא אור הקצוות של האורג'ור  
ושם בעצם (מציור כמו באפור שאנתו מתפשטם אז אנתו (תפל א-  
הקצוות שלהן (הירדאנט) הכי גדול - גן ומאיוור אמתנים (קבוק לנה  
דמה באפור מקיצוה בשלף וזה מה שאנתו מתפשטם  
אם עושים שיוד הרסטאולנד לה אאמשקה אר (אאאיותם

2) יש שמי גמנוור עם הללה קינין, איך מוצאים ארץ ההללה?

אם אמתנוור הדרור שלה אבשר (התמונה עם זה פשוט ע' שיוו התמונות  
אם אתר מאישטלם אז נשטט אר שמי התמונה  
אם יש שהן רחם אר בחישה של ההללה בעליה פנייה ושמי הק  
בתפרים (מנכים ומתור שדרעל הוא בעצמים הרקובים זה בעל אאמשקה



פירמידה

יש גמנו מאל ושוננים מאל עוקים שלה כולל ס עתה קסן פי 4  
מה עתה הקצבים זה לא מוסף הרמה לכיכרון...

מה זה טוב? נניח שמתפשט מאלו התמונה מתקום זהבס אאו בגמנו  
והצורה אבשר זהבס הקנה וזה נוגר מהו כי יש פתור (תנים

כה אפש הם אמתו הללה בין גמנוור - בהטנה לה פשוט קא יוור

משנו נחתה זה google earth - ס פוקס שאור עפיראידה וזה אמשקה רכאולנד אשתנה

איך קנוים פירמידה?

- הקנה & אמשטשים וצמחים

- הרכבה: ריבוע בעצמים וסשטוס

בפ"כ מוצגים עם פסטר כאן  $5 \times 5$  (שמתקנים שלו השורה בלש"י הם סומרים =  $a b c b a$  מתקיים -  $c > b > a$ )

$$2a + ab + c = 1$$

(בפקס סר"כ גומ) (באופן שונה)  $c + 2a = 2b$

בפ"כ משמשים לפיכך מתקנים וקינוחים.

השונים הרחבה יש בעיה עם הקצוות. אכ"ס 3 אבסור: או שמתקיים או הפקס האחרון שאינו הריפור, או שהמתייחסים לזה כמות חונה יראה ריש המבנה היא לפי הפקס האחרון שאינו הריפור או אכ"ס.

יש שני שיטות זמנור גר המידע:

פירמידת זאסמן - פשוט שומרים את הנתונים שקיבלנו אחר

ההיקף

שיטה אחרת היא פירמידת זאסמן - כו פירמידה שומרת את השניים

הן הרמות. כשהיא מה לנהיג? (סמן ה-  $G$ ) את הרמות של

הזאסמן  $L$  - את הרמות של הזאסמן. מתקיים  $L + L_{n-1} = G$

כיה נמשך אסוף  $G = \sum_{i=0}^{n-1} L_i$  וככה אפשר זמנור את הנתונים מהזאסמן

לנו (נראה זהה מידע) - ככה אפשר להצטוו נתונים קשורים ול עם

זאת preview לתר ויתר איתח.

פירמידת זאסמן זה  $band\ pass\ filter$  - הם רמה בטטוס עושים

קונבולוציה עם זאסמן יתר ויתר רחב. ההפרש לה בעיקר יוצר

$band\ pass$ . הפסקה ברת והטף בסוף הרמה האחרונה יש רק

$low\ pass$

הפונקציות המשמשות בשביל דחוסה - נושים קוונטיזציה אסימטרית ואז אפשר

דחוס את זה אם כי יש משהו רמות צבע המצטרף ציגמה איתנו

אזכור ופשר זמנור שפאוקור וזאת ממש טובה.

נוני שרצים לקחת נתונים  $A$  ונתונים  $B$  ולתת אותן זה לא יורא או

התפר. אז אפשר לקחת פונקציות מעבר, זהבול יהיו את הנתונים

אז שים את זה לפי השניה. התוצאה הן איפות כ"כ בפ"כ

השליש פירמידות זה יוצא ממש טוב. לוקחים פירמידות זאסמן  $L$  -  $L$  של

$A$  -  $B$  והתבאה ויזכרם פירמידות חז"ל שפאוקור שכן חז"ל חז"ל

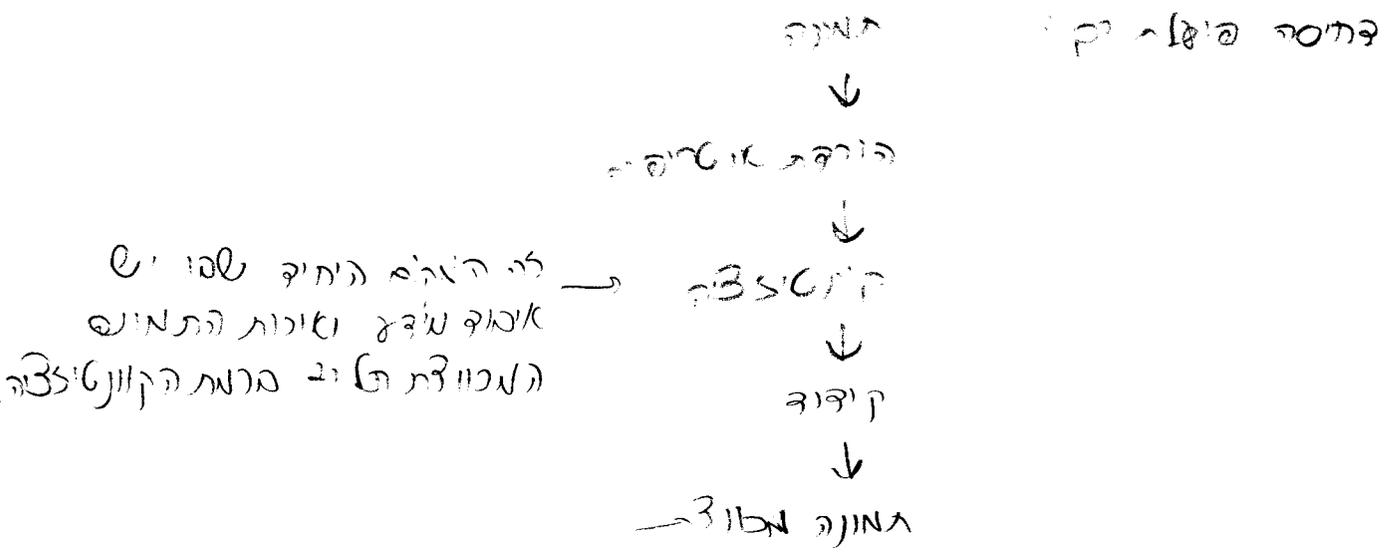
בכורה צומח אישך אשר ארבעה אצורים אמתו אמתו אמתו אמתו  
אצורים אמתו אמתו אמתו אמתו אמתו אמתו אמתו אמתו  
כצא אמתו אמתו אמתו אמתו אמתו אמתו אמתו אמתו  
אמתו אמתו אמתו אמתו אמתו אמתו אמתו אמתו

בתראו אמתו אמתו אמתו אמתו אמתו אמתו אמתו אמתו

התמצית

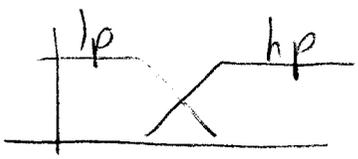
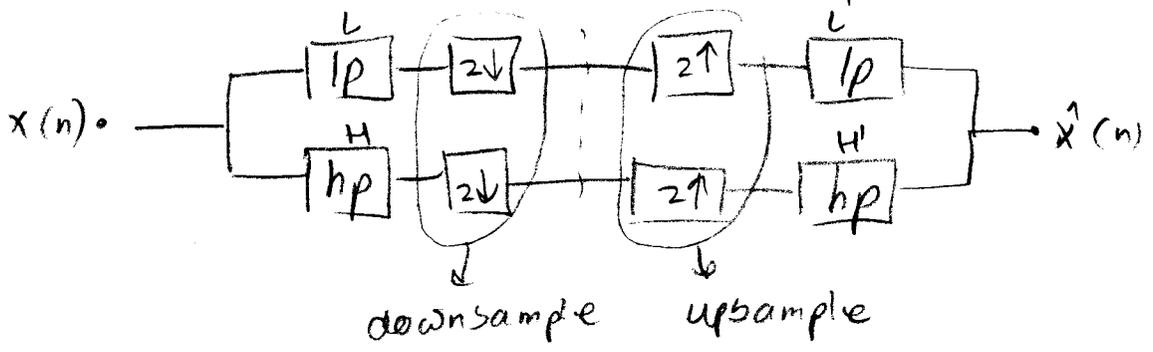
בהצגה של הפירמידה - ע"צ פירמידה האם 4  
 הנרמט הוא ע" תוספת 1 ותחילת ה-2.

התמונה אחת נטאזורים שונים ונתוח ארוך הסטטיסטיקה שנות. ואילו  
 בלפסיטון ס האצאם (נאים הפצ' אולי הדבר - האצרופיה קטש יותר  
 אצ ציחסים פירמידה לפסיטון. אצל פירמידה לפסיטון אלתמולה  
 תפסת יגד מקם אלתמונה ותקלוג...



Wavelets

הרעיון הוא שזושים איזו פירמידה שטעה אצלם ולסגר אור  
 התמונה אצלם הפירמידה אצל תפסת יותר מקום  
 הם שלם זושים אור הדבר הסטו



ואצל הפילטרים (ראוי ק')

$$X(z) = \sum_{-\infty}^{\infty} x(n) z^{-n}$$

ז- סדרה

: scaling -  $\delta$  מ) אלה אלה

$$X_{\text{down}}(n) = x(2n) \iff X_{\text{down}}(z) = \frac{1}{2} [X(\sqrt{z}) + X(-\sqrt{z})]$$

$$X_{\text{up}}(n) = \begin{cases} x(n/2) & n=0,2,\dots \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \iff X_{\text{up}}(z) = X(z^2)$$

$$\hat{X}(z) = (X_{\text{down}})_{\text{up}}(z) = \frac{1}{2} [X(z) + X(-z)]$$

? ל3 ו N ,  $X(z)$  שנתונים אלה

$$\begin{aligned} \hat{X}(z) &= \frac{1}{2} L'(z) [L(z)X(z) + L(-z)X(-z)] + \\ &+ \frac{1}{2} H'(z) [H(z)X(z) + H(-z)X(-z)] = \\ &= \frac{1}{2} [L(z)L'(z) + H(z)H'(z)] X(z) + \\ &+ \frac{1}{2} [L'(z)L(-z) + H'(z)H(-z)] X(-z) \end{aligned}$$

$\iff$   $L(z)L'(z) + H(z)H'(z) = 2$

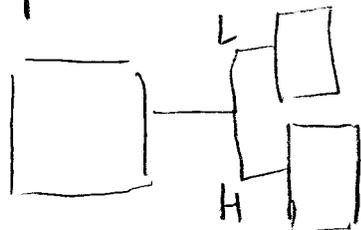
$$L(z)L'(z) + H(z)H'(z) = 2$$

$$L'(z)L(-z) + H'(z)H(-z) = 0$$

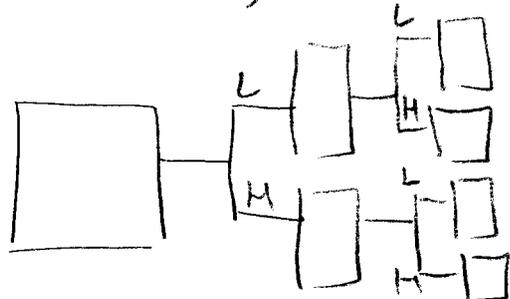
? ל3 ו N ,  $X(z)$  שנתונים אלה

? ל3 ו N ,  $X(z)$  שנתונים אלה

downsample LP HP

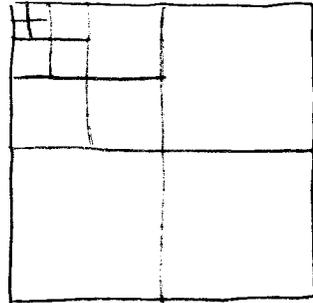


ואם ל3 ו N ,  $X(z)$  שנתונים אלה



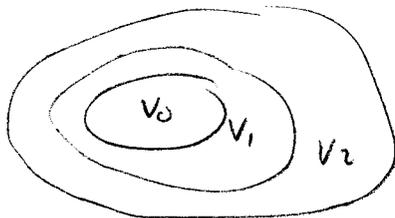
15

נשים את התמונה למסננת בעזרת סינון יש אתן  
אנטיאליאסה (מורה) ופסל ארוך טוב. באחרונה נעשה  
את את תפוף, ומה אפשר ארוך את התמונה  
המתקבלת - כמות אצל התמונה המקורית.



Multi-resolution Representation

המסרה: למצוא בסיס חדש למרחב התמונה שמכיל את  
האנטיאליאסה ושהבסיס ייתר מינימלי עם כל המקום של האנטיאליאסה  
עם על התבנה.



נסתב על מרחבי מופטי-רזולוציה  
כאשר הרזולוציה של  $v_{n+1}$  גדולה  
מזו של  $v_n$   
אחתו רזובים למצוא אקטורי בסיס  
שמקיימים שתי תכונות:

- scaling - המסקד  $n$  -  $v_n$  -  $v_{n+1}$  (ראו כמו המסקד  $n$  -  $v_n$  -  $v_{n+1}$ ).
- Shift - אם  $v_n$  בסיס קולר אקטורי בסיס מתהדר אקטורי בסיס אחר.

המרחבים  $v_n$  מתקבלים כמרחבי קירוב - רשיוורדים למרחב  
נמוך זמי מקבלים קרוב לתמונה.  
השאריות הן  $v_n$  |  $v_{n+1} = v_n + w_{n+1}$  (Wavelets).  
זה מה שמספיק למרחביו רזולוציה שונה.  
ספחה, אצל או רפסטי תלפין רבין...

# תמונה פתורה

- השלב 1: נניח שיש אוסף תמונות ונניח מוציאים
- 1) מצא את ההצלחה בין התמונות (Lucas Kanade)
- 2) קומות מישוריות יחוס שלטו שמים א-ה פתורה
- 3) על קוצה הפנימה מייחס מ'ק'ים כאלו התמונות

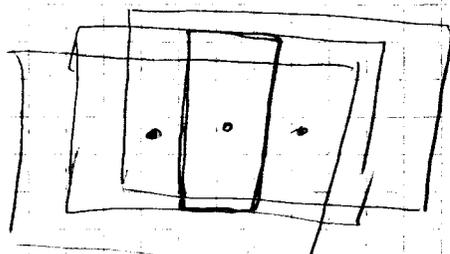
למה זה בעיה?

- יש הבדלים בזמן חשיפה של התמונות השניות
- או ההגבר יכול להשתנות - אפקט הבדלים בזמן אפוי
- ההארה של התמונות משתנה
- אמצעים מתמטיים (במלל חזים, סיקרם, עמ) טובים וכן הלאה
- יבטלים להיות אובייקטים כלבים בתמונות
- דומה: כמה שפחות תופעות אלו

הקשר הראשון שצריך לעשות הוא ליישם את התמונות

מחשבוני שיהיה מישוריות וחישובי את ההלכה

הישיבה בכי (איבוי וכו) לקחת את תמונה אחת מהמרכז  
 הנותנת ההלכה אפיוס לשיים אה זה אתה איז השני  
 גאישה הכו יש חנות צי סברה שהמרכז שאנחנו  
 עוקחים הוא באמת בין המרכזים של התמונות איז



אישה קצת יותר מתואבכת היא Blending  
היא עדיין הזיקנה יאן הוא רותם התלון - IS  
אזו מדי אלא קאן מדי!

אישה (נוספת) היא אשית Blending א גרציאנט

אזו אישה היא מקוסמת א מנואל סואסון IS  
אזו צורה של שמשותף תמונה מה גרציאנט.

התפירה פכאן אכה אלוהייקא - צוממית.

אם יש אלוהייקאם צים אפישו מתמיה אן

התמונה הצורה (אויג) מתקמלים

ghost images.

אז צדק אמתק אן התמונה הצורה יותר תכנה.

קן של אמתק שס נחשו קן הסמנט אקל.

צנפיתו ארבע"ה ה- ghosts אדמטלה

האן אורמט של דאוס אחיה תיקולו אפירד

נעשית באזורות תלקים יומי - אז צה פותר

ארבע"ה התפירה.

### סיווגה של טקסאות

נויה שיש לנו צוממית תצרה ונודים אהפיק אן

צה אמתק אצולה עם טקסאה צומיה.

יש 3 גישות:

- אהצבוק ריבועים קלעם ריבועים אקל איז השג

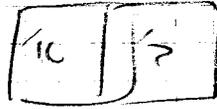
- אהצבוק ריבועים אקל איז השג יק שיש

איזשין אמתק אן הנומה של השנים

- אמתק איוקומים אקלם הטעו מינמלי

17

איך מחשבים את זה?

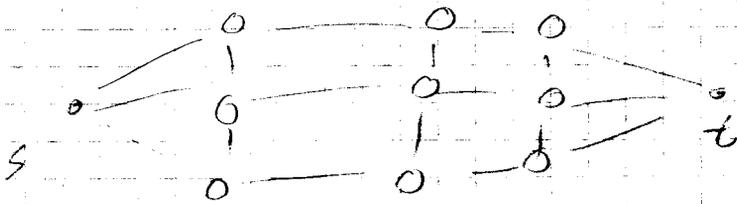


$(b-a)^2$

וזה שווים עדיכין, ונתבונן ה-  
אם נאסוף החופש וההפרש הבה מניחל +  
המקומות שבהם ההפרש הבה מניחל +  
אז הן יקבעו.

### Max Flow

יש מספר זכויות של מים ממקומות עברת במקו



על צינור יש קיבול ואנחנו רוצים למצוא איך  
מקסימלית הצמיחה שונתה עדיקם א-ס-ע-ט.  
חננו שמה שנתנו עדיקו, קיבול צדיק אצא (חוק  
שימור המומנט) וזה צינור לא ינוס אחרת יתק  
כמה מהקיבול שלו.

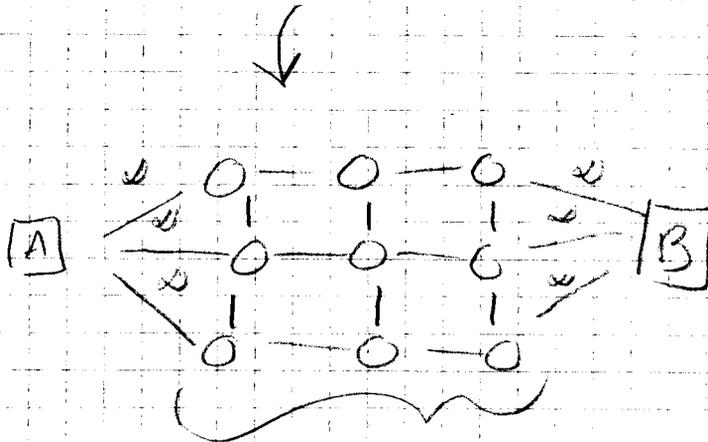
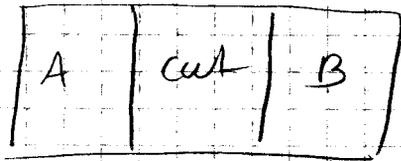
הבעיה פשוטאית, עבר היא חתך מניחל +  
יש אף ונוצרים למצוא חתך מניחל - חתך  
שסכום הריבוע שלו מניחל + הוא מקבול מין  
ס-א-ט.

הפיתרון של הבעיה האלה זהה, וזה הוא הצינור  
כל החתך במניחל + אמרם מחנה איך צינור  
המתקין של הצמיחה.

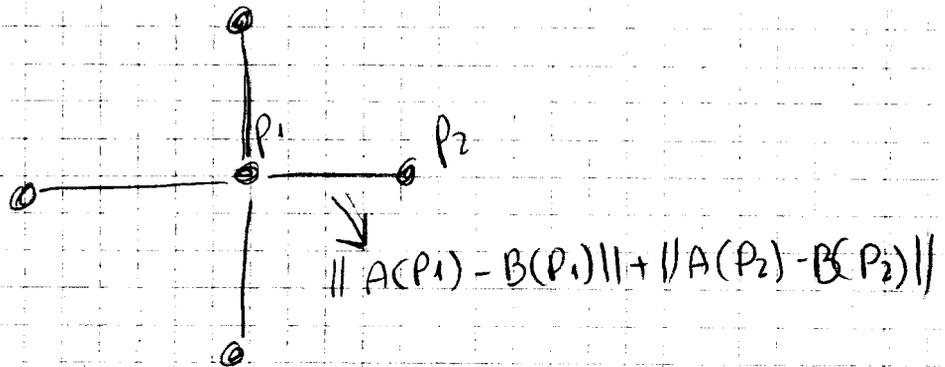
איך זה עובד? אם נתנו מסויה של צינור  
תמונה נעשה עדיק צינור עברת מניחל +

מה טוב ממש כי עקב הגדולה של  
אם אופיינית מאוד יחסית - בקורה אינאונים!

אם אין, למשל ה min-cut יבוי לפתור את הקושי  
שלנו?



זה "צורה של אזור החסימה  
מה יש הצמתים בקצה של B  
מייצגת פיקסל האזור החסימה.  
אקסטרמיאלים משקלים של אזור החסימה  
מארכי האזור.



5, t הק צמתים וירטואלים של אזור החסימה  
אם הם והמשקל של הצמתים שיוצא מהם הוא  
הי שמתק לא יצאור של האזור.

אם מצבים את המתק המניחה וזה ניתן את  
הן התפס.

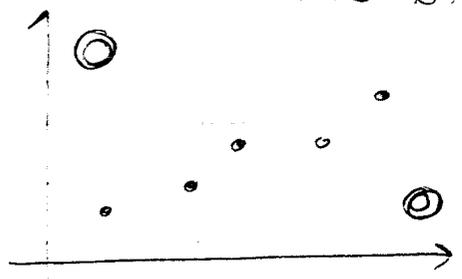
הייחודה בתחום מאוד חשוב - טכניקת וובוסטיות. הקטן  
 כל פעם לא אינטימי. אנה שאלה היא איך אנחנו מתמודדים  
 עם זה.

מה זה טכניקת וובוסטיות? מספר של צעדי פירוט הדבר לתוצאה  
 מיצא מתחנה. המעיה הוא שלב א' פשוט.  
 בתחנה אחרת יש מיצא לא מיוק. מה?  
 - הסתרה - עמל בפונדוק  
 - יעל - מצויים שני גלגל  
 - המיצע וכל עמל כמה אמני

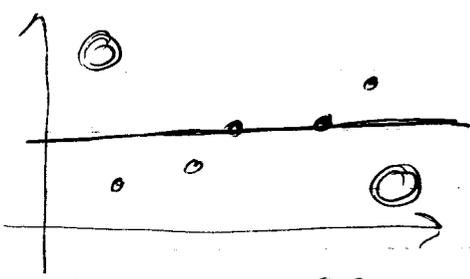
אז יש פה שני יקראו שיש לפרטים אלה - זהו המצא האמני  
 ואיך הפנתו המיצע האמני נוצר אמני אנה שאנחנו נוצר

אוצר פשוט

יש קבוצה נקודות ליצאים זהותים זהם יש  
 כחול שהוקדמו הכפולים  
 לא נמוך אבל איך נעשה את  
 זה אוטומטי?

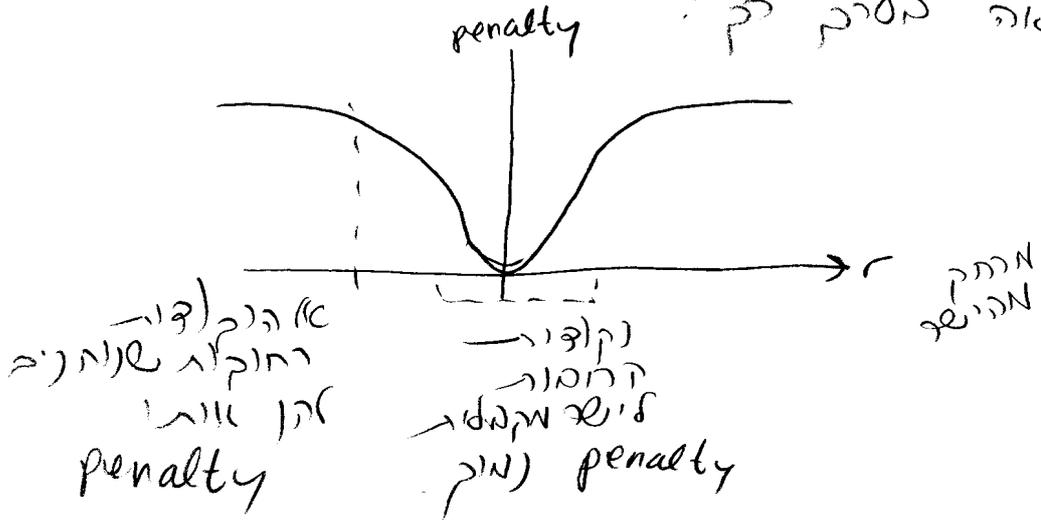


אפשר למצוא אהיה שמיירה  
 אהה שאהה היבוקחה יקטנה  
 כחול, אהה לו טכניקה מאוד לא מסתווה כי היא נמוכה  
 משקל גדול מאוד עוקבות גלא נסוגה ואסתרה כוללה  
 כחול:



אם היה רק מיצא אמני הטכניקה הכלל נמוכה תוצאה  
 מאוד טובה. אהה מיצא שיש בו שאהה גדולה ציפוק  
 אהה נה.

הבעיה בשיטה הזו היא שצריך לנתח את כל הנקודות  
 וחוקות, שכל אחת נשנה את הנוחה. בהינתן יש, נגיד  
 ערב טוב יותר לנקודות שקרובות איש ואם אתה שמקבל  
 את עצמית מהן נטווגו אפסן. היינו רוצים לפתור צי-  
 במשקל תיבנה בערב רק: penalty



בשיטה הזו גם יש בעיה: קשה להבחין מהו המחלק הקרוב  
 שבו איתנו אומרים לנקודה (היא מספק קרובה או לא ...

RANSAC

מחר תפוצו את קבוצה של נקודות ונתמור דמה יש. (בדיוק  
 כמה נקודות) מצאנו את הוילס הזה עם שלים מסוימים.  
 ככה נעשה דמה פזמים! מסוף (מחר את הוילס עם  
 המוצא הכי טובה! נחשב אחרים על הנקודות שקרובות אליו.  
 אם כאן יש נושאים לזכור, לדון בהם - אצל הקבוצה  
 טדקראו, אצל השלים, מספר הקבוצות שמסתמים  
 מהן וק הלאה.

המציגים נוסחה שאומרת דמה איטרכיון צריך לעשות  
 בהינתן אחוז מופס כל שיש איזם לא אמיתי. אפס איך  
 יוצעים את האחוז הזה. אפשר לעשות משוואה סטטיסטית  
 מתחילים מההנחה שיש מצא איזם ליגד, לומר מספר  
 האיטרכיון הוא עם ורס שמותרים ישפים מעצמנו את אחוז  
 המידע השליגד - אפשר לערב אתו ע"י ה support  
 (מספר הנקודות שנמצאו בתחום השלים) של השפים  
 שמנסים. אחר השלים קבצים בצב יצירות.

מתווה של RANSAC

- צניקה של מודל שטובה למצוא את המודל הטוב ביותר
- קריטריון של מינימום וקטור המודל הטוב ביותר

מתווה של RANSAC

- אם יש הרבה מודלים אזי אפשר להשתמש בקריטריון של מינימום

- אחרת קטור המודל הטוב ביותר הוא המודל הטוב ביותר

Hough Transform מציג צורה מסוימת ומונים.

יש תמונה בתורה מנסים למצוא צורה גאומטרית. יש  
 זווית הרבה אפשרות - חשבון - מנסים למצוא את המודל הטוב ביותר.  
 קריטריון של מינימום וקטור המודל הטוב ביותר.  
 כמו קודם - הקציה של המודל הטוב ביותר, ומשום מה מודל  
 לא רלוונטי.

נסתב לזיהוי של edge detection (נויה שיש לנו תמונה של

שטח אקראי איפה איתרם צימוקים? אפשר לזלו -  
 רבניה של המצבים ואם נחל קולציה אלו זה כחוקן לוא  
 נחל זה אומת לא יוצר את המודל הטוב ביותר של  
 המצבים אז צריך לתחן המודל הטוב ביותר.

parametric voting - מנסים למצוא את המודל הטוב ביותר

נויה שמודלים של יש. המודל הטוב ביותר הוא  $y = ax + b$  וקציה  
 $(x, y)$  ומה זהו שיהיה למודל הטוב ביותר  $b = -ax + y$

אם מודלים של מודל הפתורים אמרם התמונה. קציה

התמונה עובדה של מודל הפתורים, יש מתנה עובדה

אקציה אחרת את שיש מודל הטוב ביותר  $h(a, b)$

אם פוקס  $(x, y)$  מנסים למצוא את המודל הטוב ביותר

$y = ax + b$  וקציה של המודל הטוב ביותר מודל הטוב ביותר

צומינות מתחנה

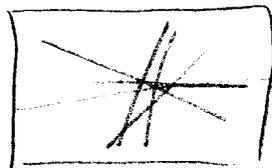
קציה של המודל הטוב ביותר

- ישנם מודלים של המודל הטוב ביותר  $y = ax + b$

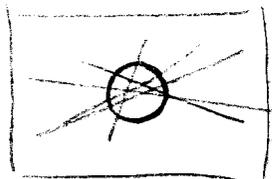
-  $b$  הם המודלים של המודל הטוב ביותר

a - ב הם בעיקרון רציפים אחד אחרון זרמים עברתם  
 קליהם פיסקטיאג. אז איך בוחרים את הרצולוציה ברצולוציה  
 נאורה מצוי עלולים לשבש את התקסימום או שבחרישום ופיעו  
 סאאו חוב. ברצולוציה גבוהה מצב אולי נקדם יותר מצוי אידע  
 סאאו לא ריחום.  
 - איך מתמודדים עם דעל?

הילכו להתמודד עם בעיית הישום האנכיים אפילו ערשמש  
 בקאונדניטור פלורור (פוז) נתור מרחק הפירמטים.  
 כהגם שותר את בעיית תחום הפרמטריה כי פוזם ו-חז  
 !- ז אל היותר גאל התמוש.  
 רבי התמודד עם בעיית הקונסיזציה במרחב הפירמטים אפילו  
 עשש אורה. אפילו וניה שיש או אפילו כזה הפרמטריה:



אין פה נקודה מסוימת שפוא (הקסימים) יש פה אפוא שלם כזה



אם נששס את התמונה ואחריו זה (בתור אור) ויקצה התקסימום וקבל  
 מידע בלל סארגל. האשטוש הורה (עשה עי' משהו) בהדבקה בלקום  
 של פיקסל יצבע סוקצה הוא גרסם סאגור שלם אל משהו מסוים.  
 ואז אם עספם ברצולוציה גבוהה יה שותר את בעיית הקונסיזציה.  
 עתושוין, במקום זעשו הרצה ממשקית אפילו עששס את תמונה  
 הישפה יאז רכר יוצא של פיקסל מקורי מצביע צדה וקצוה

נניה שחזים ומעכו שני ישום. (איבוג - ובהורג של) הוקצוה  
 האקסימטיות. אמל אז את מוחן הורה יותר צומנטיה אהשניה אז  
 סגור שקרוב אליה גפיה עקב (קצוה) מסוף גבוהה. אז אפילו  
 עשש רק קצוה קוצין עוקצוה.

מאפן צורה של חכם מעגלי - אאשמי של של  
פרמטרים - r, b, a - אז זה יצא הבה יתן אצבא אמת  
תולדות - אז של עשהאש אהאקא דדולומה אלו של  
הכיוון והחוסך בחיפוש - תמונה יפת במצגת

אמר אין שיעור. עוד בשלש שבועות יהיה שיעור העשרה.

סוף (ע"מ)

21) 3.4.08  
ג. סיכום  
תמונה

מאפייני העמוד הראשי בין תמונה. אלו הן כל פשוט מתבסס על  
features של הפיקסלים של התמונה. היום נראה איך אפשר להשתמש ב-  
של התמונה כדי להראות.

- הראשית תמונה - שתי שיטות מקראיות
- סכומי נקודות עניין מתאימה ואז מוציאים את ההסתברות
  - חיפוש פשוט הראשית של פיקסלים.

מה הקציה ה- אז? זה אולי להוציא קטן. אבל מה אם יש הסחה  
מאוב קטנה בין התמונה?

- הראשית בעצרת נקודות עניין - המודל הבא:
- מצא נקודות עניין
  - בנה מרחב איכותי של התמונה
  - מצא ציורים מראשית
  - השתמש בציורים כדי להשתמש.

נונת שמצאנו את הציורים המתאימים, איך מוציאים את הסטטיסטיקה  
האופינית? נצטרך לסטנדרטיזציה אופינית כדי להתבונן

$$\begin{pmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{pmatrix}$$

כל נקודה נוגדת ונתנו שתי משוואות, אז בהנחה של המשוואות  
אפוייקור אם נמצא שיש ציורים נקודות תואמות נובל למצוא  
או הפרמטרים של הסטטיסטיקה.

הפעולה הראשונה חייבים למצוא את אולי אולם נקודות בשתי  
התמונות כי אחריה אין סיכוי להתאים. אז מה שאנחנו צריכים  
זה לעצב מציאות נקודות עניין שצפוי בהתאמה - אם נפ אולי  
אולי של שתי התמונות נקבל את אותה נקודות עניין - כדי  
שהיה בלתי סיכוי להתאים.

מהן התכונות של המאפיינים שמיני רזורים?

- קל זמקואה
- סולרטי לשינויים בתחומה - רש, תאה, אתיה,
- הננה, סמוב, זוויה הסתלוג

מהם השינויים שרורים להתמודד איתם -  
 המישור הזאומט - סרנספורמצייה אפניה של התמונה  
 המישור הפואאטר - סרנספורמצייה אפניה של ה-intensity

Harris Corner Detector - מה שמעניין העצם זה הפניה, כי אם  
 השפה עצמה אי אפשר לאפיין טוב, תחכים שונים של השפה זוטם  
 ארוז לשני. מה שמיוחד הוא הפניה  
 אז הרעיון הללי הוא להש (תמונה של התמונה צדק, תיבוס קטן ונזיב  
 אולג. אם תיבוס זס בשטח אחר אין שינוי. אם נסתב הרכו  
 של שפה אנכית - אם נזיב אלו זמחה זמטה לא יתיה בו  
 שינוי. ואילו בפניה יהיה שינוי בכיבוס גם כיוון שזיב אולג.  
 זה קצת נפנופי יזים

נדשה קצת מתמטיקה: השינוי בעצמה (הלכה)  $(u, v)$ :

$$E(u, v) = \sum_{x, y} w(x, y) \frac{[I(x+u, y+v) - I(x, y)]^2}{\text{עצמה של עצמה}}$$

פונקציית החוון קוקלר אההפיקסלים שמסתים עליהם כרגע.  
 היא ינוחה להיות זמבן או זאומטין.

יקרה אה  $I$  מספר ראשון ווקלר

$$E(u, v) \approx \sum w(x, y) [u I_x + v I_y]^2 = [u, v] M [u, v]^T$$

$$M = \sum w(x, y) \begin{bmatrix} I_x^2 & I_x I_y \\ I_x I_y & I_y^2 \end{bmatrix} \quad \text{כאשר}$$

האלג שמטרה סומטרית הוה שלה מאונכים והעם (ותנים מצד  
 שונוה בכיוונים הלה. אם שני העם קטנים אין השמנוה כאז כיוון,



ה- descriptor זמנשהרה רכז א תלוד הסיקוב כי אפשה  
לנרמא אה ה- descriptors  
ככה פועל MORS (אמאן נ- 85)

SIFT - פיוזהשיג אינוורטנטיור ל- scaling תיובים אבחון אה ל  
הסקאלור. פיוזהשיג אה לה עושים טשטוש עם אקסאן וכה אפשה  
זהשיג סקאלור שמשמנה ברזיפיה. יק נשים זה שם אטשטשים  
אפשיק אפ אפשה אה זעשוור down-sampling כי אין טעם לשרור אה ל  
המידע.

הרעיון של SIFT הוה שמתבים על אוקל הגרדיאנטים של אהתחונה  
נעשה דיסטאורמה אים ל- ידד אוקל הכיוונים וניקה אה ה כיוון  
הפואוננט+. זה ה- label העיקרי של האזור - הכיווניות של. אה  
אחזקים אה האזור אריבועים אכל אהז מהם עושים דיסטאורמה עם 8  
אזבל אגריאנט מריבוע. וק זה קיחז אהווה אה ה descriptor  
סגכיש ראן 82 אימפים (הריבוע יהתקרי אלא אהתחונה) אריבועים  
אאט שבל אהז מהם 8 שמה). ה- label הכשי אהתגשים  
פיו אסובה אההל לכיוון שלו רפי שמהיה אינוורטנטיור אסיבוק.  
אזיש אנו אקדור עם descriptors. אשני ריבוק אהפש ההאמר לזוג.  
יש ל איני סניקור. אהל נני שמהנו אקדור שיש אהן התיאמה. ניקה  
אישהו טל - אקדור שיש אהן התיאמה סמורה. מינהניש outliers  
והל זה עושים RANSAC.

הצור אמתן -

זהה השאה השנייה - הפוענו הכי פשוט הוה קרלציה מנומאמר.  
לחם הפסקעים הזוניאום אכן יהיה במקום הנכון אה לה יגאום.  
פנק אהר הוה אהק אהתחונה אריבועים קטנים אאז אהנוא תנועה  
זומינוטיג. אפספס אה הישג זה לא אוב כי זה רק אהרוד אה  
כחור הפקטעים (טובים) שאפשה אהרוד אהתם.

חלפה (מכתב) -

RANSAC - מה מתחילים מ-  $N = M$  (ואם מנסים את זה?  
הקציה היא שלא יודעים את ה- outliers.  $CS$   
מזכנים אותה כל שהיפך זה ישים.

יש תמונה ומה סניינים. התנועה של הקרקע אחידה כי היא אולי  
זוהי אולי עליו של בנינים המבנים שנים יש מהירות שנה  
(אזורים אלא). איך מוצאים הלצה וסימנה?  
אם הקרקע לה היה אפשר אלוווא לה הקרקע. אנופגים שני  
פיקסלים נשז מוצאי בדיוק את הגניעה. אם אנחנו לא יודעים  
אם לקחנו (קיצור) הקרקע או מהלצה. אז נעשה את זה בעזרת  
RANSAC. גילף שנה התמונה היא הקרקע יש למתכוון גילוף  
שאנו נחיר אוקרקע ואם אפשר באי-סדר לא יהיה אלוווא גילוף.  
יחד וניה שיצאה ההלצה של הקרקע יעשנו פנומה. הוא אפשר מוצאי  
אם גילוף של הסניינים? נגון שדהלצה של התמונה הם 3-1 פיקסלים.  
נוה שרצה הם ריבועיים. ביאל שהם לזים מחר "הה הם יוצאים  
פתוסים הפנומה. כל לא יצאו פתוס "הה הפנון גילה יותר.



שימוש של אורפולוציה: אלש - אפשר לחזק את ה- הקווים האנכיים  
ע"י פתיחה עם אלשו רכה.   
כפא לחשוב על זה. לתנועה פופלרי במכתב.

נניה ליש chain code של צורה. איך נדע ליה סלונה? סנה  
שאפשר ממש למצוא את ה- הפיכליה שבהקף פשוט ע"י  
מחקר יותר התצורה. וניה שהצורה סלונה. איך נמצא את  
הפסח? עושים משהו דומה (אפשר חרין. סנה לזיק אל x  
לסנה את ה- y-ים.

יש משהו וחזים למצוא את המרכז שלו. ההצוינט נמצא בכיוון  
שליו נמצא ה- ארכ אס וקצה תלכס אישו בכיוון הלצה  
הוקצה שתלכס הכי הרבה הצבחה היא המרכז.