כאן אדווח כל ניתוח סטטיסטי שאבצע.

## Trajectory Preprocessing

שלבים (מתוך Gallivan, J. P., & Chapman, C. S. (2014). Three-dimensional reach trajectories…) –

* מילוי דגימות חסרות – linear interpolation, או [inpaint\_nans](http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/4551) של מטלאב.

כרגע אין לי דגימות חסרות אז דילגתי על זה.

* סינון רעש - low-pass Butterworth filter (dual pass, 8–12 Hz cutoff, 2nd order)

לא הבנתי איך משתמשים בפונק' filter של מטלאב, היא מחזירה לי ערכים מוזרים.

לאחר שיצרתי פונקציית FFT, ראיתי שהתדרים המדוברים בכלל לא קיימים ב-data שלי, אז כרגע אפשר לדלג על שלב זה.

מתוך Using Functional Data Analysis\_v1\_april2011:

הסינון מבטל רעש, לכן אח"כ הוא עושה overfit למידע ללא חשש למידול רעש.

* קביעת ראשית צירים – עבור כל טרייל ההקלטה הראשונה היא ראשית הצירים.

אצלנו המסך מוגדר כראשית הצירים. אם משנים זאת, צריך לשנות את trimOnsetOffset המסתמך על היות המסך ראשית הצירים (בפונקציה getOffset).

* סיבוב מערכת צירים – עבור כל טרייל מסובבים אותה שתיהיה מאונכת למסך.

אצלנו הצירים מוגדרים כמאונכים למסך בתחילת הניסוי.

* מציאת רגעי תחילת וסוף התנועה – חילוץ וקטור מהירויות.

סינונו ב-low pass filter של 10-12Hz (אני לא עשיתי זאת).

תחילה - מציאת 4 דגימות ראשונות בהן המהירות גדולה מ-20mm/sec וגם

התאוצה הכוללת (ז"א לדעתי בין הראשונה לאחרונה) היא 20mm/s2.

סוף – מהירות קטנה מ-20mm/sec או מרחק מינימלי למסך, מה שמגיע ראשון.

* נרמול במרחב באמצעות b-spline – נתאים b-spline למידע בכל ציר בנפרד (X,Y,Z) שיהיה מסדר 6 עם spline בכל דגימה.

b-spline היא פונקציה המחולקת לחלקים וכל חלק הוא פולינום.

Knot = המקומות בהם פונקציה אחת נגמרת ואחרת מתחילה

מספר knots הוא כמות ה-coefficients ועוד degree.

Degree = הסדר הגדול ביותר של הפולינומים שמרכיבים את ה-splines.

Order = degree + 1

B = basis function, כי הפונקציות הללו הן הבסיס לפונקציות spline אחרות, זה אומר

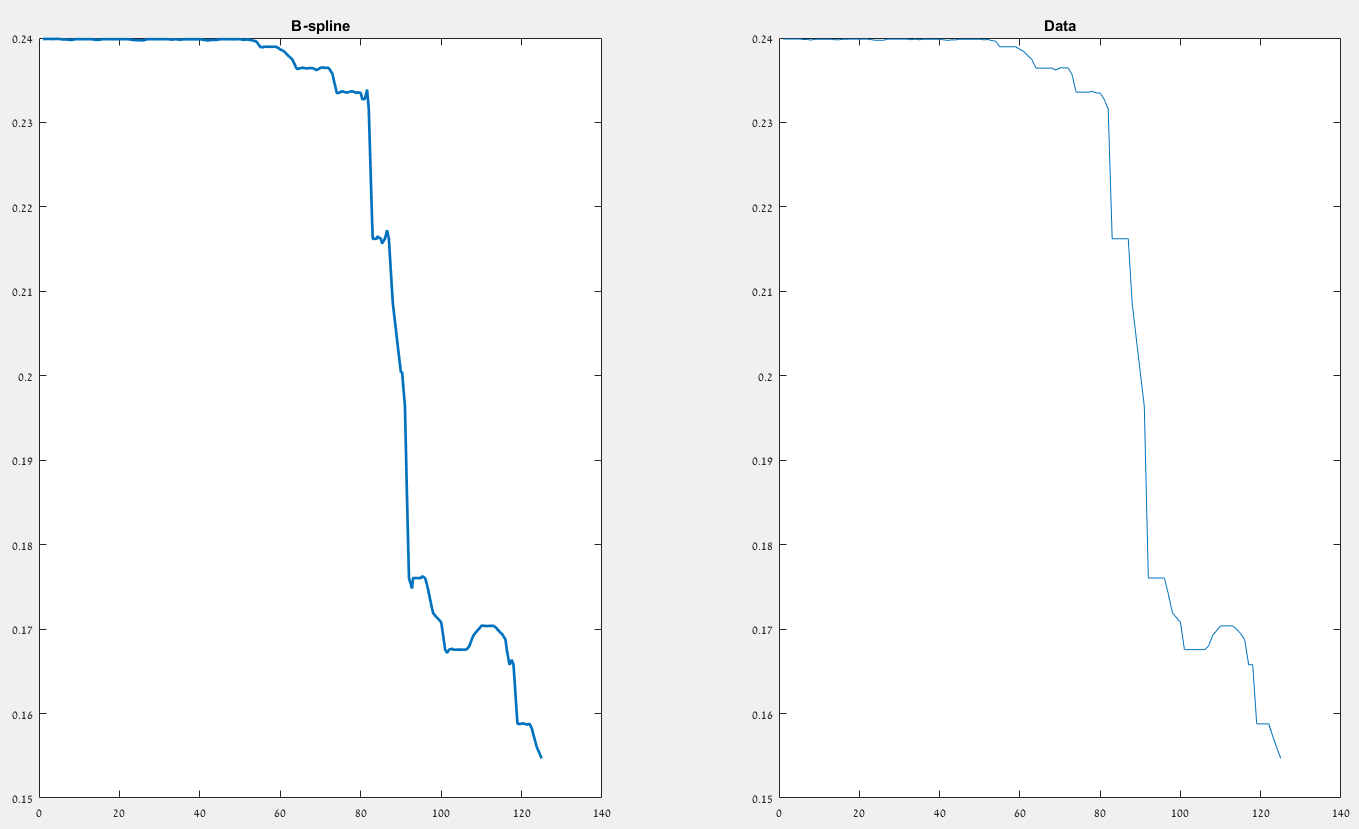
שאפשר להשתמש בבסיסיות כדי להרכיב את כל האחרות.

Cubic spline = פונקציית splines בה הפולינומים מדרגה 3.

C = continuity, מאפיין של spline שמציין כמה הוא חלק.

**% plotting: fnplt(b\_spline(1));**

**% getting values: fnval(b\_spline(1), 130.10)**





מתוך Using Functional Data Analysis\_v1\_april2011:

Bspline מסדר 6 שומר על המידע המקורי עד הנגזרת השלישית (=תאוצה).

* החלקה באמצעות roughness penalty – יישום roughness penalty על הנגזרת הרביעית, , שמיישמים ב-

within 0.00001 of the generalized cross validation estimate.

[אולי קשור](https://www.mathworks.com/help/curvefit/spaps.html)

[פונקציה להחלקה](https://www.mathworks.com/help/curvefit/csaps.html#d123e27998) אבל לא ניתן להכניס את הנגזרת אותה רוצים להחליק.

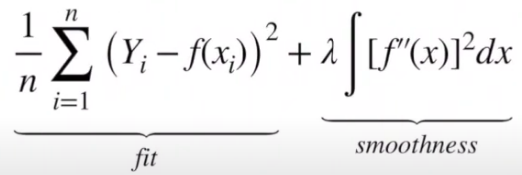
[מאמר על החלקה](https://sci-hub.se/https:/onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/0471667196.ess3138) (roughness penalty)

[פונקציה ב-R](https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-0-387-98185-7_5.pdf) שעושה את ההחלקה המבוקשת

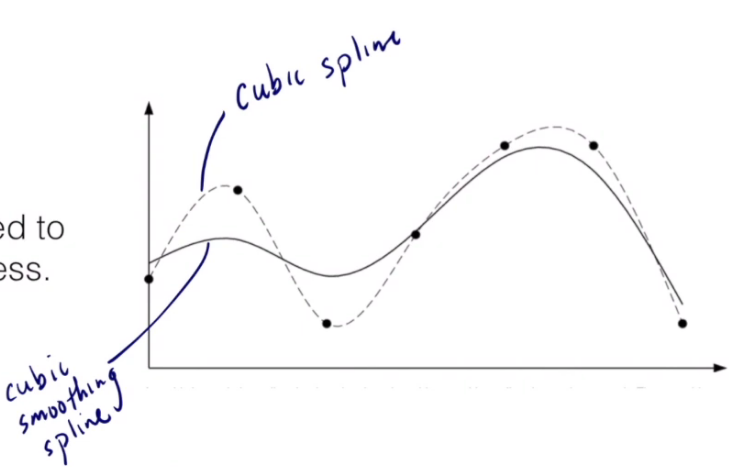
Roughness penalty = smoothing spline, שזה בעצם spline ששומר יותר

על החלקה ופחות על מעקב מדיוק אחרי נקודות המידע.

פונקציית הטעות אותה ממזערים לשם הערכת smoothing spline נראית כך:



*= קובע האם ניתן משקל להתאמה למידע, או יותר להחלקה של הפונקציה.*



* חילוץ נקודות מקבילות זו לזו במרחב – למה הוא מחלץ פעמיים נקודות? בהתחלה 2000 ואח"כ מתוכן 200?

מתוך Using Functional Data Analysis\_v1\_april2011:

מחלץ דגימות מציר Z (אליו מנרמלים) ברזולוציה גבוהה (2000 דגימות), ואז מוצא את הזמן של 200 מתוכן שהמרחק ביניהן על ציר Z שווה. לבסוף מחלץ ערכי X ו-Y בנקודות זמן אלו.

* מיצוע בין trials –

## Trial screening

* למחוק trials בהם המסלול אחרי preprocessing (לפני נרמול) קצר מדי (למשל קצר מ-3).

או אחרי נרמול קצר מ-200 כי אז הם לא עברו נרמול.

למחוק trials בהם לא נעשה filter?

למחוק trials שיצאו קצרים מדי כי הם לא חצו את סף המהירות בשום שלב.

## בחינה ויזואלית של הנתונים

נמיין את המידע בצורות שונות ונראה האם יש אפקט? השונות גדולה מדי ולכן לא מומלץ למצע?

ניצור פונק':

* מיישרת צירים לנקודות על המסך – עושה טרנסופרמציה כך שראשית הצירים בין הנקודות וציר Z מאונך למסך.

מסתמכת על קליברציה בתחילת הניסוי.

* כיוון אחיד לכל הטריילים – לסובב לצד שמאל כל טרייל שהסיומת שלו חוצה לצד ימין את מחצית המסך.
* מפרידה בין same ל-diff
* מפרידה בין correct ל-wrong.
* סטיה בציר X – עבור טרייל בודד, ממוצע עבור קבוצת טריילים.

## נורמליזציה

### למה?

* סביבה משתנה בין נבדקים – סביר להניח שהמיקום של נקודת ההתחלה ושל המסך לא יהיו זהים בין נבדקים.

לפיכך נצטרך לנרמל את כולם לתבנית אחידה כדי שנוכל להשוות ביניהם.

* צמצום הבדלים בין נבדקים – האפקט שאנו מחפשים הוא תוך נבדקי (בין טריילים של same ל-diff עבור כל נבדק).

נרמול יצמצם הבדלים בזמני תגובה בין נבדקים, במסלול הושטת יד, במהירות הושטת יד.

### איך?

* Track It to Crack It: Dissecting Processing Stages with Finger Tracking

## ניתוח

* זמני תגובה congruent לעומת incongruent.
* בטרייל מסוים, מיקום בכל נקודה זמן (נוכל לראות אם הנבדק מתמהמה ב-incongruent).

לנתח כל ציר בנפרד?

נרמול: נחלק כל נקודה בזמן, באורך הכולל של הטרייל. נקבל מיקום בכל נקודת זמן מ-0 ועד 1.

חסרון: מוחק הבדלים בזמני תגובה.

* בטרייל מסוים, סטיה מציר X לאורך הזמן (נוכל לראות אם הנבדק סוטה מאוחר יותר מהאמצע ב-incongruent).

נרמול: נחלק כל נקודה בזמן, באורך הכולל של הטרייל. נקבל מיקום בכל נקודת זמן מ-0 ועד 1.

נחלק כל נקודה ב-X במרחק בין נקודת התחלה לנקודה סופית.

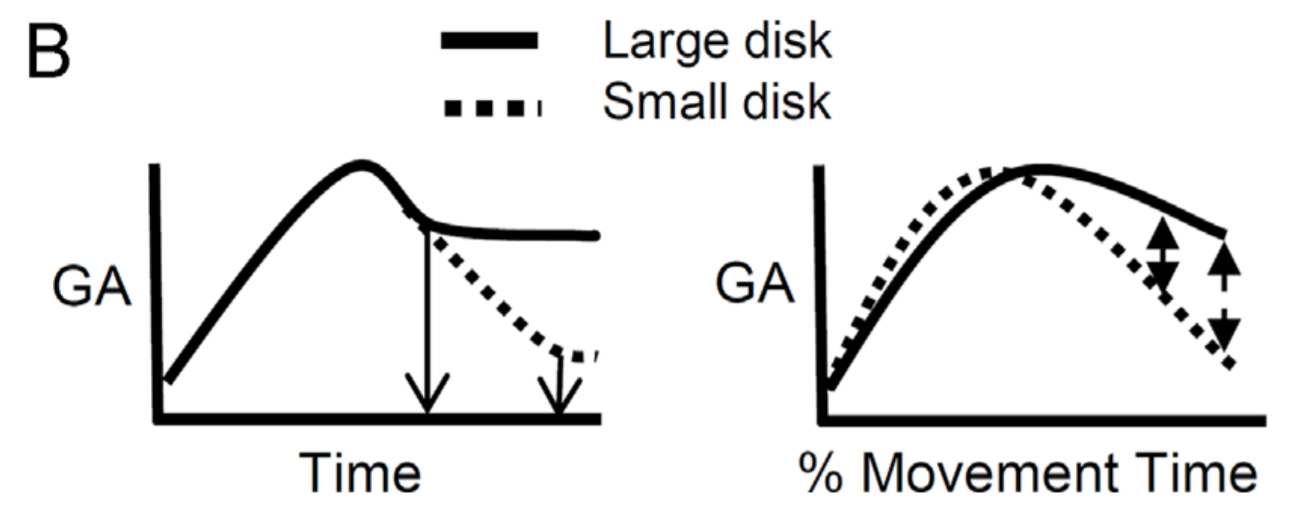
חסרון: מוחק הבדלים בזמני תגובה.

מוחק הבדלים במסלול עצמו (למשל מצבים של סטיה קטנה יותר בציר X עבור incongruent)

* האם לנרמל לפי טרייל או לפי ממוצע של הנבדק?
* לחפש מידע לגבי נרמול:
  + ~~Dotan - Track it to crack it~~
  + ~~Dotan, D. et al. (2018) On-line confidence monitoring during decision making~~
    - חישוב מהירות – עשו נגזרת למסלול בציר מסוים כדי לקבל את המהירות בו.
    - לפני נגזרת עשו gaussian smoothing (σ=20ms).
  + ~~Cressman, E.K. et al. (2007) On-line control of pointing is modified by unseen visual shapes. Conscious. Cogn. 16, 265–275 – חישבו מסלול ממוצע (ממוצע בכל נק' בזמן בין כל הטריילים).~~
  + בעיות בנרמול בזמן
    - ~~Whitwell 2013 - Grasping without vision time normalizing grip aperture profiles yields spurious grip scaling to target size~~

**לסיכום –** כשמשך התנועה משתנה במתאם עם המשתנה הבלתי תלוי, ואז מנרמלים לפי זמן, נצטרך לשים לב לכך שנקודות זהות בזמן המנורמל מייצגות נקודות שונות בזמן האמיתי.

למשל אם ב-2 התנאים יש מסלול זהה פרט לחלק קטן נוסף בסוף המסלול של תנאי 2, אחרי שננרמל יראה לנו שיש הבדל בנקודת ההתחלה!

(מטלת אחיזה בלי לראות את המטרה. גרף שמאלי לפני נרמול גרף ימני אחרי, בו נדמה שאחיזה בדיסקים קטנים

מתחילה מוקדם יותר).

* + - מתי להימנע מנרמול בזמן: כשמתמקדים בחלק מוקדם של המסלול:

~~. Dotan, D. and Dehaene, S. (2016) On the origins of logarithmic number-to-position mapping. Psychol. Rev. 123, 637–666 לא קראתי הכל, אבל לא ראיתי שם משהו שקשור לנרמול.~~

~~4. Dotan, D. and Dehaene, S. (2013) How do we convert a number into a finger trajectory? Cognition 129, 512–529~~

~~לא קראתי הכל, אבל לא ראיתי שם משהו שקשור לנרמול.~~