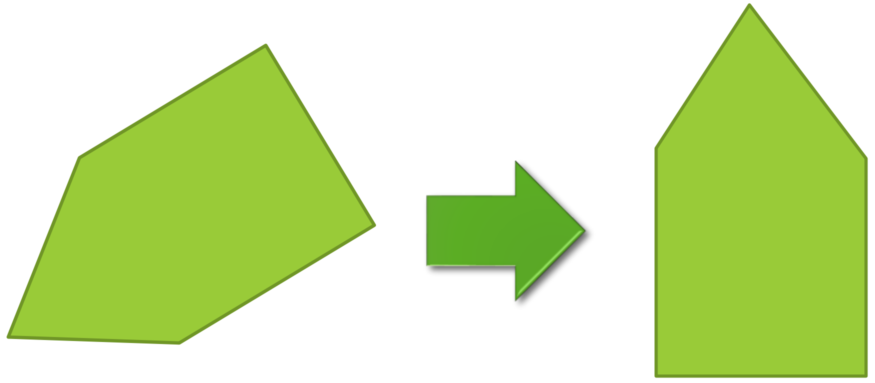


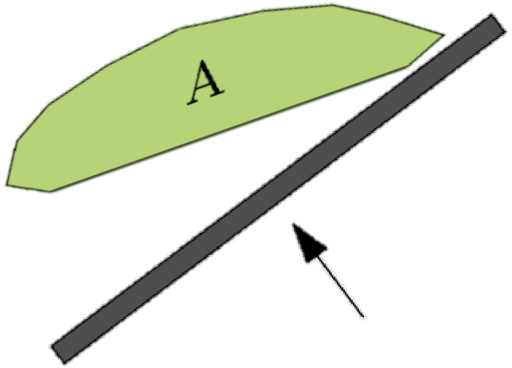
2D Part Orienting

Based on Van der Stappen et al. - Geometry and Part Feeding (2002)
Presented by Geva Kipper

הגדרת הבעיה

- <u>יישור "ללא-חישה" ע"י סדרת דחיפות</u> – Ken Goldberg - (1993)
  - נדבר על המקרה הדו-מימדי

- נתון לנו מראש פוליגון, ואנחנו מייצרים ממנו עותקים
- כל עותק מגיע לרובוט בזווית לא צפויה, *שוכב על הרצפה*
- רוצים לישר אותו לכיוון מסוים (לפי צלע)



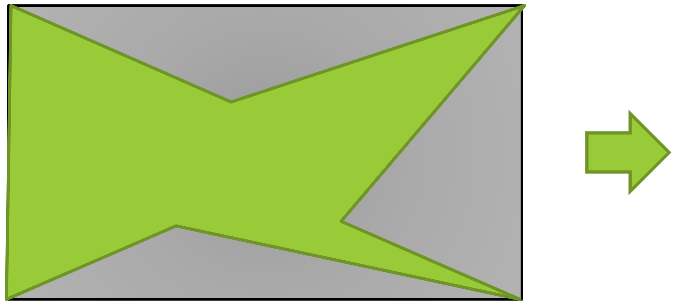
- מה מותר לנו לבצע?
  - סדרה קבועה של דחיפות, כל אחת בכיוון כלשהו ϕ_i
  - בלי שימוש בחושים, לא אדפטיבי

מה נראה היום

- ניתן ליישר כל פוליגון ע"י סדרת דחיפות
- אפשר להסתפק ב $O(n)$ דחיפות
- אלגוריתמים למציאת סדרת דחיפות קצרה ביותר עבור פוליגון P

טענות לחימום

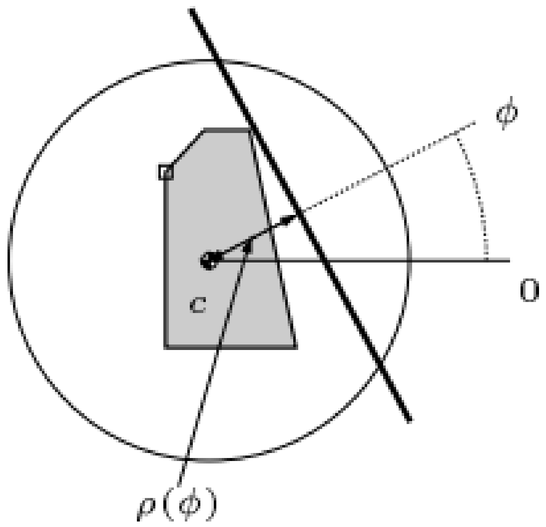
- לא נוכל להתמודד עם סימטריה בפוליגון
  - פשוט לא נוכל להבדיל



- גם סימטריה בקמור של הפוליגון היא בעייתית
  - כל עוד אנחנו מרשים לעצמנו רק דחיפות
  - יש וריאציות 'לא קמורות'

כיוון הנפילה

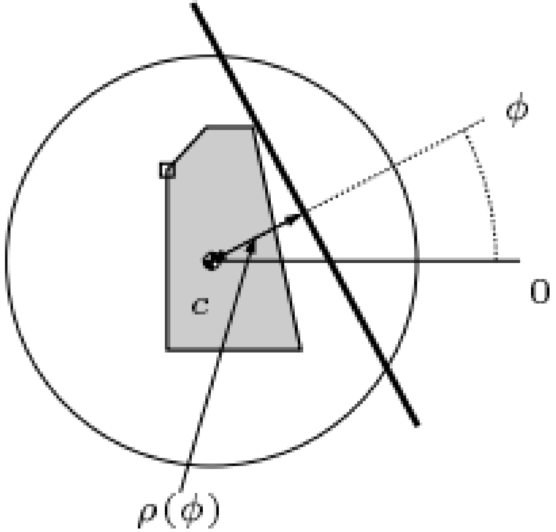
- לאן הפוליגון 'ייפול" כשנדחוף מכיוון ϕ?
  - החיכוך עם הרצפה דומה לכבידה בכיוון הישר התומך בפוליגון
  - מרכז המסה c נופל כלפי מטה, לכיוון הישר
- הפוליגון יסתובב לכיוון שבו גובה מרכז המסה יקטן
  - ויעצור מתישהו על צלע של הקמור
- נגדיר פונקציית **רדיוס** – $r(\phi)$
  - המרחק של מרכז המסה מהישר התומך בזווית ϕ
  - הפוליגון יתאזן במינימום מקומי של פונקציית הרדיוס

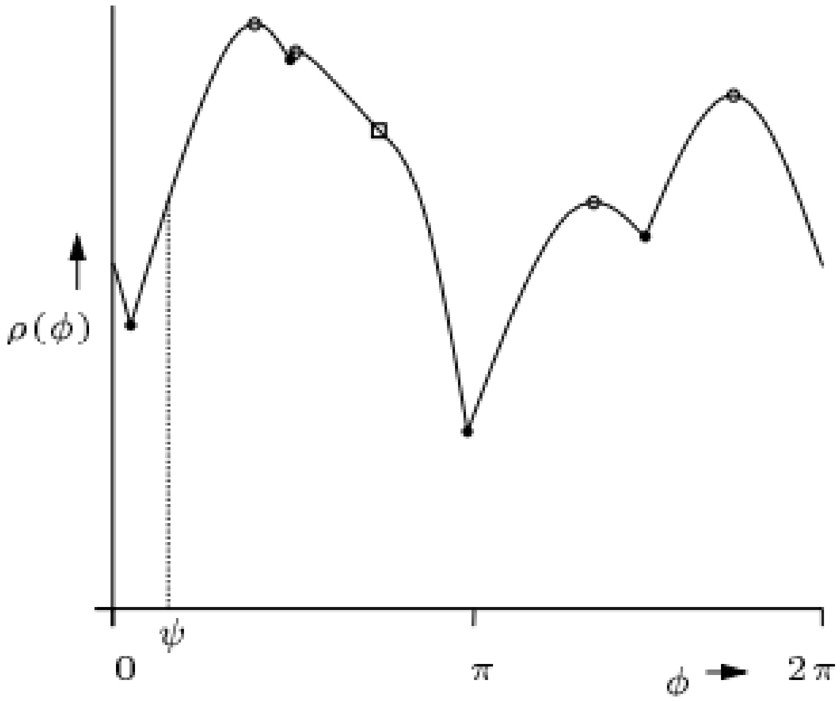


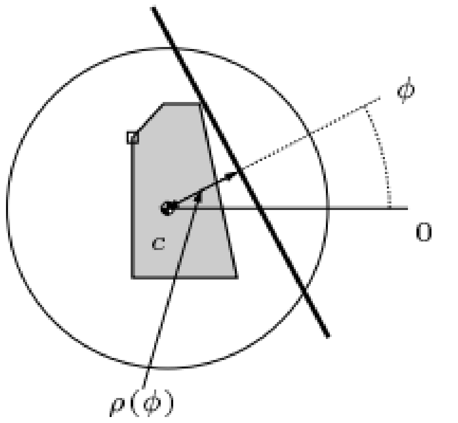
*לא מדויק

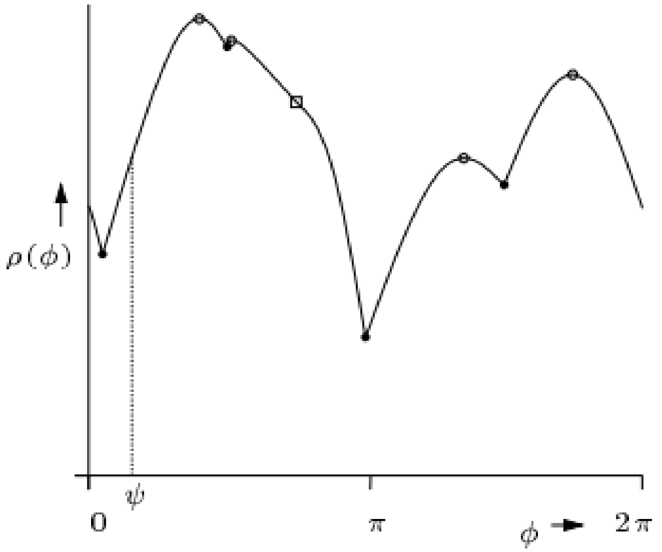
רדיוס – $r(\phi)$

המרחק של מרכז המסה
מהישר התומך בזווית ϕ



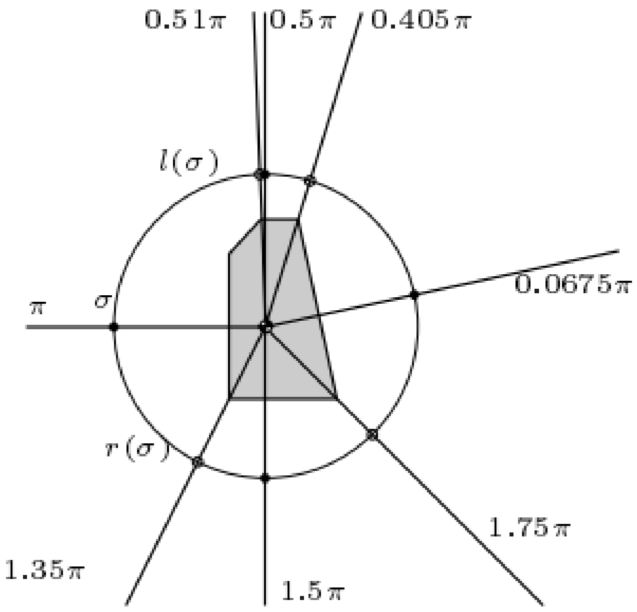


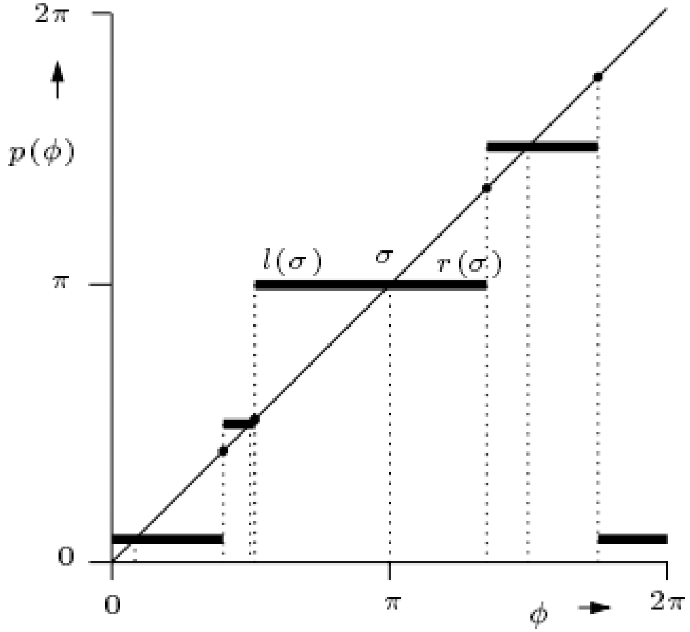




רדיוס – $r(\phi)$

המרחק של מרכז המסה
מהישר התומך בזווית ϕ





דחיפה – $p(\phi)$

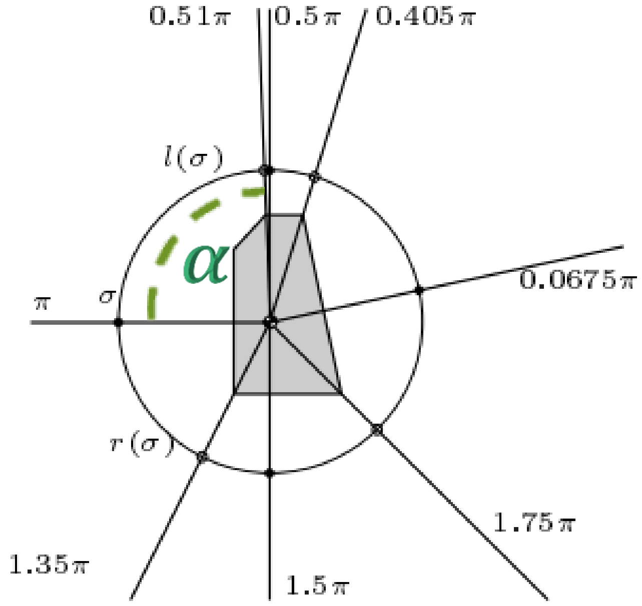
הצלע שהפוליגון נופל אליה
כשדוחפים בזווית ϕ

אז רצינו ליישר פוליגון

מי אמר שזה אפשרי?

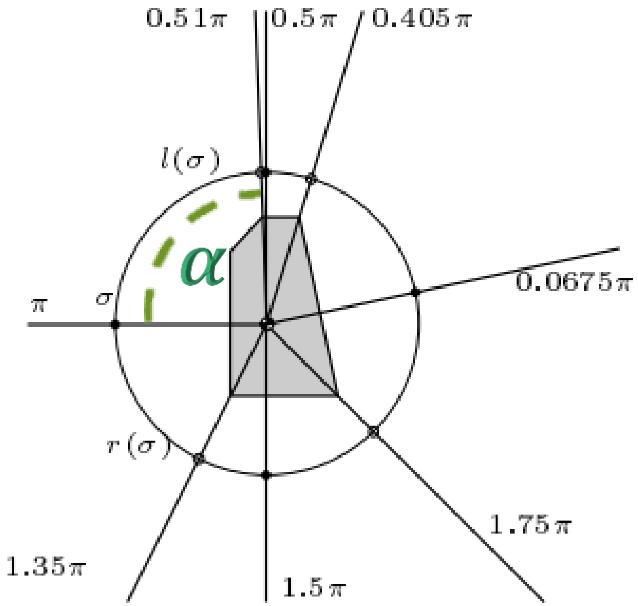
חסם עליון על האורך

- תמיד אפשר ליישר ב- O(n) דחיפות – Chen and Ierardi (1995)
- $\alpha =$ קשת חצי-מדרגה מקסימלית של פונק' הדחיפה
- כל פעם קופצים $\alpha - \varepsilon$
  - נדלג על כל מדרגה אחרת, ונתקע בזו שמתאימה ל-α
- אחרי $n-1$ דחיפות בהכרח התכנסנו



חסם עליון על האורך

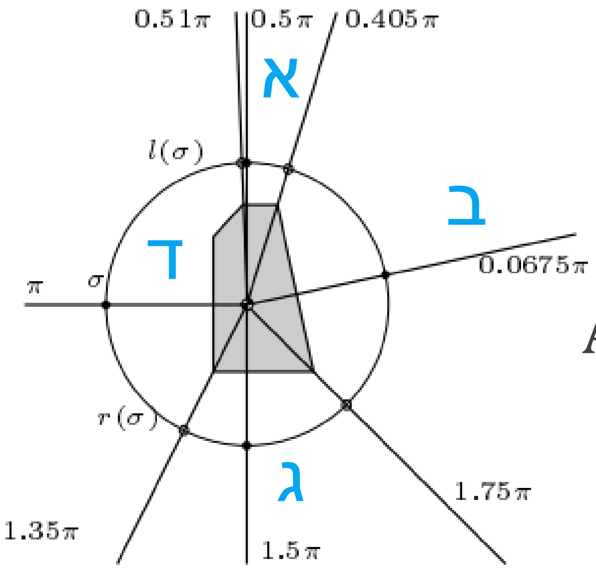
- לא טיפלנו במקרה שיש יותר מקשת מקסימלית אחת
  - מה יקרה אחרי n צעדים במצב כזה?



- אפשר להראות שניתן לטפל גם במקרה הזה
  - מקבלים סדרה של $2n - 1$ דחיפות
  - יעבוד כל עוד אין מחזור בפונקציית הרדיוס

- יש חסם תחתון שמראה שזה הדוק

מציאת סדרה אופטימלית



- A קבוצת המצבים היציבים של הפוליגון

  A = {א,ב,ג,ד}

- בכל דחיפה אנחנו מצטמצמים לתת קבוצה, A'
  - על פניו כל תת קבוצה אפשרית
  - טענה: אפשר להניח בה"כ שאנחנו תמיד באינטרוול של מצבים יציבים

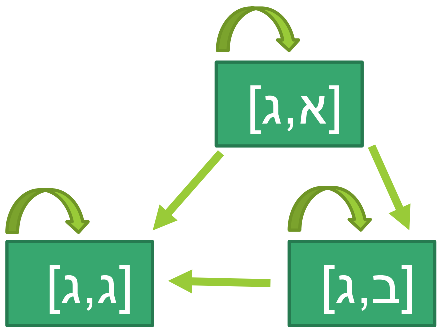
    *אינטרוול בדיד

    הרעיון: {א,ב,ג} ≡ {א,ג}

- רעיונות מכאן?

מציאת סדרה אופטימלית

- **האלגוריתם:**
  - נבנה גרף של האינטוורלים, ונחבר שני אינטרוולים אם יש דחיפה שמעבירה ביניהם
  - נמצא מסלול קצר ביותר שמוביל מהאינטרוול השלם ל-$[\theta,\theta]$



- סיבוכיות הבנייה היא $O(n^4)$
  - לעבור על כל זוג של אינטרוולים

- אפשר לצמצם ל- $O(n^3)$
  - לכל אינטרוול $[a,b]$ ומצב a' נחבר קשת רק לאינטוורל הקטן ביותר מהצורה $[a',b']$
  - עבור $[a,b]$ ו-a' נמצא את $[a',b']$ הרלוונטי ב-$O(1)$

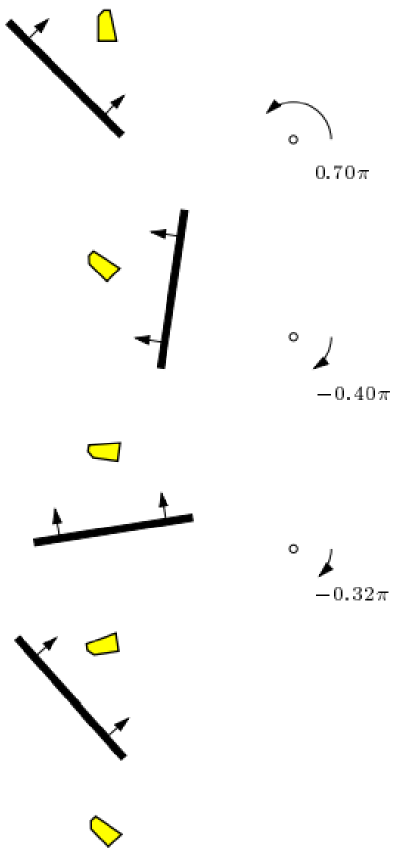
* למה זה מספיק?
* איך מוצאים?

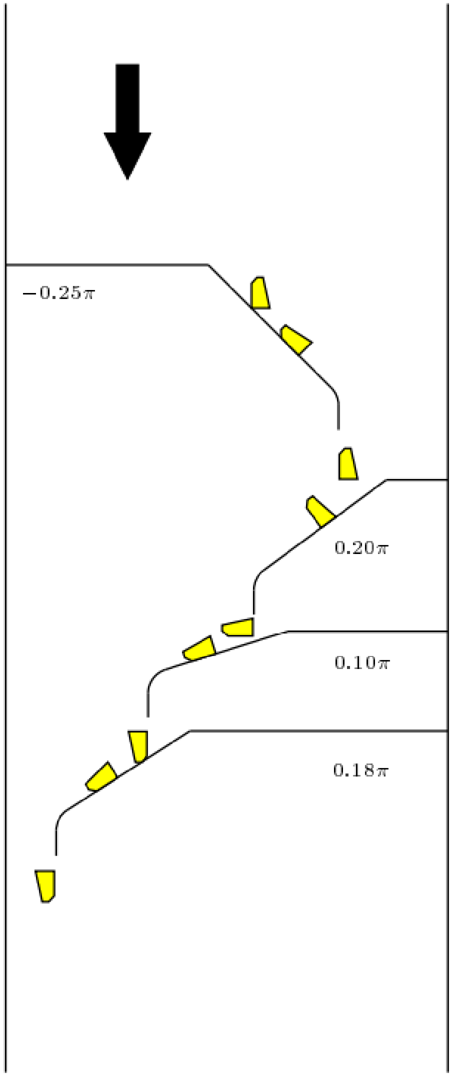
שיפורים לאלגוריתם

- אפשר לבנות את הסדרה מהסוף (נקודה) להתחלה (אינטרוול שלם) — Goldberg (1993)
  - זמן $O\left(n^2\log(n)\right)$ באופן נאיבי, ואפשר להשיג $O\left(n^2\right)$
- יש גם אלגוריתם Output-Sensitive – סיבוכיות $O(kn\log n)$ — Goldberg et al. (1998)
  - מוצאים לכל a את הקטע המינימלי $[a,b]$ שאפשר להצטמצם אליו אחרי k דחיפות
  - באינדוקציה על k, כל איטרציה עולה $O(nlogn)$ עם שימוש ב-range tree
  - יעבוד ב-$O(n\log n)$ לפוליגונים 'רחבים'

ווריאציות

- הבעיה התלת-מימדית
- משקלים על הקשתות
- אילוצים על הדחיפות - Fence Design
- יישור מספר חלקים במקביל
- פעולות משיכה ועוד





ביבליוגרפיה

- Ken Goldberg - Orienting Polygonal Parts without Sensors (1993)
- Chen, Ierardi - The Complexity of Oblivious Plans for Orienting and Distinguishing Polygonal Parts (1995)
- Berretey et al. - Algorithms for fence design (1998)
- Van der Stappen et al. - Geometry and Part Feeding (2002)