

## תרגיל בית 3 – MATLAB – מטריצות סיבוב וזוויות אוילר

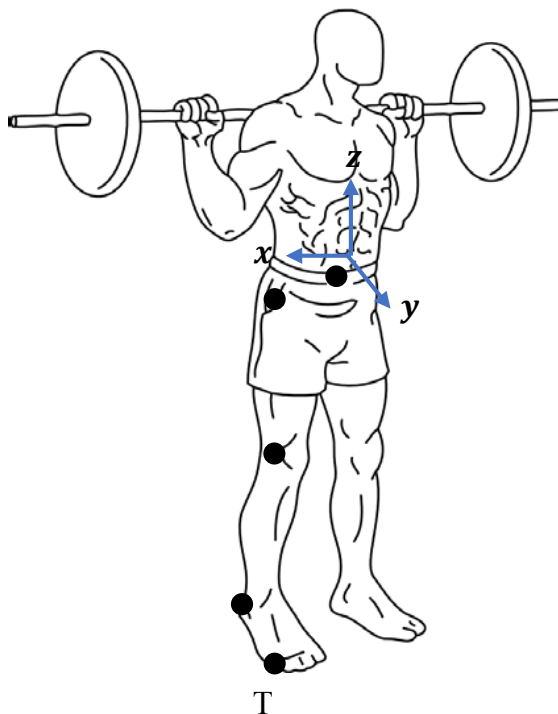
ברצוננו לנתח את תנועה של פלג גוף תחתון של מרים משקולת.

נמדל את מפרקי הרגל כמתואר בתרשים (ובדומה לתרגול):

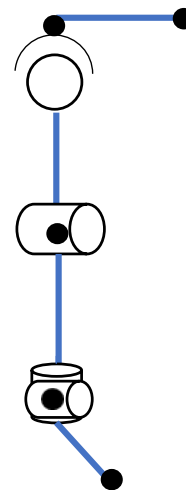
- מפרק הירך הוא מפרק כדורי (3 ד"ח),
- מפרק הברך מפרק סיבובי (דרגת חופש אחת flexion-extension),
- הקרסול מפרק קרדן (2 ד"ח flexion-extension ו-abduction-adduction).

נגדיר מערכת צירים "קבועה" במרכז האגן כאשר:

- x : בכיוון שמאל-ימין (x חיובי פונה ימינה)
- y : בכיוון אחורה-קדימה (y חיובי פונה קדימה)
- z : בכיוון מטה-מעלה (z חיובי פונה למעלה)



מצב אפס



מודל מופשט

1. לפי התרשים, כמה גופים קשיחים (סגמנטים) יש במודל המופשט ומה שמם (לדוגמא (...pelvis, thigh
2. הגדירו מערכת צירים לכל אחד מהסגמנטים (הגופים הקשיחים), ציירו את מערכות הצירים על הסגמנט ותנו לה שם מתאים (לדוגמא (...pelvis, thigh
3. נתון שמצב האפס (האוריינטציה הראשונית) בו כל מערכות הצירים מקבילות, מוגדר להיות המצב בו האדם עומד, כמתואר בתרשים. רשמו עבור כל סגמנט מהו הווקטור המנורמל המתאר אותו במערכת הצירים הצמודה לאותו סגמנט.

$$(v_{pelvis} = [1, 0, 0]_{pelvis} \text{ (לדוגמא)})$$

4. בהינתן שאורכי הסגמנטים הם כדלקמן ובעזרת הווקטורים שמצאתם בסעיף הקודם, שרטטו ב-MATLAB את המודל המופשט במצב האפס, כאשר המפרקים (כולל מרכז ה-האגן וקצה הרגל) מסומנים כנקודות (היעזרו ב-scatter()) והסגמנטים כקווים (היעזרו ב-plot3()).

$$L_{pelvis} = 0.3; L_{thigh} = 1; L_{shank} = 1; L_{foot} = 0.3$$

המלצה: צרו פונקציה שיוצרת את התרשים הנ"ל כי בהמשך תצטרכו לבצע זאת עוד מספר פעמים.

5. כעת הוסיפו על גבי השרטוט את מערכות הצירים שהגדרתם בסעיף 2, כך שאורכו של ווקטור של מערכת הצירים יהיה 0.1 וכל ציר בצבע שונה, בדומה לתרשים המצורף בסוף הקובץ (אין צורך לבנות תרשים זהה, אלא זו רק דוגמא להמחשה).

המלצה: צרו פונקציה שיוצרת את התרשים הנ"ל כי בהמשך תצטרכו לבצע זאת עוד מספר פעמים.

6. צרו פונקציה המקבלת שלוש זוויות אוילר, רצף של סיבוב אוילר וסוג הסיבוב (Intrinsic או extrinsic) ומוציאה את מטריצת הסיבוב הכוללת.  
לדוגמא:

`[R]=euler2rotm_extended(euler_angle, euler_seq, rot_type)`

$$\theta = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}; 'xyz'; 'int' \Rightarrow R = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\theta = \begin{bmatrix} 30 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}; 'xyz'; 'int' \Rightarrow R = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(30) & -\sin(30) \\ 0 & \sin(30) & \cos(30) \end{bmatrix}$$

7. בהינתן שסדר הכפלת הזוויות הביומכניות הוא – ראשית flexion-extension, לאחר מכן abduction-adduction ולאחר מכן axial rotation, מהו רצף הכפלת זוויות אוילר (Euler sequence) ומהו סוג הסיבוב (Intrinsic או extrinsic) עבור כל אחד מהמפרקים.

רמז: אתם אמורים לנחש את סוג הסיבוב מתוך הידיעה שלזוויות הניתנות לכם יש משמעות ביומכנית – flex-abd-rot.

8. כאשר אתם משרטטים את "איש המקלות" בסעיפים 4 ו-5, אתם למעשה מחשבים את הווקטור המייצג של כל סגמנט (לדוגמא  $v_{foot}$ ) במערכת האדם (מערכת האגן). בהינתן מטריצת הסיבוב של כל מפרק (כלומר –  $R_{hip}, R_{knee}, R_{ankle}$ ), רשמו את המשוואה לחישוב כל אחד מווקטורי הסגמנט במערכת האגן (כלומר  $v_{pelvis,P}, v_{thigh,P}, v_{shank,P}, v_{foot,P}$ ), כאשר  $P$  מייצג את מערכת האגן).  
רמז: ראו תרגול 5 סעיף 5.

9. השתמשו בפונקציה שכתבתם בסעיף 6, בסוג וסדר ההכפלה של כל מפרק שמצאתם בסעיף 7 ובמשוואות שכתבתם בסעיף 8 וצרו פונקציה המקבלת מטריצת רוטציה עבור כל מפרק, את ווקטורי הסגמנטים, את אורכי הסגמנטים, את ווקטורי מערכת הצירים ואת אורכי ווקטורי מערכת הצירים ומוציאה את מיקומי המפרקים (כולל מרכז האגן וקצה הרגל) המסובבים ואת מערכות הצירים המסובבות  
לדוגמא:

```
[pos_rot, coo_sys_rot] =  
    trans_vec(trans, joints_pos, seg_vec, seg_len, coo_vec, coor_len)
```

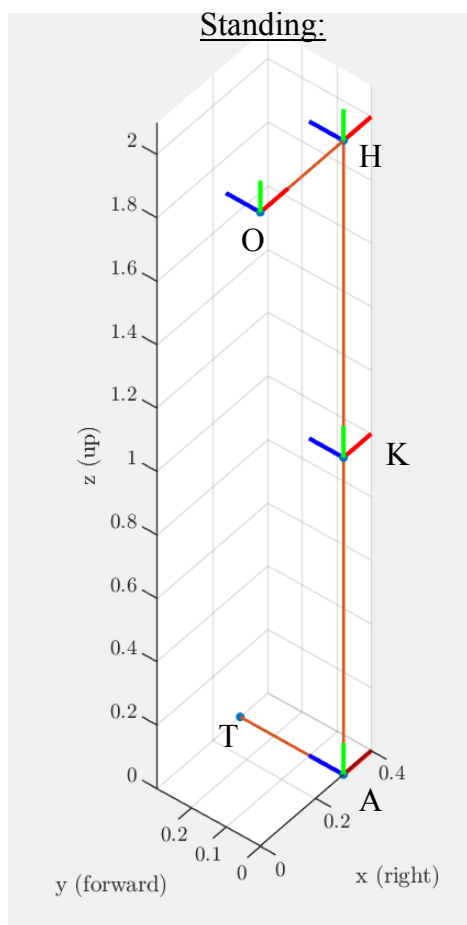
10. השתמשו בפונקציה שכתבתם בסעיף הקודם, שרטטו את הפוזיציות הבאות (ראו דוגמא בסוף הקובץ):

- עמידה
- ישיבה
- ישיבת פרפר
- מצב squat כאשר כפות הרגליים פונות החוצה בזווית של 20 מעלות.

עבור כל אחד מהמצבים שרטטו את "איש המקלות" כולל מערכות הצירים המסובבות ורשמו את הזוויות שבחרתם עבור כל אחד מהמפרקים בשביל ליצור את הפוזיציה הנ"ל. (אין תשובה נכונה אחת – מגוון זוויות מתאימות לפוזיציות הנ"ל – בחרו כרצונכם)



11. כעת השתמשו באותם זוויות ובאותו רצף שהשתמשתם בסעיף הקודם רק הפעם השתמשו בסוג סיבוב שונה (אם למשל השתמשתם ב-Intrinsic כעת השתמשו ב-extrinsic) ושרטטו את אותם הפוזיציות מהסעיף הקודם. אילו פוזיציות שונות מהסעיף הקודם ואלו זהות? כיצד זה מתיישב עם ההיגיון?



$$\begin{bmatrix} \theta_{hip,f} \\ \theta_{hip,a} \\ \theta_{hip,r} \\ \theta_{knee,f} \\ \theta_{ankle,f} \\ \theta_{ankle,a} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$