

תוכן העניינים

1.....	הקדמה.....
2.....	מבדקים – סכמה כללית.....
3.....	מבדק ראשון – קפיצה אנכית.....
4.....	מבחן שני – קפיצה בין כסאות.....
6.....	מבחן שלישי – קליעת כדור למטרה.....
7.....	הכנת הסביבה לצילום.....
10.....	ממשק משתמש.....
30.....	backprojection map – בניית ה.....
32.....	condensation – אלגוריתם ה.....
34.....	Least Squares - ניתוח הנתונים ושיטת ה.....
36.....	BST – מערכת ה.....
38.....	פיתוח מערכת הקלטת הוידאו.....
40.....	vtf קובץ.....
42.....	AVC מערכת.....
48.....	Settings.ini הקובץ.....
49.....	תיאור המחלקות.....
52.....	דרישות המערכת.....
54.....	הוראות התקנה.....
59.....	References.....
61.....	Class Diagrams – נספח א'.....
71.....	Intel License Agreement – נספח ב'.....

הקדמה

תוכנת **SAVion** (**Sport Analysis by computer Vision**) פותחה כפרויקט במערכות נבונות במעבדה למערכות נבונות, הפקולטה למדעי המחשב, טכניון, חיפה. לאחר מכן, הפרויקט הורחב לצורך הפיכתה לתוכנה והבאתה עד לרמה מסחרית.

הפרויקט הוצע ע"י **דר. מארק ורטהיים** ממכון וינגייט אשר עסוק בהכוונת והדרכת מאמנים בכל רחבי הארץ. דר. ורטהיים הציע מבדקי תנועה שאפשריים לניתוח באמצעות ראייה ממוחשבת (**Computer Vision**) והזכיר כי פיתוח מוצר דומה עלול לתרום רבות ליכולתם של המאמנים בפרט ולספורט הישראלי בכלל.

נכון להיום, מבדקים אלו (שניתן לקרוא עליהם בפרק "מבדקים – סכמה כללית") מבוצעים באופן ידני תוך שימוש בשעוני עצר ולפיכך, נוטים לשגות ואף גוזלים זמן יקר מהמאמן.

תוכנת **SAVion** הינה כלי לניתוח המבדקים שהוצעו, בשימוש במצלמה ומחשב והצגת המאפיינים הדרושים. בנוסף, תוכנת **SAVion** מכילה בתוכה תשתית חזקה שניתן להרחיבה למבדקים רבים וחשובים ואף למטרות אחרות.

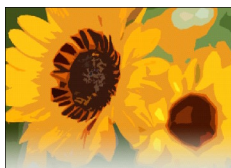
הפרויקט נעשה בתחום שיפוטו של **פרופ' אלפרד מ. ברוקשטיין**, תוך הנחיה של **אלי אושרוביץ'** (סטודנט ללימודי מוסמכים בפקולטה למדעי המחשב) והנחיה טכנית של מהנדס המעבדה **רון קיידר**.

מסמך זה מכיל מדריך למשתמש בתוכנה, כמו כן את מאפייני הפיתוח (מחלקות, אלגוריתמים, עקרוני מנגנונים) וגם תיאורי מבדקים, הכנת הסביבה לצילום ודרישות נוספות.

לפרטים נוספים, ניתן לפנות ל:

gpgemini@gmail.com leonid.beder@gmail.com	גיא פיטלקו, לאוניד בדר,
oeli@cs.technion.ac.il ronenk@cs.technion.ac.il	מר. אושרוביץ' אלי, מר. קיידר רון,

גיא ולאוניד
צוות SAVion



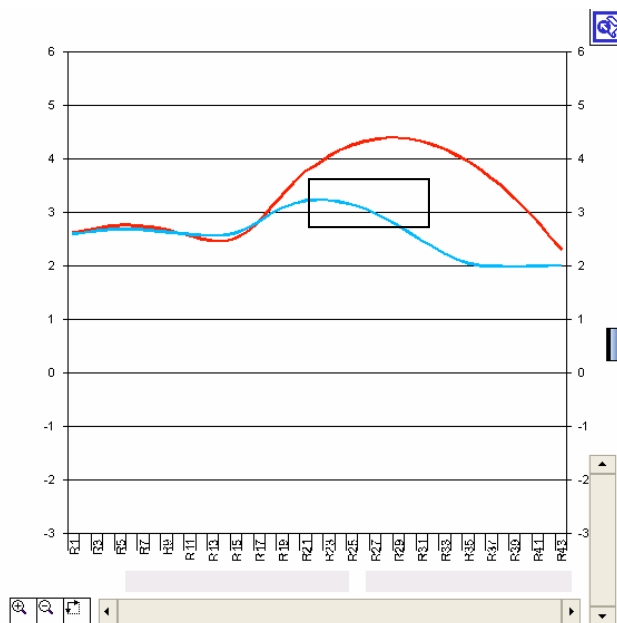
מבדקים – סכמה כללית

בפרויקט, נציג כמה מבדקים שהוצעו ע"י דר. מארק ורטהיים. המבדקים המוצגים הינם דוגמאות פרטיות למה שהתוכנה מסוגלת לבצע וניתן לתכנן ולממש, בקלות רבה, מבדקים נוספים.

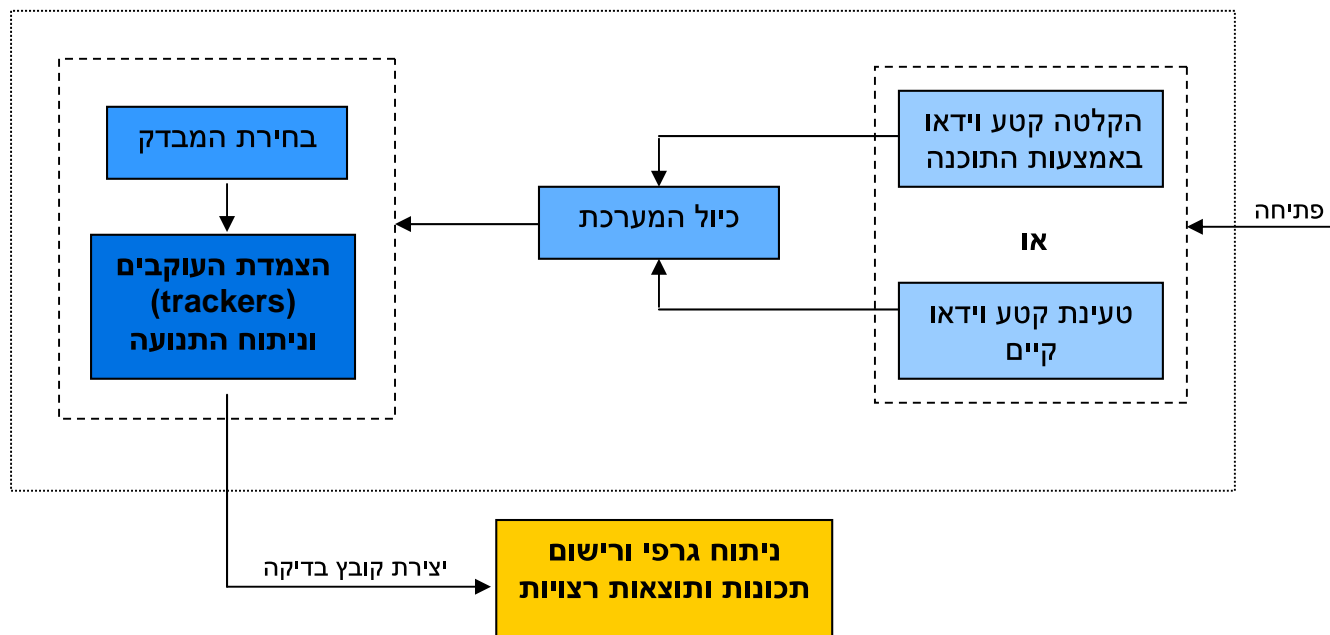
בכל אחד מהמבדקים, אשר יאופיינו בהמשך, נמדדות כמה תכונות סטטיות אשר מאפיינות את המבדקים (לדוגמא: במבדק קפיצה, התוכנה תציג למשתמש את גובה הקפיצה המקסימלי).

מלבד התכונות המוצגות ע"י התוכנה, ניתן לחשב **ידנית** כמעט כל תכונה שהמשתמש ירצה באמצעות יחידת המנתח.

לדוגמא, במבדק "זריקת כדור" ניתן גם להסיק ידנית את הגובה המרבי אליו מגיעה היד:



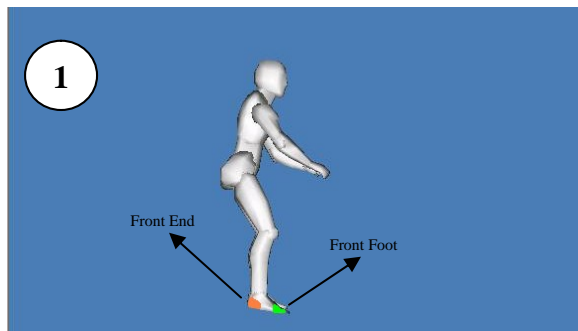
תהליך הפעלת המבדקים וניתוחם (פירוט ב"מדריך למשתמש"):



מבחן ראשון – קפיצה אנכית

תיאור: הנבדק קופץ במקומו כשגופו מוטה בפרופיל אל מול המצלמה.
עוקבים טיפוסיים: קצות האצבעות (Foot Front), עקב (Foot End), ברך, ראש \ אגן.

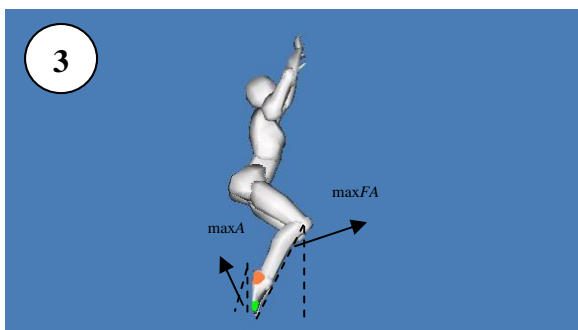
שם המדידה	סימון בתרשים	הערות
זמן שהייה באוויר Air Time	-	נמדד מרגע עזיבת קצות האצבעות את הקרקע ועד לנחיתת העקב.
גובה עקב מקסימלי Max Foot End Height	$\max FE$	-
גובה קצות אצבעות מקסימלי Max Foot Front Height:	$\max FF$	-
זווית רגל מקסימלית Max Foot Angle	$\max FA$	נמדדת ביחס לציר <u>האנכי</u> והרגל המסומנת.
זווית כף רגל מקסימלית Floor Touch Foot Angle	$\max A$	נמדדת ביחס לציר <u>האופקי</u> וכף הרגל המסומנת.
גובה שדה ראש \ אגן מקסימלי	$\max H$	המאפיין לפיו נאמוד את גובהה של הקפיצה.



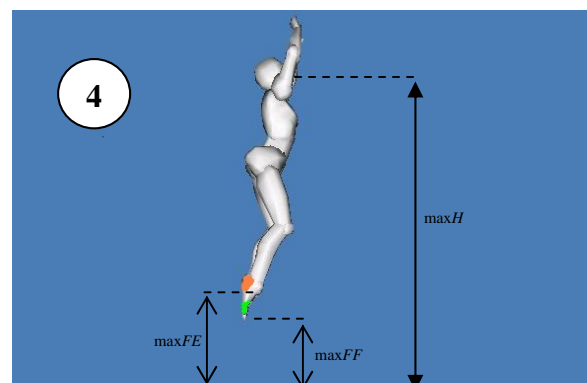
1. מצב מוצא – עמידה זקופה ב – 90 מעלות מול המצלמה.



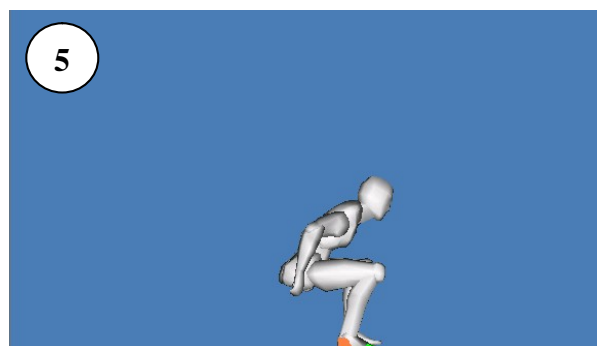
2. תחילת הקפיצה. העקב עזב את הקרקע.



3. גם קצות האצבעות עזבו את הקרקע – הנבדק נחשב באוויר.



4. הנבדק מגיע לגובה הקפיצה המקסימלי.



5. הנבדק נוחת ומתיישר.

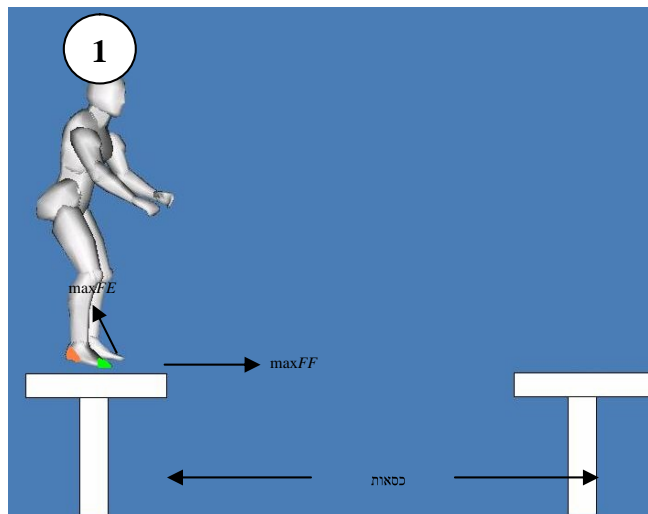
מבחן שני – קפיצה בין כסאות

תיאור: הנבדק מתחיל את קפיצתו מעמידה על כסא. הקפיצה הראשונה נעשית אל המרווח בין

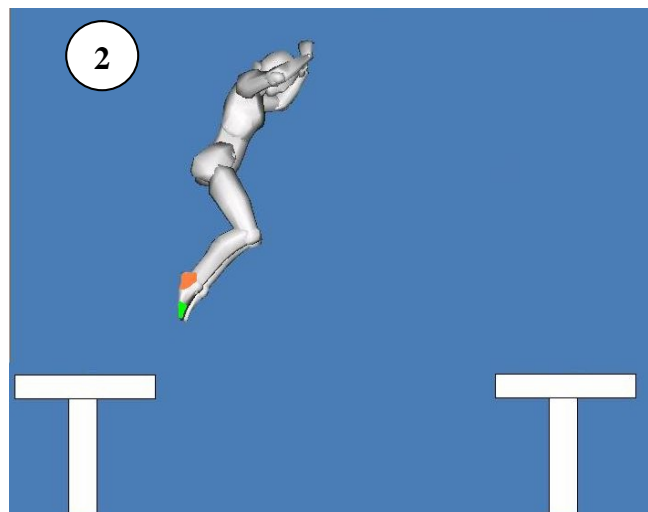
שני הכסאות (ראו תרשים) ולאחר מכן נעשית קפיצה מתפרצת אל הכסא השני.

עוקבים טיפוסיים: קצות האצבעות (Foot Front), עקב (Foot End), ברך.

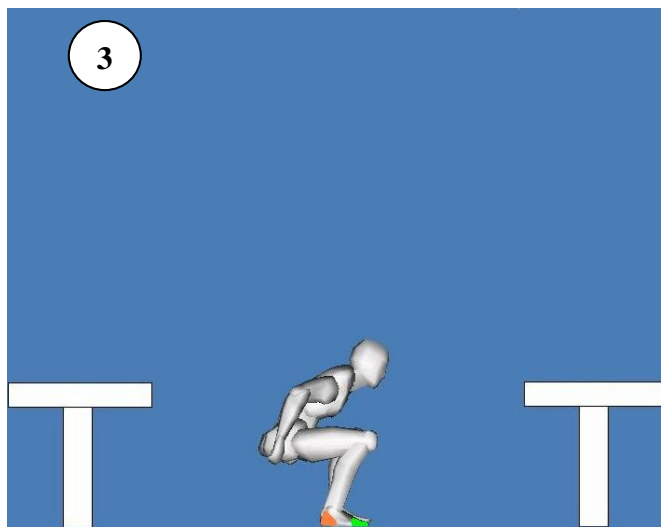
שם המדידה	סימון בתרשים	הערות
זמן שהייה באוויר, קפיצה I Air Time, First	-	נמדד מרגע עזיבת קצות האצבעות את הקרקע ועד לנחיתת העקב.
זמן שהייה באוויר, קפיצה II Air Time, Second	-	נמדד מרגע עזיבת קצות האצבעות את הקרקע ועד לנחיתת העקב.
זמן שהייה על הקרקע Floor Touch Time	-	הזמן שהנבדק מבלה במרווח בין שני הכסאות, לפני תחילת הקפיצה השנייה.
זווית רגל מקסימלית Max Foot Angle	$\max FA$	נמדדת ביחס לציר האנכי והרגל המסומנת.
זווית כף רגל מקסימלית Floor Touch Foot Angle	$\max A$	נמדדת ביחס לציר האופקי וכף הרגל המסומנת.



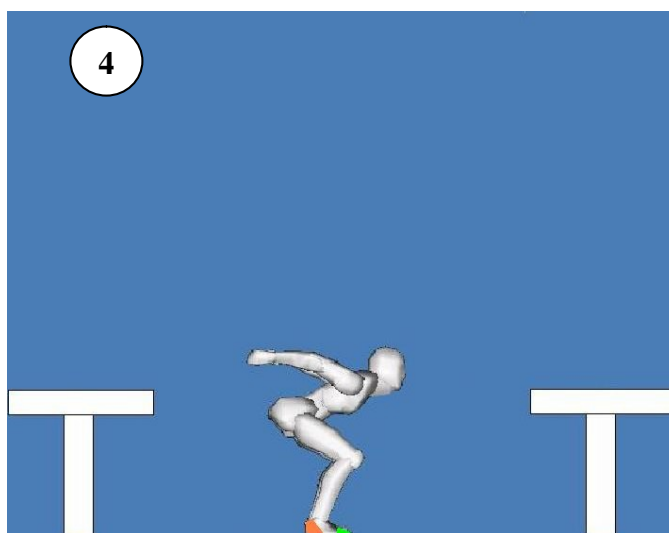
1. הנבדק מתחיל ממצב מוצא על השמאלי.



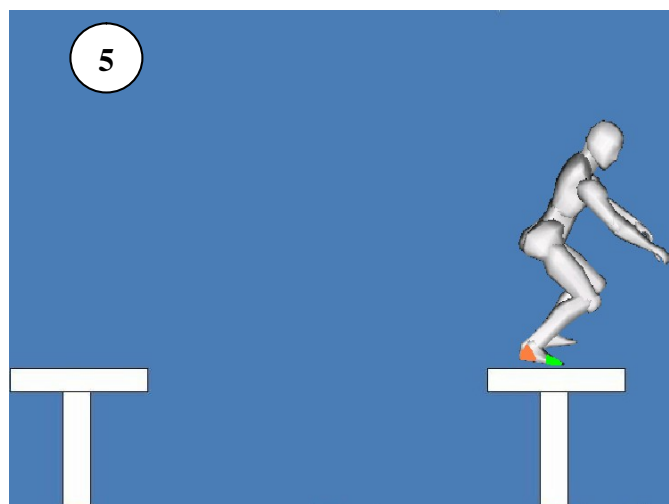
2. הנבדק קופץ לעבר המרווח שבין שני הכסאות.



3. הנבדק נוחת בין הכסאות (תחילת מדידת משך השחייה על הקרקע).



4. הנבדק מתחיל את הקפיצה לעבר הכסא השני (סוף מדידת זמן השחייה על הקרקע).

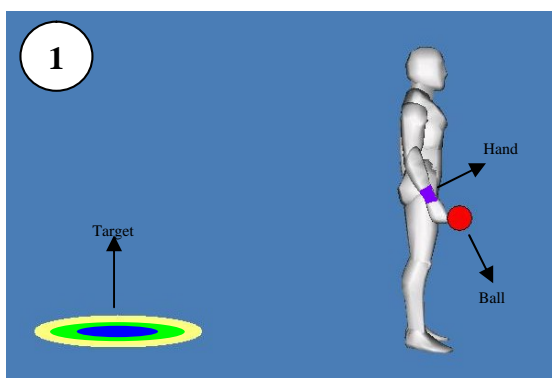


5. הבדק נוחת על הכסא השני.

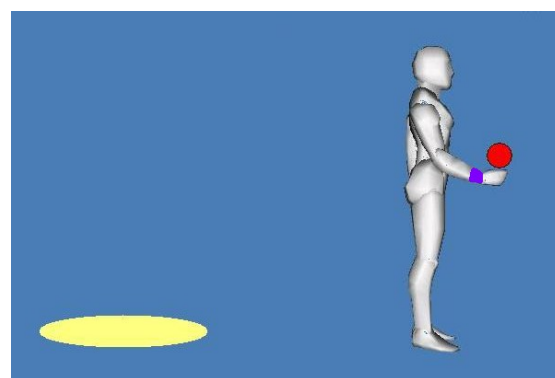
מבחן שלישי – קליעת כדור למטרה

תיאור: הנבדק עומד עם הגב למטרה ומנסה לקלוע עם הכדור במטרה. המטרה יכולה להיות מורכבת ממספר טבעות בצבעים שונים בעלות ניקוד שונה.
עוקבים טיפוסיים: מפרק יד תחתון (Hand), כדור (Ball).

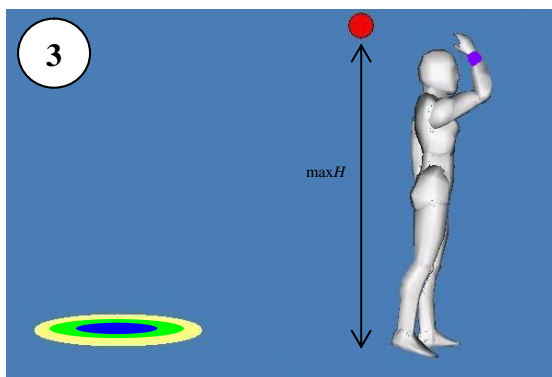
שם המדידה	סימון בתרשים	הערות
זמן שהיית הכדור באוויר Ball Air Time	-	משך הזמן מעזיבת הכדור את היד ועל לנחיתה.
גובה כדור מקסימלי Max Foot End Height	$\max H$	הגובה המקסימלי אליו מגיע הכדור.
נקודת פגיעה ברצפה Hit Point	טבעת צבע	צבע הטבעת בה פגע הכדור.



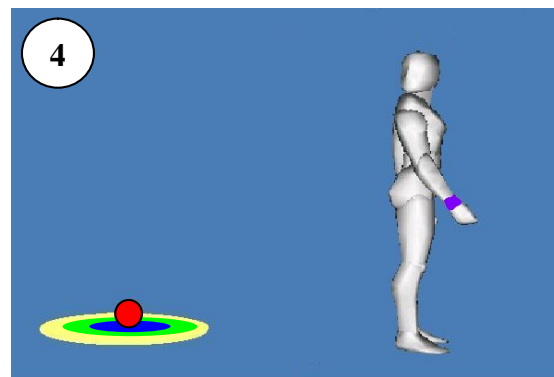
1. הנבדק עומד עם הגב למטרה.



2. הנבדק מניף את היד והכדור מתחיל לעזוב אותה.



3. הכדור מגיע לשיא גובהו ומתחיל לצנוח מטה.



4. הכדור פוגע בקרקע.

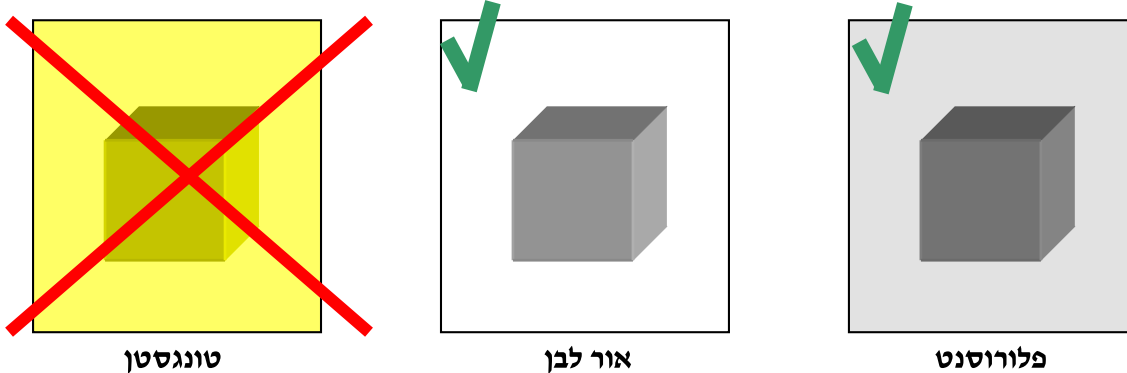
הכנת הסביבה לצילום

לפני תחילת הצילומים, כדאי להשיא את התאמת סביבת הצילום לדרישות והאילוצים שיתוארו לעיל:

תאורה

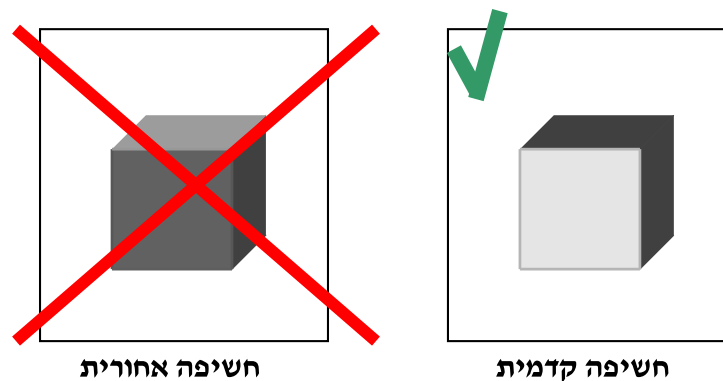
על סביבת הצילום להיות מוארת היטב. הארה באמצעות אור יום חזק תהיה האפשרות האופטימאלית, אך אין לצלם באור שמש ישיר.

במידה ואור היום חלש, יש להשתמש בתאורה מלאכותית בעוצמה מספקת. בכל מקרה, אין להשתמש בתאורה צהובה (מנורות טונגסטון), אלא באור לבן או פלורוסנט (על מנת לא לפגוע במנגנון זיהוי הצבעים).



הערה: בכמה מצלמות, כיוול והגדרות הצבעים נעשית באופן אוטומטי.

על מרבית האור ליפול ישירות על הנבדק ולא מאחוריו.



רקע

הרקע מאחורי הנבדק צריך להיות חסר רעשים וצבעים, ככל האפשר. הרקע האופטימאלי יהיה מסך **שחור**. כל רקע אחיד אשר אינו רווי בצבע - יתאים, אך כאמור, רקע בצבע שחור יניב תוצאות טובות בהרבה.

במידה ורקע כזה אינו בהישג יד, ניתן להשתמש במנגנון background subtraction אשר מומש בתוכנה.

על הביגוד להיות בצבע שחור, אפור או לבן כמה שיותר (אילוץ זה אף חשוב יותר מאילוץ הרקע), או לכל היותר בצבעים שלא יהיו קרובים לצבעי המדבקות אשר תהיינה בשימוש (גווני דומים וכו').

רצוי לכסות כמה שיותר עור נראה (גווני הכתום/ורוד של העור עלול לפגוע במעקב אחרי מדבקות כתומות בתנאי אור מסויימים).

מדבקות

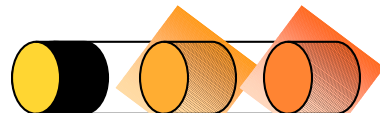
לפני העקיבה, יש לצייד את הנבדק במדבקות צבע (או כל דרך נוספת לייצוב כתם צבע סטאטי על גופו של הנבדק).

על המדבקות להיות צבעוניות (כלומר, גווני לבן, אפור ושחור תהיינה חסרות כל שימוש), בהירות ועליהן להיות מקובעות במקומן (על גופו של הנבדק).

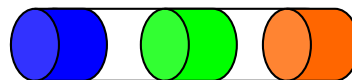
על צבעי המדבקות להיות רחוקים האחד מהשני כמה שיותר. קבוצת צבעים עדיפה, לדוגמא, תהיה: כתום, ירוק, ורוד וכחול. קבוצת צבעים הרסנית, לדוגמא: אדום, כתום, צהוב וורוד.

לא רצוי שהחומר מהן המדבקות עשויות, יחזיר אור. מדבקות העשויות מחומר מחזיר אור (פלסטיק, נייר זוהר וכו') עלול לגרום לסנוור של החיישן במצלמה ולהניב את התוצאה ההפוכה מהרצויה, והיא דילול רווית הצבע המוקלט מהמדבקה.

החומר המועדף יהיה חומר המפזר אור (לדוגמא, בד רך). מכיוון שמציאת בדים כאלו היא משימה קשה, נעשה שימוש בכותנה אשר נצבעה בצבע זוהר, אשר ניתן למצוא בכל חנות מלאכה (כמו כן התקבלו תוצאות טובות עם נייר קרטון צבעוני ורווי מאד).



קונפיגורציית צבעים רעה



קונפיגורציית צבעים טובה

עובי המדבקות צריך לנוע בתחום של 6-10 ס"מ, בהתאם למיקומן על גוף הנבדק. הצמדת המדבקות לגוף יכולה להיעשות בכל אופן (עדיפות לנייר דבק), כל עוד אינו בא בסתירה לדרישות הצבע הנ"ל.

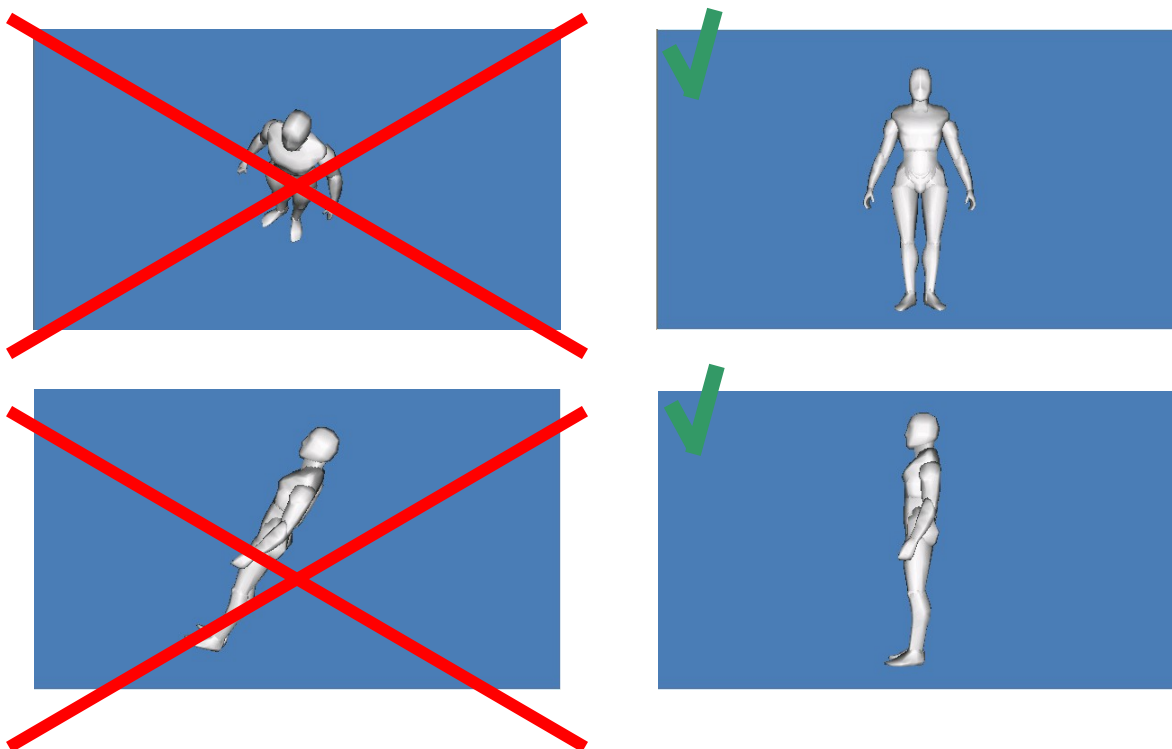
לסיכום, הדרישות העיקריות מהמדבקות הן:

- צבעוניות, בהירות ללא החזרת אור.
- לפחות בעובי של 6 ס"מ.
- נראות במהלך התנועה.
- בלתי ניידות על גוף הנבדק אשר אינן מפריעות לו בתנועתו.

מצלמה

על המצלמה להיות מוצבת במקום שיתפוס את כל גופו של הנבדק ואת תנועותיו במהלך הבדיקה, ובו זמנית קרובה מספיק לנבדק על מנת שגודלן של המדבקות ייתפס באופן סביר.

המצלמה צריכה להיות מאונכת לנבדק בכל אחד מהצירים ואף לא להיות בנטייה כלשהי יחסית לגופו.



מומלץ שהמצלמה תיוצב במקום ע"י חצובה ואסור שתוזז במהלך הצילומים עצמם ואף בזמן כל מהלך הבדיקות (כדי לא לפגוע בכיול הראשוני).

שמורות מבדקים

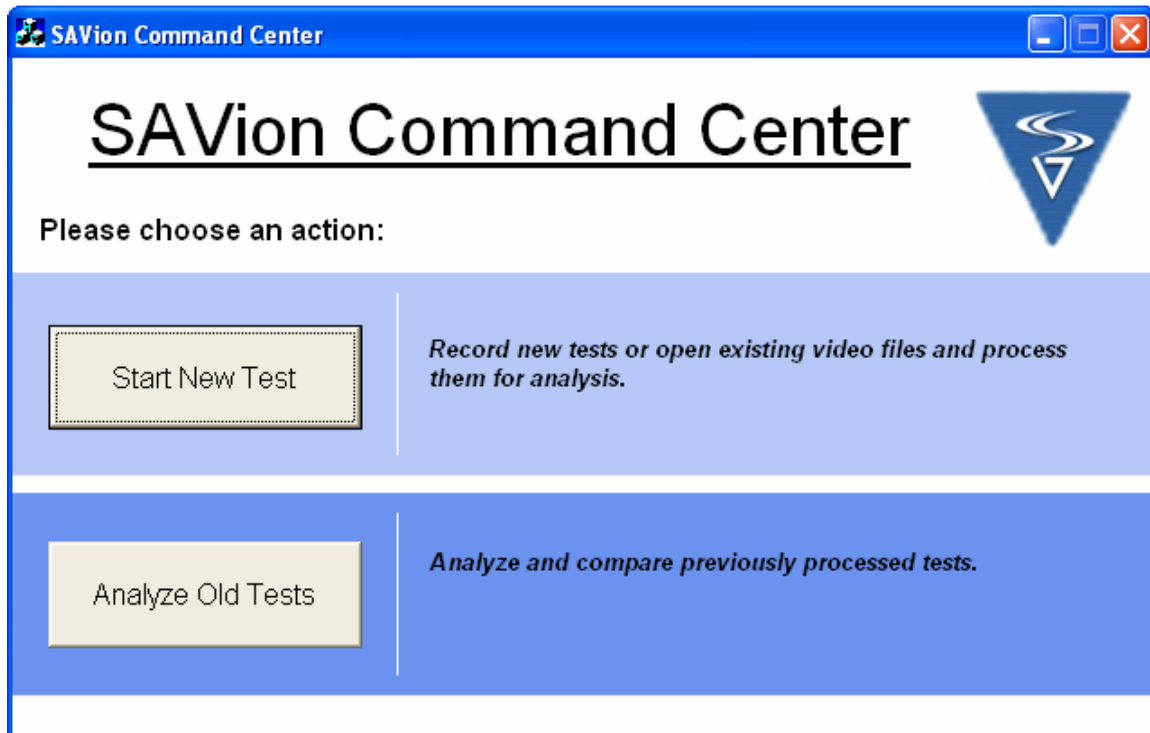
במהלך המבדקים, חשוב שהנבדק ידאג לעמוד באותו מרחק מהמצלמה, בכל אחד מהצירים הרצויים לבדיקה. אחרת, התוצאות אינן תהיינה עקביות ובלתי ראויות להשוואה.

הדרך הטובה ביותר לשמור על אילוצים אלו, תהיה ע"י סימון מקומו של הנבדק בגיר או בכל אופן אחר.

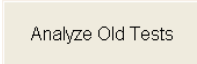
סטייה מהשמורות, עלולה ליצור, כאמור, סטיות קלות בנתונים המטריים שיוצגו (אך נתוני הזמן לא ישתנו).

ממשק משתמש

עם הרצת התוכנית, ייפתח החלון:

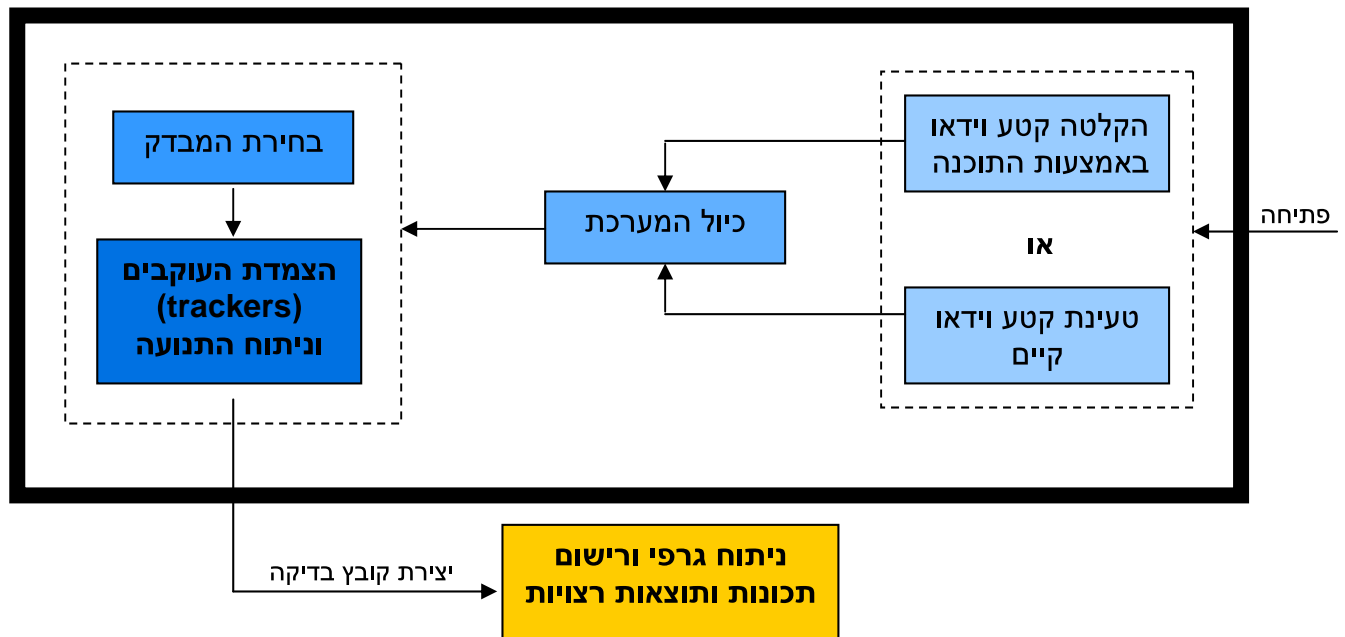


לחיצה על כפתור ה -  תפתח את יחידת העיבוד המרכזית (SAV-PC)

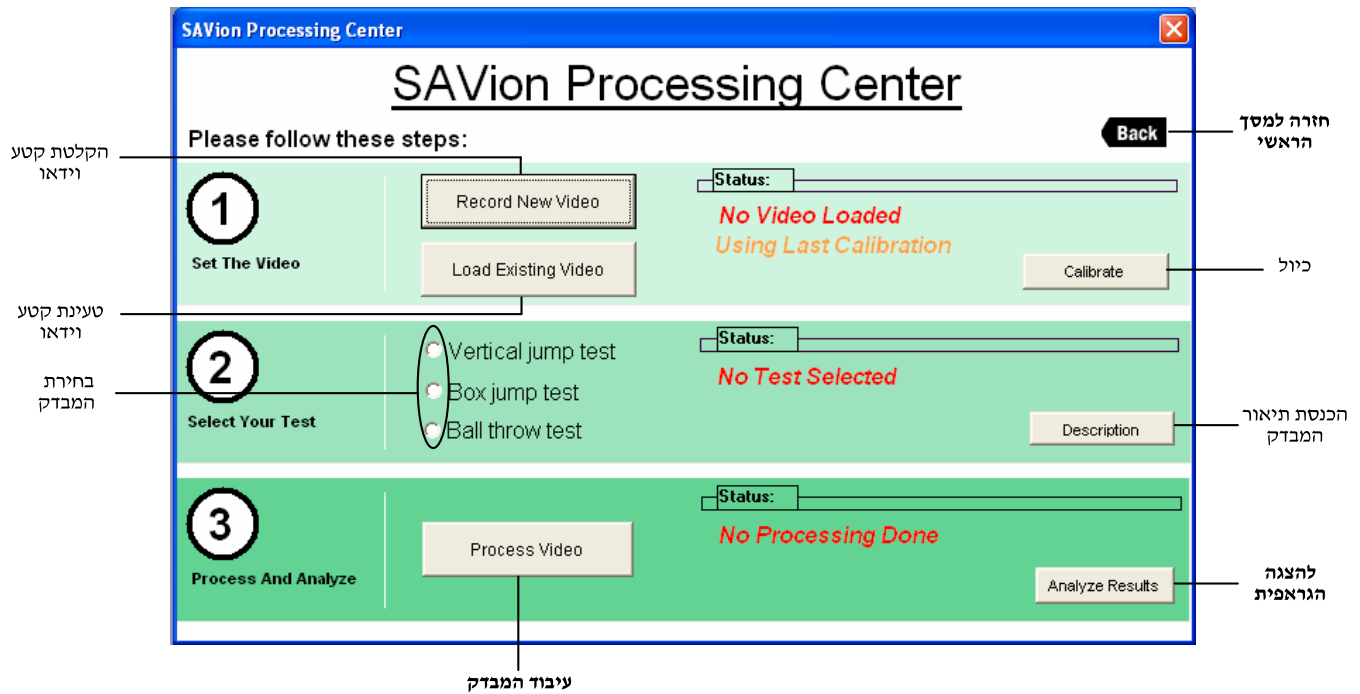
ואילו לחיצה על כפתור ה -  תפתח את יחידת ההצגה הגראפית (ChartPage).

יחידת העיבוד המרכזית (SAV-PC)

יחידה זו אחראית על הקלטת קטע הוידאו (או טעינתו), בחירת המבדק וניתוחו.



לאחר הפניית הבקרה מהחלון הראשי, ייפתח החלון :

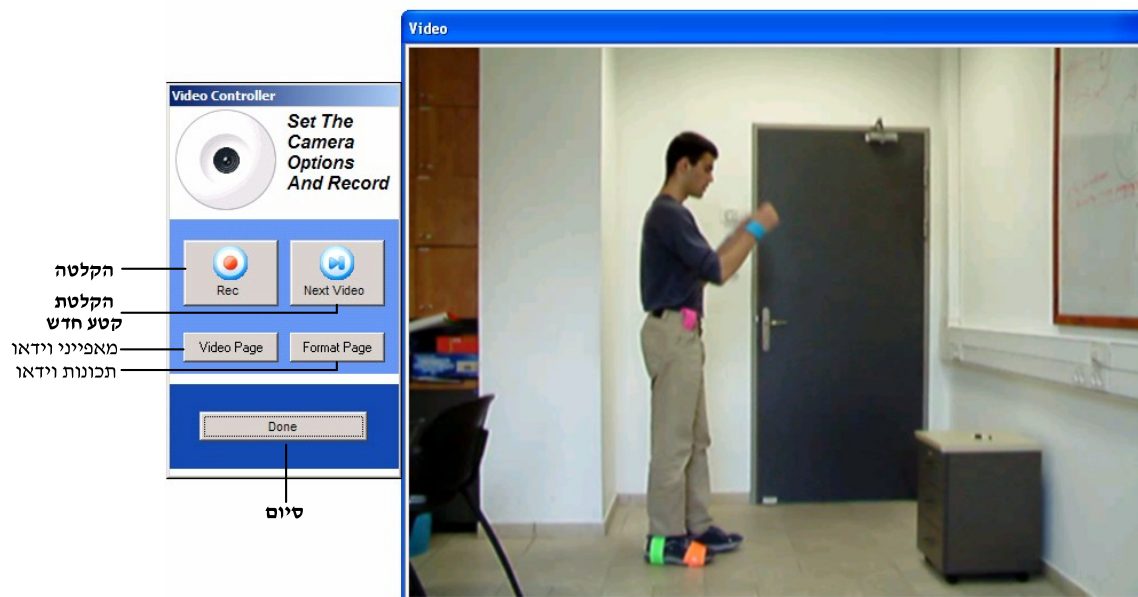


שלב 1 – קליטת קטע הוידאו

ניתן לקלוט את קטע הוידאו לתוכנה בשתי דרכים :

- הקלטה ישירה דרך מצלמה ושמירה.
- טעינת קטע וידאו שמור.

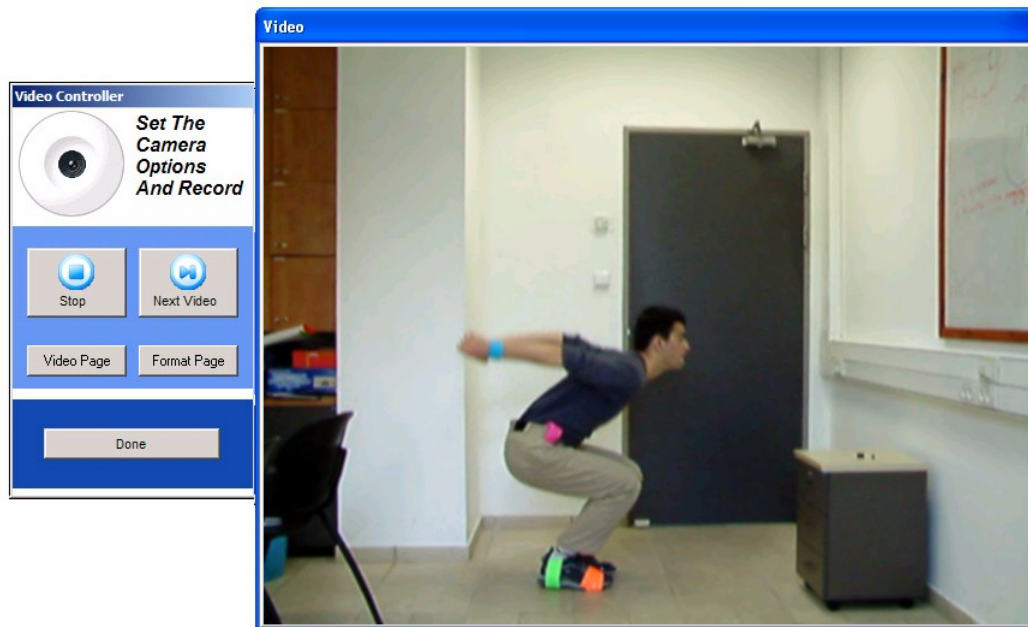
על מנת להקליט קטע וידאו חי המצלמה, יש ללחוץ על הכפתור .



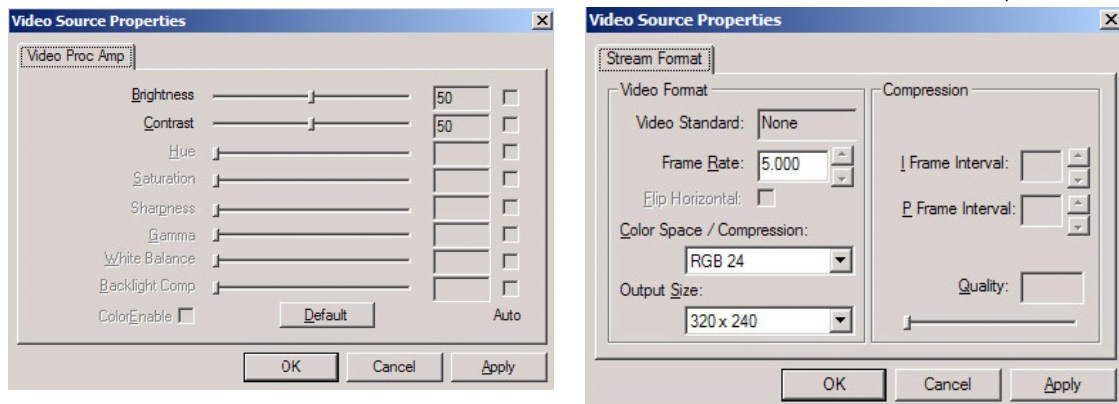
והתוכנה תתחיל להקליט את זרם



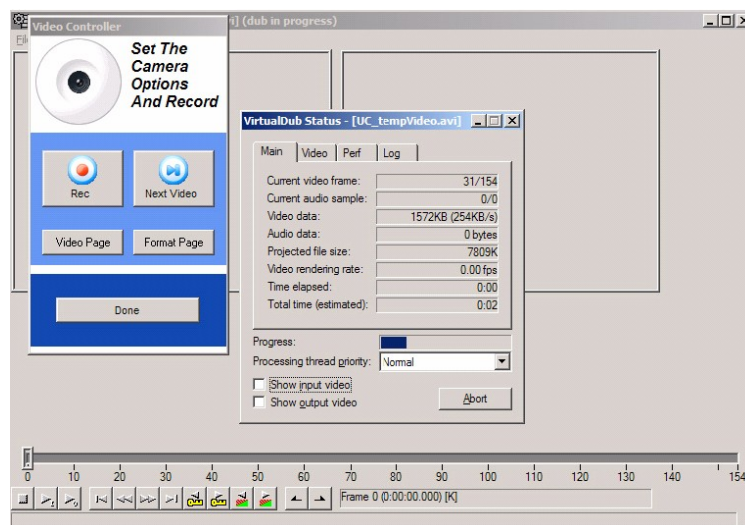
לתחילת ההקלטה יש ללחוץ על הכפתור המידע:



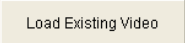
בנוסף ניתן לפתוח את מאפייני הוידאו ותכונות הוידאו (האפשרויות בשניהם תלויים במצלמה):

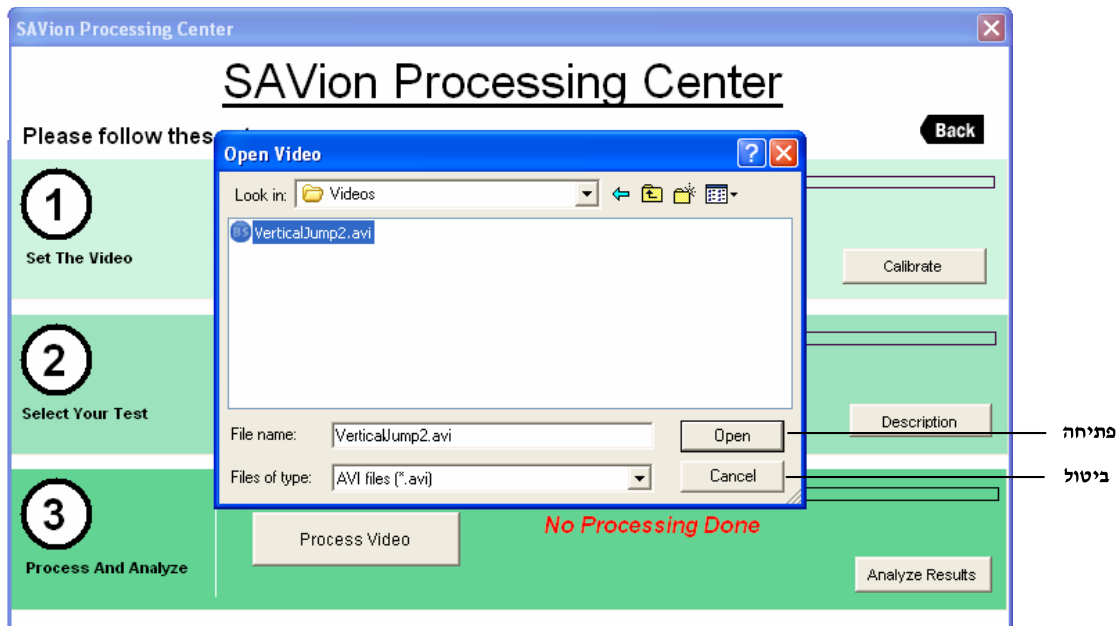


לסיום ההקלטה יש ללחוץ על כפתור ה"Stop". לאחר סיום ההקלטה, ייפתח חלון קידוד אוטומטי לחלוטין (יש רק לחכות והוא ייסגר):

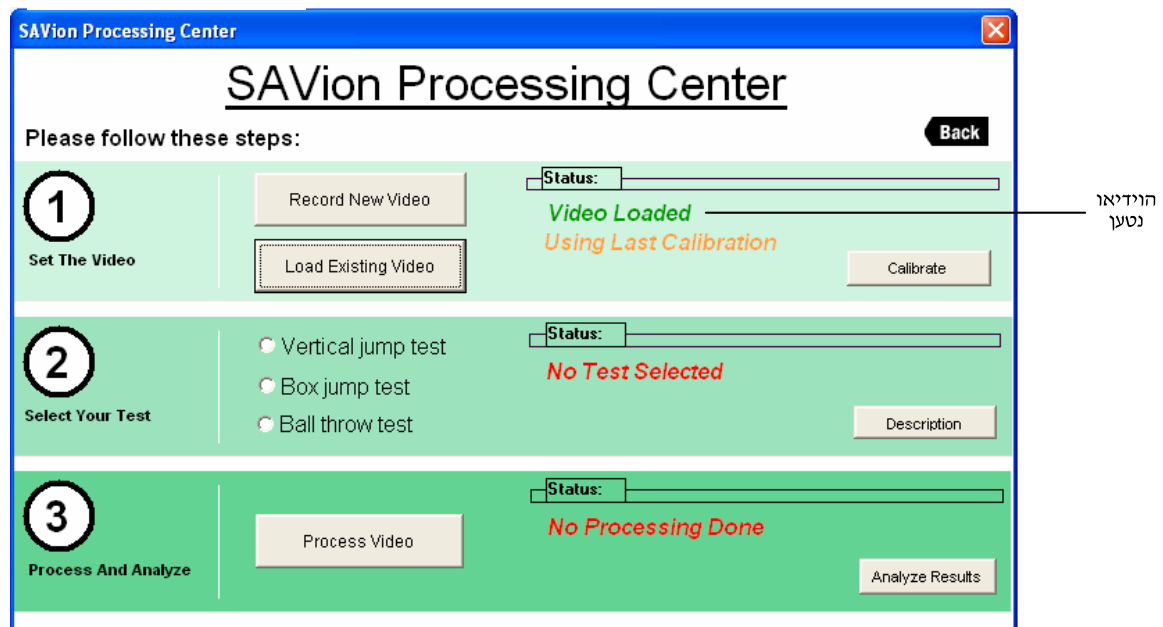


לחיצה נוספת על "Rec" תקליט מחדש על אותו הקטע ווידאו, ולחיצה על "Next" Video ואחריה "Rec" תקליט קטע ווידאו חדש. בסיום, יש ללחוץ על "Done" והמערכת מוכנה לעבוד עם הקטע האחרון שהוקלט.

על מנת לטעון קטע וידאו קיים, יש ללחוץ על הכפתור  ולבחור את קטע הוידאו הרצוי:



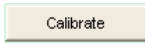
לאחר הבחירה, הודעה מתאימה תופיע על המסך:

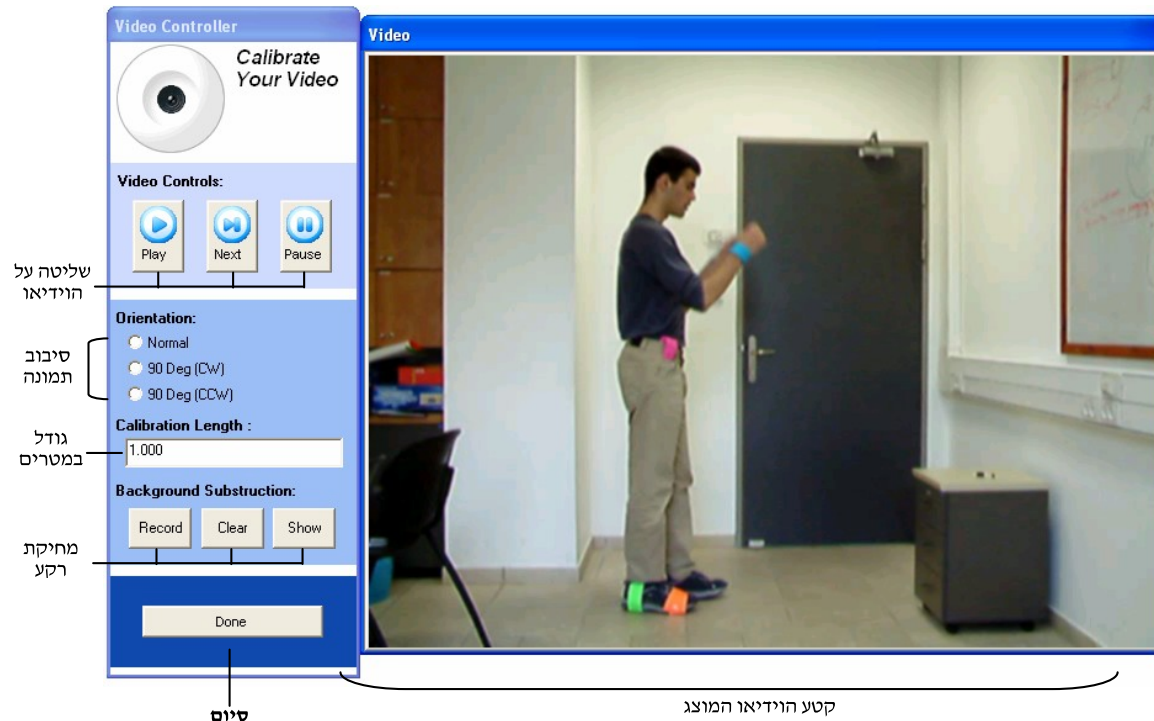


בכל מקרה, התוכנה תמיד תזכור את קטע הוידאו האחרון שהוכנס לתוכה.

שלב 2 – כיול (יצירת קנה מידה)




כעת, יש צורך להגדיר למערכת מהם הגדלים המטריים בקטע הוידאו (האם אורך השולחן ברקע 1 מ' או 1.5?)

לשם כך, יש ללחוץ על הכפתור  :

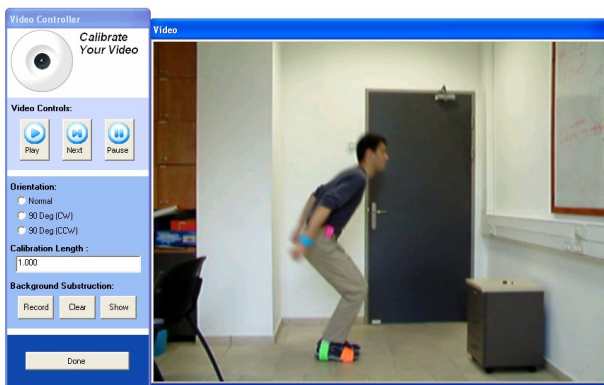



המוטיבציה היא לשים אובייקט מדידה (חפץ בעל מידות ידועות, סרגל וכו') ברקע ולכיל לפיו את המידות.

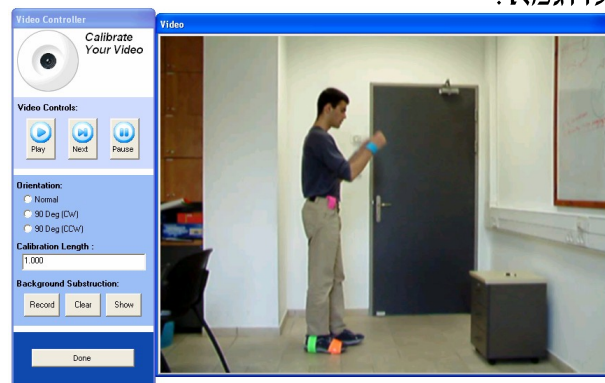
במידה ואותו אובייקט המדידה הונח בהמשך הוידאו (ולא בתחילתו), ניתן "לדפדף" בוידאו באמצעות כפתורי השליטה :

- הרצה חופשית של הקטע. 
- הרצה ל frame הבא. 
- עצירת ההרצה החופשית. 


לדוגמא :

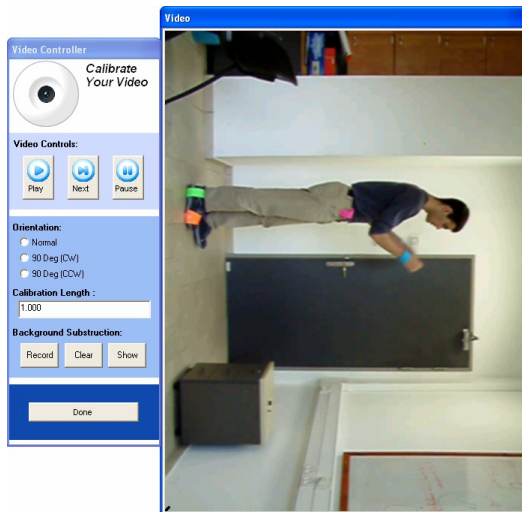


2. לאחר 48 לחיצות על  .

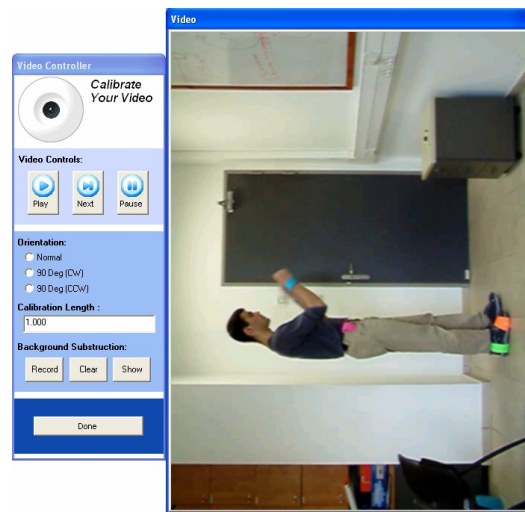


1. תמונה התחלתית.

ניתן לסובב את התמונה ב - 90° בכיוון השעון (CW) ונגד כיוון השעון (CCW) ע"י סימון ה -  המתאים. הסיבוב יכנס לפועל רק לאחר יציאה מהחלון.

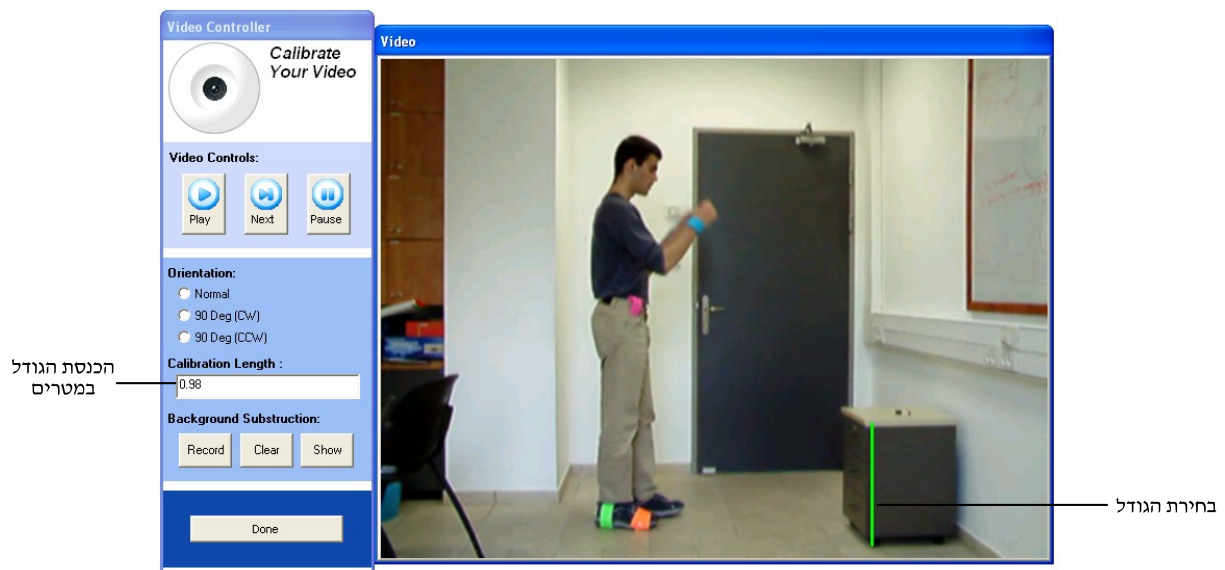


סיבוב CW



סיבוב CCW

כעת, יש לבחור את הגודל בתמונה ולתת לו ערך ע"י לחיצה וגרירה על הוידאו (פס ירוק). לדוגמא, במידה ואנו יודעים כי גובהה של הארונית הנמצאת בצידו הימני של החדר הוא 98 ס"מ, אזי:



גם הפעם, הודעה מתאימה תופיע:

באופן כללי, הודעה הכיול יכולה להיות אחת מהבאות :

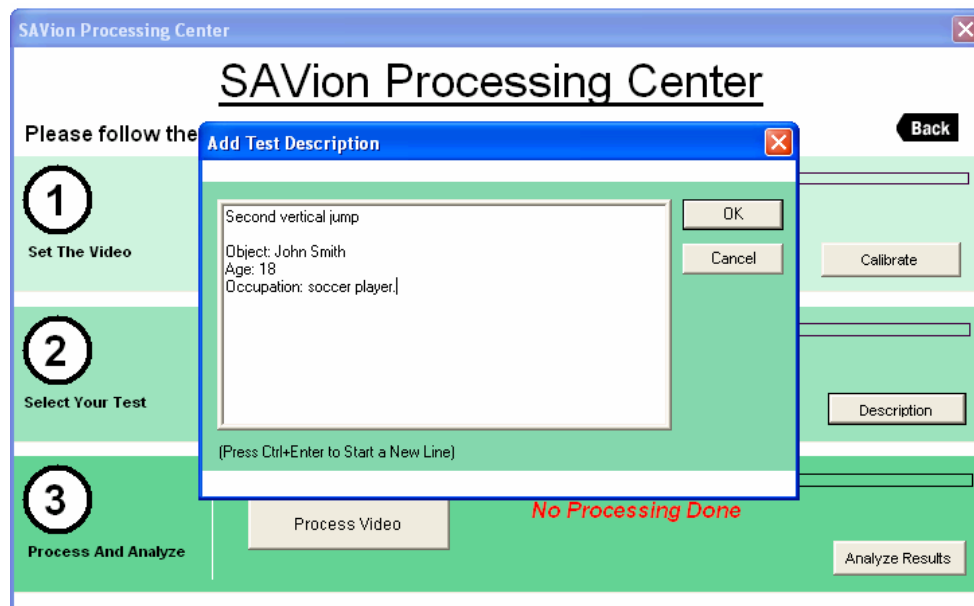
- **No Calibration Set** – לא נעשה כיול.
 - **Using Last Calibration** – משתמשים בכיול מההפעלה האחרונה (לכן, כדאי להיזהר ובמידה ויש צורך – לעשות כיול מחדש).
 - **Using New Calibration** – משתמשים בכיול הנוכחי שנעשה.
- ניתן להפעיל את מנגנון ה – BST ע"י לחיצה על כפתור ה - **Record** (ראו הרחבה בפרק "מנגנון ה – BST" לצורך הבנה מתי יש להיעזר בכלי וזה וכיצד).

שלב 3 – בחירת המבדק

כעת, יש לבחור את המבדק המבוקש. בגרסה זו של **SAVion** ישנם רק שלושה מבדקים (ראו את החלק המצורף):

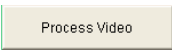
1. **Vertical jump test** – מבדק קפיצה אנכית.
 2. **Box jump test** – מבדק קפיצה מאובייקט לאובייקט.
 3. **Ball throw test** – מבדק זריקת כדור אחורית.
- לאחר הבחירה, תופיע הודעה מתאימה :

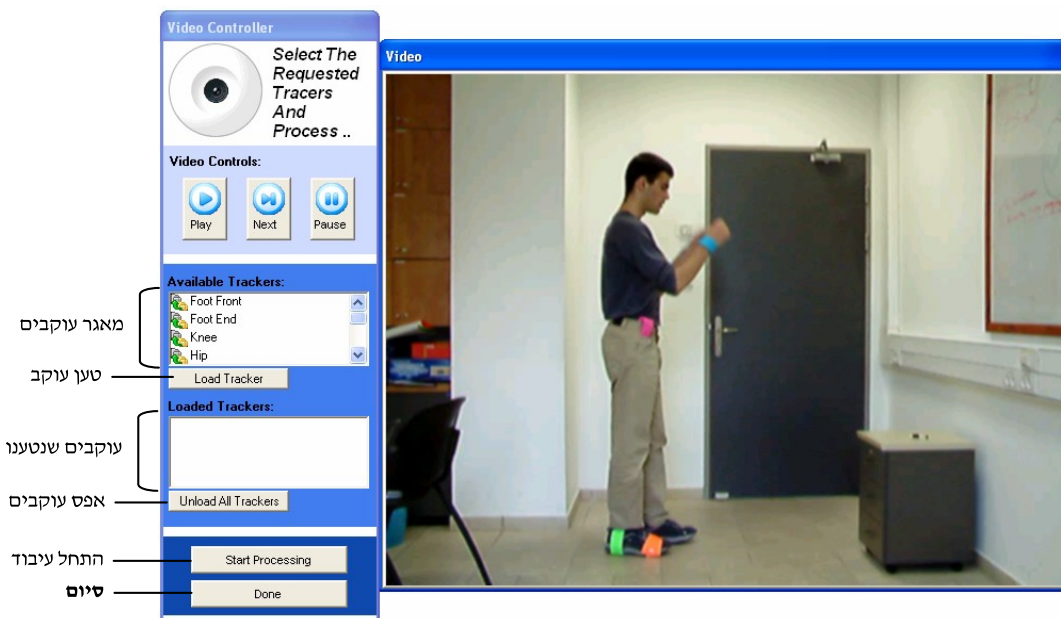
ניתן ללחוץ על כפתור ה - **Description** על מנת להוסיף תיאור למבדק.



למעבר לשורה חדשה יש ללחוץ על Ctrl+Enter (בו זמנית).

שלב 4 – עיבוד הוידאו

לאחר שהשלב הקודמים בוצעו, יש ללחוץ על .



הצמדת עוקבים

במערכת קיים מאגר עוקבים (trackers) המיועד להצמדה על הגוף. בגרסה זו קיימים :

מרפק	Elbow	קצות האצבעות	Foot Front
כף היד	Hand	עקב	Foot End
ראש	Head	ברך	Knee
אגן	Pelvis	מותן	Hip
כדור	Ball	כתף	Shoulder

לבחירת עוקב, יש ללחוץ עליו פעמיים (או לסמנו וללחוץ על הכפתור [Load Tracker](#)).

לאחר מכן, יש לסמן את איזור המדבקה ע"י לחיצה עם העכבר על **פינתו השמאלית העליונה** של האזור וגרירה.

סימון איזור המדבקה קריטי להמשך הניתוח ולכן, חשוב לתחום את המדבקה באופן ההדוק ביותר, כלומר לא לתפוס יותר מהאזור (וכך להסתכן בכניסת צבעים מפריעים) ולא לסמן איזור קטן מידי.

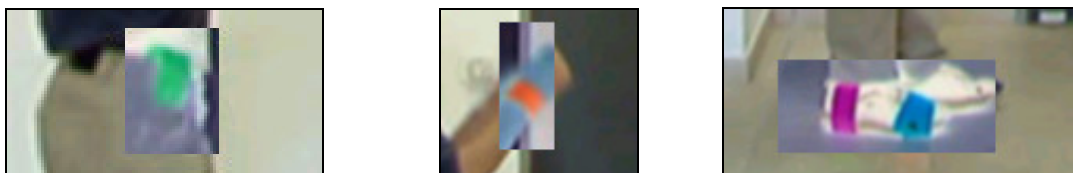
סימונים טובים :



סימונים צרים מידי :



סימונים רחבים מידי :



במידה ונפלה טעות בסימון, ניתן לאפס את העוקבים ע"י לחיצה על הכפתור [Unload All Trackers](#). למידע נוסף בנושא זה ראה "שאלות ותשובות בנושאי עקיבה".

לדוגמא, במבדק "קפיצה אנכית, נרצה לסמן את קצוות האצבעות (Foot Front) והעקב (Foot End) ולקבל:

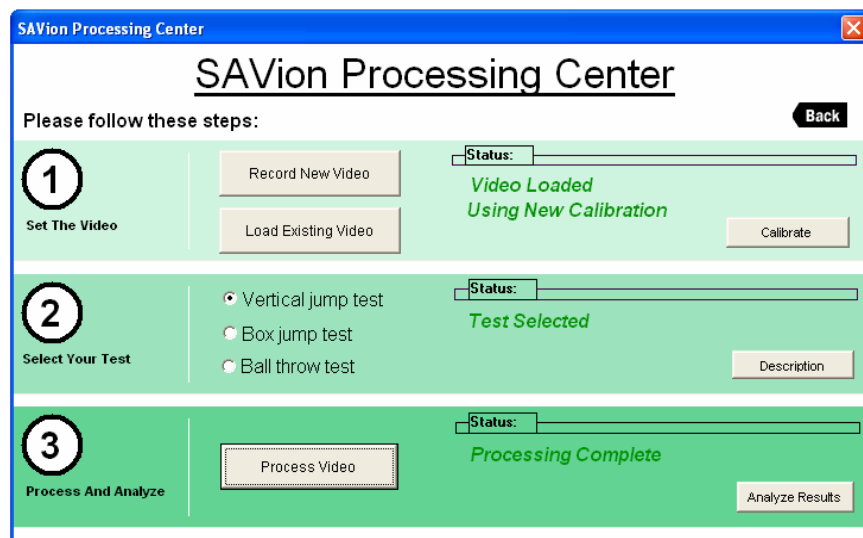


לאחר שעוקבים הוצמדו (באופן תקין!) יש לחוץ על הכפתור **Start Processing** לתחילת העיבוד.

לאחר הלחיצה, הוידאו יתחיל לרוץ ואיתו – העוקבים. ניתן לעקוב אחרי התהליך באמצעות שליטת הוידאו (Video Control) שהוצגה בדיון על הכיול.

אם לא מעוניים לעבד את הוידאו עד סופו (למשל, במקרה שבסוף הקטע הנבדק גם וחוזר למקומו) ללחוץ על כפתור ה- **Done** בשלב המתאים. בכל מקרה, המעבד יסיים עם סיום קטע הוידאו ויחזור למסך הראשי.

אם כל השלבים הנ"ל עברו בהצלחה, תוצג הודעה מתאימה:

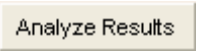


באופן כללי, הודעה העיבוד כיול יכולה להיות אחת מהבאות :

- **No Processing Done** – כפתור העיבוד (Start Processing) אינו נלחץ.
- **Processing Incomplete** – נפלה שגיאה קריטית במהלך העיבוד (למשל - אם לא נבחר סוג המבדק, או לא הוצמד אף עוקב בתהליך העיבוד).
- **Processing Complete** – העיבוד עבר בהצלחה.

ניתן לחזור על השלבים הנ"ל בכל עת, עבור אותו קטע הווידאו או קטע ווידאו חדש. שימו לב כי אין צורך לכייל מחדש את המערכת, אפילו אחרי סגירת התוכנה, כל עוד הכיול נותר רלוונטי בין מבדק למבדק.

כאשר לוחצים על "Analyze Results", יחידת ההצגה הגרפית תשווה באופן אוטומטי בין שני המבדקים האחרונים שבוצעו.

עם סיום שלב העיבוד בהצלחה, יש ללחוץ על כפתור ה -  לכניסה ליחידת ההצגה הגרפית.

שאלות ותשובות בנושאי עקיבה

שאלה 1: סימנתי את המטרה, אך ה – tracker עוקב אחר משהו אחר.

תשובה 1: סביר להניח שקיים אובייקט נוסף בתמונה בעל צבע זהה (או מאוד קרוב) למטרה שסימנתי, או שאיזור המדבקה שסימנתי היה גדול מידי. על מנת לבדוק מה בדיוק מפריע לעקיבה, יש להפעיל את מנגנון ה – AVC (ראו "מנגנון AVC"). במידה והאובייקט המפריע שייך לרקע (סטאטי), יש להשתמש במנגנון ה – BST על מנת למחוק אותו (כפי שהוצג מקודם).

שאלה 2: סימנתי את המטרה, אך ה – tracker אינו עוקב אחריה כלל! הוא רק "מרחף" מסביב.

תשובה 2: המטרה שסימנתי כנראה אינה עומדת בדרישות כפי שהוצגו בפרק "הכנת הסביבה לצילום". אנא חזור על פרק זה על סעיף המדבקות (המטרה של העוקב). סביר להניח כי המטרה אינה בהירה וצבעונית מספיק. לאישוש נוסף ניתן להיעזר במנגנון ה – AVC.

שאלה 3: סימנתי את המטרה, אך ה – tracker הפסיק לעקוב אחריה - בשלב מסויים.

תשובה 3: מצב זה יכול לקרות בשני מקרים:

1. העוקב החליף את אובייקט המטרה שלו. במקרה זה, נא לקרוא את תשובה 1.
2. העוקב עצר במקומו. מצב זה קורה כשמתרחשים שינוי תאורה סביב המטרה במהלך תנועתה. כדאי לבדוק האם דרישות התאורה נענות כנדרש (בפרק "הכנת הסביבה לצילום").

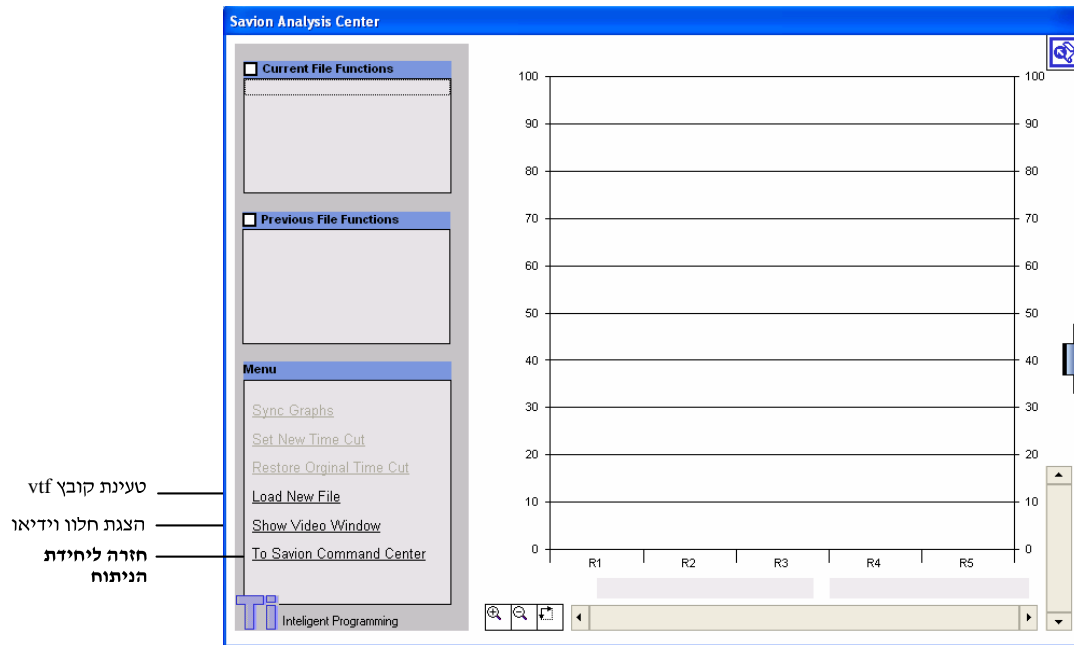
סיבה נוספת (נדירה) הוא כישלוננו של אלגוריתם העקיבה. במקרה זה, יש להפעיל את העיבוד שנית.

בכל מקרה, מומלץ להיעזר במנגנון ה – AVC לאיתור גורם הבעיה.

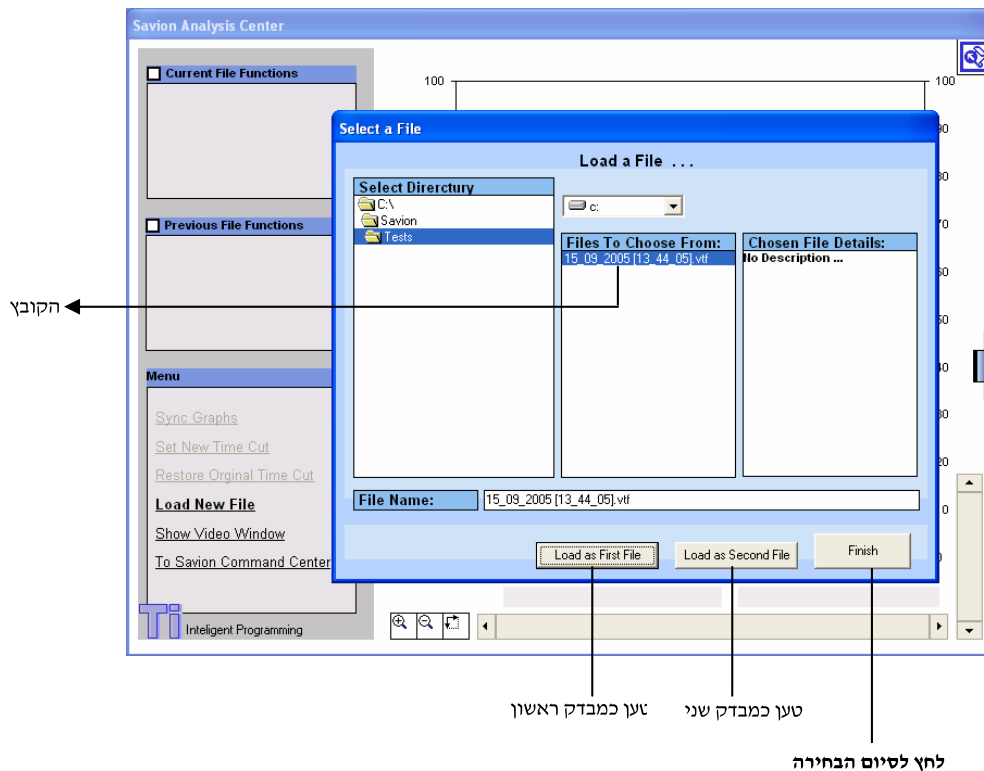
יחידת ההצגה הגראפית – CharPage

ניתוח גרף בודד

יחידה זו אחראית על הצגת הנתונים לאחר העיבוד. עם פתיחתה ייפתח החלון:



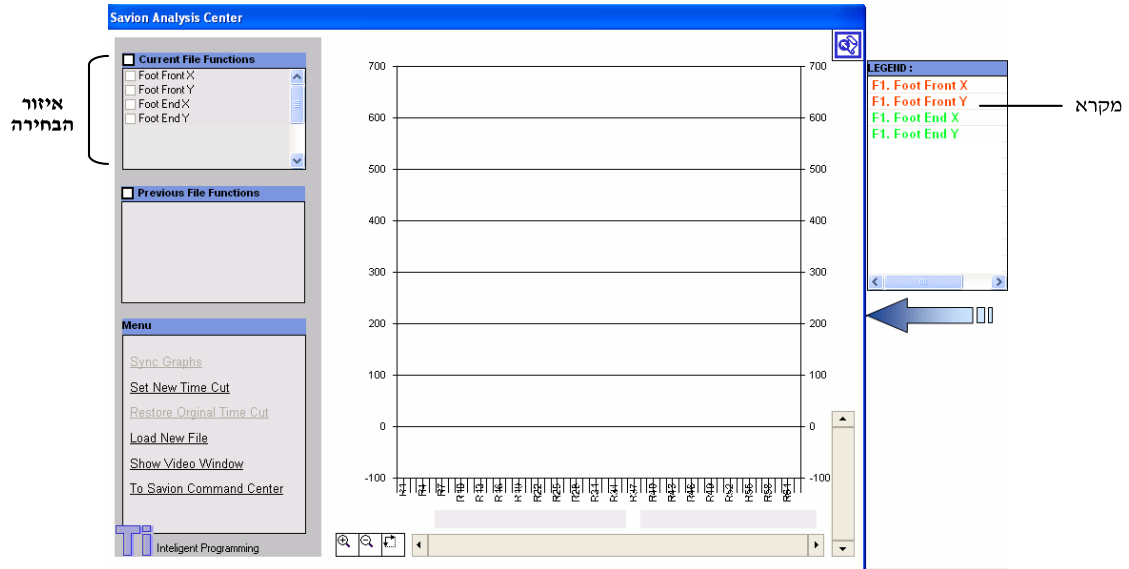
1. יש ללחוץ על "Load New File". ייפתח חלון שבו יש לבחור את הקובץ. היחידה תומכת בהשוואה מקבילה של שני מבדקים ולכן ניתן להחליט האם לטעון את הקובץ בתור מבדק ראשון או שני.



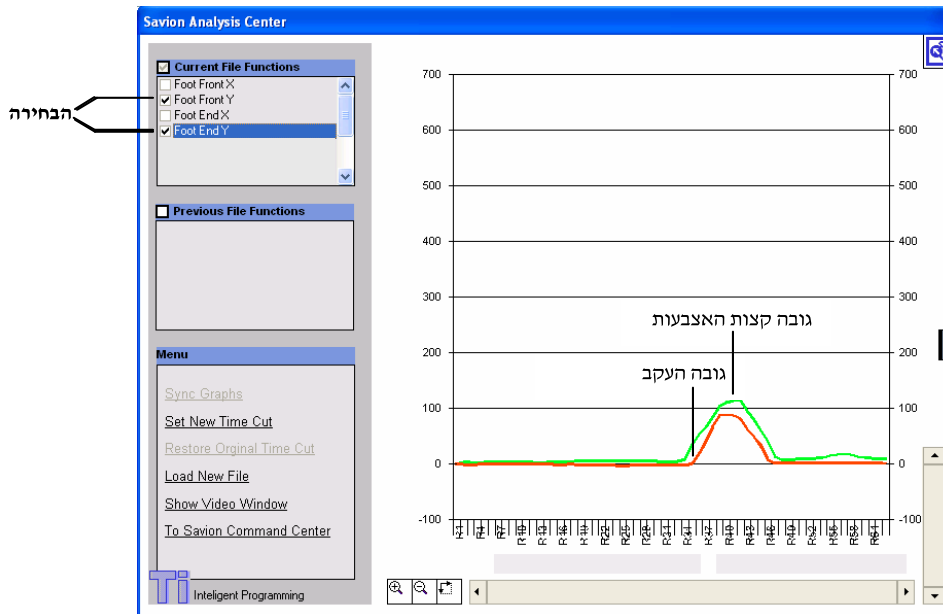
הקובץ הנבחר לצורך המשך הדוגמא מציין נתונים שנאספו במבדק "קפיצה אנכית".

2. הקובץ נלקט ולכן התווית "Set New Time Cut" נדלקה. כעת, ניתן להציג את הנתונים:

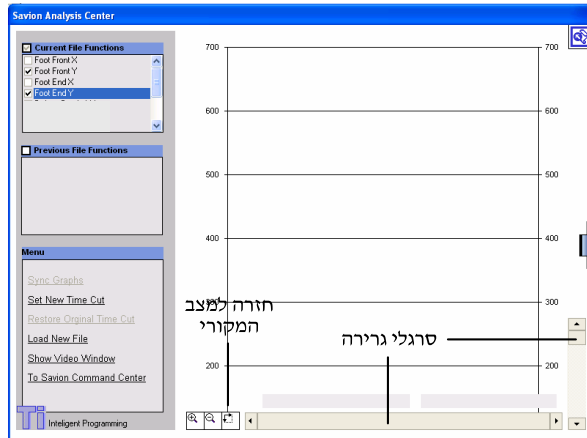
לחיצה על הכפתור תגרום לפתיחה של המקרא. לחיצה נוספת תביא לסגירתו.



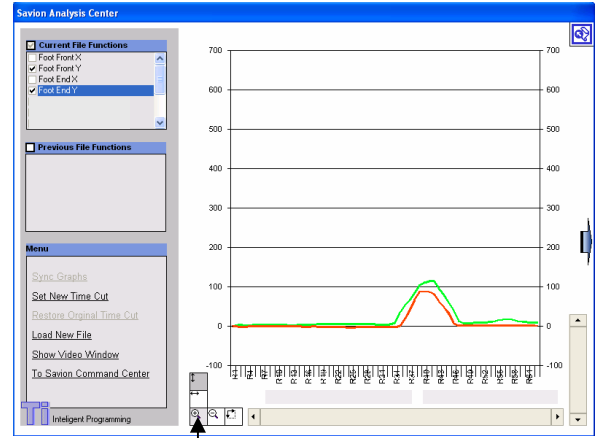
במבדק זה, נהיה מעוניינים אף ורק בקואורדינטות ה- y של קצות האצבעות (Foot Front) והעקב (Foot End), לכן נסמן באיזור הבחירה Foot Front Y ו-Foot End Y.



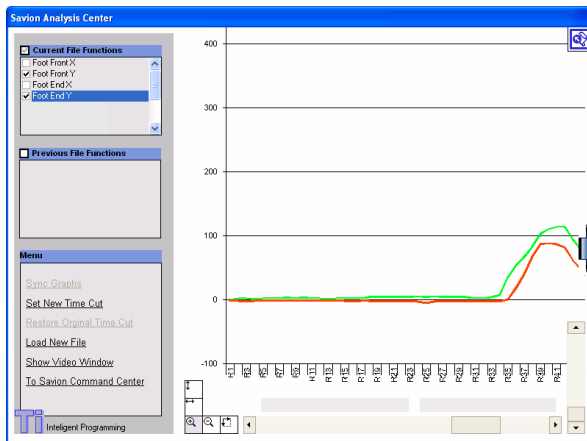
ניתן להתמקד לתוך הגרף (Zoom In) ומחוץ לגרף (Zoom Out) ע"י שלושת הכפתורים בפינה השמאלית התחתונה. במידה וההתמקדות גרמה לגרף "לברוח", יש להעזר בסרגלי הגרירה על מנת למרכז את הגרף. להלן דוגמא:



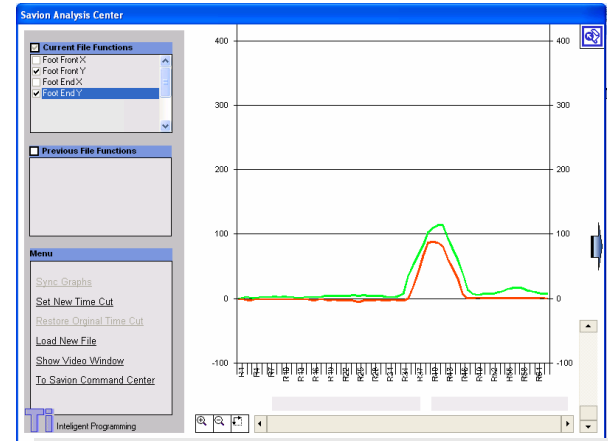
2. התמקדנו יותר מידי והגרף "נעלם". נעזר בסרגלי הגרירה להחזירו חזרה.



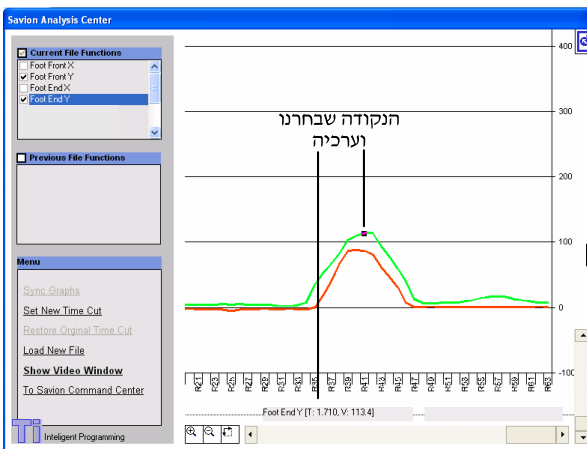
1. לחיצה על כפתור ה-Zoom In.



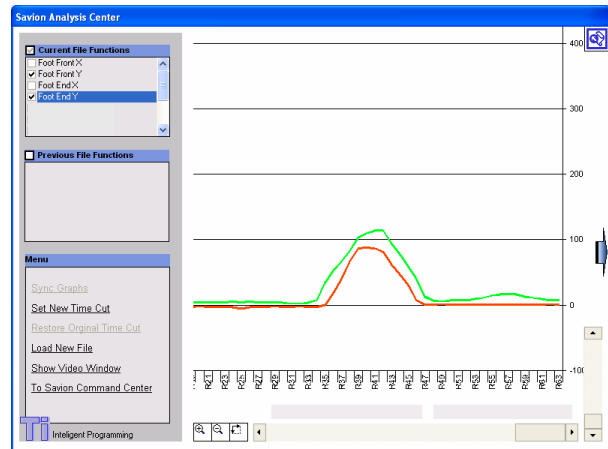
4. הגרף שוב "נעלם". נגזר שנית.



3. כעת, נעשה Zoom In אופקי.

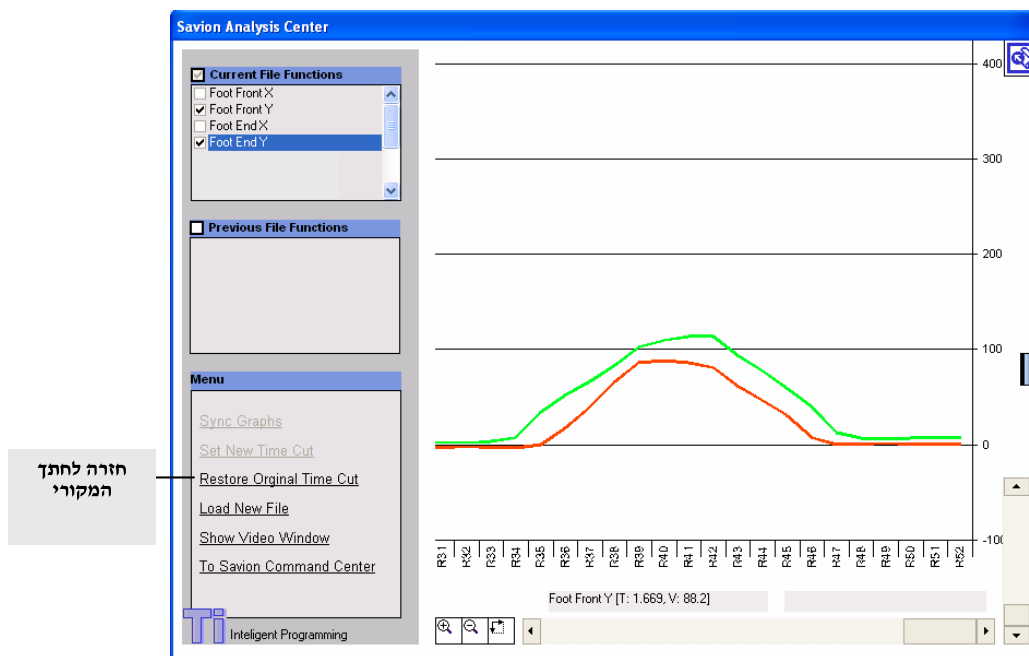
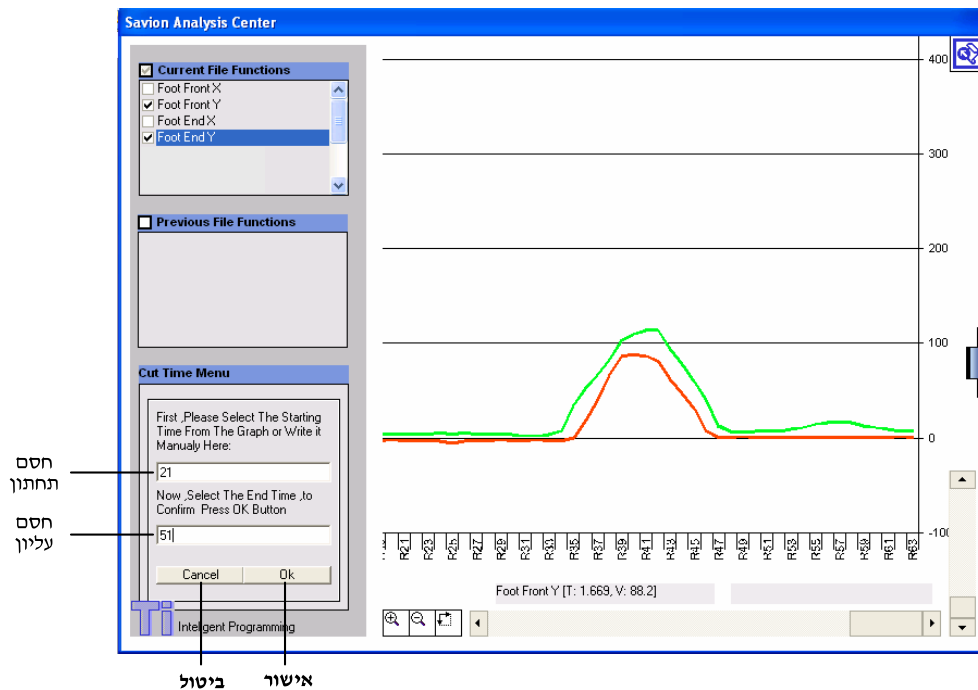


6. הצגת הנקודה וערכיה.



5. כעת, אפשר לחוץ עם העכבר על הגרף ולקבל את שיעורי הנקודה (כלי חזק מאוד לניתוח ידני).

3. ניתן להתמקד בחתך זמן מסויים בגרף. יש ללחוץ על ה – Start New Time Cut
ולתחום את הזמן שליו נרצה להתמקד. לחזרה למצב המקורי יש ללחות על
Restore Original Time Cut.



4. ניתן ללחוץ על הכפתור  על מנת לראות סיכום אנליטי של הנתונים האופייניים שנאספו מהמבדק.

חשוב לציין, שניתן למדוד ולנתח כל נתון אחר (בנוסף לנתונים המוצגים בדו"ח האנליטי), תוך שימוש ביכולת לראות את ערכי הנקודות בגרף, מיקוד פנימה והחוצה ומתיחה לפי חתך.

Savion Analysis Center

Report	Current	Previous	Difference
Air Time	0.626		0.626
Air Time (LS)	0.593		0.593
Air Time End	47.000		47
Air Time End (LS)	46.855		46.855
Air Time Start	32.000		32
Air Time Start (LS)	32.638		32.638
Clear Hit End			

Ball Hit Color

Intelligent Programming


וכמובן שניתן לראות את ההמשך באמצעות הגרירה (דו"ח זה הוכן ממבדק "זריקת כדור אחורית" על מנת שניתן יהיה לראות את שדה ה – Ball Hit Color :

Savion Analysis Center

Report	Current	Previous	Difference
Ball Air Time	1.048		1.048
Ball Arrival Frame	49.000		49
Ball Arrival Frame (LS)	48.410		48.41
Ball Departure Frame	16.980		16.98
Max Ball Height	4.223		4.223
Max Hand Height	3.100		3.1

Ball Hit Color

Current :



Intelligent Programming

אם במקום תוצאה מספרית של הפרמטר רשום **NA** משמע שעוקב אחד או יותר הדרוש לניתוח פרמטר זה לא סומן במהלך שלב העיבוד.

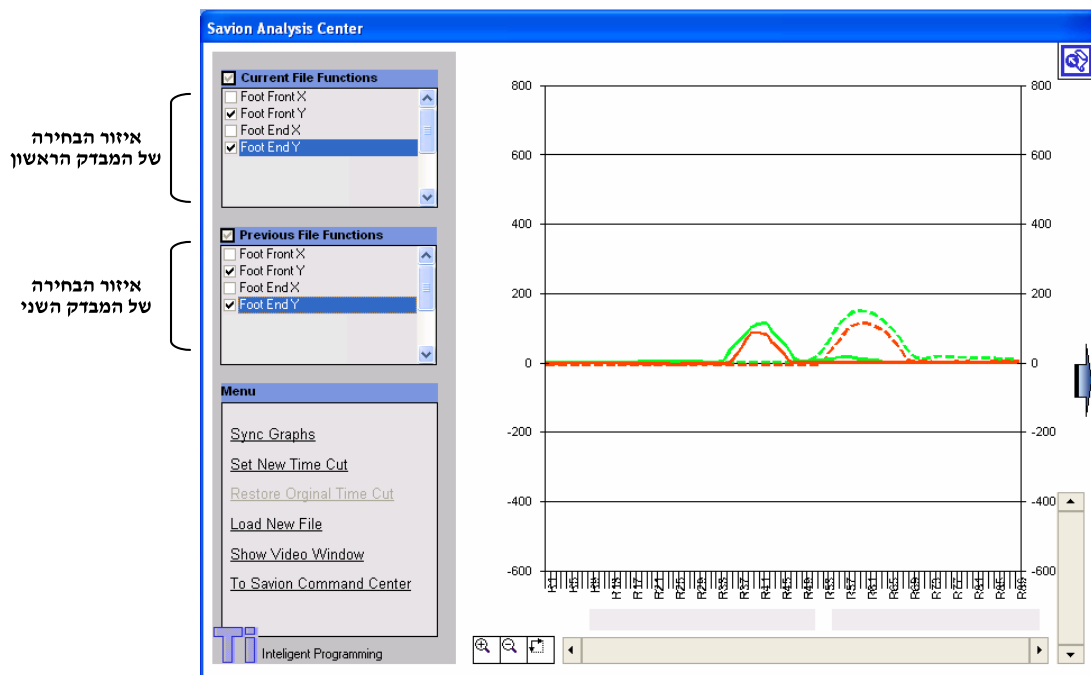
ואם במקום התוצאה רשום **failed** משמע שניתוח פרמטר זה נכשל. כשלון זה יתכן מכשל בעקיבה (במקרה זה קראו את "שאלות ותשובות בנושאי עקיבה"), או מאי תאימות בין במידע המוקלט לסוג המבדק המנותח (למשל צילום של קפיצה במבדק של זריקת כדור).

לחיצה על הכפתור  תחזיר אותנו לחלון הקודם (הצגת הגרף).

השוואה בין שני מבדקים

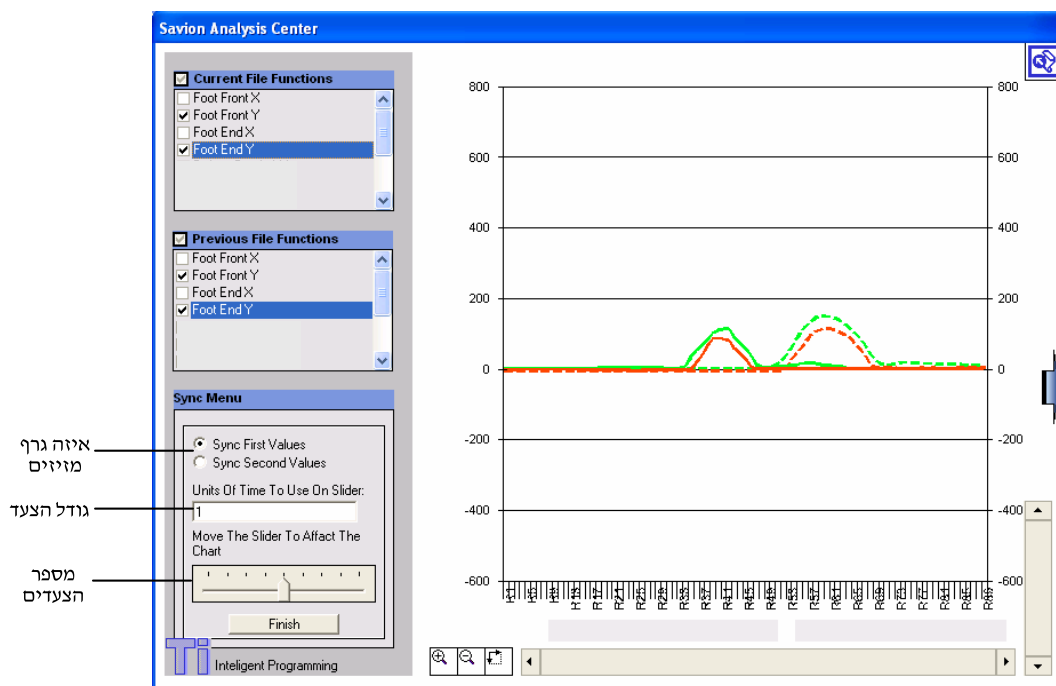
יחידת ההצגה מאפשרת ניתוח של שני גרפים במקביל.

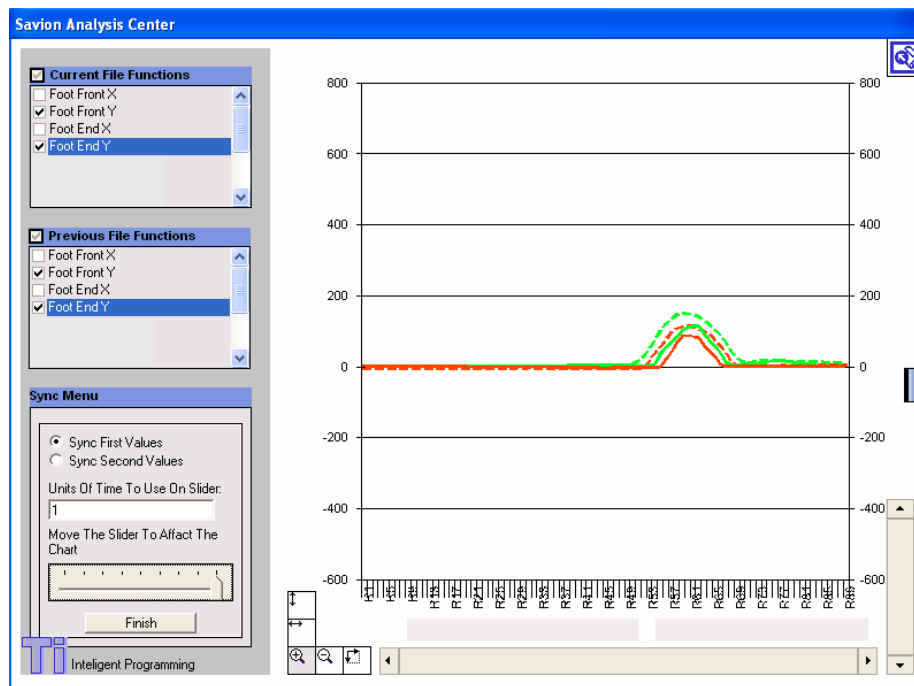
- יש לטעון את שני קבצי ה- vtf לתוך היחידה. באותו האופן שמקודם בחרנו את הקובץ לציין את המבדק הראשון (הדיפולטי), כעת נטען את שניהם :



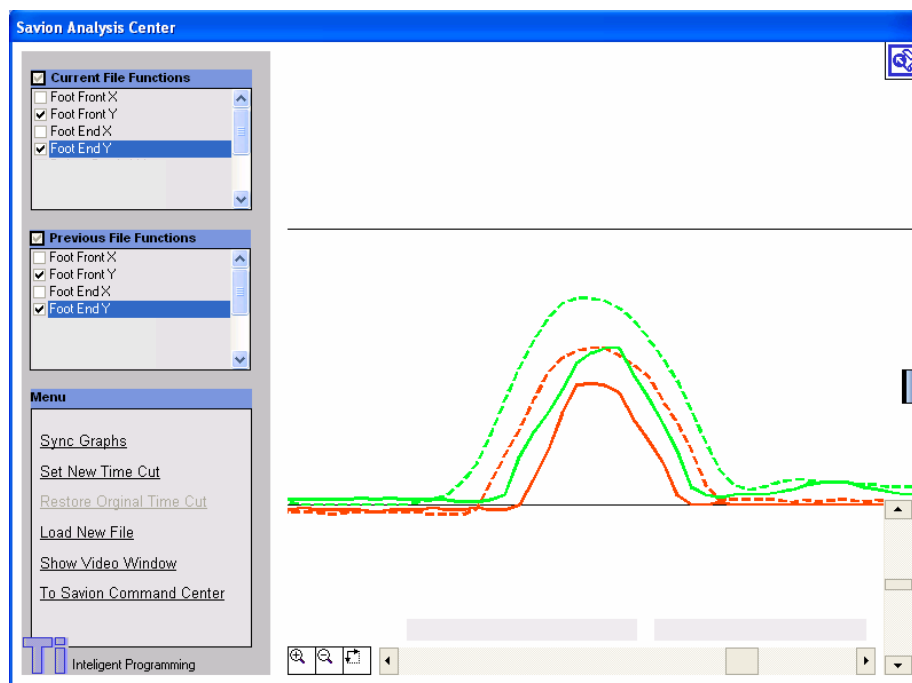
הגרף המקווקו הוא המבדק השני שהוכנס ואילו הגרף הרציף נגזר מהמבדק הראשון.

- הגרפים אינם מסונכרנים (הנבדק התחיל את הקפיצה בזמן אחר), לכן אם נרצה להביא אותם האחד מתחת לשני (לדוגמא, כדי להשוות בין גבהי הקפיצות) יש ללחוץ על "Sync Graphs" :





כעת אפשר, לדוגמא, להתמקד על נקודות הקיצון ולנתח:



3. נוצר דו"ח השוואה שניתן לגשת אליו ע"י לחיצה על  :

Savion Analysis Center

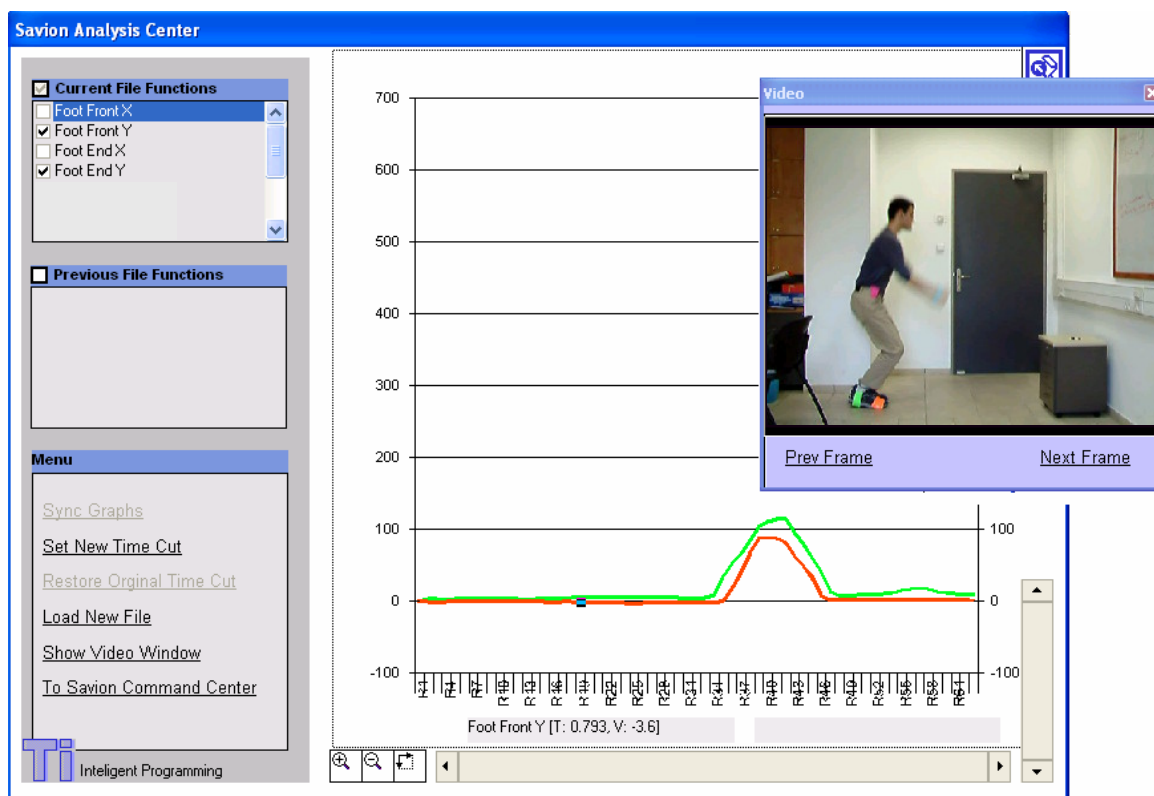
Report	Current	Previous	Difference
Air Time	0.626	0.700	-0.074
Air Time (LS)	0.593	0.676	-0.083
Air Time End	47.000	69.000	-22
Air Time End (LS)	46.855	68.873	-22.018
Air Time Start	32.000	48.000	-16
Air Time Start (LS)	32.638	48.587	-15.949
Floor Hit Foot			

Ball Hit Color

Intelligent Programming

מעקב צמוד לוידאו

בכל רגע, ניתן ללחוץ על "Show Video Window". בכל לחיצה על הגרף, היחידה תציג את הרגע בקטע הוידאו המתאים לגרף :



מגנון בניית ה – backprojection map

באלגוריתם ה – Condensation (ראו "אלגוריתם ה – Condensation), כל חלקיק דרוש למשוב נכונות. משוב זה הינו לבו של האלגוריתם.

הנכונות מחושבת עבור כל חלקיק באמצעות חישוב מפת ה- backprojection, לכל חלקיק, ערך הנכונות הוא הממוצע של מפת ה- backprojection בגודל 10×10 פיקסלים מסביב לחלקיק.

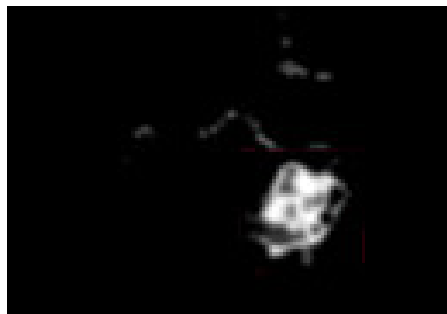
מפת ה- backprojection נבנית כך שהמטרה עצמה תופיע על המפה כלבנה (בעלת ערך גבוה) ככל הניתן. וכל דבר שאינו המטרה הינו שחור (ערך נמוך) ככל הניתן. באופן זה, כל חלקיק מקבל ערך נכונות גבוה אם ורק אם הוא נמצא בקרבת המטרה.

בניית מפת ה- backprojection

מפת ה- backprojection קיבלה את שמה מפונקציית ה – backprojection. כשהמשתמש מקיף את המטרה באמצעות מלבן, המערכת מחשבת את **התפלגות הצבע** באזור ויוצרת היסטוגרמה של התפלגות הצבע באמצעות טבלה. היסטוגרמה זו מתארת את תדירות הופעתו של כל גוון צבע.



לאחר מכן, פונקציית ה – backprojection מופעלת על תמונה נתונה תוך כדי שימוש בהיסטוגרמה. פונקציה זו, נותנת לכל פיקסל בתמונה את ערכו בהיסטוגרמה (כלומר, תדירות הופעתו) וכך נוצרת תמונה חשה (הנקראת backprojection image) שבה האזורים הקרובים למטרה יהיו בעלי ערכים גבוהים (לבן) והרחוקים בעלי ערכים נמוכים (שחור).



אולם, ההיסטוגרמה מחזיקה רק ערכים עבור הגוונים של הפיקסלים (המידע השלישי שכל פיקסל מחזיק), לכן יש צורך בהוספת ערכי רווית (saturation) ובהירות (luminosity) של הפיקסל לתוך המערכת.

לשם כך, המערכת ממצה את ערכי הרוויה והבהירות של תמונה נתונה ומכפילה אותם. בכך, נוצרת תמונה המתארת כמה בהיר ורווי האובייקט. מכיוון שאובייקטי המטרה רוויים משאר האובייקטים בתמונה (בהתאם לדרישות "הכנת הסביבה לצילום") ובהנחה שהרקע הינו מסך שחור (או לפחות לא רווי), תמונה זו (שנקרה לה ערוץ- α) תומכת ביכולת להבדיל בין המטרות לשאר האובייקטים בעלי גוון דומה, אך רוויה ובהירות שונות.

השלב הבא יהיה לחסום את ערוץ- α כך שרק האובייקטים הבהירים והרוויים ביותר יישארו ואז להכפילם ב- backprojection image, ובכך ליצור את מפת ה- backprojection עבור החלקיקים.



המפה הסופית



מפת האלפא

הרחבות

נעשה שימוש במסכת סינון (mask) המסננת אזורים של מפת ה- backprojection אם הם אינם רוויים ובהירים מספיק כמו המטרה שבנחרה. מנגנון אוטומטי מכריע האם מסכת הסינון תתרום מספיק למפה ומפעילה בהתאם.

מנגנון אוטומטי נוסף מרחיב את ההיסטוגרמה, אם צפיפות הגוונים במפה יורדת במהלך העקיבה. מנגנון זה מגן (ברוב המקרים) משינויי תאורה וסביבה במהלך העקיבה.

אלגוריתם ה – Condensation

זהו אלגוריתם מתוחכם אשר ניתן להפעילו על כל תחום הדורש תחזית מצב מדויקת.

בחלק זה, נדון כיצד אנו משתמשים באלגוריתם לצורך מעקב ויזואלי אחרי אובייקטים. התחזית אותה אנו מעוניינים לקבל היא מיקומו האמיתי ומהירותו (או וקטור התנועה) של האובייקט הנעקב.

האלגוריתם הינו אלגוריתם מעגלי, אשר מציע השערת מצב, מתקן אותה (דרך משוב) וחוזר חלילה.

בשלב הראשון, למערכת ישנה קבוצת חלקיקים, כל אחד עם השערת מצב שונה המציינת את אמונת החלקיק לגבי המצב האמיתי של המטרה. אצלנו, לכל חלקיק יש מיקום על התמונה ווקטור מהירות.

בשלב הבא, האלגוריתם מקנה לכל אחד מהחלקיקים את הערך המציין את נכונות השערתם לגבי מצב למטרה, במקרה שלנו משוב זה מתבצע דרך מפת ה-backprojection (כפי שמוצג בפרק "בניית מפת ה-backprojection") והמשוב ניתן רק על השערת המיקום של החלקיקים ולא על השארת המהירות, המשוב על השערת המהירות נעשה בשלב הבא ובעקיפין.

חשוב לציין, כי אלגוריתם ה – Condensation הינו אלגוריתם כללי ואילו פרטי הבעיה מוצגים במנגנון המשוב הספציפי. במקרה שלנו, המשוב נעשה באמצעות בניית מפת ה-backprojection.

לאחר שכל חלקיק קיבל את ערך הנכונות שלו, האלגוריתם מחשב את ממוצע ההשערות של כל החלקיקים תוך התחשבות בערכי הנכונות ופולט את התוצאה בתור התחזית המשוכללת. במקרה שלנו, התחזית מייצגת את מיקום אובייקט המטרה ומשמשת לעקיבה (באמצעות חישוב הממוצע המשוכלל, מפת ה-backprojection – ואלפי חלקיקים, העקיבה מתבצעת בדיוק רב מאד).

בשלב האחרון, האלגוריתם בונה מחדש את קבוצת החלקיקים. האופי האיטרטיבי של התהליך הוא זה המאפשר התכנסות מהירה לתוך ערך מטרה קבוע (באמצעות המשוב) ומאפשר לחזות את מצבה העתידי של מטרה עם מצב דינמי.

עם בניית החלקיקים, האלגוריתם בוחר חלקיק אחד מהקבוצה באקראי (עם חזרות ושימוש בערך הנכונות כפונקציית משקל), מעתיקו לקבוצת החלקיקים החדשה, מפעיל עליו את פונק' מעבר המצבים ומשנה בקצת את מצבו באקראי (בדומה למוטציה). פעולה זו חוזרת על עצמה עוד ועוד עד שמספר החלקיקים בקבוצת החלקיקים החדשה שווה למספר החלקיקים בקבוצה הקודמת.

התהליך מאפשר לחלקיקים בעלי ערך נכונות גבוה "לשרוד" ולעבור לקבוצה הבאה וכך, לאחר כמה איטרציות, הקבוצה "תנעל" על מצב שהינו קרוב מאד למצב האמיתי של המטרה.

במקרה שלנו, חיזוי המיקום העתידי מוגדר לפי מודל תנועה פיזיקאלי (כלומר, בהינתן מיקום ומהירות חוזים את המיקום הבא).

החלקיקים נבחרים באופן יוניפורמי (עם פונקציית נכונות בתור פונקציית משקל) ושינוי המצב (המוטציה) נעשה לפי התפלגות גאוסיינית. בנוסף, על מנת להתמודד עם שינויי תנועה דרסטיים (לדוגמא, הכדור פוגע בקיר התנגשות אלסטית ומשנה את וקטור המהירות שלו) הוכנס שינוי באלגוריתם: כ – 15% מהחלקיקים החדשים אינם עוברים למיקום העתידי שמחושב בזמן המעבר, אך כן עוברים מוטציה. כלומר, האלגוריתם לוקח בחשבון שינויים בלתי צפויים ומשאיר לעצמו חלקיקים קודמים, ליתר בטחון.

כל אחד מהשלבים הנ"ל מופעל על כל frame מקטע הוידאו ובכך נוצר מנגנון עקיבה חזק ואמיד עם כמה וכמה תכונות:

המערכת יודעת להתמודד עם הסתרת האובייקט. כשהאובייקט מוסתר, ערך הנכונות של כל החלקיקים שווה ל – 0, לכן הם נבחרים בשלב היצירה באופן יוניפורמי, ללא משקל. אך, מכיוון שבשלב הקודם מרבית החלקיקים ננעלו על המיקום הנכון, בעלי מיקום עתידי ווקטור מהירות המתאים למטרה – הם ימשיכו להשתנות בהתאם לתנועה הצפויה של הגוף. בסופו של דבר, כאשר האובייקט יופיע מחדש החלקיקים ינעלו על עליו והעקיבה תמשך.

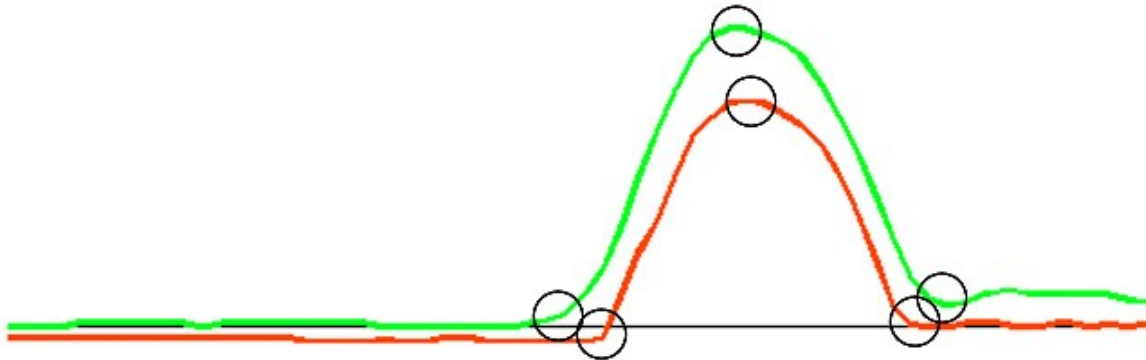
התמודדות עם שינויי תנועה דרסטיים (כפי שהוצגו מקודם).

המערכת יודעת להתמודד היטב עם רעשים. אם רעש (אובייקט בצבע דומה) מופיע ליד האובייקט וכמה חלקיקים אקראיים מבחינים בו (אלו הרחוקים, יחסית, ממיקום המטרה) הם מקבלים ערך נכונות גבוה, אך היות ומספרם זניח (יחסית לחלקיקים המחזיקים בערכים הנכונים) המודל ההסתברותי כמעט ולא יתחשב בהם בשלב הבנייה מחדש של אוסף החלקיקים והחלקיקים הטועים יתכנסו בחזרה למצב הנכון ברגע שמקור הרעש יעלם.

ניתוח הנתונים ושיטת ה-Least Squares

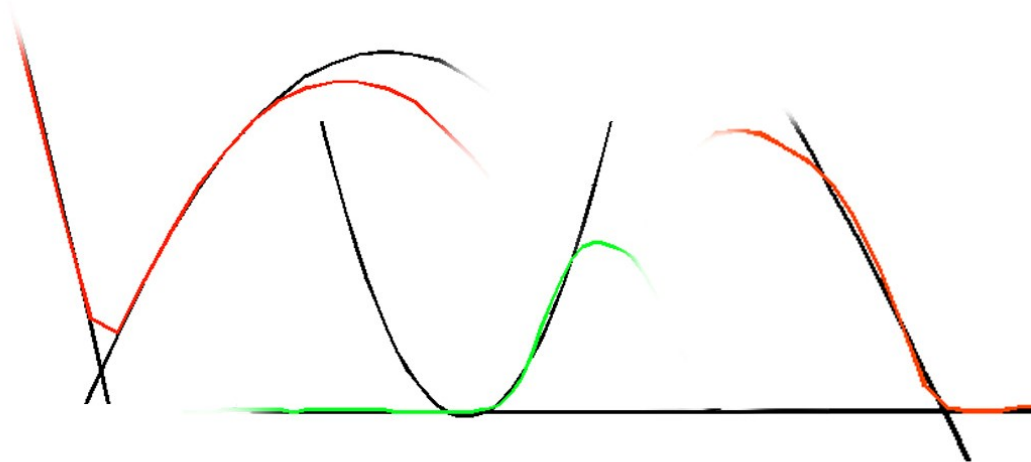
לאחר שנתוני המעקב הגולמיים נאספים בשלב העיבוד, ולפני שהם מועברים ל-ChartPage להצגה, הם עוברים שלב של ניתוח ומיצוי פרמטרים יעודיים.

מרבית הפרמטרים אותם אנו מעוניינים להסיק מהעיבוד (זמני הקפיצה, נק' מגע עם הרצפה ועוד) דורשים מציאת נק' מפנה בגרף התנועה.

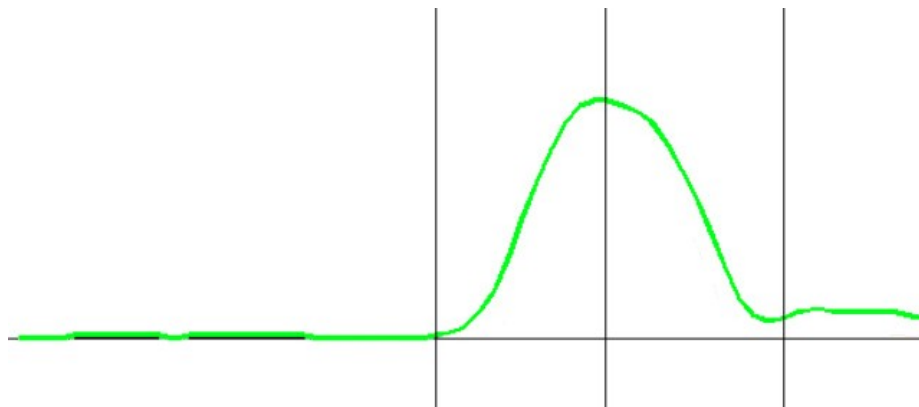


כיוון והגרף הינו בדיד ומכיל רעש טבעי (תנודות בתנועת המטרה והעוקבים אחריה), מציאת הנק' הללו בצורה מדויקת היא מטלה מורכבת.

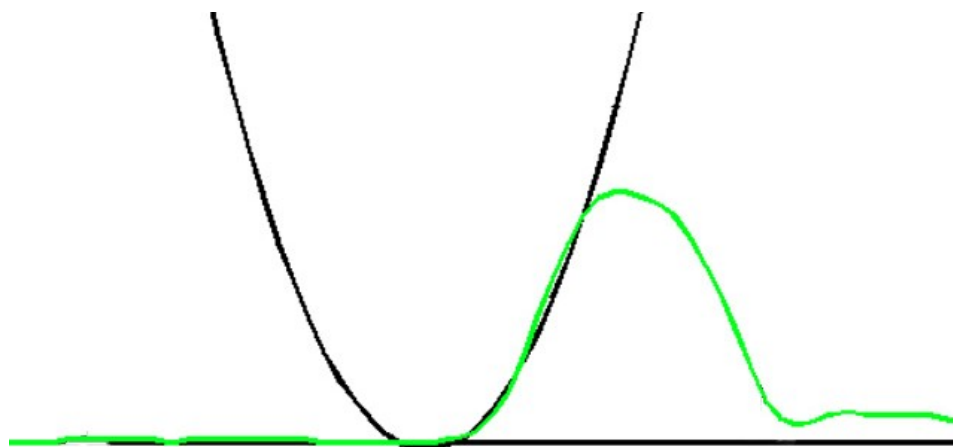
ע"מ לפתור את מקרבים את החלקים הסובבים את נק' העניין ע"י פונקציות פולינומאליות תוך שימוש בשיטת ה-Least Squares.



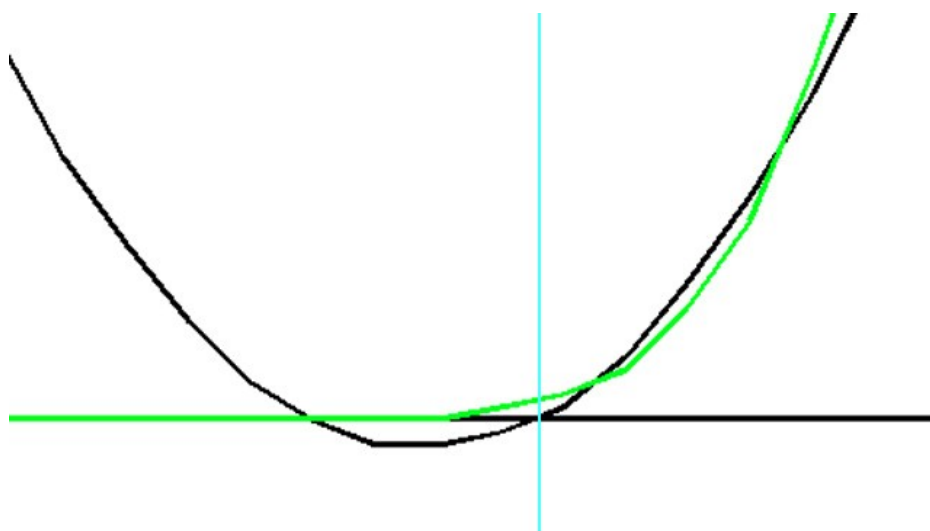
תהליך זה מתבצע ע"י פירוק הגרף לחלקים בסיסיים (גבעות, בקעים מישורים וכדומה) ע"י ניתוח המאפיינים שלו בצורתו הבדידה.



לאחר מכן החלקים הנפרדים מקורבים כל אחד לחוד לפונק' פולינומיאלית.



ולבסוף ממוצות, באופן אנליטי, נקודות החיתוך בין הפונקציות השונות ומתקבלות התוצאות הנחוצות בדיוק רב יותר ממה שניתן לחשב בצורתו הבדידה של הגרף.

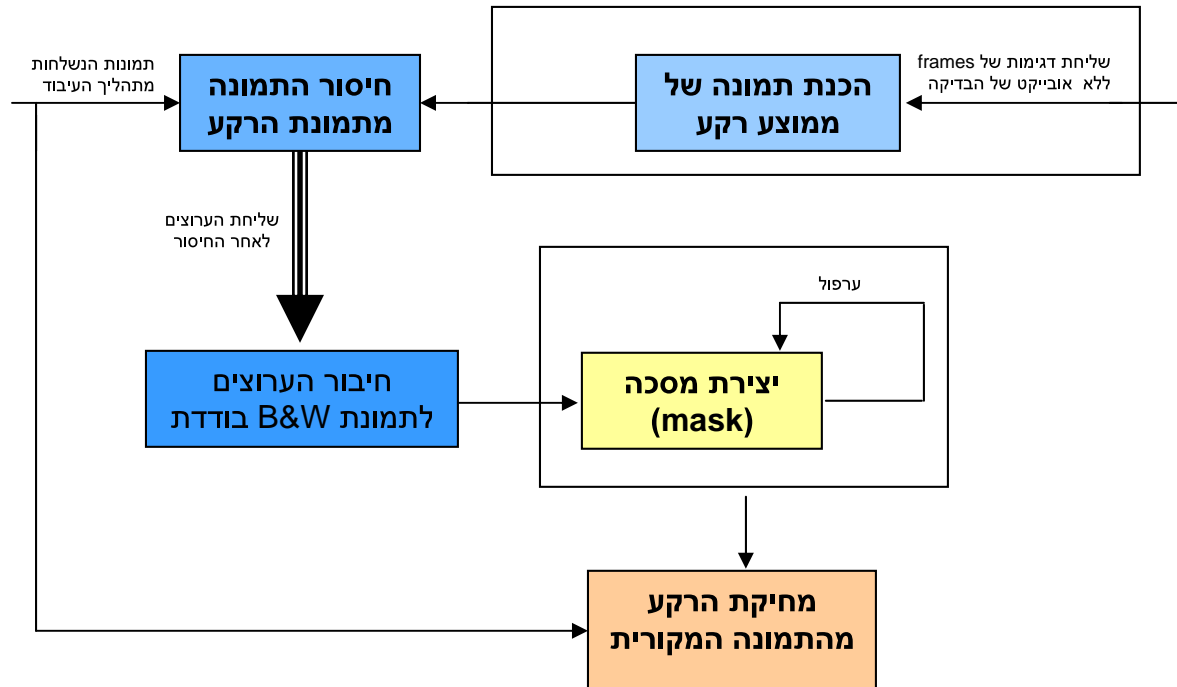


מערכת ה-B.S.T (Background Subtraction Tool)

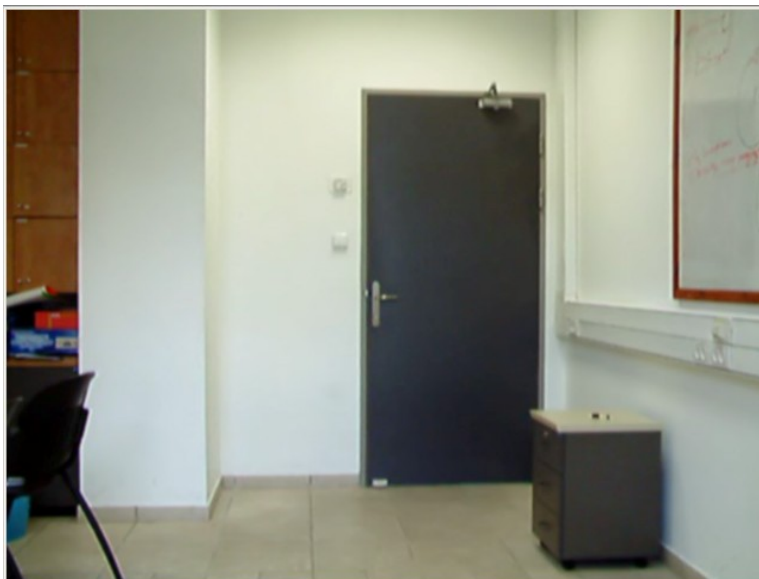
מערכת ה-BST זהו מנגנון המוחק את הרקע מתמונה נתונה. על מנת להשתמש בה, יש צורך להכניס כקלט את תמונת הרקע של המבדק, כלומר ללא הנבדק וגופים קדמיים הקשורים ישירות לבדיקה.

הצורך במערכת ה-BST נוצר כאשר קיימים אובייקטים צבעוניים ברקע אשר עלולים לבלבל את העוקבים ולהוסיף שגיאות למדידות. ככלל אצבע, מומלץ לא להשתמש ב-BST ללא צורך, שכן במקרים חריגים ייתכן מצב שיימחק יותר מהרקע.

אופן הפעולה של ה-BST הוא דלהלן:



תחילה, נשלחות דוגמיות של הרקע ונוצרת תמונת רקע ממוצעת (ובכך שגיאות רבות נעלמות).



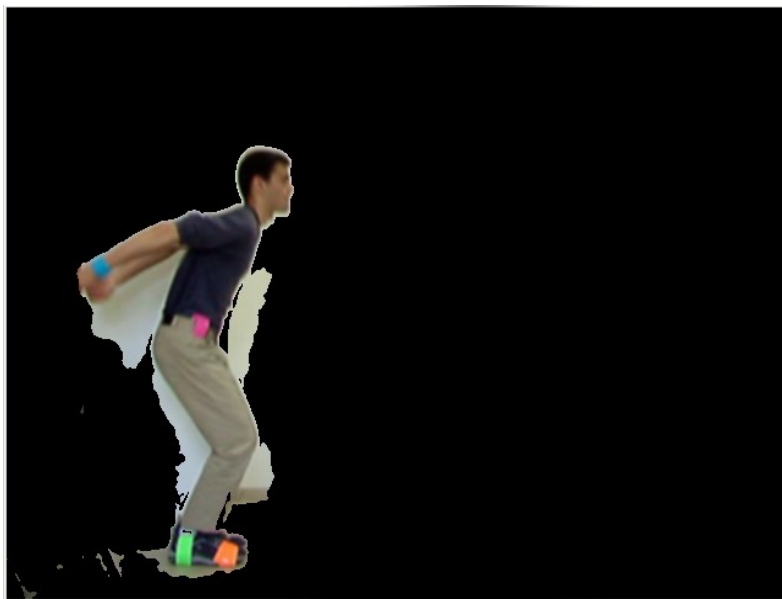
צילום הרקע ללא הנבדק.

לאחר מכן, התמונה הנמצאת בשלב העיבוד מוחסרת מתמונת הרקע הממוצעת בכל אחד מהערוצים אשר אח"כ מורכבים לתמונת B&W (שחור לבן) בודדת, תמונה זו מתארת את השוני של התמונה הנתונה מהרקע.



תמונת ההפרש.

מתמונה זו, נוצרת מסכת סינון (filtering mask) אשר באמצעותה ניתן למחוק את הרקע בתמונה הרצויה.



התמונה המקורית (עם הנבדק) לאחר מחיקת הרקע.

פיתוח מערכת הקלטת הוידאו

מנגנון ההקלטה המוטמע בתוך התוכנה מתבסס על Microsoft's DirectShow Technology.

תחילה, נוסה שימוש במערכת ה- `cvCaptureFromCam` (חלק מחבילת ה- `OpenCV`) שהייתה מבוססת `VFW` (`Video For Windows`). `VFW` זהו המופע הקודם של `DirectShow`. זוהי מערכת פשוטה יותר אך התמיכה במערכת זו כיום הינה מועטה.

לאחר מכן, המערכת פותחה תוך שימוש ב- `cvcam` שזו יחידה עצמאית מבוססת `DirectShow` (חלק מחבילת ה- `OpenCV`), אך אינה מגיעה עם יכולות הקלטה מובנות. ההקלטה הטרוויאלית של כתיבת `frame-frame` על הכוון הקשיח אינה אפשרית ללא אובדן פריימים, עקב הזמן הרב שגישות לכוון לוקחות.

בניסיון הבא, ניסינו להטמיע את המנגנון `GraphEdit` של `DirectShow`. כדי לתפוס ולהקליט קטע וידאו בגרף יעודי מרכזי. ניסיון זה נכשל, שוב עקב אובדן פריימים. שינוי שיטת הכיווץ, כוונן פרמטרים ושינוי אופן בניית הגרף העלו חרס.

הניסיונות נעשו על פנטיום 4, 3GHz, עם RAM בגודל 1GB, כוון קשיח רחב ומצלמת `firewire`.

לאחר ניסיונות רבים, נמצא גרף יחיד שיכל להקליט את הקטעים, ללא אובדן פריימים. הגרף מחבר את המצלמה ישירות לרשם הקובץ של `avi`, ללא כיווץ, המרת צבעים או התערבות אחרת.

בניסיונות שביצענו הגרף היה מסוגל להקליט ב- 30 fps ברזולוציה של 1024x768, ללא אובדן מידע ובעיות דומות. מהירות הקלטה זו התאפשרה מהעובדה שה- `CPU` אינו היה מעורב בתהליך ומנגנון סינכרוניזציה הופעל ע"י כרטיס ה- `firewire`.

תופעת הלוואי המשמעותית ביותר הנגזרת מהתהליך היא שהמידע המוקלט איננו מכווץ. כתוצאה מכך, קטע וידאו קצר תופס מקום רב מאד על כוון הקשיח.

העמסה זו על הכוון הקשיח, מבחינת מהירות הכתיבה הנדרשת והדרישה לנפח זיכרון רב אינן תופעות רצויות, אך מכיוון שזו הייתה הדרך היחידה שנמצאה להקליט ללא איבוד מידע – שיטה זו נבחרה. (קטע הוידאו הנוצר מכווץ לאחר מכן ע"י `virtualDub`, כמתואר בהמשך).

לאחר חקירת מנגנון הקלטה זה ב- `GraphEdit` הוא הוטמע לתוך הקוד הפנימי תוך שימוש במידע וחלקי קוד מתוך ה- `tutorial` של `Robert Lagani?re`, `cvcam.cpp` של `OpenCV` וכן `MSDN`.

התוצר הסופי הכיל מחלקה אשר הייתה מסוגלת להקליט קטעי וידאו מכל מצלמת המזוהה ע"י `Windows`.

המחלקה אף זוכרת את הגדרות ה- `Video Page` וה- `Format Page` בין ההקלטות, בין המבחנים ובין ריצות שונות של התוכנית, כלומר אפשר לסגור את התוכנית

והקונפיגורציה תשמר ואף בניתוק המצלמה וחיבורה מחדש, אך רק במידה ונעשה שימוש באותה המצלמה (אחרת, הקונפיגורציה תתאפס).

חשוב לבדוק את מאפייני המצלמה ולכיל את ה – pages הנ"ל על מנת להשיא את איכות התוצאות (דפים אלו שונים ממצלמה למצלמה).

מדוע התוכנה מקליטה את קטעי הווידאו טרם עיבודם ?

1. תהליך העיבוד מעמיס מאוד על המעבד, לכן הפעלת העיבוד על זרם וידאו "חי" תגרום לאיבוד מידע רב ובלתי ניתן לגישור.
2. באמצעות ההקלטה, אנו הופכים את העיבוד לפיזיבלי על כל מעבד. כלומר, אמנם למעבד חלש ייקח זמן רב יותר לנתח את הסרט, אך הוא יפיק את אותה התוצאה בדיוק שמעבד חזק יותר היה מפיק.
3. ובנוסף, באופן זה ניתן למחזר קטעי וידאו ע"י שמירתם בארכיון לשימוש חוזר, צפייה נוספת או השוואה.

לאחר הקלטת הסרט, כאמור, אנו נאלצים לכווץ אותו כדי לחסוך בשטח הכונן הקשיח ולאפשר את קריאתו בתוכנה.

אנו בחרנו ב – VirtualDub, עקב היותה תוכנת הפצה עם זכויות משוחררות והן אפשרה עריכה מתקדמת של טכנולוגיית ה – DirectShow.

הכיווץ מופעל באמצעות scripts דינאמיים שאנו יוצרים בעת הצורך. בתום הכיווץ, קובץ המקור נמחק ומוחלף ע"י הקובץ המכווץ החדש.

אפשרות חלופית שנשקלה הייתה לממש את המערכת ישירות דרך DirectShow, אך בחרנו להשתמש בתוכנת צד-שלישי יעודית ע"מ להנות מהגמישות שהיא מציעה ומהחסכון בזמן כתיבה (אין צורך להמציא מחדש גלגלים קיימים).

תהליך הכיווץ הינו אוטומטי לחלוטין ואינו דורש התערבות ידנית כלשהי.

מבנה קובץ vtf

לאחר שמבדק הוקלט (או נטען דרך קובץ וידאו קיים) ועבר את יחידת הניתוח, נוצר קובץ דו"ח עם סיומת vtf (בספרייה ./tests).

קובץ זה מכיל את כל המידע הנגזר ממבדק יחיד. הקובץ נוצר ע"י יחידת העיבוד ונשלח לתוך יחידת ההצגה הגרפית (ChartPage) לצורך ניתוח.

המידע בקובץ נשמר במבנה של תגים (tags), באופן שבו אין חשיבות לסדר התגים וה – ChartPage יודע לקרוא ולטעון מידע לפי התכונות הסמנטיות המוגדרות מראש. מבנה הקובץ הוא דלהלן:

<Graph Start>

זהו אוסף הנתונים המטריים הנמדדים ע"י העוקבים. אוסף הנתונים מיוצג ע"י מטריצה וכל אחרת מהשורות, בחלק זה, מייצג שורה אחת בה. בראש אזור זה מופיע גודל המטריצה וערך ה – fps.

<Graph End>

<Report Start>

איזור זה מציג את המידע הנוצר מיחידת הניתוח. כל אחד מהפרמטרים רשום בשורה נפרדת בפורמט הבא:

param_name: value

הערך מופיע כמספר ממשי והוא יכול להיות גם "Failed" ו – "NA".

- Failed – תווית זו תופיע במידע והמנתח אינו הצליח לחשב את התוצאה הדרושה. מקרה זה עלול להתרחש כאשר המידע הנצבר מהעוקבים אינו תואם את המבדק. לדוגמא, אם המבדק יהיה "קפיצה אנכית" ואילו הנבדק אינו קפץ או קפץ יותר מפעם אחת. מקרה נוסף (אך נדיר) הוא כאשר העוקבים איבדו את המטרה למשך זמן ארוך מידי ולכן לא יכולים להכריע.
- NA = תווית זו תופיע כאשר התוצאה אינה יכולה להחשב בגלל מחסור בעוקבים. לדוגמא, כאשר ב"קפיצה אנכית" אם לא הוצב עוקב על קצות האצבעות.

<Report End>

<Description Start>

אזור זה אופציונאלי ומכיל הערות למבדק. לדוגמא, פרטי הנבדק, תאריך המבדק וכו'.

<Description End>

<Color Start>

אזור זה מכיל את הצבעים של העוקבים אשר נצמדו אל חלקי גופו של הנבדק.

<Color End>

<Video Start>

אזור זה מכיל את מוקמו ושם קובע הוידאו המציין את המבדק.

<Video End>

<HitColor Start>

אזור זה מכיל את הצבע של טבעת המטרה שבה פגע הכדור במבדק "זריקה אחורית". אם הקובץ אינו מתאר מבדק זה – איזור זה יהיה ריק.

<HitColor End>

<Graph Start>

43 14

30

Hand_X 4.879 4.889 4.898 4.898 4.916 4.916 4.926 4.926 4.944 4.953 4.972 4.991 5.009
5.037 5.074 5.092 5.092 5.065 5.009 4.972 4.944 4.926 4.926 4.935 4.953 4.972 5.000
5.018 5.037 5.018 4.991 4.926 4.852 4.759 4.648 4.528 4.426 4.324 4.250 4.194 4.148
4.120 4.111

Hand_Y 2.592 2.620 2.648 2.667 2.667 2.676 2.667 2.648 2.630 2.611 2.583 2.565 2.555
2.565 2.611 2.704 2.833 2.972 3.074 3.157 3.213 3.222 3.222 3.194 3.139 3.074 2.972
2.870 2.750 2.611 2.472 2.342 2.222 2.120 2.046 2.000 1.981 1.981 1.972 1.981 1.981
1.991 1.991

Ball_X 5.129 5.129 5.129 5.129 5.148 5.148 5.157 5.176 5.185 5.203 5.213 5.222 5.241
5.259 5.296 5.333 5.342 5.296 5.157 4.991 4.852 4.704 4.555 4.416 4.278 4.139 4.000
3.861 3.731 3.602 3.463 3.333 3.204 3.083 2.963 2.842 2.722 2.611 2.500 2.389 2.287
2.176 2.093

Ball_Y 2.620 2.648 2.704 2.731 2.750 2.750 2.731 2.713 2.667 2.620 2.565 2.509 2.463
2.454 2.518 2.639 2.833 3.083 3.324 3.555 3.759 3.898 4.046 4.157 4.250 4.315 4.361
4.389 4.389 4.370 4.324 4.259 4.185 4.065 3.954 3.815 3.648 3.472 3.268 3.046 2.824
2.565 2.305

<Graph End>

<Report Start>

Ball Air Time: -0.375

Ball Arrival Frame: 42.000

Ball Arrival Frame (LS): 5.842

Ball Departure Frame: 17.093

Max Ball Height: 4.389

Max Hand Height: 3.222

<Report End>

<Description Start>

No Description...

<Description End>

<Colors Start>

Hand_X 0 187 255

Hand_Y 0 187 255

Ball_X 255 34 0

Ball_Y 255 34 0

<Colors End>

<Video Start>

<Video End>

<HitColor Start>

43 168 212

<HitColor End>

מערכת AVC (Advanced Video Controls)

במהלך שלב העיבוד ישנן מספר כלים מתקדמים המאפשרים התבוננות מתקדמת בתהליך הניתוח.

כלים אלו מאפשרים להבין לעומק את תהליך העקיבה אחרי המטרות וחשוב ביותר, במקרה של כשל במערכת העקיבה הכלים מאפשרים למצוא את הגורם לכשל ולהביא לתיקונו.

ע"מ להשתמש בכלים אלו חייב להיות לפחות "עוקב" אחד שכבר הוצמד למטרה וכן על חלון הווידאו להיות בפקוס (פס כחול בחלקו העליון).

בפקוס (כחול):



לא בפקוס (אפור):



מרבית הכלים תקפים רק לעוקב אחד, לכן אם יש יותר מעוקב אחד שהוגדרו בתהליך העקיבה יש לבחור את העוקב הרצוי ע"י מקשי המספרים 1-9. לחיצה על '1' תבחר את העוקב הראשון שסומן, '2' את השני וכו'.

לכל כלי יש מקש (או צירוף מקשים) שמפעיל אותו. כמו כן, מרבית הכלים (ברירת מחדל, אלא אם כן צויין אחרת) נדלקים ומכובים ע"י אותו מקש הפעלה. כלומר לחיצה אחת מדליקה את הכלי, ולחיצה שניה מכבה אותו.

לאחר שווידאתם כי יש עוקב מוגדר במערכת וכי העוקב המעניין נבחר ע"י מקשי המספרים, וכן (חשוב מאד) חלון הווידאו נמצא בפקוס, התשמשו במקשים המתוארים עבור כל אחד מהכלים.

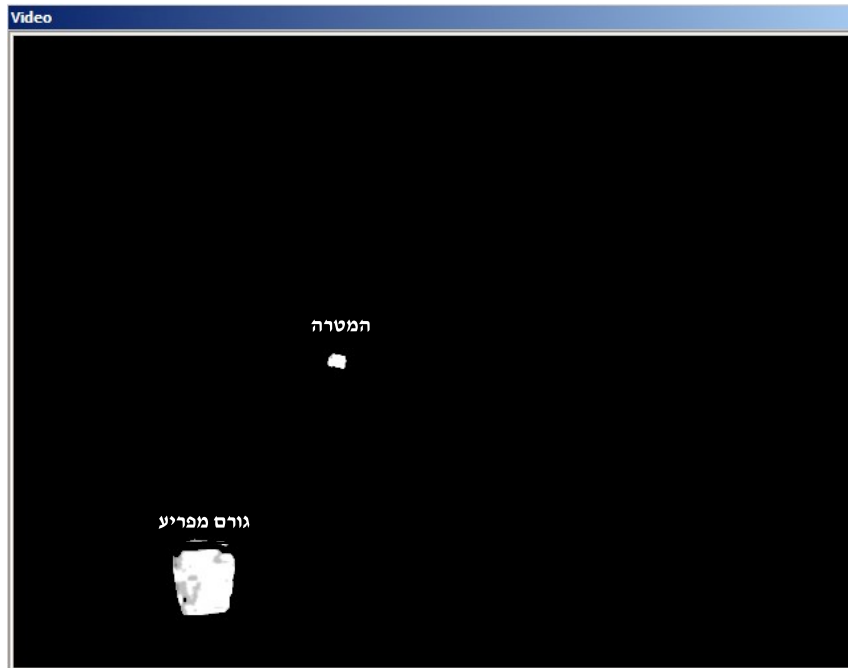
להלן תמונת המקור עליה הופעלו הכלים:



Backprojection-Map

כפתור: 'b'.

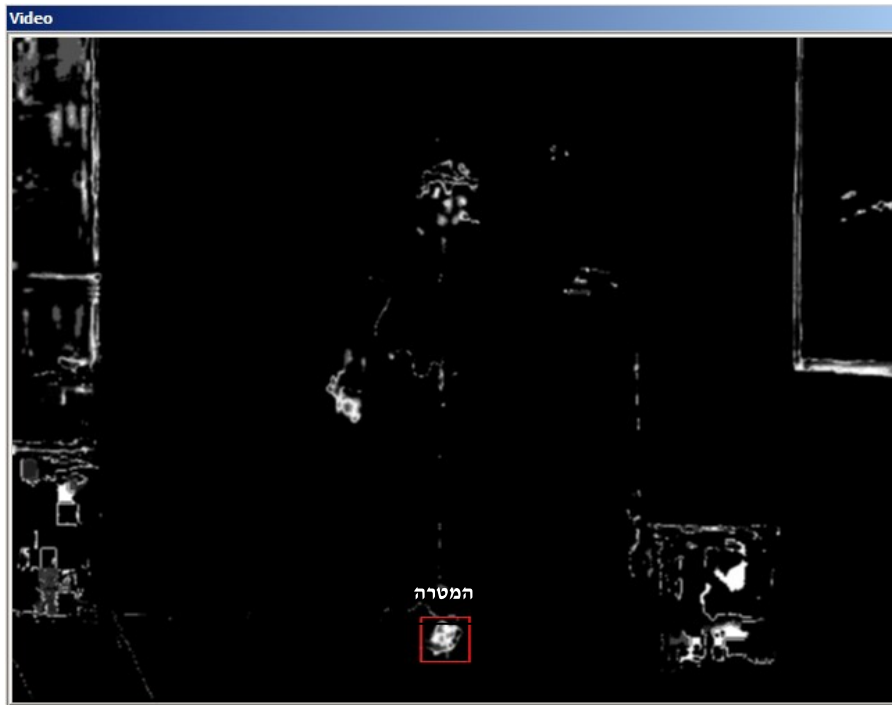
כלי זה מציג את מפת ה-backprojection כפי שהוסברה ב- " מגנון בניית ה – backprojection map". בעזרת מפה זו ניתן לראות אחרי מה העוקבים מנסים לעקוב והיא הכיוון הראשון לבדיקה כאשר נתקלים בקשיי עקיבה, וקשיים אלו מאופיינים בהשחרה של המפה באזור המטרה (או להיפך, גורם מפריע המתבטא ככתם לבן שאיננו המטרה). המצב האידיאלי הוא שמטרת העקיבה תופיע ככתם לבן ואחיד במפה זו, ומלבד זאת שאר המפה תהיה שחורה לחלוטין.



Base-Backprojection-Map

כפתור: 'B' (או 'b' + SHIFT).

כלי זה מציג את מפת ה-base-backprojection כפי שהוסברה ב- " מגנון בניית ה – backprojection map". בעזרת מפה זו ניתן לראות את מפת חלוקת הגוונים שעבורם העוקב הוגדר. מפה זו שימושית כאשר ישנם קשיי עקיבה שמקורן בשינויי גוונים, וקשיי אלו מאופיינים בדעיכת בהירות המפה באזור המטרה. המפה לרוב 'מלוכלכת' שכן גווני צבע דומים הם מכנה משותף להרבה חלקים של התמונה (הבהירות והרוויה מהווים שני שליש מסך המידע המפריד בין הצבעים), אך חשוב שהמטרה תופיע ככתם (או ענן) לבן על המפה.

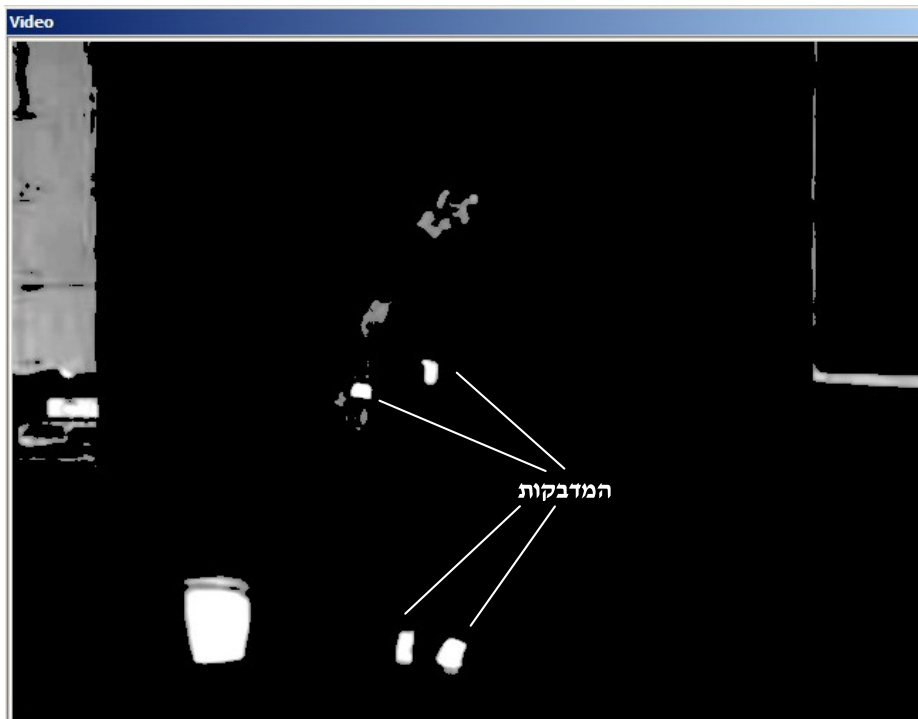


Alpha Channel (Luminance-Saturation Map)

כפתור: '@' (או SHIFT+2).

כלי זה מציג את ערוץ האלפא, כפי שהוסבר ב- " מגנון בניית ה- backprojection map". בעזרת מפה זו מסמנת בלבן בהיר את כל מה שהוא רווי בצבע ובהיר, וכן מוחקת (צבוע בשחור) את כל מה שאיננו מספיק רווי בצבע ובהיר. מפה זו עוזרת להבין את תנאי התאורה בחדר\מיקום צילום כפי שהמצלמה רואה אותם, ובעזרתה ניתן לראות האם מדבקה מסויימת מתאימה לעקיבה (היא תהיה בוהקת ולבנה אם מתאימה, אפורה או שחורה אם לא מתאימה). עבור מפה זו מוגדר סף, אשר כל מה שמתחתו נמחק בתהליך העקיבה. במקרה ויש גורמי רעש בהירים וצבעוניים המסיחים את העוקבים, ניתן ניתן להעלות סף זה, ובמידה ומדבקות המטרה אינן בהירות מספיק, ניתן להוריד סף זה (שינוי הסף משנה את הסף עבור כל המדבקות יחדיו).

המצב הרצוי עבור מפה זו היא שכל המדבקות יראו לבנות ובוהרות, וושארית המפה תהיה אפורה או שחורה.



להעלאת סף ערוץ האלפא

כפתור: '>' (או '!' + SHIFT)

להורדת סף ערוץ האלפא

כפתור: '<' (או ',' + SHIFT)

צפיה ב-particles של אלגוריתם ה-Condensation

כפתור: '#' (או '3' + SHIFT)

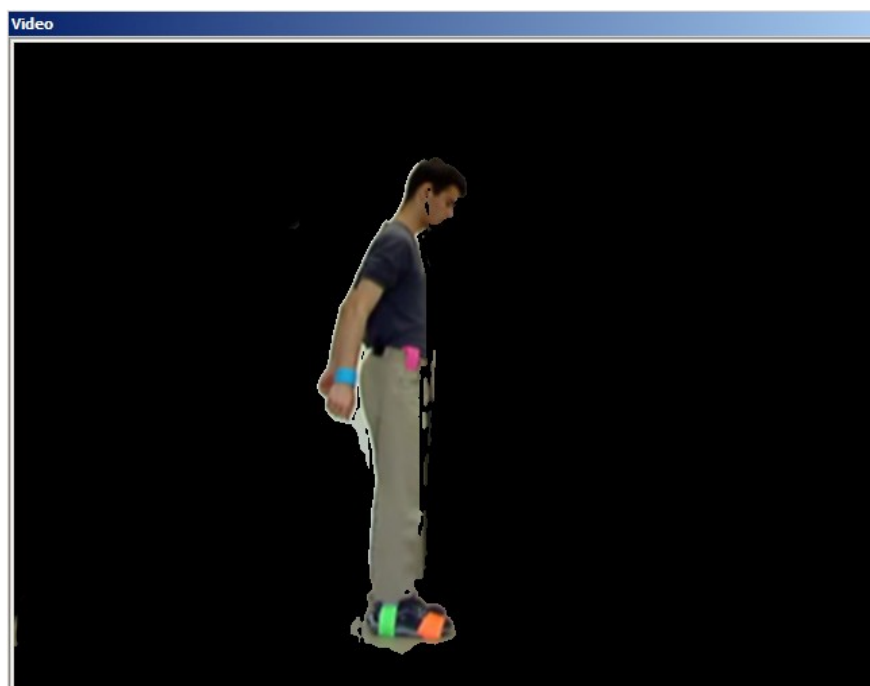
כלי זה מאפשר לצפות בחלקיקים הבדידים של אלגוריתם ה-Condensation כפי שהוסברו ב-"אלגוריתם ה-Condensation ושימושיו". כלי זה מאפשר להבין את התנהגות האלגוריתם ולראות בזמן אמת אחרי מה החלקיקים עוקבים.

כל חלקיק מסומן בפס סגול המתאר את מיקומו וכיוון וקטור המהירות שלו.



צפיה במנגנון מחיקת הרקע (BST) א'

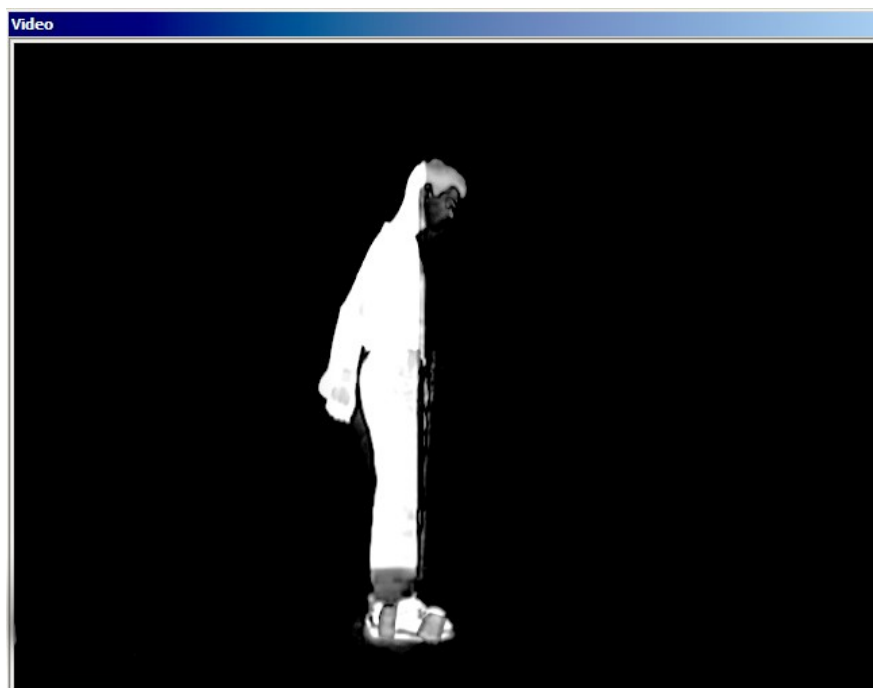
כפתור: '\$' (או '4' + SHIFT)
מאפשר לראות את הווידאו ללא הרקע, אותו מוחק ה-BST (כפי שמוסבר בחלק
"מערכת ה-BST").



צפיה במנגנון מחיקת הרקע (BST) ב'

כפתור: ')' (או 0 + SHIFT)

מאפשר לראות את תמונת ההפרש מהרקע אותה יוצר ה-BST (כפי שמוסבר בחלק
"מערכת ה-BST").



סממן המטרה

כפתור: '+' או '(SHIFT + '=)'.
לאחר בחירת עוקב כלשהו ניתן לכבות (ולחצות בחזרה) את סממן ה-X המייצג עוקב
אחרי מטרה כלשהי.



הגדרות settings.ini

בתיקיית הפרוייקט (הנמצאת כברירת מחדל ב-C:\Program Files\ILS\) נמצא קובץ בשם settings.ini המכיל מספר הגדרות מתקדמות אותן ניתן לערוך בעזרת כל עורך טקסט פשוט.

כל הגדרה מתוארת ע"י משפט קצר אותו אין לשנות, ואחריו ספרה, 0 או 1 המתארת אם ההגדרה פעילה או לא (1 – פעילה, 0 – לא פעילה).

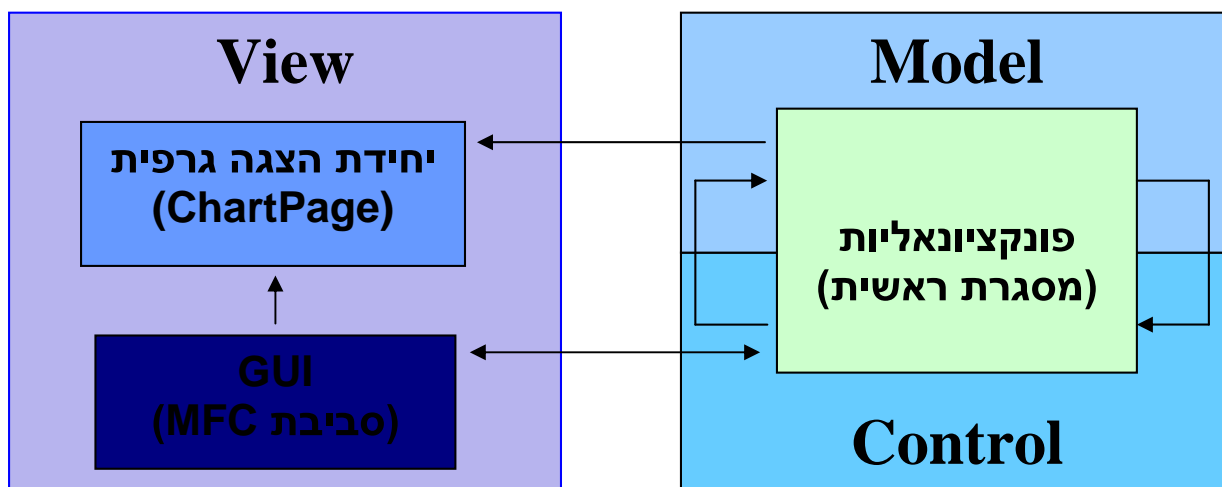
כל שינוי בהגדרות אלו חייב להתבצע כאשר התוכנה SAVion מכובת, אחרת השינוי לא יכנס לתוקף.

ההגדרות הזמינות הינן :

- **blur_image_on_processing**
הפעלת הגדרה זו תביא לטשטוש קל של התמונה המעובדת. טשטוש זה משפר את יכולת העקיבה אחר המדבקות והינו מומלץ.
- **resize_video_on_compression**
הפעלת הגדרה זו תשנה את הרזולוציה של קובץ הווידאו המוקלט ל-640x480 בין אם רזולוציית המקור גדולה או קטנה מהנ"ל. ניתן להשתמש באפשרות זו כאשר רזולוציית המקור הינה גדולה מאד, אינה הכרחית לתהליך עקיבה תקין ומקשה על תהליך העבוד מבחינת זמני עיבוד גדולים.
- **clear_videos_folder_on_startup**
הפעלת הגדרה זו תביא למחיקת כל קבצי הווידאו בתיקיית Videos הנמצאת בתיקיית הפרוייקט. מומלץ להתמש באפשרות זו רק כאשר שתי ההגדרות הבאות דלוקות (באופן זה יחסך מקום רב על הכונן הקשיח).
- **use_huffYUV_compression**
הפעלת הגדרה זו תביא לשימוש במקודד HuffYUV בשלב הקלטת קבצי הווידאו. מקודד זה הינו נאמן לצבעים המוקלטים מהמצלמה ואינו משנה אותם כלל, אך בעקבות זאת הקבצים הנוצרים על ידי תופסים מקום רב על הכונן הקשיח. כאשר משתמשים במקודד זה יש להגדיר את מאפיניו כפי שמתואר בחלק "הוראות התקנה" וכן מומלץ להפעיל את ההגדרה הקודמת והבאה.
- **save_small_archive_video**
הפעלת הגדרה זו תביא לשמירת עותק של קובץ הווידאו המוקלט בתיקיית Tests הנמצאת בתיקיית הפרוייקט, תוך שימוש במקודד DivX6. הגדרה זו אינה רלוונטית אם ההגדרה הקודמת מכובת.

תיאור המחלקות

סכמת התוכנה בנויה משלושה חלקים עיקריים, המבוססים על מודל MVC:



המסגרת הראשית כתובה בשפת C++ והינה מותאמת (portable) לכל מערכות ההפעלה.

מחלקות המסגרת הראשית כתובות בקצבים ששם מתחיל בקו תחתון (_filename.cpp) ואילו מחלקות ה-GUI בשאר.

_Analyzer.cpp

מחלקה זו אחראית, באופן בלעדי, על ניתוח המידע המוקלט. יש לה פונקציה פומבית אחת, doAnalysis() ושאר המתודות עברו אנקפסולציה (על מנת להפריד בין תהליך ההקלטה והניתוח).

_Analyzer דואגת לחישוב ומציאת פרמטרים רבים מהניתוח ויוצרת קבצי בדיקה (רישום הנתונים עם סיומת .vtf) עם כל המידע הנצבר מהמבדק הבודד. לאחר מכן, הקבצים נשלחים ליחידת ההצגה הגרפית (ChartPage).

_BackgroundTool.cpp

זוהי מחלקה המאפשרת הסרה וניקיון רקע בשלב העיבוד. היא מקליטה כמה frames של הרקע, ללא האובייקט בפנים ואז, בשלב הניתוח, בהינתן frame מוקלט עם האובייקט, מחזירה את התמונה ללא הרקע.

כתוצאה מכך, אנו מקבלים מערכת עקיבה אמידה יותר להפרעות ברקע המצולם.

`_CamShift.cpp`

זהו גרעינה של מערכת העיבוד. השם CamShift נשאר מסיבות היסטוריות ואין תהליך הניתוח מבוסס על אלגוריתם ה - CamShift הידוע - בכלל.

המחלקה דואגת לניהול שלב הניתוח, הקלט והפלט, הצגת תהליך העיבוד, זרימת נתונים וכדומה.

`_cvcondens_mod.cpp`

זוהי גרסה משופרת של המחלקה cvcondens.cpp מחבילת ה - OpenCV

זהו קוד הגרעין המפעיל את אלגוריתם ה - ConDensAtion (שימוש ב - particles filters אשר יוסברו בהמשך).

לאלגוריתם הוכנסו שינויים קלים לשיפור מערכת העקיבה בהתאם לדרישות המערכת.

`_Err.cpp`

זו מחלקה המטפלת בכל חריגות (exceptions) התוכנה. כל החריגות נזרקות אך ורק דרך מחלקה זו ומטופלות בחלקים השונים של הקוד בהתאם לצורך.

`_filters.cpp`

מחלקה זו נוצרה ע"י Robert Lagani?re כחלק מה - cvision tutorial (ראו ביבליוגרפיה). למחלקה זו הוספו גם כמה פונקציות ממחלקת ה - cvcam.

המחלקה פועלת כמעטפת לממשק של DirectShow לצורך יצירה ועיבוד של גרפי ה - DirectShow.

`_Numerics.cpp`

מחלקה זו נוצרת בתוכה את מרבית הכלים הנומריים שישנו שימוש בהם בעיבוד הנתונים ע"י המחלקה _Analyzer, ובהם:
חישוב נגזרת ראשונה ושניה, מכפלה פנימית ממושקלת, פתרון מערכות משוואות, קירוב מינימום ריבועים, מציאת שורש (מסדר ראשון) של פונקציה ועוד.

`_recorder.cpp`

מחלקה זו משמשת להצגתו של שטף הווידאו מהמצלמה, שליטה על מאפייניו והקלטת סרטוני הווידאו למחשב.

היא מבוססת על DirectShow ונעזרת בפונקציונאליות של _filters.cpp.

_Skeleton.cpp

מחלקה זו מטפלת בזרם הנתונים הנוצר בתהליך העקיבה. כל עוקב (tracker) בתהליך העיבוד מעביר את הנתונים שלו למחלקה זו ובכך נוצר שלד מבני של תנועת הגוף (בתלות בזמן).

לאחר מכן, כל הנקודות ממופות ומועברות ל - _Analyser.cpp.

_Tracker.cpp

מחלקה זו אחראית על העקיבה. כל עוקב (tracker) הוא מופע של מחלקה זו. העוקב מכוון לנקודת התחלה ולאחר מכן עוקב אחרי האובייקט שעליו הוצמד. המחלקה מבוססת על אלגוריתם ה - ConDensAtion.

_utils.cpp

פונקציות שירות ומאקרו-ים כללים. כמו כן, קבועים והגדרות pre-processor.

_VIP.cpp

זוהי המחלקה הראשית בתוכנה. היא מחזיקה את מבני הנתונים הגלובאליים המרכזיים. זוהי המעטפת הראשית של התוכנה והיא היחידה אשר אינווריינטית לקונפיגורציות של התוכנית, בכל רגע נתון.

דרישות המערכת



מעבד

המערכת נבחנה על מחשבים בעלי כח עיבוד של 1.8GHz ומעלה, ומוערך כי תוכל לעבוד היטב גם על מחשבי 1.3GHz.

המערכת הינה אינווריאנטית לכח העיבוד מבחינת נכונות התוצאות ומסוגלת לעבוד בצורה תקנית על מרבית המעבדים (יוצא הדופן הינו שלב ההקלטה אשר דורש משאבי מעבד פנויים בזמן ההקלטה, ומחסור בכח עיבוד עלול במקרה קיצוני לגרום לאובדן פריימים). מחשבים בעלי כח עיבוד רב יותר יגדילו באופן ניכר את מהירות העיבוד.



זיכרון RAM

מחסור בזיכרון פנוי בזמן ההקלטה צפוי לגרום לאובדן פריימים משמעותי, על כן 256MB של זכרון RAM הינו המינימום המוחלט לפעילות תקינה, אך מומלץ שמחשב היעד יהיה בעל 512MB של זכרון RAM לפחות, וכן מומלץ לא להריץ ישומים כבדים אחרים בזמן ההקלטה.



כונן קשיח

המערכת מייצרת קבצי ווידאו זמניים גדולים מאד בזמן ההקלטה (עד כדי אלפי מגה-בייטים לקטע ווידאו של כדקה ברזולוציות גבוהות וקצבי הקלטה מהירים).

על כן נדרש מקום פנוי רב על הכונן הקשיח (לפחות 10GB) ודרוש כונן בעל מהירות כתיבה גבוהה. כונני 7200RPM הנפוצים במחשבים הביתיים יספיקו למטרה זו, אך כונני 4000-5000RPM, אשר נפוצים ביותר במחשבים הניידים, עלולים לא להתמודד עם קצבי ההקלטה הגבוהים יותר (רזולוציה של 1024x768 בקצב של 30 פריימים לשניה).



מצלמה

הדרישות ממצלמת הווידאו המחוברת למחשב הינם בעלי חשיבות עליונה עבור תהליך ההקלטה.

מערכת ההקלטה תפעל כראוי עם מצלמות fireWire **בלבד** (מצלמות USB דורשות כח עיבוד רב מדי בזמן ההקלטה ולכן איבוד פריימים הינו בלתי נמנע).

על המצלמה לספק שטף ווידאו צבעוני **בלבד** (מערכת העקיבה הינה מבוססת צבע ולא תעבוד כלל עם תמונות שחור לבן). כמו כן על המצלמה להיות מסוגלת להזרים שטף

ווידאו ברזולוציה של 640x480 בקצב של 30 פריימים לשניה **לפחות**. אי עמידה בדרישה זו תביא לאיכות נתונים ירודה וקשיי עקיבה בזמן הניתוח.

אם מתאפשר מומלץ להשתמש בקצבי שידור גבוהים יותר (60 פריימים לשניה ומעלה) שכן קצבים אלו ישפרו את איכות התוצאות באופן ניכר. לעומת זאת העלאת הרזולוציה תביא לשיפור קטן יחסית באיכות התוצאות (אך תכביד מאד על מהירות העיבוד – פי 4 ברזולוציה של 1024x768 יחסית ל-640x480).



מערכת הפעלה

המערכת נבחרה אך ורק על מערכת ההפעלה Windows XP ומומלץ להריץ אותה אך ורק על מערכת הפעלה זו.

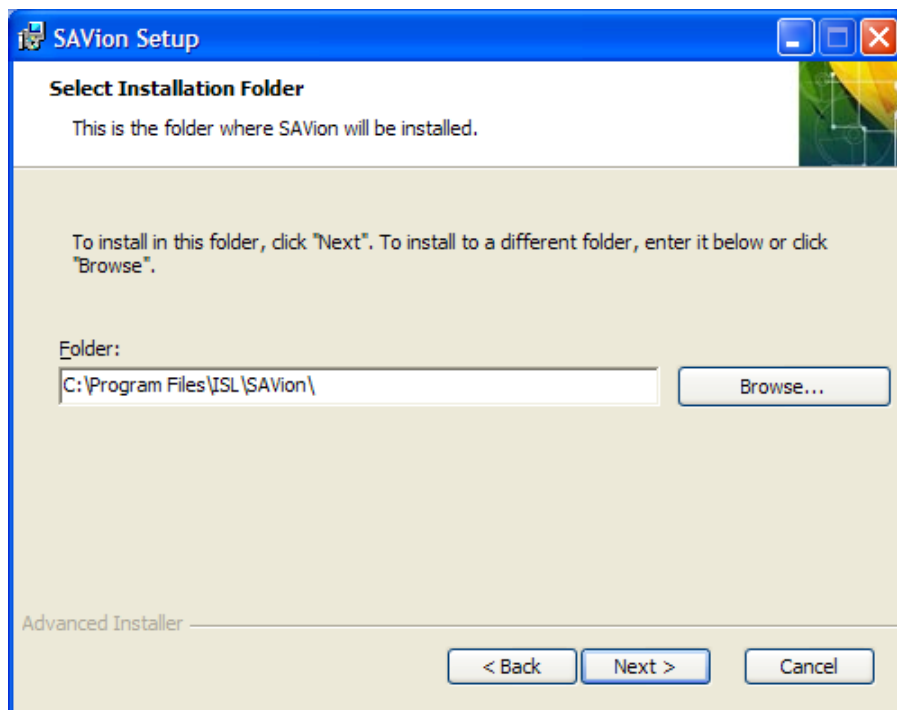
הוראות התקנה

להתחלת ההתקנה יש להפעיל את קובץ ההתקנה Setup.exe .

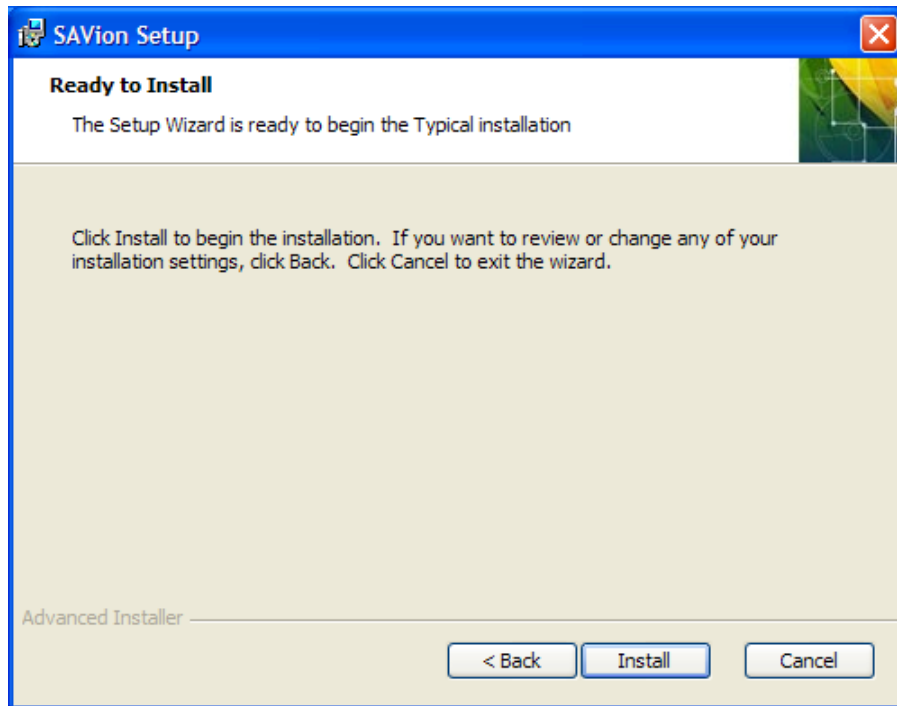
לאחר עליית הקובץ יופיע מסך הפתיחה, אותו יש לאשר ע"י לחיצה על מקש ה-Next:



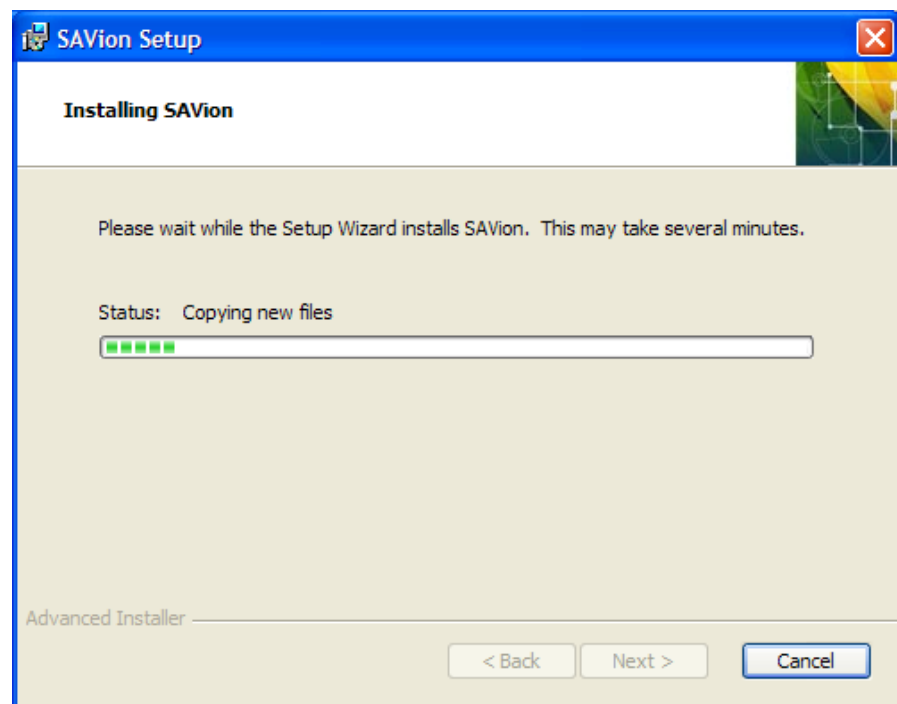
לאחריו יופיע מסך השואל את יעד ההתקנה, הסטנדרט הינו C:\Program Files\ISL, לאישור יש ללחוץ על Next:



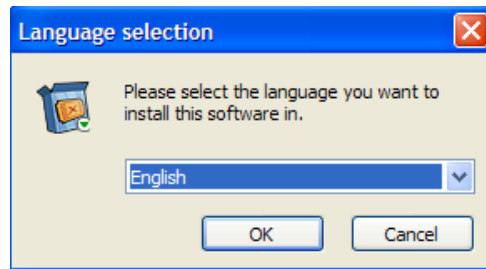
המסך הבא מבקש אישור לתחילת תהליך ההתקנה, יש ללחוץ על Next:



בשלב זה מתבצע תהליך העתקת הקבצים ורישום הרכיבים במערכת ההפעלה. יש להמתין לסיומו:

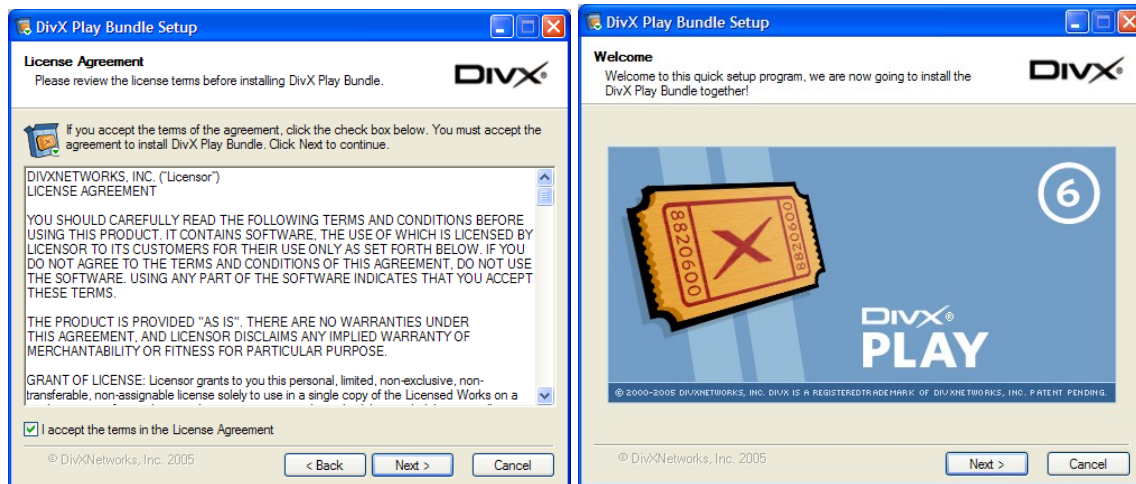


בסיומו של שלב זה יופעל אוטומטית המתקין של מקודד הווידאו DivX6, חלק זה הינו חיוני עבור SAVion אם רוצים לבצע הקלטות של ווידאו. במידה וידוע כי המקודד כבר מותקן במחשב היעד ניתן ללחוץ על Cancel במסך הפתיחה שלו, אחרת לחצו על OK :

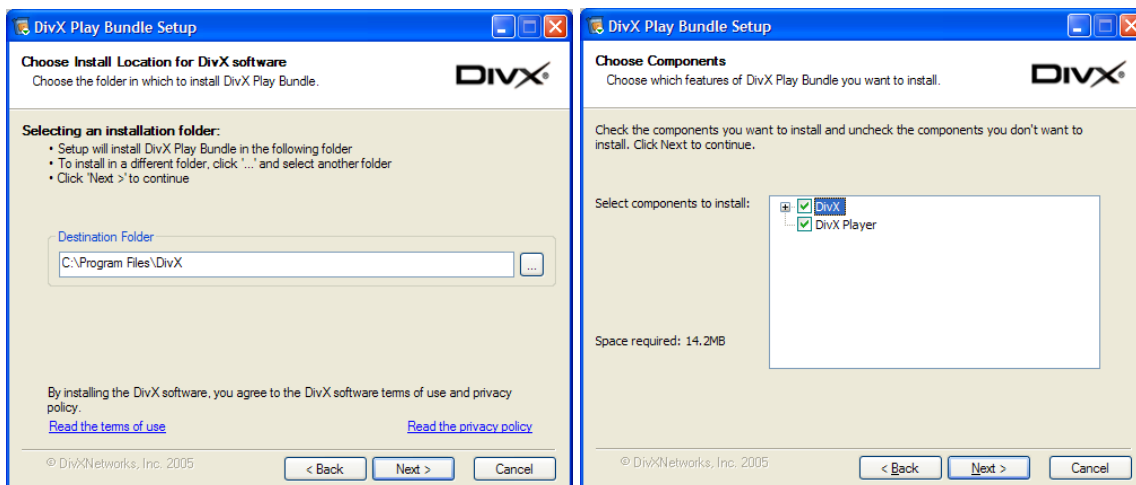


בכל אחד מהשלבים הבאים יש ללחוץ על Next לאישור תהליכי ההתקנה.

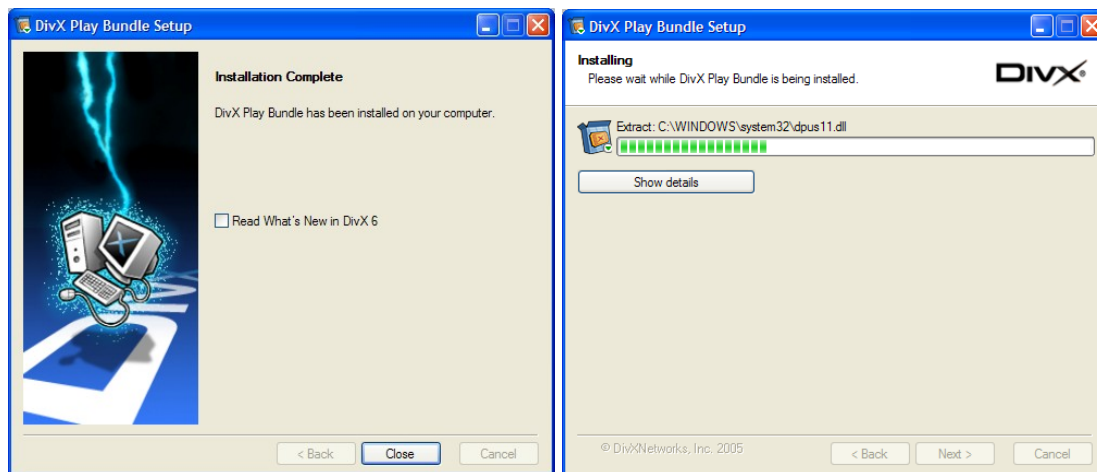
בשלב השני יש צורך לאשר את הסכם הרשיון של המקודד ע"י סימון תיבת ה- "I agree"



שתי לחיצות נוספות על Next :



המתנה לסיום תהליך התקנת המקודד, ובסיומו, אישור סיום ההתקנה :



ולבסוף יש לאשר את סיום ההתקנה של SAVion כולו ע"י לחיצה על Finish. אם "Lunch SAVion" מסומן אז התוכנה תעלה מייד לאחר סיום ההתקנה :

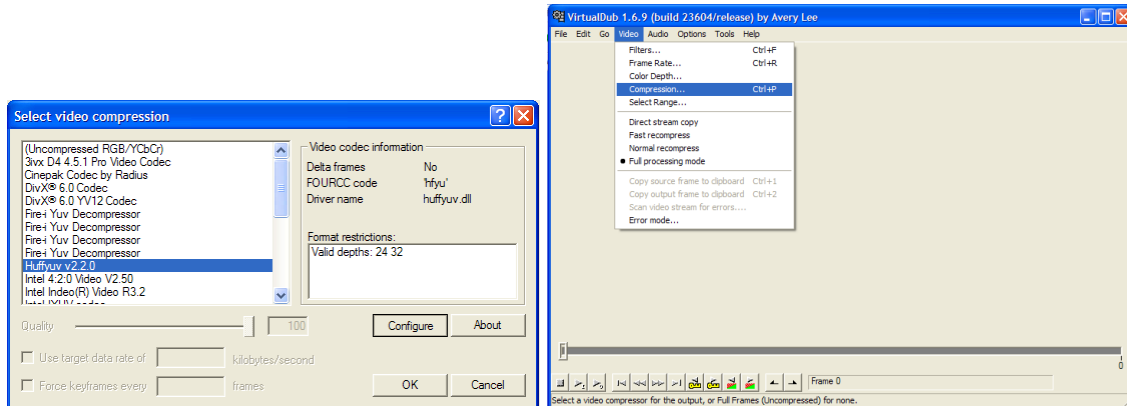


התקנת המקודד HuffYUV

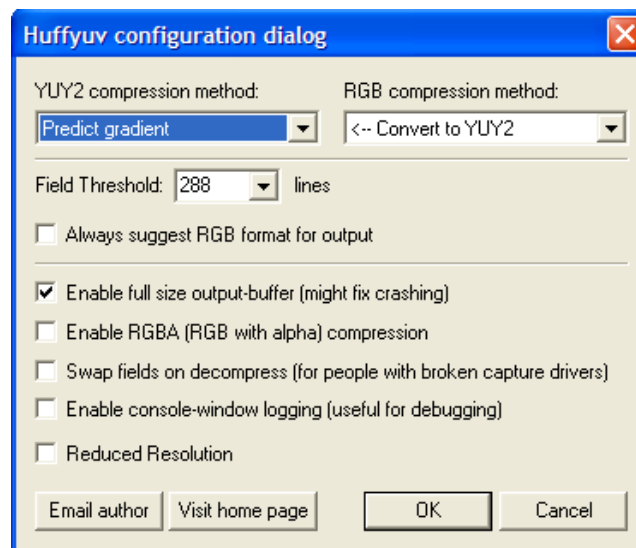
במידה ויש שימוש במקודד HuffYUV כפי שמוסבר בחלק "הגדרות settings.ini", יש לכוון את הגדרות המקודד באופן ידני, באמצעות השלבים הבאים:

תחילה יש לפתוח את תוכנת הצד השלישי VirtualDub.exe הנמצאת בתיקיה
.C:\Program Files\ISL\VirtualDub-1.6.9\

ולאחר מכן להכנס לתפריט המקודדים, לבחור במקודד HuffYUV וללחוץ על
"Configure"



יש לוודא שהגדרות המקודד הן כפי שמתואר כדלהלן:



לאישור ההגדרות, יש ללחוץ על OK ולסיום לסגור את VirtualDub.

References

כלי פיתוח ועזר



1. **Intel's OpenCV 4** – ספריות אלו שימשו לעיבוד תמונה, ללא שינויים מלבד :

א. cvcondens.cpp שופר והוטמע בפרוייקט.

ב. cvcam.cpp מוזג לתוך _filters.cpp.

כל קבצי ה- dll הדרושים מצורפים לתוכנה.

ראו נספח ב' – Intel's License Agreement



2. **Intel's IPL (Image Processing Library)** – מאגר ספריות נוסף לצורך עיבוד התמונה.

כל קבצי ה- dll הדרושים מצורפים לתוכנה.



3. **Microfost's DirectX 8.1 SDK** – בשימוש לצורך טכנולוגיית ה- DirectShow (מותקנת מראש בכל מערכות ההפעלה WindowsXP).



4. **Microsoft's MFC** – שימש לצורך בניית ממשק המשתמש. כל קבצי ה- dll הדרושים מצורפים לתוכנה.



5. **ActiveX controls** – שימשו לצורך בניית הממשק והן יחידת ההצגה

הגרפית. ה- AX controls : GuyUIstep.ocx ו- GuyUIstep1P0.ocx

נוצרו ע"י **בני לוטטי** ומצורפים לפרוייקט.

כל קבצי ה- dll וה- ocx הדרושים מצורפים לתוכנה.



6. **VirtualDub** – בשימוש שימש לצורך קידוד מחודש ודחיסה של קובץ

הוידאו המוקלט ופותח ע"י **Avery Lee**.

מופץ תחת ה- GNU General Public License.

סביבות פיתוח



1. **Microsoft's Visual C++ 6.0**



2. **Microsoft's Visual Basic 6.0**



שטח עבודה, מחשוב וציוד נוסף סופק ע"י ה- ISL (Intelligent Systems Lab), הטכניון, חיפה.



2. צילום תמונת הפרח מהלוגו של *SAVion* – Jessica.



3. תמונות מודל האדם בתנועה – בשימוש מהמוצר החופשי It'sMe . Motion Editor V 1.0

מקורות

OpenCV

מדריך לימודי ל – OpenCV של Robert Lagani?re:

<http://www.site.uottawa.ca/~laganier/tutorial/opencv+directshow/cvision.htm>

מסמכי תיעוד של ה – OpenCV :

<http://www.cs.bham.ac.uk/resources/courses/robotics/doc/opencvdocs/>

חומר עזר נוסף ב – Yahoo Groups :

<http://groups.yahoo.com/group/OpenCV/>

אלגוריתם ה - Condensation

פירוט ותיאור האלגוריתם :

http://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/CVonline/LOCAL_COPIES/ISARD1/condensation.html

Tracking "bouncing balls" using Kalman Filters and Condensation by Tracy Petrie

<http://www.marcad.com/cs584/Tracking.html>

הערך "Particle Fileters" ב – wikipedia :

http://en.wikipedia.org/wiki/Particle_filter

DirectShow

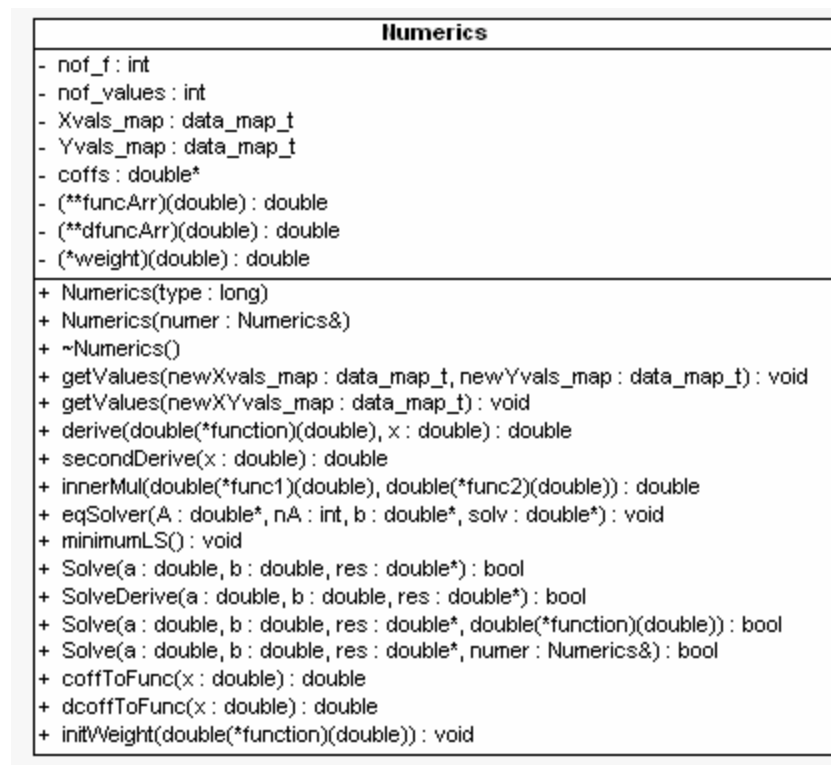
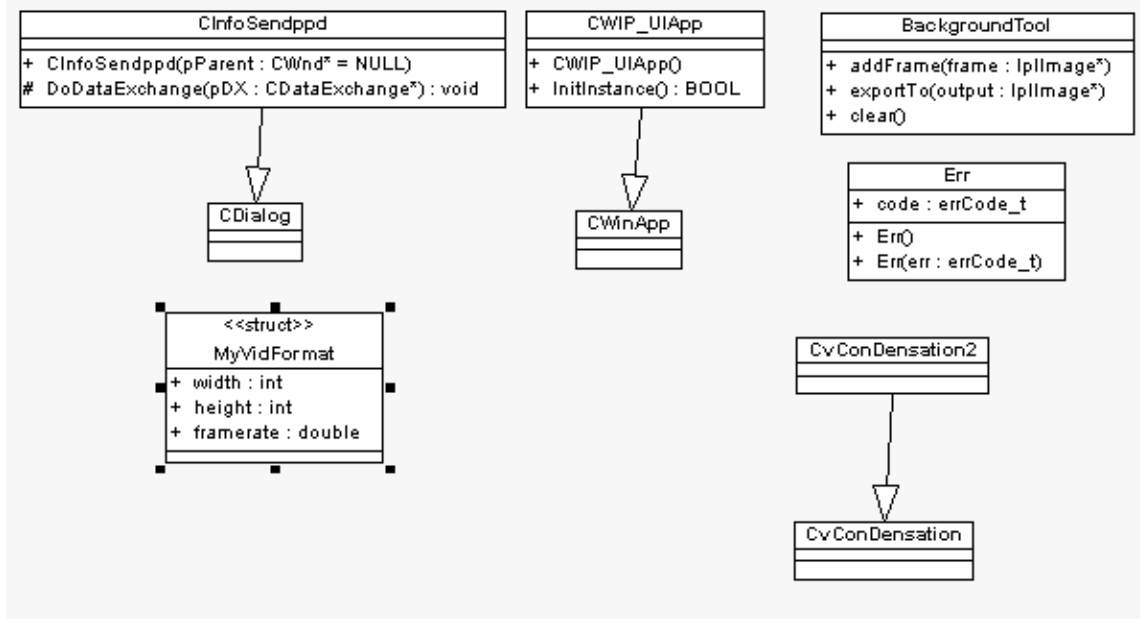
הקוד המבוסס על – DirectShow פותח תוך שימוש במדריך של Robert Lagani?re, שימוש בתיעוד ספריית ה – cvcam, קריאה מתמדת ב – msdn.com ועזרה במקום של חברי הסגל ועובדי המעבדה.

תודה, מקרב לב ל:

בני לוטטי על תרומתו לפיתוח יחידת ההצגה הגרפית CharPage.

רון קיידר על תרומתו בכל פרט טכני והן ייעוץ והכוונה במהלך הפרויקט.

Class Diagrams - 'נספח א'



Skeleton
+ orientation_map : orientation_map_t + orientation : orientation_t - skeleton_map : skeleton_map_t - partCode_index_map : partCode_index_map_t - trackerCount : int + Skeleton() + createTrackPoint(partCode : int) : void + addPoint(index : int, frameN : int, point : CvPoint) : void + getMap(partCode : int) : time_cord_map_t + getXvalueMap(tc_map : time_cord_map_t) : time_value_map_t + getYvalueMap(tc_map : time_cord_map_t) : time_value_map_t + getXvalueMap(partCode : int) : time_value_map_t + getYvalueMap(partCode : int) : time_value_map_t + bodyPartRecorded(partCode : int) : bool + nofRecords() : int + recordLenght() : long + set_orientation(orient : int) : void + orientationReady() : bool + getOrientation() : orientation_t

```

- buildOnCapture(frame : IplImage*) : void
- calcLevels() : void
- doLevels() : void
- ShowCamVideo(hwnd : HWND) : int
- freeTrackers() : void
+ CamShift()
+ init() : void
+ load() : void
+ close() : void
+ process(opm : op_mode_t) : void
+ on_mouse(event : int, x : int, y : int, flags : int) : void
+ set_pause(_n1 : flow_control_t) : void
+ set_back_p(_n1 : bool) : void
+ set_target_file(string : std::string) : void
+ key_controls() : void
+ usage_report(_n1 : IplImage*) : void
+ update_motion_state() : void
+ loadTrackbars(winName : std::string = "") : void
+ show_images() : void
+ shutDown() : void
+ allowNewTracker() : void
+ recorderCallBack(image : IplImage*) : void
+ startVideoRecording() : void
+ stopVideoRecording() : void
+ recorderProcessingUsingCvCam() : void
+ recorderProcessing() : void
+ recorderSwitch(switchMode : int = 1) : void
+ resetTrackersData() : void

```

CamShift
- image : IplImage* - hsv : IplImage* - mask : IplImage* - backproject : IplImage* - histing : IplImage* - alpha : IplImage* - hueCh : IplImage* - satCh : IplImage* - valCh : IplImage* - redCh : IplImage* - blueCh : IplImage* - greenCh : IplImage* - sfx_image : IplImage* - ABS_map : IplImage* - cvCapture : CvCapture* - select_object : int - track_object : int - show_hist : int - origin : CvPoint - selection : CvRect - selection_clean : CvRect - pause : flow_control_t - delay_val : int - target_filename : std::string - quit : bool - motion_map : IplImage* - font : CvFont - binary_threshold : int - use_binary_threshold : int - hist_threshold : int - Tracker_map : Tracker_map_t - trackerCount : int - selectedTracker : int - AVWriter : CvVideoWriter* - opMode : op_mode_t - resourcesBuilt : bool - show_skeleton : bool - imagesRotated : int - levels : Levels - levelsRunning : int - levels_x : int - levels_y : int - use_levels : int - show_video : int - vidFmt : VidFormat - recordingInProgress : int - SeqP : SequenceProcessor - BG_recording : int + use_auto_tune : int + use_erode : int + use_dilate : int + use_motion : int + run_motion : int + backproject_mode : int + mask_mode : int + xor_mode : int + use_mask : int + use_blur : int + use_hist_threshold : int + show_stars : int + show_CamShiftControls : int + show_CondensationControls : int + frameNumber : int + newTrackerAllowed : int + levelsStat : int + use_ABS : int + show_ABS : int

Analyzer
<ul style="list-style-type: none"> - results_map : results_map_t - NA_map : results_map_t - failed_map : results_map_t - f_out : FILE* - mainFloorLine : double - mainPopDist : double - ballHitTime : double - floorHitFrame : double
<ul style="list-style-type: none"> + Analyzer() + DoAnalysis() : void - cut(itr_start : data_map_t::iterator, itr_end : data_map_t::iterator) : Cut - cut(data_map : data_map_t&, begin : int, end : int) : Cut - findFloorLine(values : data_map_t, aCut : Cut) : double - findPopularDistFromFL(values : data_map_t, floor_line : double, aCut : Cut) : double - findMin(values : data_map_t, aCut : Cut) : double - findFrameMin(values : data_map_t, aCut : Cut) : int - findIteratorMin(values : data_map_t&, aCut : Cut) : data_map_t::iterator - findMax(values : data_map_t, aCut : Cut) : double - findFrameMax(values : data_map_t, aCut : Cut) : int - findIteratorMax(values : data_map_t&, aCut : Cut) : data_map_t::iterator - isViolating(val : double, floorLine : double, popDist : double) : bool - findAirTime(values : data_map_t, floor_line : double, pop_dist : double, startFrame : int*, endFrame : int*, aCut : Cut) : void - analyzeFootAirTime() : void - analyzeDoubleFootAirTime() : void - analyzeFloorLine() : void - findFloorDepartureFrame(values : data_map_t, aCut : Cut) : int - findFloorContactFrame(values : data_map_t, aCut : Cut) : int - findValleyStartitr(values : data_map_t&, aCut : Cut) : Analyzer::data_map_t::iterator - findValleyEnditr(values : data_map_t&, aCut : Cut) : Analyzer::data_map_t::iterator - findFirstHillTopitr(values : data_map_t&) : Analyzer::data_map_t::iterator - findSecondHillTopitr(values : data_map_t&) : Analyzer::data_map_t::iterator - findIntersection(mapA : data_map_t, startIndexA : int, endIndexA : int, ls_typeA : long, mapB : data_map_t, startIndexB : int, endIndexB : int, ls_typeB : long, solLeft : double, solRight : double, debug_record : int) : double - findFloorTimesLS(data_mapA : data_map_t, data_mapB : data_map_t, departureTime : double*, contactTime : double*, analysis_type : int) : void - analyzeBallDeparture() : double - analyzeBallArrival() : double - analyzeFootAirTimeLS() : void - analyzeDoubleFootAirTimesLS() : void - analyzeMaxHeights() : void - analyzeBallTimes() : void - analyzeBallHit() : void - analyzeFootAngle(hitFrame : double = -1) : void - pixel2MeterX(pixelVal : int) : double - pixel2MeterY(pixelVal : int) : double - findClosestTo(solSet : std::set<double>, approx : double) : double - findAllIntersectionsHelper(solSet : std::set<double>&, numerA : Numerics&, numerB : Numerics&, solLeft : double, solRight : double) : void - findAllIntersections(mapA : data_map_t, startIndexA : int, endIndexA : int, ls_typeA : long, mapB : data_map_t, startIndexB : int, endIndexB : int, ls_typeB : long, solLeft : double, solRight : double, debug_record : int) : std::set<double> - findAllIntersections(mapA : data_map_t&, startitrA : data_map_t::iterator, enditrA : data_map_t::iterator, ls_typeA : long, mapB : data_map_t&, startitrB : data_map_t::iterator, enditrB : data_map_t::iterator, ls_typeB : long, solLeft : double, solRight : double, debug_record : int) : std::set<double> - findDeriveZeroMinPoint(data_map : data_map_t, startIndex : int, endIndex : int, ls_type : long) : double - analyzeVertJumpTest() : void - analyzeBoxJumpTest() : void - analyzeBallThrowTest() : void - createVipTestFile() : void - sectionMarkStart(fileName : FILE*, secName : std::string) : void - sectionMarkEnd(fileName : FILE*, secName : std::string) : void - createVTF_report() : void - createVTF_graph() : void - createVTF_description() : void - createVTF_colors() : void - createVTF_video() : void

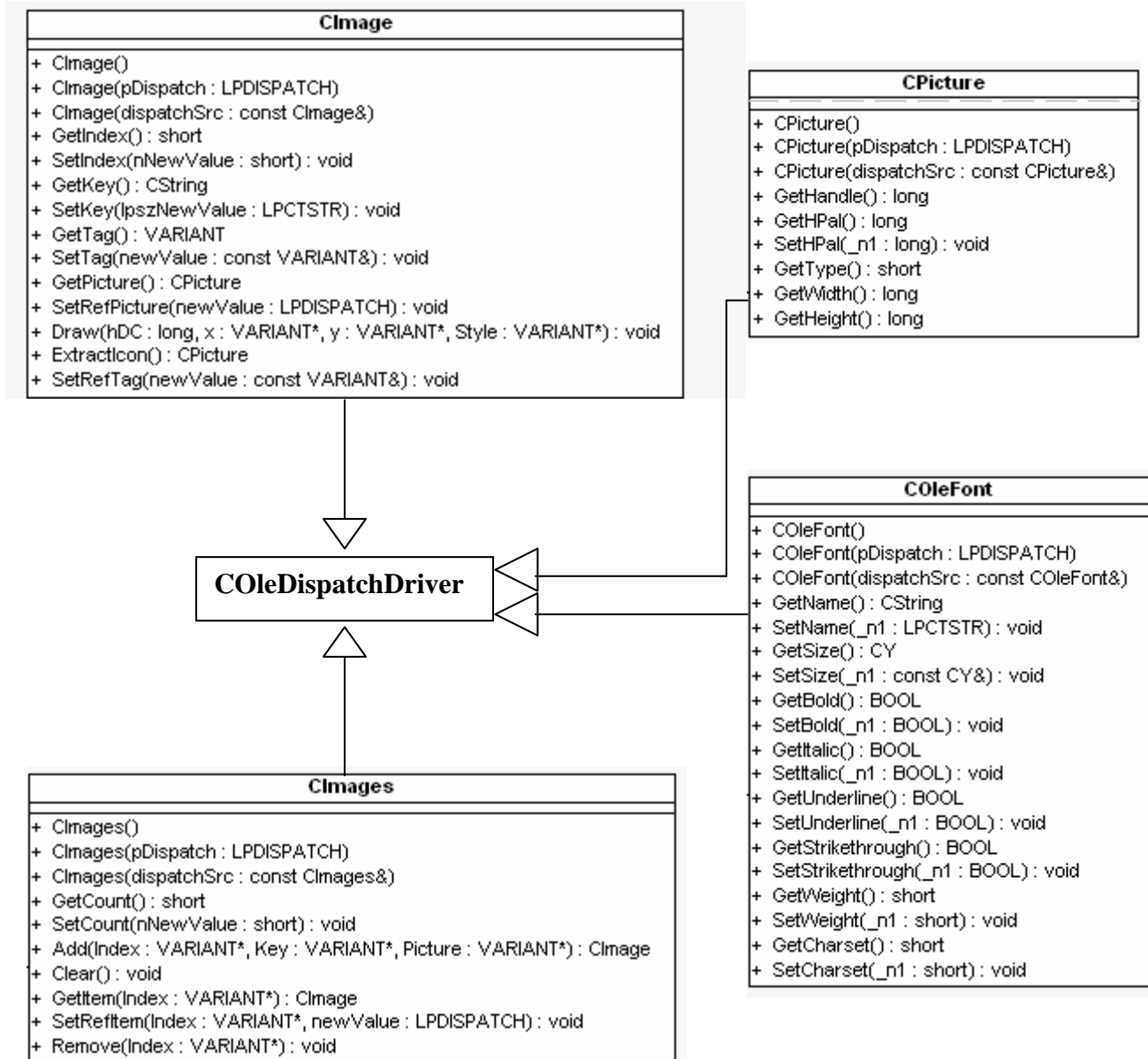
SequenceProcessor
<ul style="list-style-type: none"> - pGraph : IGraphBuilder* - pMediaControl : IMediaControl* - ofilename : WCHAR* - cameraName : CString - camera : int - modified : int - initialized : int - resWidth : int - resHeight : int - the_hWnd : HWND - doPreview : int - doRecording : int - activateFormatPage : int - use_real_resolution : int - constResWidth : int - constResHeight : int
<ul style="list-style-type: none"> - getACameraName() : void - buildFilterGraph() : bool - clearGraph() : void - setOutput(outputfilename : CString) : void - summonFormatPage() : void - summonVideoPage() : void - autoReadResolution() : void - autoSetProperties() : void - runGraph() : void - stopGraph() : void - autoWrite_pmt() : int - autoRead_pmt() : void - autoWrite_xxx() : void - autoRead_xxx() : void + SequenceProcessor() + ~SequenceProcessor() + init() : void + shutDown() : void + Start(runState : int) : void + Stop() : void + doFormatPage() : void + doVideoPage() : void

VIP
<ul style="list-style-type: none"> + tests_map : tests_map_t + bodyPart_name_map : bodyPart_name_map_t + tests_trackers_map : tests_trackers_map_t + trackers_properties_map : trackers_properties_map_t + color_map : color_map_t + sysVars_map : sysVars_map_t + NT_prop : Tracker::NT_properties + recordingSkeleton : int + meterDist : double + pixel2MeterRatio : double + testType : int + skeleton : Skeleton* + FPSrate : double + levels : CamShift::Levels + inputFileName : std::string + vtf_currFileName : std::string + vtf_prevFileName : std::string + vtf_reverseFileName : std::string + avi_currFileName : std::string + avi_prevFileName : std::string + avi_reverseFileName : std::string + appPath : std::string + commFileName : std::string + newProccesingDone : bool + noProcessingDone : bool + recordingVideo : bool + currRecordingAviFile : std::string + currArchiveAviFile : std::string + rawVideoFileName : std::string + rawVideoFPAN : std::string + virtualDubDirName : std::string + virtualDubProgramTitle : std::string + scriptFPAN : std::string + scriptCopyFPAN : std::string + sysVarsFPAN : std::string + virtualDubResizeString : std::string + virtualDubDivx6String : std::string + virtualDubHuffyuvString : std::string + virtualDubAudioSetupString : std::string + virtualDubVideoSetupString : std::string + background : IplImage* + BHred : byte + BHgreen : byte + BHblue : byte + ballHitX : int + ballHitY : int + pmt_data : AM_MEDIA_TYPE + pmt_set : int + pmt_camName : std::string + pmt_pVih_data : VIDEOINFOHEADER + inputSource : int + BGTool : BackgroundTool + BG_built : int + reportOnErrors : int + breakOnErrors : int + analysis_err : Err + resizeVideoOnCompression : int + clearVideosFolderOnStartup : int + saveSmallArchiveVideo : int + blurImageOnProcessing : int

```

+ VIP()
+ ~VIP()
+ buildDateTime() : std::string
+ prepNextWmfFile() : void
+ prepNextRecordingAviFile() : void
+ revertLastFile() : void
+ resetSkeleton() : void
+ resetPreProcessingData() : void
+ resetPreRecordingData() : void
+ resetPreCalibrationData() : void
+ resetPreAnalysisData() : void
+ saveCalibData() : void
+ loadCalibData() : int
+ recompressAvi() : int
+ load_pmt() : void
+ save_pmt(currCamName : std::string) : void
+ validateCamera_pmt(activeCamName : std::string) : int
+ validateOutputFile(outputFile : std::string) : int
+ save_sysVars() : void
+ load_sysVars() : void
+ reportExp(errCode : Err::errCode_t, author : std::string) : void
+ doVDub(inputFile : std::string, outputFile : std::string, compressString : std::string) :
    int
+ clearVideosFolder() : void
+ getSysVarsValue(str : char*, defVal : double) : double

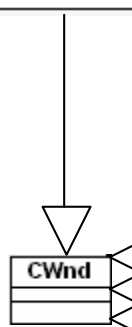
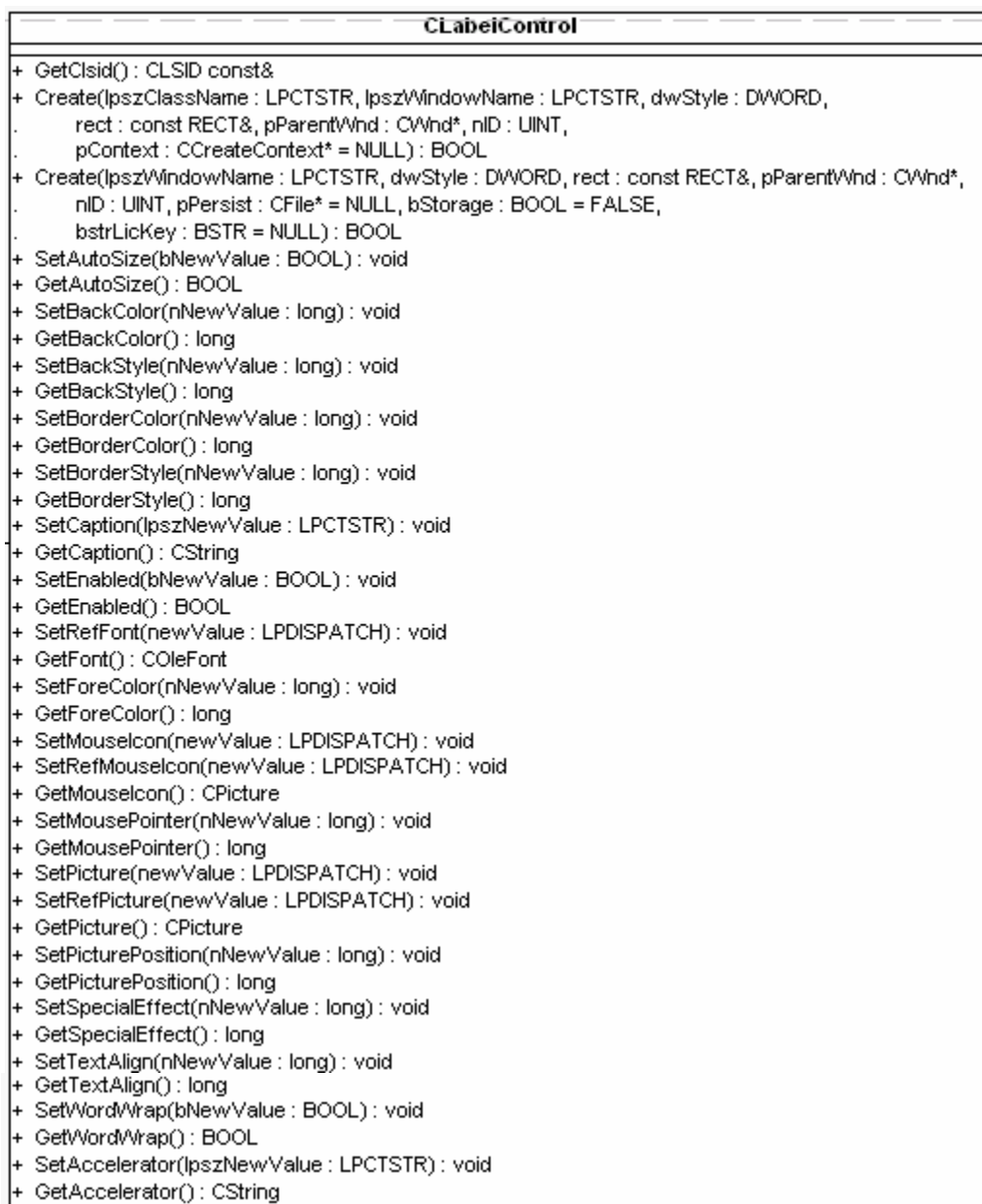
```



CImageList1
<ul style="list-style-type: none"> + GetClsid() : CLSID const& + Create(lpszClassName : LPCTSTR, lpszWindowName : LPCTSTR, dwStyle : DWORD, rect : const RECT&, pParentWnd : CWnd*, nID : UINT, pContext : CCreateContext* = NULL) : BOOL + Create(lpszWindowName : LPCTSTR, dwStyle : DWORD, rect : const RECT&, pParentWnd : CWnd*, nID : UINT, pPersist : CFile* = NULL, bStorage : BOOL = FALSE, bstrLicKey : BSTR = NULL) : BOOL + GetImageHeight() : short + SetImageHeight(nNewValue : short) : void + GetImageWidth() : short + SetImageWidth(nNewValue : short) : void + GetMaskColor() : unsigned long + SetMaskColor(newValue : unsigned long) : void + GetUseMaskColor() : BOOL + SetUseMaskColor(bNewValue : BOOL) : void + GetListImages() : CImages + SetRefListImages(newValue : LPDISPATCH) : void + GetHImageList() : long + SetHImageList(nNewValue : long) : void + GetBackColor() : unsigned long + SetBackColor(newValue : unsigned long) : void + Overlay(Key1 : VARIANT*, Key2 : VARIANT*) : CPicture

CCommandButton
<ul style="list-style-type: none"> + GetClsid() : CLSID const& + Create(lpszClassName : LPCTSTR, lpszWindowName : LPCTSTR, dwStyle : DWORD, rect : const RECT&, pParentWnd : CWnd*, nID : UINT, pContext : CCreateContext* = NULL) : BOOL + Create(lpszWindowName : LPCTSTR, dwStyle : DWORD, rect : const RECT&, pParentWnd : CWnd*, nID : UINT, pPersist : CFile* = NULL, bStorage : BOOL = FALSE, bstrLicKey : BSTR = NULL) : BOOL + SetAutoSize(bNewValue : BOOL) : void + GetAutoSize() : BOOL + SetBackColor(nNewValue : long) : void + GetBackColor() : long + SetBackStyle(nNewValue : long) : void + GetBackStyle() : long + SetCaption(lpszNewValue : LPCTSTR) : void + GetCaption() : CString + SetEnabled(bNewValue : BOOL) : void + GetEnabled() : BOOL + SetRefFont(newValue : LPDISPATCH) : void + GetFont() : COleFont + SetForeColor(nNewValue : long) : void + GetForeColor() : long + SetTakeFocusOnClick(bNewValue : BOOL) : void + GetTakeFocusOnClick() : BOOL + SetLocked(bNewValue : BOOL) : void + GetLocked() : BOOL + SetMouseIcon(newValue : LPDISPATCH) : void + SetRefMouseIcon(newValue : LPDISPATCH) : void + GetMouseIcon() : CPicture + SetMousePointer(nNewValue : long) : void + GetMousePointer() : long + SetPicture(newValue : LPDISPATCH) : void + SetRefPicture(newValue : LPDISPATCH) : void + GetPicture() : CPicture + SetPicturePosition(nNewValue : long) : void + GetPicturePosition() : long + SetAccelerator(lpszNewValue : LPCTSTR) : void + GetAccelerator() : CString + SetVordWrap(bNewValue : BOOL) : void + GetVordWrap() : BOOL

CMdcOptionButton
+ GetClsid() : CLSID const& + Create(lpszClassName : LPCTSTR, lpszWindowName : LPCTSTR, dwStyle : DWORD, . rect : const RECT&, pParentWnd : CWnd*, nID : UINT, . pContext : CCreateContext* = NULL) : BOOL + Create(lpszWindowName : LPCTSTR, dwStyle : DWORD, rect : const RECT&, pParentWnd : CWnd*, . nID : UINT, pParentWnd : CFile* = NULL, bStorage : BOOL = FALSE, . bstrLicKey : BSTR = NULL) : BOOL + SetAccelerator(lpszNewValue : LPCTSTR) : void + GetAccelerator() : CString + SetAlignment(nNewValue : long) : void + GetAlignment() : long + SetAutoSize(bNewValue : BOOL) : void + GetAutoSize() : BOOL + SetBackColor(nNewValue : long) : void + GetBackColor() : long + SetBackStyle(nNewValue : long) : void + GetBackStyle() : long + SetCaption(lpszNewValue : LPCTSTR) : void + GetCaption() : CString + SetEnabled(bNewValue : BOOL) : void + GetEnabled() : BOOL + SetRefFont(newValue : LPDISPATCH) : void + GetFont() : COleFont + SetForeColor(nNewValue : long) : void + GetForeColor() : long + SetLocked(bNewValue : BOOL) : void + GetLocked() : BOOL + SetMouseIcon(newValue : LPDISPATCH) : void + SetRefMouseIcon(newValue : LPDISPATCH) : void + GetMouseIcon() : CPicture + SetMousePointer(nNewValue : long) : void + GetMousePointer() : long + SetPicture(newValue : LPDISPATCH) : void + SetRefPicture(newValue : LPDISPATCH) : void + GetPicture() : CPicture + SetPicturePosition(nNewValue : long) : void + GetPicturePosition() : long + SetSpecialEffect(nNewValue : long) : void + GetSpecialEffect() : long + SetTripleState(bNewValue : BOOL) : void + GetTripleState() : BOOL + SetValue(newValue : VARIANT*) : void + GetValue() : VARIANT + SetWordWrap(bNewValue : BOOL) : void + GetWordWrap() : BOOL + SetGroupName(lpszNewValue : LPCTSTR) : void + GetGroupName() : CString + SetTextAlign(nNewValue : long) : void + GetTextAlign() : long



Tracker

```

- tracking : int
- track_window : CvRect
- track_comp : CvConnectedComp
- track_box : CvBox2D
- vmin : int
- vmax : int
- smin : int
- smax : int
- enlarge_ratio_i : int
- enlarge_ratio : float
- binary_threshold : int
- hist_threshold : int
- iters : int
- epsilon : int
- mask : IplImage*
- alpha : IplImage*
- backprojectOrig : IplImage*
- hdims : int
- hdimsSat : int
- hranges_arr : float[2]
- hranges : float*
- hrangesSat : float*
- hist : CvHistogram*
- histOrig : CvHistogram*
- histAmp : CvHistogram*
- histSat : CvHistogram*
- histTempHue : CvHistogram*
- ConDens : CvConDensation*
- CD_StateSize : int
- CD_NoOfSamples : int
- CD_CompareSize : int
- CD_minConfidence : float
- CD_minConfidence_i : int
- useHueHistUpdate : int
- hueUpdateConfidenceThreshold : float
- hueUpdateRate : float
- hueUpdateWidth : int
- hueUpdateHeight : int
- hueUpdateStartTotalConfidence : double
- trackerActive : bool
- densSize : int
- startHueDens : double
- prevNeedAmp : bool
- needUse_maskRedecide : bool
+ self_count : int
+ tozero_threshold : int
+ use_hist_threshold : int
+ use_auto_tune : int
+ use_erode : int
+ use_dilate : int
+ use_mask : int
+ use_binary_threshold : int
+ use_hist_amplification : int
+ use_acc : int
+ show_stars : int
+ backproject_mode : int
+ showCross : int
+ use_tozero_threshold : int
+ show_alpha : int
+ show_backprojectOrig : int
+ forcedUse_mask : int
+ CD_randStd : int
+ backproject : IplImage*

```

```

- enlarge(image : const IpImage&, track_window : CvRect*, enlarge_ratio : float = -1.0) :
  void
- CalcConDensationConfidence(_n1 : IpImage*) : void
- auto_tune(_n1 : IpImage*, _n2 : IpImage*, _n3 : CvRect) : void
- DrawConDensation(_n1 : IpImage*) : void
- buildHistogram(hueCh : IpImage*, selection : CvRect) : void
- calcLocalHueDens(hueCh : IpImage*) : double
- buildBackProjectionMap(hsv : IpImage*, hueCh : IpImage*, satCh : IpImage*, valCh : IpImage*) : void
- auto_decide_use_mask(hsv : IpImage*, hueCh : IpImage*, satCh : IpImage*, valCh : IpImage*) : void
+ get_count() : int&
+ Tracker(NT_prop : NT_properties)
+ ~Tracker()
+ Set(hsv : IpImage*, hueCh : IpImage*, satCh : IpImage*, valCh : IpImage*,
  selection : CvRect) : void
+ Track(hsv : IpImage*, hueCh : IpImage*, satCh : IpImage*, valCh : IpImage*) : void
+ draw(dst_image : IpImage*) : void
+ getPos() : CvPoint
+ hueHistUpdate(hueCh : IpImage*) : void
+ static_CondensReInitRandom(x : int) : void
+ color() : CvScalar

```

Intel License Agreement – נספח ב'

Intel License Agreement For Open Source Computer Vision Library

Copyright (C) 2000, Intel Corporation, all rights reserved.
Third party copyrights are property of their respective owners.

Redistribution and use in source and binary forms, with or without modification, are permitted provided that the following conditions are met:

- * Redistribution's of source code must retain the above copyright notice, this list of conditions and the following disclaimer.
- * Redistribution's in binary form must reproduce the above copyright notice, this list of conditions and the following disclaimer in the documentation and/or other materials provided with the distribution.
- * The name of Intel Corporation may not be used to endorse or promote products derived from this software without specific prior written permission.

This software is provided by the copyright holders and contributors "as is" and any express or implied warranties, including, but not limited to, the implied warranties of merchantability and fitness for a particular purpose are disclaimed. In no event shall the Intel Corporation or contributors be liable for any direct, indirect, incidental, special, exemplary, or consequential damages (including, but not limited to, procurement of substitute goods or services; loss of use, data, or profits; or business interruption) however caused and on any theory of liability, whether in contract, strict liability, or tort (including negligence or otherwise) arising in any way out of the use of this software, even if advised of the possibility of such damage.