

# "כשכל הכוכבים מסתדרים" סיפורה של קהילה טכנולוגית רב־ארגונית משולבת תעשייה בתחום הראייה הממוחשבת

רס"ן י' - מוביל מיזם סטארטרק, משרת באמ"ן

## מבוא

לקראת סוף 2019 הוקם מיזם בשם "סטארטרק" – מיזם טכנולוגי ייחודי בתחום הראייה הממוחשבת הכולל גופים טכנולוגיים מזרועות שונות בצה"ל וגופים נוספים מקהילת המודיעין, בשילוב הדוק עם חברות אזרחיות. הגופים פועלים במשותף לטובת פיתוח מענים טכנולוגיים לצרכים מודיעיניים ומבצעיים מגוונים המבוססים על אנליטיקות למיצוי של תמונה ווידיאו.

**לקראת סוף 2019 הוקם מיזם בשם "סטארטרק" - מיזם טכנולוגי ייחודי בתחום הראייה הממוחשבת הכולל גופים טכנולוגיים מזרועות שונות בצה"ל וגופים נוספים מקהילת המודיעין, בשילוב הדוק עם חברות אזרחיות. הגופים פועלים במשותף לטובת פיתוח מענים טכנולוגיים לצרכים מודיעיניים ומבצעיים מגוונים המבוססים על אנליטיקות למיצוי של תמונה ווידיאו**

מיזם זה משמש כתשתית מאפשרת לשיתופי פעולה טכנולוגיים, הכוללים שיתוף ידע, שיתוף יכולות שפותחו ופיתוח פרויקטים משותפים. בשילוב עם מפא"ת, המיזם גם משלב חברות אזרחיות מתחום הראייה הממוחשבת בתוך הפרויקטים במיזם, בצורה הדוקה ומבוססת ישיבה משותפת.

המאמר פותח בסיפור שצובע את שיטת ההתנהלות במיזם ויתרונותיה. לאחר מכן מציג דוגמאות לצרכים מבצעיים שפרויקטי ראייה ממוחשבת יכולים לתת להם מענה. בהמשך אסקור

את הפערים שהביאו להקמת המיזם ואת התפיסה הארגונית של המיזם אשר יכולה להיות מקור השראה לארגונים אחרים, בדגש על שיתוף פעולה בין גופים טכנולוגיים ושילוב חברות אזרחיות.

## סיפור פתיחה

לפני שבע שנים החל חיל האוויר לבצע גיחות איסוף מבצעיות על בסיס סנסור וויזינטי שפותח על ידי חברה אזרחית. ייחודיות הסנסור היא יכולת ספיקת שטח רחבה, אשר בשילוב כמה אנליטיקות ראייה ממוחשבת, מאפשרת לאתר ולזהות כל אירוע מודיעיני מעניין המתרחש בשטח הכיסוי. יכולת האיסוף הזו נקראת "אחיזת שטח". אך עד היום השימוש העיקרי בסנסור מבוצע

באופן "ידני" על ידי המפענחים בפיקודים ובחטיבות, בדומה לשימוש בחוזי אווירי באונה צרה ("קשית"), תוך שילוב אנליטיקה בסיסית בלבד שפותחה על ידי החברה ביציאה לדרך וסופקה עם הסנסור.

במסגרת תהליכי הייזום המבוצעים במיזם סטארטק בוצעה העמקה בפערים מודיעיניים-מבצעיים שעבורם אפשר לפתח מענה בעזרת אנליטיקות ראייה ממוחשבת אשר יופעלו על המידע הוויזינטי העצום שהסנסור אוסף. מתוך אנליטיקות אחדות שנבחנו בלטה אנליטיקה אחת שתוכל להיות בסיס למתן המענה לרוב הפערים המודיעיניים-מבצעיים הקיימים. השלב הבא היה לבחון האם אנליטיקה זו, שהיא למעשה תהליך אלגוריתמי המורכב מכמה מודלים, תוכל לספק מענה לצורך.

כדי להפחית סיכונים הוחלט לצאת לבדיקת היתכנות טכנולוגית ממוקדת לאותה אנליטיקה. ההיכרות הקרובה של החברה עם מאפייני הסנסור הפכו אותה למועמדת מתאימה. אמ"ן ומפא"ת הוציאו עם החברה הזמנה לפיתוח מדגים ליכולת. כלומר המחקר ימומן במשותף והתכולות שיפותחו יהיו בשימוש מבצעי בצבא וגם בשימוש עסקי של החברה והיא תוכל למכור את התכולות במסגרת עסקה לרכש או שדרוג סנסורים מול מדינה זרה (תחת ההגבלות המוכרות של משרד הביטחון).

לצורך המשימה גייסה החברה חוקר ראייה ממוחשבת. מכיוון שלא שולבו חוקרים נוספים מטעם אמ"ן, החליטה החברה שהחוקר ישב במשרדי החברה כחלק מצוות מצומצם העוסק באלגוריתמים מגוונים. כעבור חודשיים התקיים דיון סטטוס מנהלים שבמהלכו הציג החוקר את ההתקדמות במחקר. לאחר שהועלו כמה הצעות לבחינה מחקרית, ואף שהחברה עדיין לא לקחה רשמית חלק במיזם, הוחלט לקיים פאנל שבו החוקר יציג לעומק את הדילמות המחקריות וכל חוקרי סטארטק יוכלו לחוות את דעתם המקצועית. פאנל שכזה מתקיים בין משתתפי המיזם בכל פעם שמתניעים פרויקט או נתקלים באתגר משמעותי ורוצים להיעזר בפורום. לאחר הפאנל המוצלח, התגבשה בחברה ההבנה שקיים יתרון לישיבה בסביבה שמתמקדת בפרויקטי ראייה ממוחשבת, ובסופו של דבר העבירה את החוקר למשרדי המיזם.

לאחר כניסתו של החוקר למיזם, התקיימו כמה פגישות ספונטניות בינו לבין חוקרים במיזם, שהתעניינו בעיסוקו. בעקבות פגישות אלה נמצאו כיווני מחקר טובים יותר ונעשו שינויים בהתאם. נוסף על כך עבור אימון של אחד המודלים בתהליך האלגוריתמי, עלה צורך באיסוף של עשרות אלפי צילומים של הסנסור ותיוגם באופן ידני. תהליך זה היה נמשך שבועות אחדים ודורש לגייס כוח אדם ייעודי למשימה, אשר היה "נוגס" מתקציב המחקר ודוחה את לוח הזמנים של הפיתוח. התברר שלצוות של חיל האוויר שמורים בארכיון צילומים מתויגים מפרויקט עבר, אשר נתנו מענה בדיוק לצורך, ובכך נחסך תהליך התיוג.

המחקר ממשיך להתבצע בתוך מיזם סטארטק, ולאחר שהאנליטיקה תגיע לביצועים מספקים, ננצל את הישיבה המשותפת במיזם כדי לחבר בצורה הדוקה את צוותי ההנדסה של 8200, שיאפשרו הרצה יעילה של האנליטיקה בתוך רשת אמ"ן על כל החומרים הרלוונטיים והנגשה של התוצרים למשתמשי הקצה אותם מפענחים בפיקודים ובחטיבות.

## יתרונות השילוב של אנליטיקות ראייה ממוחשבת בפיתוח מענים לצרכים מבצעיים

אין צורך להרחיב במילים על פריצת הדרך הטכנולוגית של תחום הראייה הממוחשבת שהתחילה לפני קרוב לעשור, עם שילוב הרשתות העמוקות (Deep Neural Networks) והמעבדים הגרפיים (GPU), שאפשרו חישובים מהירים והגעה לביצועים טובים בכמה אלגוריתמים שימושיים. להלן דוגמאות אחדות להמחשת אלגוריתמי ראייה ממוחשבת:

**ישנם כמה תרחישים שבהם יש יתרון לשילוב אלגוריתם ראייה ממוחשבת לביצוע משימות מבצעיות, אשר אדם לבדו יבצע בצורה פחות אפקטיבית.**

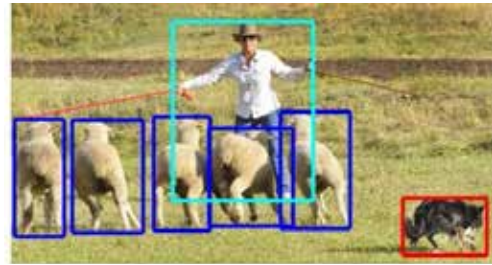
התרחיש הראשון מנצל את **מהירות העיבוד של מכונה במשימת סריקה**. לצורך המחשה, נניח שהמאמר סרוק בפורמט תמונה ופונקציית החיפוש (Ctrl+F) אינה קיימת. אם היית נדרש לספור את כמות הפעמים שבהן מופיעה המילה "ראייה" במאמר, זה היה לוקח כמה עשרות שניות. מכונה תוכל לעשות זאת בכמה מאיות השנייה. היתרון בקצב העיבוד בא לידי ביטוי כאשר יש כמויות עצומות של חומרים לעבור עליהם, למשל איתור משאיות בגיחות צילום של שטחים נרחבים או שליפת תמונה של רכב לפי הדגם ומספר לוחית הרישוי שלו מתוך מאגר עצום של תמונות ממצלמות אבטחה. הנושא אף מתחדד כאשר נדרש לבצע את הסריקה עבור משימות התרעה בזמן אמת וכל שנייה עלולה להשפיע על הצלחת המשימה.

התרחיש השני מנצל את היכולת לשכפל את המודל **ולהתמודד עם כמה תמונות/סרטונים בד בבד**. היתרון בא לידי ביטוי כאשר הצורך המבצעי דורש לצפות בכמה מצלמות וידאו בו זמנית בזמן אמת. למשל, במשימת הגנת גבולות המדינה המבוססת על תצפיתניות איסוף המדלגות בין המצלמות השונות הפרוסות על הגבול וצופות אל עבר שטח האויב במטרה לאתר ולהתריע מפני פעילות עוינת. מספר התצפיתניות בצה"ל מוגבל וקטן ממספר המצלמות בגבולות. כלומר בכל זמן נתון יש מצלמות שאף אחד אינו פנוי להסתכל עליהן. שימוש באלגוריתם ראייה ממוחשבת עשוי להגדיל את האפקטיביות של צה"ל במשימת הגנת הגבולות. בעתיד, כשהשאיפה היא לשפר את האלגוריתם לביצועים טובים יותר, אפשר יהיה לצמצם את מספר תצפיתניות האיסוף ולהביא להתיעלות משאבית.

התרחיש השלישי מנצל את **זיכרון המחשב אשר גדול פי כמה וכמה מיכולת הזיכרון של בן אדם**. דוגמה ראשונה להמחשת הנושא היא אלגוריתם לזיהוי פנים, אשר יש לו כמה שימושים מבצעיים ובמגוון סנסורים. עקרון האלגוריתם הוא לשמור בזיכרון גלריה של פרצופים, וכאשר נכנסת תמונה חדשה, האלגוריתם מאתר את האזור בתמונה שבו נמצאים הפנים, מזהה את תווי הפנים ומשווה לתמונות בגלריה. אדם מסוגל לזכור בין עשרות למאות פרצופים, ואילו המחשב מסוגל להשוות תמונה לגלריה שמכילה מיליוני פרצופים ואף יותר. דוגמה נוספת להמחשה היא גילוי שינויים ביחס לתמונה קודמת: האלגוריתם בשימוש מבצעי עבור גיחות צילום של אותו האזור במועדים שונים, ומצלמות קרקעיות המבצעות סריקה מחזורית על כמה איתורים שהוגדרו מראש. בשני המקרים, המחשב שומר בזיכרון את התמונה האחרונה, משווה אליה את התמונה החדשה ומציג את האזורים שבהם היה שינוי (בית חדש נבנה בשכונה, רכב יצא מהאיתור וכדומה).



Classification



Detection



Segmentation



Instance Segmentation

PIOTR DOLLAR. SEGMENTING AND REFINING IMAGES WITH SHARPMASK

התרחיש הרביעי מנצל את היכולת לבצע את העיבוד בצמוד לסנסור הוויזינטי ("עיבוד בקצה"). בפרויקטים רבים בצה"ל קיימת מגבלה הנדסית ("רוחב הפס") שאינה מאפשרת להעביר את איכות הסרטון המקורית אל המשתמש הצופה (למשל, במצלמות המותקנות בגבול ובהעברת חווי אווירי אל הקרון בקרקע). כדי להתגבר על המגבלה, מבצעים לסרטון "דחיסה" כדי להקטין את כמות המידע שיש להעביר, תוך כדי ניסיון לפגיעה מינימלית באיכות הווידיאו. בפועל, איכות הסרטון המצולם ואיכות הסרטון המתקבל לצפייה שונות משמעותית. במקרים שבהם ההבדל באיכות הווידיאו פוגע בהצלחת המשימה המבצעית, אפשר להתקין מעבד בצמוד לסנסור ולהפעיל עליו את המודל שיבצע את המשימה על הסרטון באיכות המקורית. ישנם מקרים שבהם רוחב הפס צר מכדי להעביר את כל הסרטון לחמ"ל וחייבים לבצע את העיבוד בקצה (רחפנים, כלי רכב אוטונומיים ועוד).

## הרקע להקמת המיזם

לכל גוף בניין כוח, בצה"ל ובגופי הביטחון השונים, ישנו צרכן מבצעי שעבורו מפתחים מענה טכנולוגי לאתגרים המבצעיים. בחלק מהמקרים, הצרכים המבצעיים זהים ורק נדרש להתאים את האלגוריתם לסנסור הספציפי ולמערכת הקצה שבה הצרכן משתמש (למשל, יכולת זיהוי לוחיות רישוי ממצלמות אבטחה). במקרים אחרים, הצורך המבצעי שונה, אך חלקים מתוך הפרויקט זהים (למשל, טיפול ברעידות של המצלמה ואיתור אובייקטים בתמונה או בווידיאו). קהילת הראייה הממוחשבת מחולקת לשני מיזמים - "סטארגייט" ו"סטארטרק". מיזם סטארגייט הוקם לפני כחמש שנים, ומתמקד בפיתוח אלגוריתמים למשימות הפענוח של

תצלומים עיליים, המצולמים על ידי פלטפורמות מגוונות (רחפנים, כלי טיס מאוישים מרחוק, מטוסי צילום ולוויינות) וכוללים סנסורים שונים (אור נראה, טרמי, SAR ועוד). לפני כשנתיים הוחלט להרחיב את מיזם סטארגייט ולהכניס פרויקטים שעוסקים במיזוי של תמונות קרקעיות ("מצלמות אבטחה ומטה") ווידיאו (אווירי וקרקעי, כאשר המרכיב העיקרי הוא ניתוח ההשתנות לאורך זמן, כמו תנועת רכבים). עם הגידול במספר השותפים והפרויקטים הוקם מיזם סטארטרק. **הסיבה הראשונה להקמת המיזם היא מניעת פיתוחים כפולים**, וישנם הרבה כאלו. אפשר לחסוך זמן פיתוח ומשאבים על ידי שימוש ביכולות קיימות או להתניע מראש פיתוח משותף כדי לרכז את המשאבים למטרה משותפת. מכיוון שהזירה המבצעית דינמית ובמהלך הזמן מותנעים פרויקטים חדשים, מושקע חלק מזמן העבודה השוטפת של ניהול המיזם להיכרות עם כל פרויקטי הראייה הממוחשבת של הארגונים השונים וזיהוי הפוטנציאלים למניעת כפילויות.

סיבה נוספת היא הצורך לתת מענה לאתגר שילוב חברות אזרחיות בפרויקטים ביטחוניים. התהליך הסטנדרטי לעבודה עם חברה אזרחית דורש להגדיר במסגרת הוצאת ההזמנה את הצורך המבצעי, המענה הטכנולוגי הרצוי, לוחות הזמנים והתקציב שסוכם. במהלך חייו של הפרויקט, התקשורת מול החברה מתנהלת בדיוני סטטוס עיתיים שמנהל קצין הפרויקט (קפ"ט) מטעם גוף בניין הכוח. פער משמעותי שעולה מסגירת הדרישות מראש הוא שלעיתים קשה להגדיר היטב את הצורך המבצעי או שהצורך משתנה עד שהפרויקט מגיע לתפוקות מבצעיות.

הפער קיים בפיתוח של הרבה פרויקטים מתחומים שונים, ומתחזק במיוחד בפרויקטי בינה מלאכותית וראייה ממוחשבת, שבהם לצרכן המבצעי לרוב אין ידע טכנולוגי המאפשר להבין לעומק "מה הוא הולך לקבל", לקפ"ט הטכנולוגי

**קהילת הראייה הממוחשבת מחולקת לשני מיזמים - "סטארגייט" ו"סטארטרק". מיזם סטארגייט הוקם לפני כחמש שנים, ומתמקד בפיתוח אלגוריתמים למשימות הפענוח של תצלומים עיליים, המצולמים על ידי פלטפורמות מגוונות וכוללים סנסורים שונים. לפני כשנתיים הוחלט להרחיב את מיזם סטארגייט ולהכניס פרויקטים שעוסקים במיזוי של תמונות קרקעיות ווידיאו. עם הגידול במספר השותפים והפרויקטים הוקם מיזם סטארטרק**

אין הבנה עמוקה בצורך המבצעי ובאפיון המימוש הנכון של ממשק אדם-מכונה, וככלל אין לאף אחד ניסיון רב בפיתוח פרויקטים ביטחוניים המשלבים ראייה ממוחשבת מכיוון שהטכנולוגיה הבשילה רק בשנים האחרונות. מכאן נולד כיוון חדש לשילוב חברות אזרחיות. מכניסים נציגים של החברה לעבוד בתוך המיזם, "כתף אל כתף" עם גופי הפיתוח הביטחוניים, ובניהול צמוד של רמ"ד הפיתוח, כך שהגמישות בהתאמת הפרויקט לצורך המבצעי המתגבש הופכת לאפשרית. ארחיב על כך בהמשך.

## אבני היסוד להצלחת המיזם

גוף פיתוח שמצטרף למיזם עושה זאת מכיוון שהוא רואה את הערך המוסף המשמעותי בפיתוח הפרויקטים שלו תחת חסות המיזם. משמעות ההשתתפות במיזם כוללת את הצורך בניהול מרחוק של צוותי הפיתוח שנשלחו למיזם, ושיתוף ידע ונכסים בין צוות הפיתוח לשאר משתתפי המיזם. עם השותפים למיזם הגדרנו ארבע אבני יסוד שיביאו למיצוי הפוטנציאל של הישיבה המשותפת:

### השקעה בשלב התנעת הפרויקטים:

פרויקט ראייה ממוחשבת טומן בחובו עלויות משמעותיות שלעיתים מוערכות בחסר על ידי מי שאינו מגיע מהתחום ("תאמן מודל שיזהה את האובייקטים שאבחר, מה הבעיה?"). אתגרים עיקריים בתחום הם:

- **איסוף דאטה מהסנסור המתאים ותיוגו** (יצירת דוגמאות שיגרמו למודל ללמוד את מרחב הבעיה הספציפית). לרוב, תהליך האיסוף והתיוג תופס חלק משמעותי מזמן הפיתוח. מכיוון שזהו הבסיס לפיתוח הפרויקט, כל שינוי כיוון בהגדרת הפרויקט, מניסיון העבר, עלול לגרום השלכה של כל הדאטה המתויג ל"פח", ידרוש איסוף דאטה ותיוגו מחדש, ויגרום לדחייה משמעותית בפיתוח.
- **מציאת מודל מתאים לבעיה** (כזה שיגיע למיצוי הלימוד מהדוגמאות בשלב האימון ויצליח ככל שאפשר על דאטה שלא למד), מתחילה בסקר ספרות כדי להבין מה הכי טוב בשוק ונגיש (Open Source) ולעיתים מחייבת לבצע התאמות למודל קיים עבור הבעיה הספציפית.
- **שימוש בכוח חישוב/עיבוד מתאים** – דורש להתאים את המודל לחומרות העיבוד הקיימות או במקרים רבים רכש והתקנת חומרות ייעודיות ויקרות.
- **שילוב תוצרי המודל במערכת הקצה** – ממשק אדם-מכונה שישפר את אפקטיביות המשתמש בצורה המיטיבית. הניסיון הנצבר בפרויקטי עבר אינו גדול, ולכן נדרש להשקיע הרבה מחשבה באפיון הממשק, שילובו ההנדסי בצורה יעילה, הטמעה אצל המשתמשים השונים (לרוב דורש שינוי תו"ל עבודה ולשכנע את המשתמשים "לסמוך על המערכת") והכנסת תיקונים לאחר חיכוך מבצעי.
- **המשך למידה ושיפורים לאחר מבצע המודל** – מודל ראייה ממוחשבת מספק מענה סטטיסטי (למשל, ב-80% מהמקרים המודל יספק תשובה נכונה וב-20% מהמקרים המודל יטעה. כמובן שניתוח הביצועים האמיתיים יותר מורכב ומנותח על ידי כמה מדדים ולא רק "הצלחה"). גם לאחר שהמערכת מספקת מענה מבצעי חוצה סף, נדרש להמשיך לשפר את המודל על ידי תיוג המקרים בהם הצליח וטעה וביצוע לימוד איטרטיבי על בסיס אותם תיוגים. בשל מורכבות הפיתוח, המשאבים הנדרשים והצורך להתניע את הפרויקט עם כיוון פתרון ממוקד כדי למנוע איסוף ותיוג דאטה לא מתאים, נדרש לבצע תהליך מעמיק של ייזום הפרויקט. כדי ללמוד מניסיון העבר, תהליך הייזום מאחד את השאלות שיש לשאול ביציאה לדרך, ומכיל לקחים ותובנות מכל הפרויקטים הקודמים שפותחו על ידי המשתתפים במיזם – גם מההצלחות וגם מהכישלונות.

התהליך כולל ניתוח של הפער המבצעי, באילו סנסורים חזותיים אפשר לממש פתרון והאם קיימת טכנולוגיה בתחום הראייה הממוחשבת שיכולה לתת מענה לפער המבצעי על בסיס הסנסור החזותי הקיים. אפיון מדויק של המשולש "צורך-סנסור-אלגוריתם" הוא הבסיס להתנעת פרויקט ראייה ממוחשבת מוצלח. לכן העיקרון המנחה הוא להשקיע משמעותית בשלב הייזום ולא לקצר תהליכים - לקבל תשובות לכל השאלות, לראות דוגמאות בעיניים, לנסות לאמן מודל "פשוט" (כדי לדעת שיש פוטנציאל טכנולוגי), לנתח כיצד המודל ישתלב הנדסית בתוך מערכת הקצה הקיימת או לאפיין מערכת חדשה לשימוש במודל ועוד.

### נוהלי שיתוף ידע ונכסים:

אומנם הצרכים המבצעיים שעבורם מפותחים פרויקטים במיזם, שונים מאוד זה מזה, אך בהיבט הטכנולוגי יש לא מעט דמיון בפיתוח הפרויקטים - תהליך הייזום, תהליך תיוג הדאטה, משמעותיות עיבוד החומרים על שרתים גדולים או על חומרת קצה, שיטות לייעול המודלים, שיטות לניטור אלגוריתמי, תהליך אבלואציה מבצעית לבחינת הביצועים לקראת המבצע ועוד. הישיבה הפיזית המשותפת גרמה לחוקרים ולמפתחים להיפגש במסדרונות, כאשר מתוך המפגשים הספונטניים צמחו שיתופי פעולה ותמיכה הדדית בפיתוח. כדי למקסם את פוטנציאל השיתופיות, הוגדרו נהלים פנימיים למיזם שהסדירו את תהליכי השיתוף.

**הישיבה הפיזית  
המשותפת גרמה  
לחוקרים ולמפתחים  
להיפגש במסדרונות,  
כאשר מתוך המפגשים  
הספונטניים צמחו  
שיתופי פעולה ותמיכה  
הדדית בפיתוח. כדי  
למקסם את פוטנציאל  
השיתופיות, הוגדרו  
נהלים פנימיים למיזם  
שהסדירו את תהליכי  
השיתוף**

- **קיום פאנלים לשיתוף ידע** - בכל פעם שצוות מחקר מתחיל פרויקט חדש או נתקל באתגר טכנולוגי, מכנסים את טובי המוחות במיזם לדיון שבו החוקרים מציגים את הפרויקט ואתגריו וכולם יכולים להעיר הערות ולהעלות הצעות. לפי הניסיון שנצבר, כ-60% מתרומתו של קיום הפאנל היא בכך שהחוקר נדרש לסדר לעצמו את המחשבות ולהכין מצגת טכנולוגית שמיועדת לחוקרים ולא רק מצגות לדיוני סטטוס מנהלים. המופע דומה מאוד לנעשה באקדמיה על ידי סטודנטים לתארים מתקדמים.

- **שיתוף נכסים** - "נכס" הוא כלי או קטע קוד שפותח עבור פרויקט מסוים במיזם, ושלא במתכוון יכול לשמש גם פרויקטים אחרים - סוגי מודלים,

כלי תיוג, טיפול מקדים באתגרי וידיאו ועוד. בכל רבעון מבוצע מיפוי של כל הנכסים החדשים שפותחו, מרכזים למסמך פירוט קצר ופרקטי עבור כל נכס (מסמך שחוקרים ומפתחים אחרים יכולים לקרוא ולהבין בכלליות האם זה מה שהם מחפשים) ומשתפים עם כל משתתפי המיזם. לאחר מכן מתקיימים מפגשי העמקה בין צוותים שביניהם הייתה התאמה. אם צוות א' מעוניין

בנכס שפותח בצוות ב', הקוד מועלה למערכת שיתוף קוד (Git) ומשם נלקח לפרויקט החדש. התהליך דומה מאוד לשימוש בקוד Open-Source מהאינטרנט, אך הוא מגיע עם הדרכה צמודה של הכותב, וזה Priceless. נקודה יפה בתהליך היא שחוקרים ומפתחים רוצים שיהיה שימוש נרחב במה שהם פיתחו ולכן הם שמחים לשתף קוד עם צוותים אחרים. אין צורך לרתום ולשכנע אותם לשתף פעולה.

- **קיום מפגשי העשרה טכנולוגיים** – הצגה הדדית של פרויקטים במיזם ותהליכי מחקר ופיתוח, הצגת מאמרים חדשים שפורסמו לאחרונה ועוד.
- הישיבה המשותפת היא גם תשתית מאפשרת לציאה לפרויקטים משותפים שבהם לגוף מסוים יש יתרון בצד המחקרי וגוף אחר מכיר היטב את צד המימוש ההנדסי. במקרים שבהם כולם מעוניינים בפיתוח המשותף, שיתוף פעולה עם גוף אחר לחלוטין, בצבא או במשרד הביטחון, אינו משימה כל כך מורכבת.

### שילוב חברות אזרחיות:

כפי שהוסבר, שילוב של חוקרים ומפתחים מחברות אזרחיות בתוך צוותי המיזם מאפשר לנצל את הניסיון המצטבר של החברה מבלי לפגוע בניהול הטכנולוגי ההדוק של הפרויקט על ידי רמ"ד הפיתוח. בין אם מדובר בחוקר, מפתח או ראש צוות, הוא משולב במדור הטכנולוגי "כמו אחד החיילים", משתתף בכל מופעי הניהול העיתיים (מפגש צוותי יומי, פגישת רש"צים שבועית וכולי) ובכל מופעי ההעשרה והגיבוש. לרוב נקבע יום בשבוע שבו עובדי החברות האזרחיות חוזרים למשרדי החברה כדי להתיעץ לגבי אתגרים בפיתוח וכדי להישאר מחוברים לנעשה בחברה. מדי רבעון מתקיימת פגישת סנכרון בין מוביל המיזם, רמ"ד הפיתוח ונציגי החברה, ובה דנים בתכולות הפיתוח קדימה. לאחר ששיח המנהלים נשאר "ברמת הכותרות", התכנון הרבעוני המדויק מבוצע בתוך צוותי הפיתוח יחד עם עובדי החברה.

ברוב ההתקשרויות ובהתאם לתוכניות העסקיות של החברה, מגדירים שהמימון לשילוב עובדי החברה בפרויקט הוא משותף וכך גם הקניין הרוחני שנוצר (ה-IP). לאחר שהמוצר מגיע לרמת בשלות טובה, החברה יכולה לקחת את הקוד, להטמיע אותו במוצר אזרחי ולמכור למדינות זרות (מבחינה עסקית, שם נמצא "הכסף הגדול"). בהובלת מפא"ת, כל התקשרות נתפרת במיוחד עבור כל חברה – האם המימון משותף, האם התשלום יבוצע לפי תכולות מוגדרות מראש או לפי ספירת שעות העבודה שהושקעו, מה רמת הסיווג של ה-IP ומה יהיה אפשר לעשות איתו אחרי שיבשיל, אילו נכסים החברה מביאה איתה לתוך השותפות ועוד.

### מנקודת המבט של החברות, ישנם כמה יתרונות לצורת העבודה שתוארה:

- הגעה מהירה לחיכוך מבצעי והתאמת המוצר תוך כדי פיתוח.
- שילוב משאבי כוח האדם לפיתוח המשותף (מעבר לתשלום לחברה), הצבא מקצה כוח אדם טכנולוגי איכותי ממיטב תוכניות ההכשרה הצה"ליות לטובת הפרויקט).
- עבודה בתוך הרשתות המסווגות של הצבא, על הדאטה המודיעיני-מבצעי, ושילוב המוצר



- ישירות במערכות הקצה הקיימות (פרויקטים חיצוניים רבים "נופלים" בשלב האינטגרציה של "הקופסה השחורה" שהגיעה מהחברה לתוך מערכות הצבא).
- פוטנציאל לשילוב בפרויקטים נוספים – משעה שהחברה הצטרפה לעבודה במיזם, היא נחשפת, במסגרת מגבלות הסיווג ומניעת שיתוף קניין רוחני בין חברות, לכל הגופים הרב-ארגוניים ולכל הפרויקטים במיזם, והקשר האישי מאפשר להתניע בקלות שיתופי פעולה נוספים.

### מדידת תפוקות מבצעיות:

בתחום הבינה המלאכותית בכלל והראייה הממוחשבת בפרט, אנו מבינים ששלב מדידת התפוקות הוא שלב משמעותי מאוד כדי לבצע התאמות בפרויקט ולתעדף את המשך מדרגות הפיתוח בהתאם לתרומה המבצעית. עם זאת, זהו שלב מורכב מאוד, גם מחשבתית (איך מודדים מוצר שמשתלב בתוך שיטת עבודה של תפקידן קיים ומבינים כמה זה תרם להצלחתו?) גם הנדסית (פיתוח יכולות תיוג במערכת הקצה של הצרכן כדי לקבל ממנו משוב על המערכת) וגם תו"לית (לשכנע את כל התפקידנים השונים להשתמש במערכת ולמלא משוב בד בבד עם ניסיון הצלחה במשימתם). תוך כדי פיתוח, ובעיקר כאשר פרויקט במיזם מגיע לשלב החיכוך המבצעי הראשוני, משקיעים חשיבה משותפת של צוותי המיזם בתהליך מדידת התפוקות הנכון עבור אותו פרויקט.

### סיכום

בשנים הקרובות אנו צפויים לראות בצבא ובגופי משרד הביטחון ייזום של פרויקטים נוספים בתחום הבינה המלאכותית בכלל והראייה הממוחשבת בפרט. בעתיד נגלה עוד הזדמנויות שבהן "כל הכוכבים מסתדרים", שיאפשרו שיתופי פעולה טכנולוגיים בין גופי בניין כוח ושילוב הדוק של חברות אזרחיות בתוך הפרויקטים.

**בשנים הקרובות אנו צפויים לראות בצבא ובגופי משרד הביטחון ייזום של פרויקטים נוספים בתחום הבינה המלאכותית בכלל והראייה הממוחשבת בפרט. בעתיד נגלה עוד הזדמנויות, שיאפשרו שיתופי פעולה טכנולוגיים בין גופי בניין כוח ושילוב הדוק של חברות אזרחיות בתוך הפרויקטים**

זיהוי ההזדמנות בשלב מוקדם בפרויקט, בשאיפה בטרם התחיל המחקר והפיתוח, הוא המפתח למימוש הפוטנציאל הגלום בשיתופי הפעולה. מיזם סטארטק עדיין בשנות ההקמה שלו, ותרומתו לביטחון המדינה עוד תימדד בשנים שיבואו. תהליכי העבודה והתובנות שהוצגו במאמר זה אינם שייכים לשותפי המיזם בלבד, אם כי אין ספק שיותר פשוט לממש אותם כאשר משרת רס"ן שזהו תפקידו. מקווה שמצאתם רעיונות שתוכלו לקחת איתכם ולממש גם בתחומי בניין כוח נוספים.