

# זמן אוויר

מצילומים לחתונות ומשלוחי פיצה, דרך הגשת עזרה ראשונה וחיפוש נעדרים, ועד ניטור זיהום אוויר והדמיות למיזמי נדל"ן. טכנולוגיית הרחפנים הזעירים מתפתחת בקצב מואץ וההמצאות בתחום הולכות ומתרבות. השמיים הם הגבול ← שחר סמוחה



**ב**אחד הבקרים בשבוע שעבר נכנס גיא מדור להונדה ג'או הקטנה שלו בשכונת פלורנטיין בתל אביב ויצא לעוד יום של באזור התעשייה עמק חפר, חנכה לפני שמונה חודשים את המפעל החדש שלה לייצור מזון לחיות משק, ורצתה להציג את התוצאות ללקוחותיה בצילומים שימחישו את גודלו ואת תחכמו של המפעל.

אילו המפעל היה נבנה לפני כמה שנים, היו בעליו מזמינים מסוק ומשלמים בסביבות 3,500 שקלים על כל שעת שימוש (שכוללת כמובן גם את ההגעה מהמנחת שממנו הוא ממריא ואת החזרה אליו). טיים המסוק היה צריך להשיג מראש אישור צילום בתא השטח הרלבנטי, המסוק היה מרעיש, ואת התוצאות אפשר היה לראות רק מאוחר יותר באותו יום. האלטרנטיבה של מדור זולה ופשוטה בהרבה.

הוא מתנה את הג'או שלו במגרש החניה של המפעל, פותח את הרלת האחורית של המכונית ומוציא ממנה כלי טיס קטן וקל - ארבעה וחצי קילוגרמים בסך-הכול. הוא מניח את הרחפן בעל

ארבעת המדפחים על האספלט, מחבר אליו סוללה בגודל של פאקט סיגריות, רותם את יחידת השליטה האלחונית אל חזהו - ומתניע.

בתוך שניות בודדות זמזום המדפחים מגיע לשיא, והרחפן ניתק מן הקרקע ומתמקם בגובה של כשבעים מטרים מעל המפעל. על צג השליטה רואה מדור את האובייקט שלו ומתחיל לצלם אותו מכל זווית אפשרית. 17 דקות לאחר מכן הוא מנחית את הרחפן, שולף מהמצלמה את כרטיס הזיכרון ונתן אותו לשי גרינברג, מנהל המפעל.

מדור, 29, שהקים ב-2011 את חברת Skylens, הפך בשנה האחרונה לאדם עסוק מאוד. הרחפנים שלו מצלמים שוטים ייחודיים לסרטוני תרמית, לקליפים ולפרסומות, ומדי פעם גם צילומי אירועים (בעיקר חתונות). מעבר לזה הרחפנים שלו מסייעים ליומי נדל"ן ליצור הדמיות של הפרויקטים העתידיים שלהם. על הדרך הוא גם מספק להם בוגוס: עוד לפני תחילת הבנייה, נשלח הרחפן לצלם את הגוף שיראה הרייר מכל קומה בבניין והופך אותו לתמונה פגורמית אטרקטיבית שחוסכת לקונה הפוטנציאלי את הצורך לדמיין את המראה מהמרפסת הבאה שלו.

"השוק הראשון שהתפתח היה שוק השיווק לנדל"ן שבו החלפנו את המסוקים", אומר גיא מדור, מייסד חברת סקייילנס. "לאחר מכן התחיל להתפתח שוק החתונות וסרטוני התדמית. במחיר שהפיקה הייתה משלמת בשביל שעת טיסה של מסוק, היא שוכרת רחפן ליום שלם"







**"אלה טכנולוגיות שהתפתחו במשך עשרות שנים והבשילו בשנות האלפיים", אומר גוטסמן. "מהרגע שזה קרה אפשר היה להכניס את כולן יחד למבנה קל שבצממו התאפשר בגלל התפתחותיות בחקר של חומרים מרוכבים. פתאום מ"ט ששקל סונה מצטמצם לקילו אחד"**

חדירה לאתרים רגישים ותיעורם; וכמוכן הפגיעה הברורה בפריטותם של אנשים שעדי היום יכלו, נניח, להתהלך בעירום בביתם שבקומה השלושים בלי לחשוש ממצצים. נכון לעכשיו, הטכנולוגיה מקדימה את החקיקה ואת האכיפה. בישראל, למשל, Skylens וכתריסר חברות אחרות מחויקות ברישיון שהגפיקה עבורן רשות התעופה האזרחית לאחר שעברו שלושה מבחנים עיוניים ומבחן מעשי. אולם מדור אומר כי עשרות חברות אחרות כלל לא טרחו להוציא רישיון, מה שעשוי ליצור עבורן ועבור לקוחותיהן בעיה קשה במקרה של תאונה.

"חשוב לדעתי שהצרכן ידע שבלי רישיון אין ביטוח", מדור מזהיר. "המדינה רצתה, בצדק, שלאנשים הפועלים בתחום יהיו רישיונות, אבל לצערי אין שום אכיפה בתחום ולשוטרים אין מודעות. קורה לפעמים שניגשים אליי שוטרים בשטח, אבל הם באים כי הם מתלהבים מהטכנולוגיה. אף אחד מהם לא ביקש ממני לראות רישיון".

**מחכים שגוגל תיכנס לתמונה**

מאז שהוא זוכר את עצמו, מדור עסק בטיסאות: "אני מטיס טיסנים מגיל 13 ולאחר מכן זה הפך למקצוע הצבאי שלי, כאשר הייתי מראשוני יחידת 'רוכב שמיים' של התותחנים (יחידה שעוסקת בהפעלת כלי טיס בלתי מאוישים, ש'ס'). אחרי



Skylens היא רק אחת מכמה עשרות חברות שפועלות כיום בישראל ומספקות שירותי צילום אווירי מרחפנים: קפיצת הדרך הטכנולוגית, שהונקה בשנים האחרונות את התחום, מאפשרת כיום לכל מי שרוצה בכך לרכוש לעצמו רחפן במחירים מגוונים (בין כמה מאות דולרים לכמה אלפים - תלוי בפיצ'רים של הכלי). לצידו אותו במייצבים ייחודיים, להבר אליו מצלמות מסוגים שונים, ולצלם מן האוויר תמונות שהפקתן עד כה הייתה בלתי אפשרית. מדור אמנם מביא צעדי לעבודה ניסיון ארוך שנים בתחום, אבל אין לו בעיה להודות בכך שכיום כל אחד יכול להטיס את הרחפנים מהדור החדש.

נתונים שאספה לאחרונה חברת המחקר ABI Research מדגימים היטב את השינוי בתחום. כיום, מעריכה החברה, עומד שווייה של תעשיית הרחפנים הקטנים על כ-3 מיליארד דולרים לשנה, ואולם עד 2019 שווייה צפוי לטפס לכדי 9 מיליארד; ומינהל התעופה הפרדלי בארצות הברית מעריך כי בתוך עשור יעמוד גודל שוק הרחפנים האזרחיים על לא פחות מ-9 מיליארד דולרים.

הגידול המהיר נובע בעיקר מכך שטכנולוגיית הרחפנים הבשילה בשנים האחרונות כזורה המאפשרת פיתוח של איך ספור אפליקציות חדשות, שעושות שימוש ביכולותיהם של הכלים. משום כך, ABI צופה כי בשנים הקרובות יחול שינוי מהותי בתעשייה רוב הכנסותיה יגיעו מהשוק המסחרי ולא הצבאי.

עם זאת, יש לזכור שהפוטנציאל הכלכלי הארוך של תחום הרחפנים לא יוכל לבוא למימוש מלא ללא הסדרתה של רגולציה בתחום. הרשויות מוטרות ממגוון רחב של נושאים: סתירת השמיים ברחפנים שעשויים להתנגש אלה באלה וליפול על ראשיהם של בני אדם, הסדרת האחריות הביטוחית, הקלות הבלתי נתפסת של



**רחפן של חנות קרוקס ביפן. נגמרו ימי הסולמות**

השחרור עבדתי באירונאוטיקס שמפתחת מול"טים. בשנה הראשונה הייתי בצוות שבודק פיתוחים של מהנדסים, ולאחר מכן עשיתי טיולים מסביב לעולם ועשיתי הרכות הסטה והדגמות ללקוחות בכל מיני מקומות. הגעתי לקוחסטן, לארצות הברית, לאירלנד, ולשווייץ, אבל אחרי שנתיים החלטתי שאני רוצה להיות עצמאי".

ב-2011 הבין מדור את הפוטנציאל הכלכלי של תחום הרחפנים. "קלטתי שאם פעם הייתי צריך צבא או חברה גדולה מאחוריי, היום אני יכול לעשות הכול לבד, ממש מהבית", הוא אומר. "השוק הראשון שהתפתח היה שוק השיווק לנדרל"ן שבו החלפנו החתונות וזה קרה אחרי שיצא לשוק רחפן הפנטום של DJI הסינית, שהיה זול וסיפק חבילה שכללה את כל מה שצריך כדי להטיס אותו בקלות. עם הזמן התפתח מאוד עניין הצילום בווידיאו מקצועי - סרטי תרמית, הפקות טלוויזיה ופרסומות. אותו הכסף שהפקה הייתה משלמת כדי לשכור מסוק לשעה, יכול לשמש אותה היום כדי לשכור רחפן ומטיס ליום צילומים שלם".

לאחרונה כותן מדור אפשרות להרחיב את השימוש ברחפנים ובכישורים שלו לתחומים כמו מיפוי ומדידה, איתור תקלות בקווי מתח גבוה וניטור אווירי בתחומים כמו חקלאות או תעשיית הפאנלים הסולאריים.

"בתחום של Remote Sensing (קליטת נתונים על אובייקט מסוים בלי לבוא עמו במגע, כלומר באופן אלווטי, ש'ס), הרעיון הוא לקחת חיישן שמביאים למקום הרלבנטי, ואז למשל לתת לחקלאי אינפורמציה על השרה שלו - איפה למשל יש לו מחלות, איפה יש בעיית השקיה. אם למשל אני נמצא מעל שדה של פאנלים סולאריים אני יכול באמצעות מצלמה תרמית לראות תאים ספציפיים שפגומים ופוגעים בתפוקה של כל השרה. חברות שפועלות בתחום בעצם משתמשות באנשים כמוני כדי להגיע לאוויר".

כשמדור נשאל לגבי עתיד התחום, הוא פותח באתגרים הטכנולוגיים שעדיין לא זכו למענה מספק. כשאלה יתופלו, הוא מאמין, לא יהיה גבול לפוטנציאל הכלכלי ולעושר היישומים שיווצרו בשוק הרחפנים.

"הרבר הראשון שצריך להיות מטופל זה שיגיעו לשוק מערכות Sense and Avoid - שהרחפן ירגיש את הסביבה שלו וימנע ממכשולים. אני מאמין שהטכנולוגיות שגוגל מפתחת בשביל המכונית האוטומטית שלה יונקו קרימה את התחום הזה, ויש גם טכנולוגיות של שליחת פולסים של לייזר כדי למפות את הסביבה, ובאמצעות עיבוד תמונה אתה יכול לנווט ולהימנע ממכשולים.

"דבר שני שצריך לקרות זה שהסוללות יהיו חזקות וקלות יותר או תאי דלק יציבים: כיום הרחפן הכי מתקדם יודע להיות באוויר שעה וחצי-שעתיים וזה עדיין לא מספיק להמון אפליקציות, ואני מאמין שכשזה יקרה אתה תראה רחפנים מבצעים משימות אבטחה או מיפוי של שטחים גדולים.

"תחום שלישי שצריך להתפתח הוא היכולת לאוטומציה: כדי לייצר שוט מושלם, המפעיל צריך להיות פנוי לצילום בזמן שהרחפן יטיס את עצמו". בעוד כחמש שנים, צופה מדור, החברה שלו תתמקד בתחום התשתיות והסיוע לבעלי תפקידים בתחומים שונים לקבל החלטות באמצעים שעדי כה לא היו אפשריים.



**"לצערי אין שום אכיפה בתחום ולשוטרים אין מודעות", אומר גוטסמן. "מהרגע שזה קרה אפשר היה להכניס את כולן יחד למבנה קל שבצממו התאפשר בגלל התפתחותיות בחקר של חומרים מרוכבים. פתאום מ"ט ששקל סונה מצטמצם לקילו אחד"**







ה"רחפנבולנס", כלי בפיתוח שוודי, הכולל מערכת מיוחדת המתחברת לגוף, ושולחת נתונים למרכז חירום רפואי. **לסרטון הדגמה, סרקו את הקוד**



טוב יותר כיצד הפכו הרחפנים לכלים שנמכרים במיליוניהם, ושכל אחד יכול להפעיל.

"הסיפור של המזל"טים קשור לפרויקט הלבאי (מטוס הקרב הישראלי, ש' ס'), שהיה בשנות ה-90 הפרויקט הגדול בתחום. באותה תקופה התחילו להופיע מל"טים פשוט כי הטכנולוגיה אפשרה את זה. מה שקרה עכשיו זה שבעשור הקודם הייתה פריצת דרך רצינית מאוד: הרחפן נראה כמו צעצוע אבל הוא בכלל לא כזה, כי יש בו טכנולוגיות שלפני עשרים שנים רק חברות כמו IBM ובווינג יכלו לטפל בכולן. ברחפן יש מערכת הנעה, מערכת שליטה, סוללות שהמשקל והנפח שלהן ירד בצורה דרמטית, חיישנים שיודעים למדוד בכל רגע את התאוצות שלך וכך לייצב מצלמה על הכלי, ועוד.

"אלה טכנולוגיות שהתפתחו במשך עשרות שנים והבשילו בשנות האלפיים, ומהרגע שזה קרה אפשר היה להכניס את כולן יחד למבנה קל משקל, שבעצמו התאפשר בגלל התפתחויות בחקר של חומרים מרוכבים. פתאום מל"ט ששקל טונה מצטמצם למשקל של קילוגרם."

גוטסמן עושה אבחנה בין המזל"טים הקלאסיים (כלי טיס עם כנף קבועה) לבין הרחפנים (כלי טיס עם כנף סובבת, כמו של מטוס) - עניין שפתר בעיה מהותית בשימושים הצבאיים של המל"טים.

"יותר קל לפתח כלי טיס עם כנף קבועה", הוא אומר. "להליקופטרים יש מטבעם בעיות יציבות ולכן הם הופיעו מאוחר יותר בהיסטוריה. מצד שני, מזל"ט בעל כנף קבועה חייב לטוס כדי להישאר באוויר. כשאין סביבו זרימת אוויר הוא נופל. לעומתו, מזל"ט בעל כנף סובבת יכול פשוט לעמוד

במקום כי המדחף שמסתובב יוצר לעצמו את כוח העילוי.

"כשאתה רוצה לטוס עם מל"ט גדול בגובה רב אתה צריך גם לפתח מצלמה עם אופטיקה כבדה ויכולות אבחנה מקילומטר או שניים. לעומת זאת, אם אתה טס בגובה נמוך, אתה יכול להשתמש במצלמה הרבה יותר פשוטה. ככל שאתה עם מל"ט יותר גבוה בשמיים הכול גדל: המשקל, הגובה, כמות הדלק, המצלמות. כשאתה יורד למטה, הכול הפוך.

"הייתה דרישה צבאית לייצר כלי שיוכל, נניח, להיות מול חלון. רחפן יכול להחליף ג'יפ או נגמ"ש שמסתובב מסביב לגדר של עזה, למשל. כלי עם כנף קבועה לא יכול לטוס בגובה הגדר או בגובה עשרה מטרים מעל הגדר בלי להסתכן בהתנגשות. בעץ או בעמוד כי הכול מתבצע תוך כדי תנועה. במקרה של רחפן, אם אתה רואה משהו חשוד - אתה עוצר. אתה יורד לגובה חמישה סנטימטרים מהקרקע ויכול לזהות מטען צד. אלה יכולות שלא ניתן להגיע אליהן עם אף כלי אחר."

כמקובל בתחומים אחרים, פיתוחים שנועדו בתחילה לשוק הצבאי ולגו לשוק האזרחי, והיישומים לטכנולוגיה הלכו והתברבו: "לפני ששבע שנים הטכנולוגיה הבשילה והתחילו להופיע רחפנים כמו אלה שאנחנו רואים היום", אומר גוטסמן. "מאז יש צמיחה אקספוננציאלית של התחום."

דוגמה טובה לאבולוציה של טכנולוגיות צבאיות לעולם האזרחי מתגלמת בפרויקט "ספרייט" האזרחי, שמן הסתם לא היה בא לעולם בלי שמעברות צבאיות היו סוללות עבורו את הדרך.

"רפאל" פרסמו את זה, אז אין לי בעיה לדבר על זה", אומר גוטסמן. "המזל"טים האלה נראים כמו בקבוק קוקה קולה שיש לו מצלמה ושני מרחפים שממקמים זה מעל זה. כל חייל יכול להציא אותו מהתרמיל ולזרוק אותו לאוויר. בלוחמה אורבנית אתה צריך לקבל מידע מה קורה מעבר לפינה של הרחוב, מה קורה בכניסה לבית, איפה מסתתרים הצלפים על הגגות. האם יש מישהו מאחורי החבית שבצורה רגילה אתה לא יכול לראות מה מסתתר מאחוריה."

פרויקט "ספרייט" מאפשר להקיש מהיכולות האזרחיות שלו אל השימושים הצבאיים. כך, במקום שרחפן יעקוב אחר מטרה עוינת, הוא ילווה רוכב אופני הרים או גולש גלים; הוא יכול לצאת לסיבוב מסביב למטע או למגרש חנייה; ובמקום להתפוצץ על מטרה, הוא יכול לנחות ברכות היישר לתוך כף ידו של אדם.

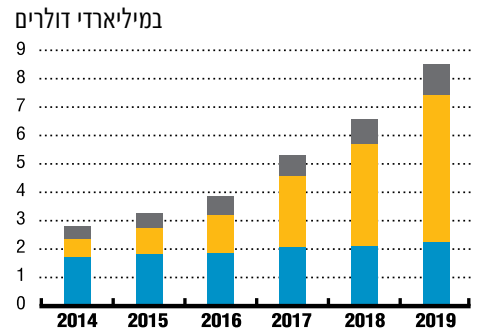
"השוק הגדול של הרחפנים כיום הוא השוק האזרחי, וזה רק ילך ויגדל", אומר גוטסמן. "האפליקציות בתחום הזה אינן סופיות. רחפן יכול, למשל, לנטר את רמת זיהום האוויר שיוצאת מהארובה של רידינג. רחפן יכול להעביר חבילות ממקום למקום כמו שאנחנו יודעים שאמזון יכולה ורוצה לעשות. הוא יכול להחליף שליח של פיצה. רחפן קטן מספיק יכול לחפש ניצולים בין הריסות של בניין. רחפן יכול להשליך גלגל הצלה לאדם טובע עוד לפני שהמציל מגיע אליו. באמת אין גבול ליישומים."

g@globes.co.il

**"האפליקציות בתחום הזה אינן סופיות", אומר מהנדס האווירונאוטיקה ישראל גוטסמן. "רחפן יכול לנטר את רמת זיהום האוויר שיוצאת מהארובה של רידינג, לחפש ניצולים בין הריסות של בניין, או להשליך גלגל הצלה לאדם טובע עוד לפני שהמציל מגיע אליו. אין גבול ליישומים"**

**פרויקט "ספרייט" מאפשר להקיש מהיכולות האזרחיות שלו אל השימושים הצבאיים. כך, במקום שרחפן יעקוב אחר מטרה עוינת, הוא ילווה רוכב אופני הרים או גולש גלים; במקום להתפוצץ על מטרה, הוא יכול לנחות ברכות היישר לתוך כף ידו של אדם**

**תחזית הגידול בתעשיית הרחפנים**



שימוש אישי/תחביב  
שימוש מסחרי  
שימוש צבאי



רחפן הספרייט, פיתוח אזרחי בגודל של בקבוק שתייה קטן, המסוגל להגיע לכל מקום ונשלט בקלות. **לסרטון הדגמה, סרקו את הקוד**

