

חישנים קרקעיים לא מאוישים

בעתיד הלא רחוק ניתן יהיה להציב בשדה הקרב מגוון רחב של חישנים - אקוסטיים, סייסמיים, מגנטטיים, דימות אינפרא-אדום, מכ"ם, תדר רדיו ולייזר - שיוכלו להעביר לאחור מידע מודיעיני מדויק ומפורט על כוחות האויב. החישנים יוכלו לפעול ב"להקות", דהיינו "לדבר" אלה עם אלה, וגם לנתח את הנתונים שהם אספו ולהעביר למפקדים וללוחמים תמונה אמיתית של הזירה

אל"ם (מיל') יעקב צור וסא"ל ינון עצמון

מבוא

במבט אל שדה הקרב היבשתי העתידי מחפש כל צבא מודרני דרכים כדי לבנות לעצמו יתרון בתחומים החשובים ביותר. אחד מהם הוא תחום "העליונות במידע". היכולת ליצור תמונת מצב מדויקת ומעודכנת של שדה הקרב לכל עומקו היא יעד מבוקש. את הידע הזה שואפים להשיג תוך הימנעות מסיכון מיותר של חיילים על-ידי כך שמערך הסיוור והמודיעין יתוגבר במערכות לא מאוישות הפועלות באופן אוטונומי

מענה ראוי. פתרונות חלקיים הקיימים כיום הינם מורכבים ויקרים (למשל ה-JSTARS האמריקני) ועל כן זמינים בעיקר בעבור הדרגים הגבוהים בניהול המערכה. בשדה הקרב היבשתי נוסף נדבך קושי נוסף: יצירת זמינות של מידע עדכני לדרג הלוחם הטקטי - דהיינו איתור המידע והפצתו לגורם שלו הוא דרוש תוך כדי נוהל הקרב וניהול הקרב.

היכולת ליצור תמונת מצב מדויקת ומעודכנת של שדה הקרב לכל עומקו היא יעד מבוקש

המודיעין בדרג הטקטי נאסף ברובו, עדיין, על-ידי אמצעי תצפית קרקעיים. התפתחותו של תחום המזל"טים פתרה באופן חלקי בלבד את הבעיה, שכן עלויות המערכת, לצד דרישות גבוהות ביכולת התפעול והאחזקה הטכנית, הביאו למצב שבו זמינותו לדרג הגדוד

ומבוססות על טכנולוגיות מתקדמות של חישנים, של תקשורת ושל מחשבים. מערכות כאלה יוכלו לספק מידע קריטי בעוד מועד, כאשר יופעלו בקו ראייה וגם ללא קו ראייה, על גבי פלטפורמות לא מאוישות - מוטסות וקרקעיות.

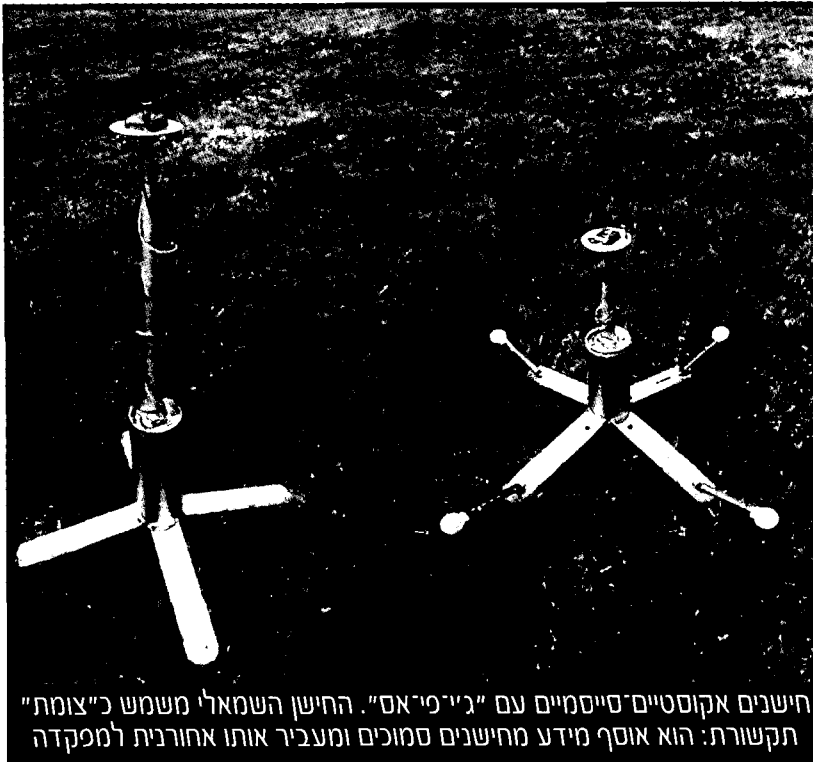
יכולת מיפוי דינמי של כוחות אויב ושל פעילותם בשדה הקרב הינה נדבך מרכזי ביצירת עליונות. האתגר במיפוי שדה הקרב היבשתי, לעומת זה האווירי, הינו קשה יותר בכמה סדרי גודל. המורכבות נובעת ממספר גורמים:

- ריבוי אלמנטים צבאיים עוינים (אלה עשויים להימדד אף באלפים ועשרות אלפים).
 - פעולה באווירה "רועשת" של קרקע ותכסית ובתנאים אטמוספיריים קשים.
 - העדר הפרדה ברורה בין אלמנטים צבאיים ידידותיים לעוינים.
 - קיום אלמנטים לא לוחמים רבים בשדה הקרב.
- אתגר זה - נכון להיום - טרם קיבל

אל"ם (מיל') יעקב צור - יועץ למו"פ ביטחוני ותעשייתי
סא"ל ינון עצמון - ראש מעבדת הקרב/אמל"ח במז"י



והחטיבה אינה עונה על הצרכים. חישנים קרקעיים זעירים, לא מאוישים, בתחומי ספקטרום שונים נותנים סיכוי טוב לפתרון הבעיה מכיוון אחר. חישנים אלה, אשר יפוזרו בשדה הקרב ויפעלו ברשתות קשר מקומיות ואזוריות, יוכלו לפעול ברציפות באופן עצמאי, ללא מעורבות אדם בחוג וללא תחרות בין הצרכנים על השימוש במשאבי המידע שלהם. יתר על כן, כל קבוצה (או "להקה") של חישנים, שתפוזר בשדה הקרב – אפילו על-ידי דרג נמוך – יכולה להצטרף כנדבך ביצירת התמונה המערכתית, וההפך – חישנים אשר פוזרו באתר כלשהו על-ידי דרג גבוה יכולים לסייע גם לכוח מזדמן הפועל בגזרה. אחד היתרונות בשיטה זו הינו הקטנת הצורך במעבר מידע בין הרמות השונות, ויחד עם זאת הן נשענות על מידע משותף בפעולותיהן.



חישנים אקוסטיים-סייסמיים עם "גי'פי-אס". החישן השמאלי משמש כ"צומת תקשורת": הוא אוסף מידע מחישנים סמוכים ומעביר אותו אחורנית למפקדה

ניתן לחלק את תחומי המפתח הטכנולוגיים להשגת יכולת מבצעית זו לארבע קטיגוריות עיקריות:

- חישה (בתחומי ספקטרום שונים).
- כושר חישוב.
- תקשורת.
- מקורות אנרגיה.

המפכת המזעור, אשר אנו נמצאים בעיצומה, הביאה לעלייה ב"צפיפות" היכולת בכל התחומים האלה, ובכך היא מאפשרת את יישום הטכנולוגיה בשדה – בעיקר לאור היכולת להזיל באופן משמעותי את העלות לכיסוי שטח נתון ולזווד את החישנים בהתקני פיזור שונים.

משמעות הדבר הינה מתן יכולת לדרגי הפיקוד השונים, כולל הדרג הטקטי הנמוך, ליצור תמונת מצב באופן מידי, פשוט וללא סיכון. שני גורמים מרכזיים בתפיסת החישנים הפזירים מקנים לה רובוסטיות רבה בסביבה הקשה של שדה הקרב:

1. יצירת "להקות" של חישנים מקטינה את הרגישות לבעיות צפויות של חישן בודד (המוכרות לנו היטב

מהמצב כיום) כגון: אובדן, תקלה, העדר קשר עם המטרה.

2. פעולה מבוססת על רשת תקשורת אמינה מקנה ל"להקה" חיים משלה ובכך נותנת יתרונות רבים, למשל: ניתן "לעורר" באופן אוטומטי רק חישנים מסוימים, אשר בקרבתם ישנה פעילות, לצמצם את הפעלתם של חישנים אקטיביים, להצליב מידע ב"להקה", ובכך להעלות את אמינות

ב"להקה" חישנים שפועלים בטכנולוגיות שונות, כך שיושג גיבוי וכיסוי משולב של השטח בכל מצב. ניתן לצפות שהפעלת אמצעים כאלה עשויה להביא לשינויים באופן שבו יפעל צבא היבשה ואפילו במבנה היחידות ובתורת הלחימה. יכולת זו תשפר את המעגל של קבלת החלטות ואת איכות החלטות ברמות הפיקוד. אלה הם סוגי החישנים שניתן יהיה להפעיל:

חישנים אקוסטיים

חישנים אלה הם פסיביים, כלל-כיווניים, פועלים ללא צורך בקו ראייה ומאפשרים גילוי מטרות עם יכולת מסוימת של הכרת המטרה. חישן בודד מצביע רק על הכיוון אל המטרה, אבל כאשר ישנם שניים או יותר זה מאפשר חישוב של המיקום (נ"צ). חישן כזה מתאים לשמש כ"מעורר" וכמכוון לחישנים נוספים בטכנולוגיות יותר משוכללות, כגון חישני דימות (דימות: יצירת תמונת חוּזי, imaging). טיב פעולת החישן מושפע מגורמים אחדים:

יכולת מיפוי דינמי של כוחות אויב ושל פעילותם מרכזי ביצירת עליונות בשדה הקרב הינה נדבך מרכזי ביצירת עליונות

התוצר, ועוד מגוון יכולות הנובעות מקיום הרשת.

השאיפה היא להגיע למערכי חישנים שפועלים ברציפות, לאורך זמן, יום ולילה ובכל תנאי מזג אוויר, אף כי ברור שלתנאי הסביבה תהיה השפעה על טיב פעולתם. לכן גם רצוי לשלב

תנאי מזג אוויר ורוחות, פני הקרקע בסביבה, צמחייה, לחות (באוויר ובקרקע. זו לפעמים מסייעת ולפעמים בולמת את התפשטות גלי הקול) ואפילו השעה ביום (ובלילה).

טווח היעילות:

למטרת אדם (מדבר, מקים רעש

זולים יחסית, אך רגישים להונאה.

חישנים סייסימיים

אלה חישנים פסיביים, כלל-כיווניים, שאינם זקוקים לקו ראייה, המאפשרים גילוי מטרות והכרה חלקית. חישן בודד מצביע על כיוון, כאשר ישנם שניים או יותר, ניתן לחשב נתוני

מיקום. החישן מתאים

לשמש כ"מעורר"

לחישני דימות ויכול

לשמש לסגירת פערים

בשטח וכגיבוי לחישנים

האקוסטיים, שרגישים

יותר לתנאי מזג אוויר

ולרוחות. מחירו זול,

ואורך חייו גדול (צורך

מעט מאוד חשמל). טיב

פעולתו מושפע מסוג

הקרקע וממבנה השטח,

מלחות הקרקע,

מטמפרטורה ומהפרעות

של רעשים באדמה.

הכוונה היא להקנות

לחישן יכולת לעבד

נתונים ולהשוות מידע

שהוא קולט ל"בנק

חתימות" של מטרות

(סוג הנעה, משקל כלי-

הרכב, מספר צירים,

מספר צילינדרים במנוע,

מספר הילוכים). חישן זה

עמיד יותר מאחרים בפני

הונאה.

טווח היעילות:

לאדם: 30 מטר.

לרכב: 250 מטר.

לרק"ם זחלי: 500 מטר.

חישנים מגנטיים

חישנים פסיביים, כלל-כיווניים, שאינם

זקוקים לקו ראייה. מספקים גילוי של

מטרה והכרה ברמה נמוכה יחסית.

טובים לשמש כ"מעוררים" של חישנים

אחרים. החישן הינו פשוט מאוד וזול,

אבל מוגבל עקב טווח הגילוי הקטן.

החישן אינו רגיש למזג אוויר, לרעש

ולמבנה פני הקרקע, וגם מושפע פחות, יחסית, מהשפעות של רוח ושל לחות, אבל רגיש לנוכחותם של קווי מתח חשמליים. קשה להונות אותו - בעיקר בהיבט של אורך כלי-הרכב החולף לידו.

טווח היעילות:

לאדם (הנושא אמל"ח או מכשיר

רדיו): ברגישות נמוכה: 3 מטרים,

ברגישות גבוהה: 17 מטר.

לרכב גלגלי: ברגישות נמוכה: 15

מטר, ברגישות גבוהה: 150 מטר.

רכב זחלי: ברגישות נמוכה: 25 מטר,

ברגישות גבוהה: 250 מטרים (יש

הטוענים שטנק ניתן לגלות באמצעות

חישן מגנטי ממרחק של עד 500 מ').

הכוונה היא לפתח חישנים שיוכלו

לעבד נתונים לשם הכרת המטרה לפי

"בנק חתימות". יכולת זו אינה קיימת

היום.

חישני דימות IR

חישני דימות תרמיים לא מקוררים,

פסיביים, מספקים את תמונת המטרה,

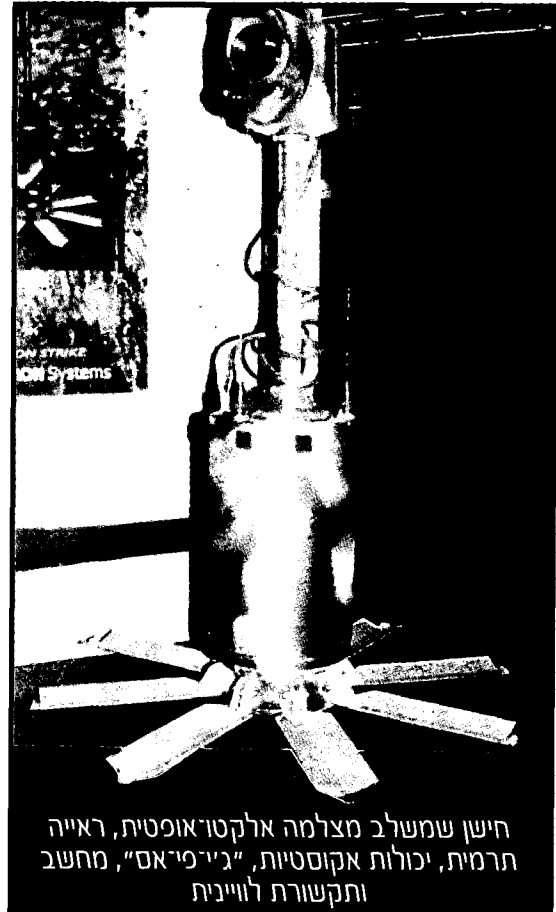
אבל רק בכיוון ההסתכלות (בשדה צר

או רחב) ומחייבים קיומו של קו ראייה.

מדובר בחישנים זעירים וקלים (90 גרם,

כולל האופטיקה) ובעלי צריכה נמוכה

השאיפה היא להגיע למערכי חישנים שפועלים ברציפות, לאורך זמן, יום ולילה ובכל תנאי מזג אוויר, אך כי ברור שלתנאי הסביבה תהיה השפעה על טיב פעולתם



חישן שמשלב מצלמה אלקטרואופטית, ראייה תרמית, יכולות אקוסטיות, "גיי-פי-אס", מחשב ותקשורת לוויינית

בתחום השמע): 50 מטר.

למטרת רכב גלגלי: 250 מטר.

למטרת רק"ם זחלי: 700 מטר.

כמו כן יגלה החישן רעש מסוק, ירי ארטילרי או ירי נק"ל.

בתוך כמה שנים תושג היכולת לעבד

נתונים בחישן עצמו ברמה שתאפשר

בדיקה השוואתית אל מול "בנק

חתימות", וכך לקבל במקום הכרה של

המטרה ואפילו זיהוי.

שיפור ניכר בתפקוד יושג כאשר

החישנים יפעלו ב"להקה" עם תקשורת

פנימית ביניהם. חישנים אקוסטיים הם

של אנרגיה. חישן כזה נותן זיהוי טוב של המטרה. החישנים אינם רגישים למרבית המגבלות שנמנו לעיל, אבל הפעלתם מותנית בתנאי הראות בתחום התדר שבו הם פועלים. ביצועיהם עלולים להיפגם בתנאים של לחות ושל גשם.

טווח היעילות של חישן IR זעיר כזה למטרת אדם הולך (בתנאים של ראות סבירה), כאשר הוא מצויד במערכת

אלקטרו־אופטית מתקדמת:

בשדה ראייה צר: 1,200 מטר.

בשדה ראייה רחב: 500 מטר.

מובן שהנתונים יהיו שונים למצלמות באיכות שונה, אולם יש לזכור שהמטרה היא לפעול עם חישנים פשוטים, זולים עד כמה שניתן ובעלי צריכת אנרגיה נמוכה.

הערה: במשפחה זו של חישני דימות אפשר לכלול, כמובן, גם חישנים שמבוססים על מצלמות טלוויזיה בתחום הנראה (CCD) ועל מצלמות לעוצמת אור קטנה (LLCCD). כמו כן ניתן לכלול במשפחה זו חישנים המבוססים על מגבירי אור (מא"כ) מדורות מתקדמים. ברור שחישנים כאלה יהיו יותר זולים מחישני IR, אבל סביר להניח שלצרכים המפורטים לעיל יעדיפו בצבא להשתמש בטכנולוגיה של ראייה תרמית, הנותנת מענה יותר אוניברסלי.

חישני מכ"ם

חישן אקטיבי, שיכול להיות כיווני או לא כיווני. רצוי שיהיה קו ראייה לחישן, אך לפעמים זה לא הכרחי. שימושי לגילוי מטרות נעות (אפקט דופלר), אבל יכול לטפל גם במטרות נייחות. מגלה את עצם נוכחותה של המטרה, את המרחק אליה, את מהירות תנועתה ואת כיוונה (מתקרבת, מתרחקת). מכאן שהוא מאפשר למצוא (בקירוב) את מיקום המטרה. כמו כן הוא יכול לסווג אותה לפי המאפיינים שלה. החישן מושפע במידה מסוימת מהצורה של פני הקרקע, מתנאי הסביבה וממזג האוויר – בעיקר במצבים קיצוניים.

הטווח האפקטיבי של החישן במצב כלל-כיווני:

למטרת אדם: 160 מטר.

למטרת רכב: 300 מטר.

כאשר מצמצמים את הגזרה, טווחי הגילוי ארוכים יותר.

חשוב לציין כי מדובר במכ"ם זעיר מאוד, אשר מבוסס על רכיבים קיימים. זהו מתקן קטן וזול, הצורך מעט מאוד אנרגיה.

חישני RF (בתדר רדיו)

חישנים פסיביים, כלל-כיווניים, ללא קו ראייה. אלה למעשה מקלטים זעירים, שקולטים קרינת רדיו ומגלים את הכיוון של מקור הקרינה.

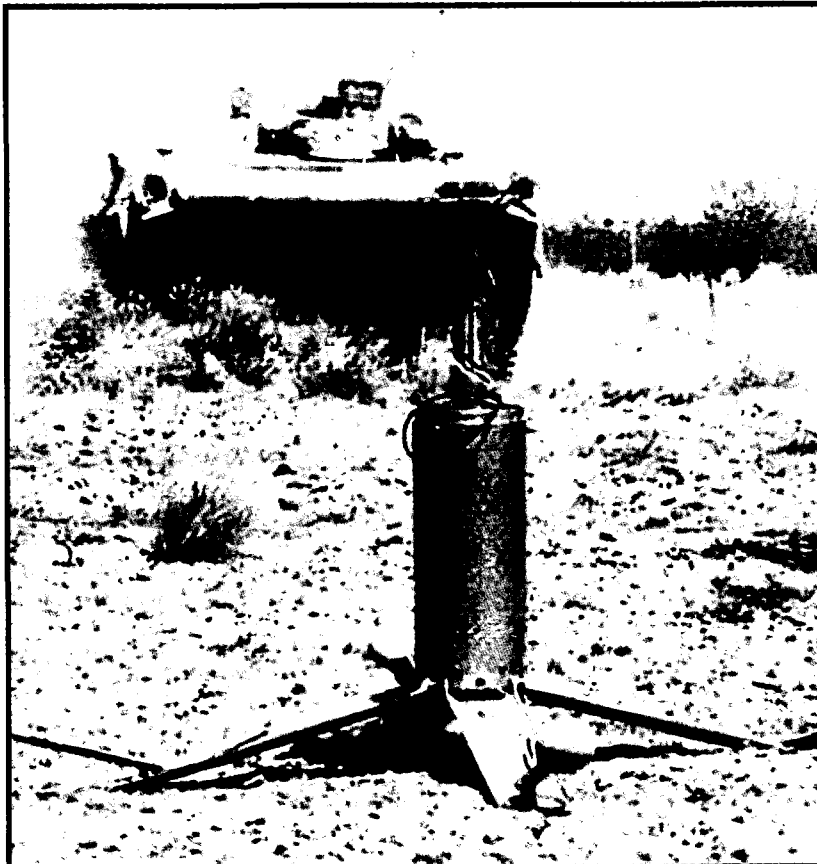
הקרינה יכולה לבוא משני סוגי מקורות:

1. קרינת רדיו ממכשירי שידור של האויב, הפועלים לצורכי תקשורת (או מכ"ם).

2. קרינת רדיו לא ייעודית, שהיא

חישני לייזר

חישנים אקטיביים, כיווניים, המספקים דימות תמונה של המטרה. מדובר במכ"ם לייזר (LADAR) או בחישן דימות המסתייע בהארת המטרה באמצעות לייזר. בשלב זה הטכנולוגיה אינה נראית בשלה לפיתוח חישנים מסוג זה לצרכים של פיזור ולהפעלה לא מאוישת בשטח. גם מחירים גבוהים. הם מתאימים יותר להתקנה על פלטפורמה קרקעית לא מאוישת.



חישן אקוסטי-סייסמי בניסוי מול "בי-אם-פי" רוסי. בניסוי נתן החישן כיסוי טוב לשטח של שני קמ"ר ושולח מידע אחורנית למרחק של 50 ק"מ

פעולה ב"להקות"

הכוונה היא שהחישנים יפעלו בקבוצות, המכוונות לעיתים "להקות", כך שיכסו את האיזור שבו מתעניינים בצפיפות, כזו, שתבטיח את התוצאות הרצויות. הרכב הלהקה יהיה, קרוב לוודאי, הטרוגני. המשמעות היא שחישנים

פליטת RF לא מכוונת ("רעש") ממכשירים שונים, כגון מנועים של כלי רכב.

מדובר בחישנים זעירים, בעלי צריכת אנרגיה נמוכה וזולים. מעצם טבעם אין הם נתונים כמעט להשפעות של מזג אוויר ושל תנאי סביבה.

שחייבות להיות קומפקטיות ולא בולטות בשטח.

כיצד יגיעו החישנים למקומם

מיקום החישנים יתוכנן בהתאם לצורכי המשימה המבצעית, אבל תוך התחשבות במגבלות הטכניות של יכולת החישה ושל ביצוע התקשורת הפנימית והחיצונית. היכולת לשגר את החישנים לשטח צריכה להיות בידי היחידות עצמן, דהיינו זו חייבת להיות יכולת אורגנית ברמות הנמוכות. אסור שיכולת זו תהיה נתונה בידי הרמות הבכירות בלבד, ושהפעלתה תהיה כרוכה בבירוקרטיה רבה וממושכת. להלן השיטות שבאות בחשבון לפיזור החישנים:

- פיזור ידני על-ידי חיילים.
- פיזור באמצעים ארטילריים: על-ידי תותחים, מרגמות או טילים.
- פיזור באמצעות כלי-טייס: מטוסים או מסוקים, מזל"טים, רחפנים.
- פיזור באמצעות כלי-רכב אוטונומיים.

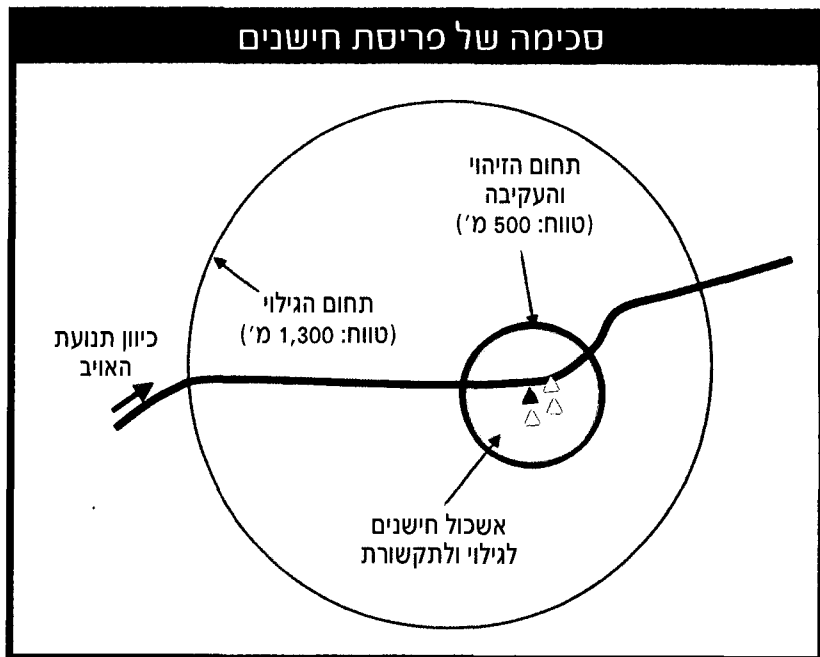
אחדים מהאמצעים שנמנו לעיל מאפשרים הנחה מדויקת במיקום שנקבע מראש. אמצעים אחרים מאפשרים פיזור אקראי בלבד סביב נ"צ מרכזית שנקבעה. בכל מקרה, כל חישן יצויד באפשרות לזהות בדיוק רב את מיקומו (למשל, באמצעות GPS) ולשדר את הנתון הזה אל המערכת.

לאן צועד הפיתוח

למעשה כבר קיימים היום חישנים שנכללים בהגדרה של חישן קרקעי לא מאויש, אבל עדיין אין זו מערכת שלמה רב-חישנית כמו שאנו צופים בעתיד. החישנים הראשונים הללו מוגבלים בכך שאינם מספקים יכולת דימות, כלומר תמונה של המטרה, אלא נתונים בלבד (למשל אקוסטיים). אמנם אפשר ליצור חישן הכולל מצלמת וידיאו או מצלמה תרמית, אבל עדיין זה יהיה פריט בודד ולא חלק ממערכת. הדור הראשון הזה בנוי להנחה ידנית בלבד, מוגבל ביכולתו לעבד נתונים בתוך חישן עצמו, וזה

שיהיה בעל עוצמת שידור מוגברת, המספיקה כדי להעביר את המידע אל היחידה המפעילה.

מסוגים שונים יפעלו בצוותא וישלימו זה את זה. חלקם יהיו פשוטים וזולים, ותפקידם יהיה לבצע גילוי ראשוני



לרשת התקשורת של החישנים תהיה תכונה של "התארגנות עצמית". אלגוריתמים שיפותחו יסייעו לשידור מסלולי התקשורת הפנימיים בתוך הלהקה לפי המצב בשטח, לפי תקינות החישנים הפעילים, תוך התאמה לתרחיש הקרבי הספציפי.

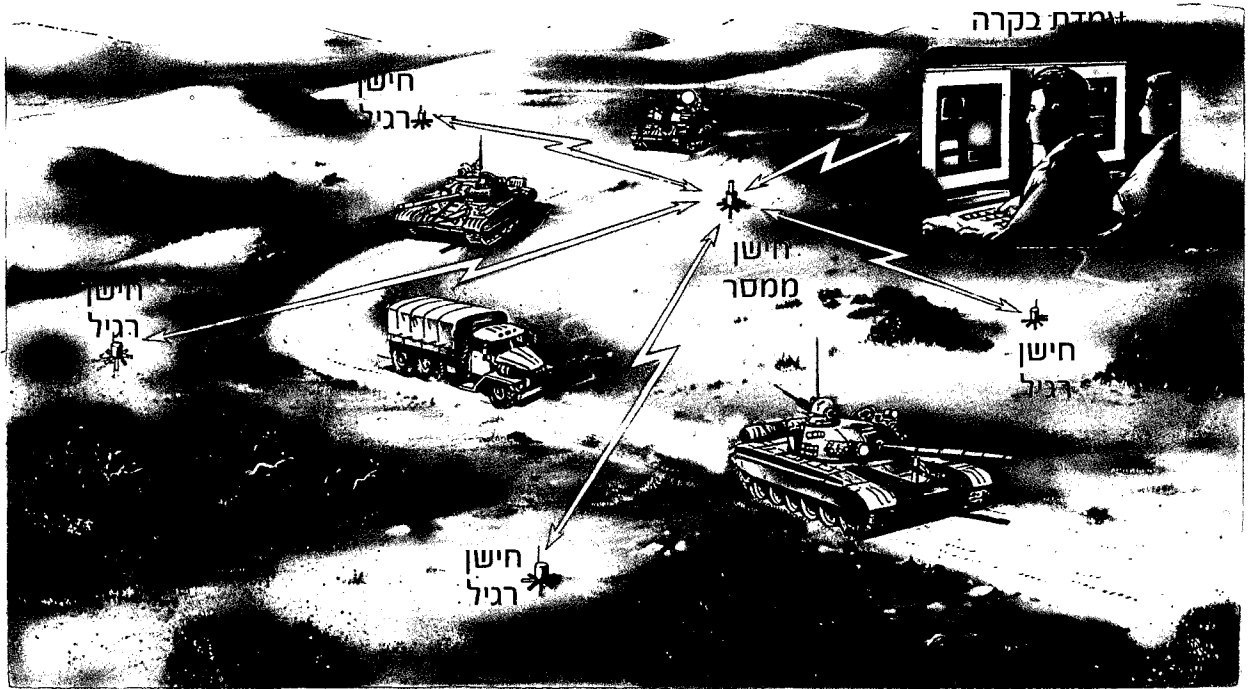
היכולת לשגר את החישנים לשטח צריכה להיות בידי היחידות עצמן, דהיינו זו חייבת להיות יכולת אורגנית ברמות הנמוכות

מכשירי הרדיו יותאמו לפעולה במשטר של חיסכון באנרגיה. בארה"ב מעריכים שיגיעו בתוך שנה-שנתיים למשדר, אשר יצרוך במשך 50 ימים רק 120 ואט-שעה. השידורים יהיו חסינים מפני שיבוש ומוסתרים במידת האפשר. נקודה חשובה היא תכנון חכם של האנטנות,

ו"להעיר" ולכוון את החישנים האחרים, שיהיו יותר "חכמים" ויספקו מידע מדויק, כולל צילומים, בזמן קרוב לזמן אמת. ה"חכמים", שצורכים יותר אנרגיה בעת פעולתם יהיו "רדומים" כל עוד אין מטרות בסביבה. צפיפות הפיזור והתמהיל של שדה החישנים הם נושא המחייב מחקר נוסף כדי למצוא מהו הפתרון האופטימלי מבחינת עלות מול יעילות ובהתאם לגודל השטח, אופיו, ומהות המשימה של הכוח.

תקשורת

תנאי להפעלת חישנים לא מאוישים – הן כבודדים ובוודאי בלהקות – הוא קיומה של רשת תקשורת אמينة ויעילה. בגלל ממדיו הזעירים של החישן הבודד ומגבלות האנרגיה שלו יהיה מן הסתם טווח התקשורת שלו קצר למדי (מאות מטרים). לפיכך מתכננים שחישני הלהקה יוכלו לתקשר זה עם זה ולסייע זה לזה בקשר. אחד מהם יפעל כ"מרכז", יאסוף את המידע משכניו ויעביר אותו הלאה אל ממסר קשר ייעודי קרוב,



חישנים קרקעיים לא מאוישים

הערות טכנו-מבצעיות

החישנים אמורים להגדיל את יכולת החושים הטבעיים של אנשי הסיוור והמודיעין. הפעלתם תעניק את היכולת לגלות איומים ומטרות לתקיפה מייד עם כניסתם לזירה. הדבר ימנע היתקלויות לא צפויות ולא מתוכננות בטווחים קצרים ויאפשר מתן אבטחה רבה יותר לאגפי הכוח ולעורפו. יהיה מידע טוב על המצב בדרכי הגישה שלנו אל מערכי האויב וכן בדרכי הגישה של האויב אלינו. כאמור, לא מדובר על מודיעין כללי בלבד, אלא גם על יצירת "מעגל קצר" לתקיפה באש, אף שחייבים להיזהר מטעויות, וצריך לוודא שיש זיהוי פוזיטיבי של המטרות.

בתוך תקופה זו:

- יופיעו חישנים זעירים, שלמרות ממדיהם יהיו בעלי כושר דימות ביום ובלילה ובעלי יכולת לעיבוד נתונים פנימי, כך שיוכלו לתת זיהוי של מטרה.
- תפותח רשת תקשורת יציבה ואמינה, שתאפשר פעולה ב"להקות".
- יפותחו יכולות מגוונות לשיגור החישנים.
- תפותח יכולת להיתוך מידע ברמת ה"להקה".
- ניתן יהיה להגיע לעלות של 50 אלף דולר למערכת חישנים, שיש בה עשרות פריטים (ובעתיד: מאות פריטים).
- התפוקה של הרשת תאפשר קישור ישיר למערכות נשק, כלומר יתקבל מודיעין למטרות ולא רק מודיעין כללי.
- תהיה התפתחות בתחום של מקורות האנרגיה.

אומר שהוא מוגבל ביכולת לזהות את המטרה ואת מיקומה המדויק. גם יכולת התקשורת עדיין מצומצמת: אין קשר בין חישנים, והקשר לאחור אינו מפותח דיו. כמו כן עוד לא הגענו לייצור המוני של חישנים – מה שהיה מאפשר להוזיל עלויות.

יחד עם זאת, רוב היכולות קיימות בפוטנציה, ונדרשת רק עבודת השלמה ואינטגרציה. בתוך עשר שנים – כך מעריכים מומחים לטכנולוגיה – ניתן יהיה לפתח סדרה של חישנים מסוגים שונים, שיהיו קומפקטיים, זולים (יחסית), ובחלקם אף ניתן יהיה לעשות שימוש חוזר. הם יוכלו לפעול בתוך רשת רב-חישנית ולספק את השירותים הבאים:

- בשלב א': הצבעה על כיוון המטרה.
- בשלב ב': מעקב אחרי מטרה.
- בשלב ג': איכון מדויק (דו-ממדי).
- בשלב ד': איכון עם תמונה של המטרה והשתלבות ב"להקה".

389

מזרח ארץ