במה טכנולוגית

מערכת ההגנה האווירית המשולבת של איראן

אריה אבירם | 3 בנובמבר, 2026

תקציר

ערב מבצע עם כלביא (יוני 2025) הייתה באיראן מערכת הגנה אווירית משולבת (IADS – Integrated Air Defense System) שהופעלה במשותף על ידי חילות האוויר איראן ושל משמרות המהפכה. חיל האוויר הישראלי פגע כנראה בצורה קשה במערכת זו עוד במבצע עם כלביא אך גם בשאגת הארי (מארס 2026), והדבר אפשר לו לאחר מכן לפעול כמעט בחופשיות בשמי איראן. מסמך זה מסכם את המידע בנושא, שפורסם במקורות גלויים בעולם ונאסף באמצעות יישומי הבינה המלאכותית PERPLEXITY ו-Chat GPT. הוא מתאר את מערכת ההגנה האווירית (הגנ"א) האיראנית ערב מבצע עם כלביא ביוני 2025.

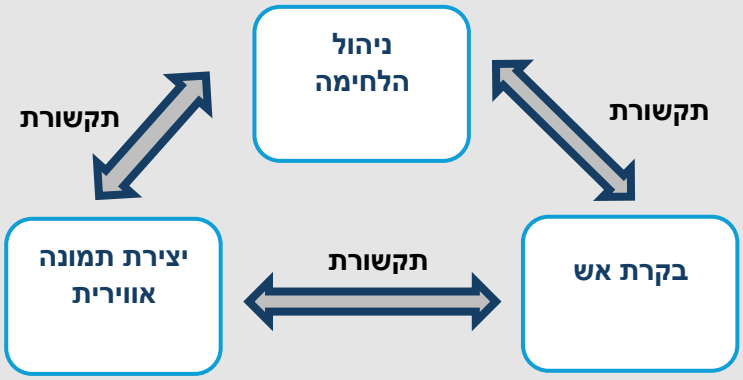
מהי מערכת הגנה אווירית משולבת?

מערכת הגנה אווירית משולבת (Integrated Air Defense System – IADS) היא חיבור של מספר תת-מערכות המאפשרות יחד ניהול ושליטה בקרב נגד מטרות אוויריות, תוך בקרה צמודה ורציפה של המתרחש במרחב האווירי של מדינה. מערכת הגנה אווירית מורכבת בדרך כלל משלושה מרכיבים עיקריים שמקיימים קשר רצוף ודו-כיווני ביניהם (ראו תרשים 1):

- ניהול הקרב
- יצירת תמונה אווירית
- בקרת אש (ניהול חימושים)

בכל אחד משלושת המרכיבים הללו הפעילות מתרחשת כמתואר בתרשים 2. שלושת המרכיבים יכולים להימצא במיקום משותף או מבוזר, והתקשורת ביניהם מתבצעת באמצעות מערכות אלחוטיות או קוויות.

מבנה זה של מערכת הגנה אווירית משולבת יכול להיות ברמת המדינה או ברמה אזורית – אם המדינה מחולקת לאזורי לחימה (למשל פיקודים). גם אם מבנה המערכת קיים ברמת המדינה, היררכיה עם מבנה דומה יכולה להישאר כלפי מטה, ברמה האזורית.



תרשים 1 – **מבנה של מערכת הגנה אווירית משולבת**

הגילוי ויצירת התמונה האווירית מתבצעים באמצעות מכ"מים, שגם הם נחלקים למספר סוגים:

- מכ"מים ארוכי טווח להתראה מוקדמת
- מכ"מים אזוריים לטווח בינוני
- מכ"מים לטווחים קצרים יותר ששייכים למערכות טילי הגנ"א (טילים נגד מטוסים)

חלק מהמכ"מים, או במדינות מסוימות רובם, יכולים להיות מחוברים יחד ליצירת תמונה מכ"מית אחודה אזורית או אף ארצית.

בקרת האש של סוללות הטילים נגד מטוסים נעשית באמצעות מכ"מי בקרת אש מקומיים של הסוללות, כאשר הפיקוד ואישור הפתיחה באש מגיע ממרכיב ניהול הלחימה.



תרשים 2 – **פירוט הפעילות במערכת הגנה אווירית משולבת**

מבנה המערכת ההגנה האווירית האיראנית

אחרי שהאיראנים הכירו בנחיתותם בהגנת שמי המדינה באמצעות מטוסים, הם השקיעו משאבים אדירים בהקמתה של מערכת הגנה אווירית משולבת (Integrated Air Defense System – IADS). מיטב המוחות של התעשיות הביטחוניות האיראניות עסקו בהקמת המערכת ובשיפורה לאורך השנים.

מערכת ההגנה האווירית האיראנית מנוהלת על ידי מפקדה כללית מרכזית (Khatam Al-Anbiya) הממוקמת בטהראן. מפקדה זו אחראית על הפעלתו המבצעית של המערך כולו. נוסף על כך ובמקביל קיים גוף חילי שנפרד בזמנו מחיל האוויר האיראני, שאחראי להקמת המערך, לאחזקתו ולתפעולו. גוף זה נקרא חיל ההגנה האווירית (ראו סמלים של שני הגופים בתמונה 1). שטחה של איראן גדול מאוד, ולכן האחריות הפיקודית וההפעלה המבצעית הן אזוריות. פגיעה בחלק ממערך ההגנה האווירית באחד האזורים אינה פוגעת בפעולת המערך הנותר באזורים האחרים.

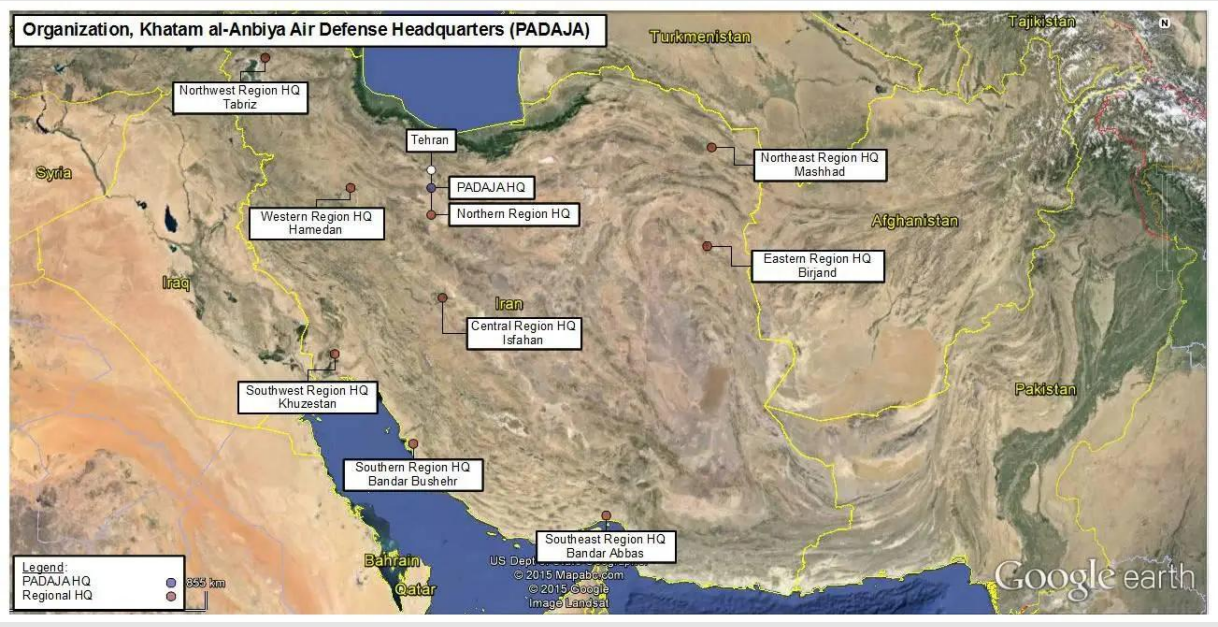


תמונה 1 – **מימין – סמלים של חיל ההגנה האווירית; משמאל – המפקדה המבצעית המרכזית**

מלבד המפקדה המרכזית-לאומית, מערכת ההגנ"א האיראנית מחולקת לתשעה אזורי שליטה ובקרה – ראו להלן תמונה 2.

	אזור	**מקום**
1	צפון	טהראן

2	מרכז	אספהאן
3	צפון-מערב	טבריז
4	מערב	חמדאן
5	דרום-מערב	בסיסי חיל האוויר דזפול (Dezful) או אומידייה (Omidiyeh)
6	דרום	בנדר בושהר
7	דרום-מזרח	בנדר עבאס
8	מזרח	בירג'נד
9	צפון-מזרח	משהד



תמונה 2 – **חלוקת מערכת ההגנ"א האיראנית לאזורי אחריות, שליטה ובקרה**

מערכת ההגנה האווירית האיראנית מורכבת ממספר רבדים, הכוללים את המרכיבים הפונקציונליים הבאים (ראו תרשימים 3 ו-4):

- **מפקדות מבצעיות** המגובות במערכות שליטה, בקרה ותקשורת.
- **מכ"מי התרעה מוקדמת מסוגים שונים** – אסטרטגיים, ארוכי טווח, וכן מכ"מים לטווח בינוני וקצר. רוב המכ"מים אקטיביים (משדרים) וחלקם פסיביים (קולטים בלבד, מבוססים על קליטת אותות – ELINT). הם משמשים ליצירת תמונה אווירית של כל אזור, וגם של איראן כולה.

- **אפקטורים – מערכות טילי הגנה אווירית** – להפלת מטרות אוויריות חודרות. מערכות אלה מצוידות במכ"מי גילוי ובקרת אש מקומיים משלהם.

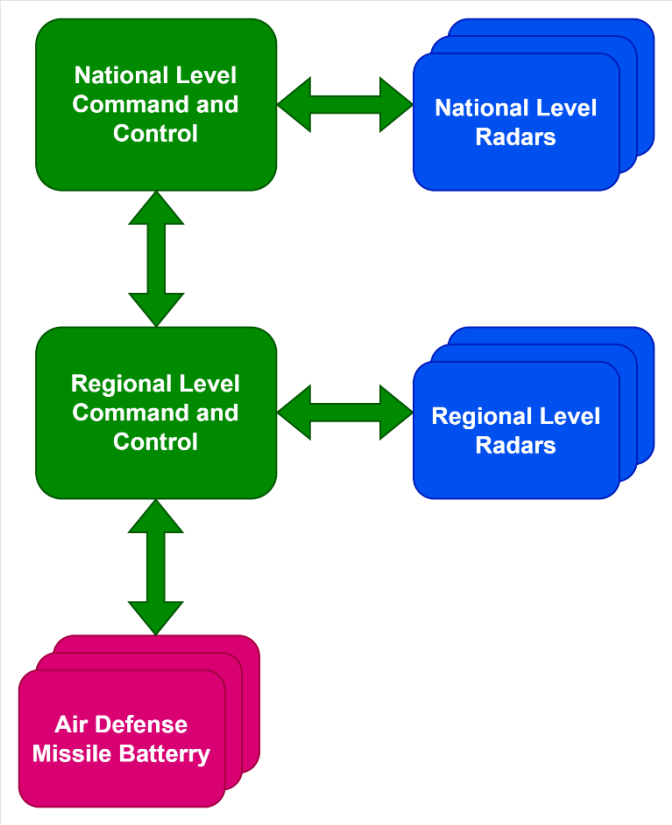
ארגון פונקציונלי של המרכיבים:

- **מערכת שו"ב – שליטה ובקרה ברמה הלאומית –** **National Level** Command and Control – מתבצעות במפקדת Khatam Al-Anbiya שכבר הוזכרה.
- **מכ"מים אסטרטגיים ברמה הלאומית – National Level Radars** – אחראים על יצירת תמונה אווירית בטווחים ארוכים מאוד ומאורגנים בשרשרת של מכ"מים אסטרטגיים.
- **מערכות שו"ב – שליטה ובקרה – אזוריות – Regional Level Command and Contro**l. איראן מחולקת לתשעה אזורי שליטה שמחוברים יחד למערכת הלאומית, אבל מסוגלים לעבוד גם בצורה עצמאית במקרה של ניתוק או השמדה של חלק מהמערך (בכחול, ראו גם תרשים 3).
- **מכ"מי גילוי אזוריים – Regional Level Radars** לטווחים ארוכים, בינוניים וקצרים, האחראים על יצירת תמונת השמיים האזורית.
- **סוללות הגנה אווירית – Air Defense Missiles Batteries** – לאיראנים עשרות סוגים של מערכות כאלה מתוצרת ארצות הברית, רוסיה, סין ואיראן.

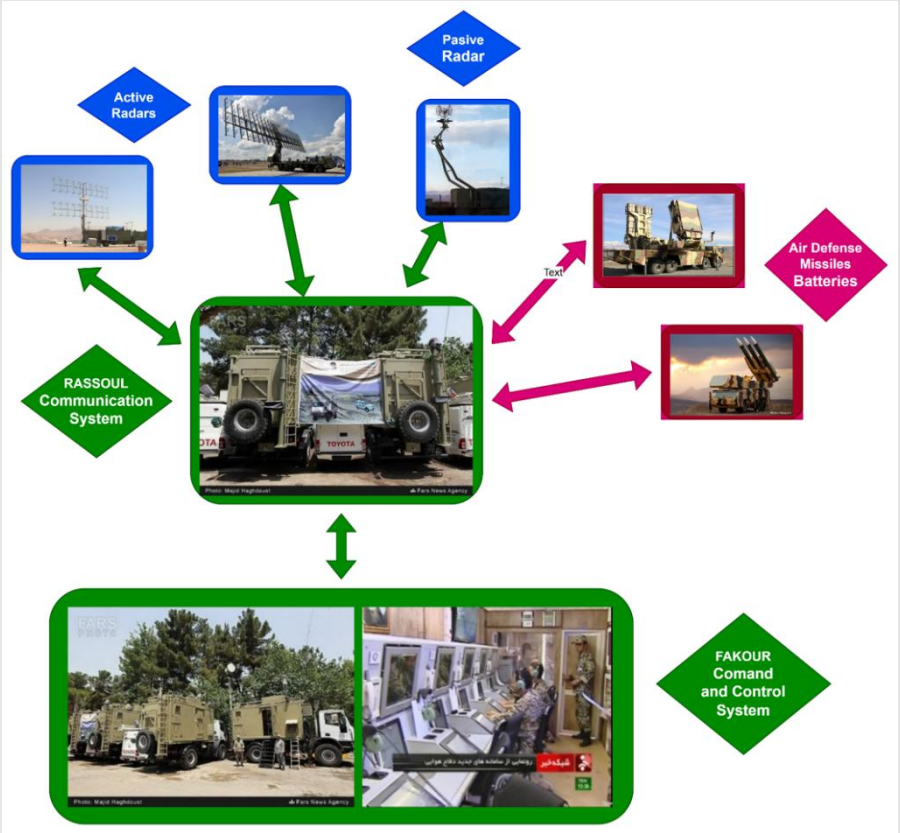
תרשים 3 מתאר את הטופולוגיה ואת ההיררכיה המבצעית של כל אחד מהאזורים שהוזכרו קודם לכן.

מערכות השו"ב מבוססות על שני מרכיבים שהאיראנים פיתחו:

- **מערכת FAKOUR** –מערכת שו"ב שמקבלת ומרכזת נתונים ממספר מכ"מים, מציגה אותם על מסכים ומאפשרת שליטה על אפקטורים – טילי הגנה אווירית. השימוש במערכת FAKOUR קיים ומאפשר יצירת תמונה אווירית גם ברמה הלאומית וגם ברמה האזורית (ראו תרשים 4). מערכת FAKOUR מותקנת בתוך קרון מבצעים שכולל מספר עמדות הפעלה.
- **מערכת RASSOUL – מערכת תקשורת** שמאפשרת למערכות השו"ב FAKOUR לתקשר ביניהן, וגם עם המכ"מים ועם סוללות הטילים להגנה אווירית (ראו תרשים 4). מערכת RASSOUL מותקנת בתוך שני קרונות על כלי רכב, ובעוד רכב קטן יותר.



תרשים 3 – **המבנה ההיררכי של מערכת ההגנה האווירית האיראנית**



תרשים 4 – **מבנה פונקציונלי של אחד מאזורי השליטה והבקרה במערכת ההגנ"א**







תמונה 3 – **מערכת שו"ב FAKOUR (למעלה) מערכת תקשורת RASSOUL (למטה)**

מערך המכ"מים

כחלק ממאמציהם לבסס את ההגנה האווירית שלהם על מערכות הגנ"א קרקעיות פיתחו האיראנים מערכת מורכבת ומשוכללת מאוד לגילוי מטרות וליצירת תמונה אווירית. מערכת זו מתבססת על מערך אדיר של מכ"מים קרקעיים שנרכשו ממקורות שונים:

- **מכ"מים אמריקאיים** – שנרכשו עוד בתקופת השאה.
- **מכ"מים סובייטיים-רוסיים וסיניים**.
- **מכ"מים איראניים** – למעשה שיפורים של מכ"מים שנרכשו (לפעמים ה"שיפור" העיקרי הוא שינוי השם המקורי לשם איראני או העתקה על ידי הנדסה לאחור של המכ"ם המקורי). בתמונה 4 דוגמה להעתקה של המכ"ם האמריקאי TPS-43 שקיבל שם איראני – MELLI.
- **מכ"מים איראניים מפיתוח עצמי**.



תמונה 4 – **דוגמה להעתקה: בצד שמאל – TPS-43 האמריקאי, בצד ימין – MELLI ה"איראני"**

המכ"מים של מערכת ההגנ"א האיראנית נחלקים מבחינה פונקציונלית למספר קבוצות:

- **מכ"מים אסטרטגיים** – אחראים לרוב על גילוי מטוסי בטווחים ארוכים מאוד – בין 500 ק"מ ל-3,000 ק"מ, בדגש על גילוי מטוסי חמקן. המכ"מים האסטרטגיים מסוג GHADIR (תחום VHF) או SEPEHR (תחום HF) מותקנים ב-13 אתרים קבועים ומקיפים את איראן כטבעת אסטרטגית לגילוי מטוסים עוינים, בייחוד חמקנים, בטווחים ארוכים.
- **מכ"מים לטווחים ארוכים** – 300 ק"מ עד 600 ק"מ. המכ"מים ארוכי הטווח מותקנים לרוב ברמה האזורית ומשלימים את תמונת השמיים שיוצרים המכ"מים האסטרטגיים. גם חלק ניכר ממכ"מים אלה פועלים בתחום ה-VHF.
- **מכ"מים לטווחים בינונים וקצרים** – עד 300 ק"מ.

המכ"מים האסטרטגיים SEPEHR ו-GHADIR ממוקמים בשרשרת הגנה לאומית לאורך גבולות איראן – ראו להלן תמונה 6.

נוסף על כך קיימים המכ"מים האורגניים של סוללות טילי ההגנ"א, שהם לרוב מכ"מים לטווחים בינוניים וקצרים.

התעשייה הביטחונית האיראנית התמחתה בשלושה תחומים טכנולוגיים ייחודיים וחיוניים ביותר לפיתוח ולייצור מכ"מים מעולים, והיא שולטת היום בתחומים אלה:

- **טכנולוגיה של מכ"מים הפועלים בתחומי תדר נמוכים – VHF ואף HF** – מכ"מים אלה יעילים במיוחד לגילוי מטוסי חמקן. ההתמחות בטכנולוגיה זו נבעה מרכש מכ"מים רוסיים שפעלים בתחומי תדר אלה.
- **טכנולוגיה של אנטנות מכ"ם עם סריקה אלקטרונית –Phased Array Antennas** – גם ההתמחות בתחום טכנולוגי זה הייתה פועל יוצא של רכש מכ"מים רוסיים שמבוססים על טכנולוגיה זו.
- **טכנולוגיית מזעור מכלולי משדר-מקלט** – היות שאנטנה עם סריקה אלקטרונית בנויה ממאות ואף אלפי מכלולים כאלה, לא כל כך ברור אם האיראנים שולטים גם בטכנולוגיה זו, או שמא הם רק רוכשים רכיבים כאלה ממדינות אחרות.

תפוקתם של המכ"מים מועברת למערכות FAKOUR שכבר הוצגו קודם לכן, ויחד הם יוצרים תמונה אווירית שלמה של התנועה האווירית. כאמור, ההיררכיה הקיימת במערכת ההגנ"א מאפשרת להמשיך לעבוד גם כאשר חלק ממכשירי המכ"ם או ממרכיבי השו"ב מושמדים או מושבתים.

לוח 1 להלן מרכז את סוגי המכ"מים של מערכת ההגנ"א האיראנית.

למכ"מים שתוארו עד כה, שהם מכ"מים אקטיביים (כולם משדרים, ולכן קל יחסית לגלות אותם באמצעות מודיעין אלקטרוני), מצטרף מערך שלם של מכ"מים פסיביים כדוגמת מערכת ALIM. מכ"מים אלה לא משדרים ולכן קשה לגלות אותם. הם פועלים לפי העיקרון של קליטת שידורים ממטוסי האויב (ELINT), כגון מכ"מים מוטסים, מדי גובה אלקטרוניים, מערכות ניווט אקטיביות וכדומה.

שנת הופעה	2D/ 3D	טווח (ק"מ)	תוצרת	תחום תדר	מכ"ם	
2022-2014	2D	3,000	איראן	HF	**SEPEHR**	**מכ"מים אסטרטגיים**
2014-2012	3D	1,100	איראן	VHF	**GHADIR**	
2021	3D	500	איראן	VHF	**QUDS**	**מכ"מים לטווחים ארוכים**
2021-2019	3D	500-400	איראן	L	**FALAQ**	
2022-2021	3D	600	איראן	VHF	**FATH-14**	
2010	2D	300	איראן	VHF	**MATLA-UL-FAJR-1**	
2013	3D	480	איראן	VHF	**MATLA-UL-FAJR-2**	
2016	2D	500	איראן	VHF	**MATLA-UL-FAJR-3**	
1995	3D	400-350	רוסיה	VHF	**NEBO-SVU**	
1985	3D	600-300	רוסיה	VHF	**NEBO**	
2015-2014	3D	700-450	איראן	UHF	**MERAJ-4**	
2021	3D	450	איראן	S/L	**ALBORZ**	
2014	3D	250	איראן	S	**HAFEZ**	**מכ"מים לטווחים בינוניים וקצרים**
2002-1998	2D	150	איראן	S	**KASHEF-1**	
2011	2D	200	איראן	S	**KASHEF-2**	
2010	2D	150	איראן	S	**MERSAD**	
1995	3D	350-300	סין	L	**JY-16**	
2005	3D	300-150	רוסיה	UHF	**KASTA-2E2**	

לוח 1 – **מכ"מים של מערכת ההגנה האווירית האיראנית**



תמונה 5 – **מכ"ם פסיבי (מבוסס ALIM (ELINT**



תמונה 6 – **מכ"מי מערכת ההגנ"א האיראנית**

מערך טילי ההגנ"א

מערך טילי ההגנ"א משלים למעשה את מערך הגילוי, והוא למעשה הזרוע המבצעת של מערכת ההגנ"א האיראנית. מערך זה כולל סוגים שונים של מערכות טילי הגנ"א, חלקם קיימים עדיין מתקופת השאה, חלקם נרכשו מרוסיה ומסין וחלקם פותחו בשנים האחרונות באיראן. מערכות אלה פורטו במסמך אחר של הכותב.[1]

[1] אריה אבירם, "מערכות הגנה אווירית באיראן", במה טכנולוגית, המכון למחקרי ביטחון לאומי, 25 בדצמבר 2025. https://tinyurl.com/38eer9cu

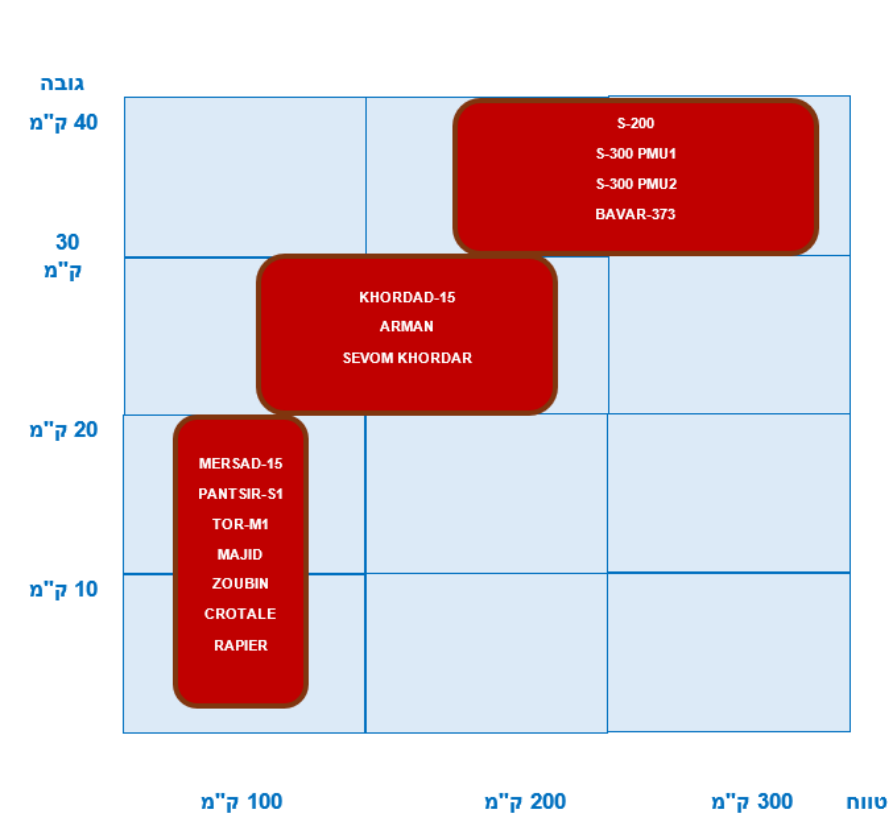
בכל מערכת טילי הגנ"א יש מכ"ם גילוי ומכ"ם בקרת אש. ההתרעה וההכוונה המבצעית הראשוניות מתקבלות ממערך הגילוי הלאומי, ההעסקה מתבצעת בעזרת המכ"מים של הסוללה. הפעולה של כל אחת ממערכות טילי ההגנ"א יכולה להיות בשליטה של המערכת הלאומית או האזורית, או בשליטה עצמאית – תלוי בשמישות ובזמינות של השכבות הגבוהות יותר.

סוללות ההגנ"א מסווגות לפי טווחים וגובה ההעסקה שלהן (ראו לוח 1 ותרשים 5):

	מערכת	טווח (בק"מ)	שנת הופעה
מערכות טילי הגנ"א בשכבה האסטרטגית	S-200	300	1967
	S-300 PMU1	150	1993
	S-300 PMU2	200	1997
	BAVAR-373	300	2019
	TALASH	200	2017
	KHORDAD 15	200	2019
מערכות טילי הגנ"א בשכבה המבצעית	SEVOM KHORDAD	105	2014
	MERSAD-16	45	2021
	ARMAN	120	2024
	HQ-2	40	1967
מערכות טילי הגנ"א להגנת נקודה	TOR M1	16	1991
	PANTSIR-S1	30	2003
	MAJID	12	2021
	ZOUBIN	20	2024
	SAQR 358	100	2020

2022	15	AZARAKHSH	
1971	12	CROTALE	
1971	8	RAPIER	

לוח 2 – **מערכות טילי הגנ"א בשימוש איראן**



תרשים 5 – **כיסוי טווחים וגבהים של מערכות טילי ההגנ"א בשימוש איראן**

מה קרה במבצעים עם כלביא ושאגת הארי?

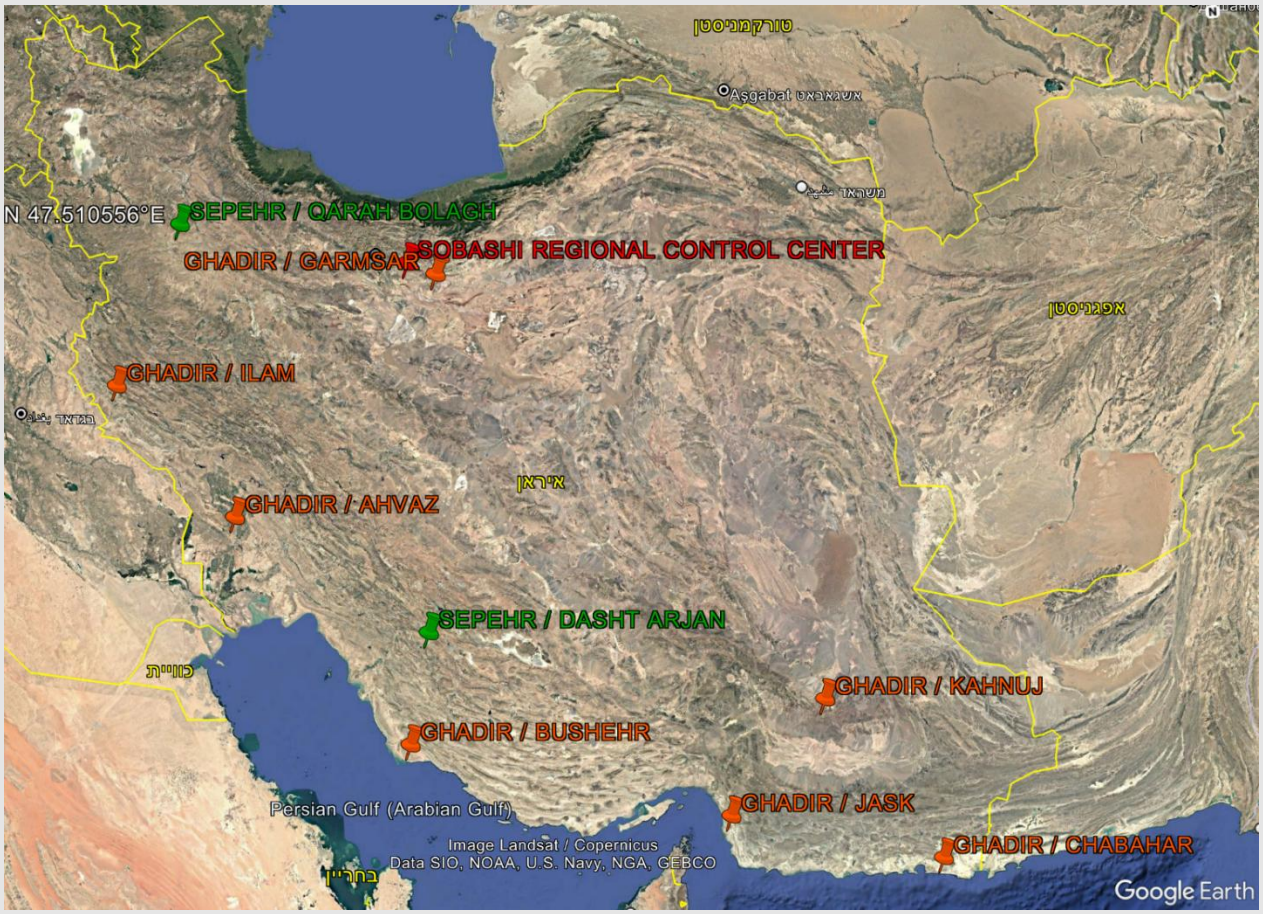
בתחילת שנת 2024 היו לאיראנים תשעה אתרים מבצעיים של מכ"מים אסטרטגיים (ראו מפה בתמונה 7 ולוח 3):

- שבעה אתרים מצוידים במכ"מי GHADIR (טווח גילוי של 1,100 ק"מ).
- שני אתרים של מכ"מי SEPEHR (מכ"מ OTH עם טווח גילוי של יותר מ-3,000 ק"מ).

האיראנים ריכזו את פעילות השליטה והבקרה במרכז שליטה ובקרה אזורי באזור SOBASHI במערב המדינה. מרכז אזורי זה היה אחראי לשילוב התמונה האווירית הכוללת במערב איראן, שנוצרה מתפוקותיהן של כל מערכות המכ"ם באזור.

נוסף על כך היו באיראן עשרות אתרים של מכ"מים לטווחים ארוכים, בינוניים וקצרים, וכמובן גם מתקני המכ"ם האורגניים של סוללות טילי ההגנ"א.

בפעולות חיל האוויר הישראלי באוקטובר 2024, ביוני 2025 (עם כלביא) ובמארס 2026 (שאגת הארי) הותקפו רוב מערכות המכ"ם שהיו עלולות לשבש את פעילות חיל האוויר בשמי איראן. לוח 4 מסכם את תוצאות פעילות התקיפה של חיל האוויר נגד המכ"מים האסטרטגיים. בלוח זה סומנו בצבע ירוק המערכות השמישות שטרם נפגעו, בצבע אדום המערכות שהושמדו ובצבע ורוד מערכות שהותקפו ונפגעו, אך מצבן אינו ברור.



תמונה 7 – **אתרי המכ"מים האסטרטגיים האיראניים**

System	Location / Region	Latitude Longitude	Coverage Responsibility
GHADIR	Albaji (**AHVAZ**)	31.473020°N 48.581924°E	Western / Iraqi approach coverage
GHADIR	Nur Ed Dinabad (**GARMSAR**)	35.133561°N 52.469442°E	Northwestern coverage
GHADIR	Kuh-e Shah Nakhjir (**ILAM**)	33.532074°N 46.313937°E	Western mountain corridor coverage
GHADIR	**JASK** (Coastal East)	26.396900°N 57.142600°E	Strait of Hormuz coverage
GHADIR	**BUSHEHR (Coastal West)**	27.864200°N 51.612300°E	Persian Gulf coverage
GHADIR	**KAHNUJ** (Kerman Region)	28.092100°N 58.966100°E	Southern-central coverage
GHADIR	**CHABAHAR** (Gulf of Oman)	25.256900°N 60.861100°E	Gulf of Oman / Arabian Sea coverage
SEPEHR	**DASHT ARJAN** (Shiraz)	29.617222°N 52.043333°E	Southern sector OTH coverage
SEPEHR	**QARAH BOLAGH** (Bijar)	36.068889°N 47.510556°E	Northern / western strategic coverage

לוח 3 – **אתרי המכ"מים האסטרטגיים האיראניים לפני תקיפות חיל האוויר הישראלי (לפני 2024)**

מערכת המכ"ם	מיקום	לפני תקיפות ח"א באוקטובר 2024	אחרי תקיפות ח"א באוקטובר 2024	אחרי תקיפות יוני 2025 עם כלביא	אחרי תקיפות מארס 2026 שאגת הארי
GHADIR	AHVAZ				
GHADIR	GARMSAR				Attacked
GHADIR	ILAM				
GHADIR	JASK				Attacked
GHADIR	BUSHEHR				Attacked
GHADIR	KAHNUJ				Attacked
GHADIR	CHABAHAR				Attacked
SEPEHR	DASHT ARJAN				
SEPEHR	QARAH BOLAGH				
SOBASHI REGIONAL CENTER					

לוח 4 – **הפגיעות באתרי המכ"מים האסטרטגיים האיראניים**

הדעה הרווחת בקרב המקורות הגלויים המועטים (OSINT) היא שרוב מערך הגילוי האסטרטגי של איראן נפגע ונוטרל, אולם אין אישור מבוסס לכך, בוודאי שלא ממקורות איראניים.

אין ספק שעדיין רב מאוד הנסתר על הגלוי, על פי מקורות המידע הגלויים ברשת, בכל הקשור לתקיפת מערך ההגנה האווירית האיראנית. עיקר המידע מרוכז בשני מאמרים בעיתון Armada International.[2]

[2] Thomas Withington, "Going Blind: The Systematic Takedown of Iran's Early Warning Network," Armada International, December 3, 2025. https://tinyurl.com/3ep3r6sd; Thomas Withington, "In-Depth Analysis: Back to Iran!" Armada International, April 2, 2026. https://tinyurl.com/3pskcpxr

ברור גם שבעתיד, עם הוספת מידע במקורות הגלויים, יהיה מקום למאמר נוסף שיפרט את פעולות חיל האוויר הישראלי בתקיפות מערך ההגנה האווירית באיראן בשנים 2024, 2025 ו-2026.

מקורות

אבירם אריה. "מערכות הגנה אווירית באיראן". במה טכנולוגית, המכון למחקרי ביטחון לאומי, 25 בדצמבר 2025. https://tinyurl.com/38eer9cu

Global Defense News, Army Recognition. "Iran to unveil two new home-made air defense command systems Fakour and Rassoul." May 26, 2014. https://tinyurl.com/mtjdrjb9

ISW – Institute for the Study of War. "Iran Update." October 29, 2024. https://tinyurl.com/42p4b8hw

Lair, Sam. "Shallow Ramparts: Air and Missile Defenses in the June 2025 Israel-Iran War." FPRI, October 17, 2025. https://tinyurl.com/2c7xefr7

Maritim Security Forum. "Iran's air defence system." February 23, 2026. https://tinyurl.com/3h8p87kh

Mattes, Peter W. "Systems of Systems: What, Exactly, is an Integrated Air Defense System?" The Mitchell Forum, No. 26. June 2019. https://tinyurl.com/stw4h355

Molaei, Mohammad. "Guardians of sky: How Iran's radar network turned 12-day war into a blueprint for deterrence." Press TV, February 21, 2026. https://tinyurl.com/4r922v24

Withington, Thomas. "Going Blind: The Systematic Takedown of Iran's Early Warning Network." Armada International, December 3, 2025. https://tinyurl.com/3ep3r6sd

Withington, Thomas. "In-Depth Analysis: Back to Iran!" Armada International, April 2, 2026. https://tinyurl.com/3pskcpxr