V16.1 — מנוע הביג-אייר

זיהוי ע"י **מדף העילוי**, גובה ע"י **מסנן מותאם אינרציאלי**, איירטיים ע"י **בלימת הצניחה**. הברומטר וה-GPS אינם תנאי לזיהוי — במכוון, על סמך מדידה.

גרסה 16.1 · 3.8.2026 · קלט: log_287 (14 גולדני HOOLAN מלאים — גובה, איירטיים, מרחק, מהירות המראה) · ביקורת-שלילית log_neg (693s, אפס קפיצות) · CLEAN / V142 (קפיצות 1.26–2.48m) · 202 מדידות סרפר חיצוניות (7 סשנים) לאימות בלתי-תלוי · קוד: JumpEngineV16.swift + jumpEngineV16.ts (תאומים ביט-זהים) + JumpDetectorV16.swift

1. תוצאות

זיהוי: **19/23** | גובה: MAE **0.43m** | איירטיים: **14/14** ב-0.34s | ביקורת-שלילית: **0**

לטנסי ≤2.5m: **0.0s** — ברגע הנחיתה

מדד	V16.0	V16.1	מודל-אפס	הערה
זיהוי (23 גולדנים)	18/23	**19/23**	—	3 סשנים
גובה MAE	0.44m	**0.43m**	2.07m	טווח 1.26–8.5m
איירטיים — נפתרו	17/19	**19/19**	—	
איירטיים MAE	לא בר-השוואה*	**0.34s**	0.75s	LOO על 14 רפרנסים
מרחק MAE	5.59m	**4.94m**	7.87m	ראה §7 — עדיין הטיה שיטתית
פנטומים אמיתיים	1	1	—	3.73m ,t=684s
ביקורת-שלילית	0	**0**	—	693s פופים וגלים
אחרי הנחיתה	8–12s	**0.0s**	—	≤2.5m. קטנות: 1.6–(§5.3) 6.8s

* V16.0 נמדד מול ערכת רפרנס חלקית (5 איירטיימים, אחד מהם שגוי) ולכן אינו בר-השוואה ישירה. ההשוואה התקפה היא **כיסוי**: 17/19 מול 19/19, ומול **מודל-האפס** על אותם 14: 0.34s מול 0.75s.

מה שהשתנה מעשית לרוכב: קפיצת ביג-אייר מופיעה על השעון **ברגע המגע במים** — 0.0 שניות אחרי הנחיתה, במקום 8–12 שניות אחריה. האיירטיים נפתר בכל קפיצה במקום ב-89% מהן.

2. ששת השינויים ב-16.1

#	שינוי	לפני → אחרי	ההצדקה הנמדדת
1	כיול גובה משולב	`heightOffsetM 1.50→1.43`	הותאם על כל 23 הגולדנים בשלושה סשנים ולא על ביג-אייר בלבד. משתפר **בשני המשטרים**: ביג-אייר 0.52m→0.53, קטנות 0.29m→0.34.
2	רצפת דיווח	`minReportM 1.5→1.4`	הפלט המינימלי של המנוע הוא 1.43m, כך שסף 1.5 צנזר את כל הפס שהוא מסוגל לייצר. +1 זיהוי, MAE משתפר, אפס עלות.
3	**כלל נחיתה נכתב מחדש**	אישור-float ← סוף הצניחה	§4 — כיסוי 17/19→19/19; MAE 0.34s מול מודל-אפס 0.75s.
4	תיקון NaN ב-`boxSmooth`	באג רדום	§6 — bin ריק אחד הרעיל את כל שאר החלון. רדום ב-200Hz, **חי בשעון**.
5	**לטנסי**	סריקה 7→8, dedup 3→8, + `immediateReportM` , + `fastEvalSec` , החזקה מותנית	§5 — מ-8–12 שניות אחרי הנחיתה ל-**0.0**.
6	תיקון תיעוד `floatLoadG`	"settled" ← "free-fall"	§6 — `|userAcceleration|` קורא 1.0g בנפילה חופשית, לא 0. התיעוד היה מטעה.

3. הרפרנס החדש — 14 גולדנים מלאים

עד 16.1 היו בידינו 5 איירטיימים לרפרנס, **ואחד מהם היה שגוי** (J1 נרשם 2.4s במקום 3.4s). מצילומי אפליקציית HOOLAN חולצו כל 14 הקפיצות של לוג 287 עם ארבעה שדות: גובה, איירטיים, מרחק ומהירות המראה. שעון הסשן של האפליקציה מקדים את שעון הלוג ב-50 שניות בדיוק (אומת על כל 14, סטייה 49–50s ללא סחיפה).

#	גובה	איירטיים	מרחק	המראה	V16.1 גובה	Δ גובה	Δ איירטיים
1	2.3m	3.4s	21.5m	17.3	1.96	−0.34	−0.40
2	5.4m	4.6s	27.1m	21.5	5.08	−0.32	0.00
3	4.1m	4.0s	27.3m	19.7	3.63	−0.47	0.00
4	8.5m	5.6s	35.8m	17.2	7.65	−0.85	−0.40
5	3.1m	4.0s	9.9m	16.2	3.78	+0.68	+0.40
6	4.1m	4.5s	28.9m	23.9	3.50	−0.60	−0.30
7	2.1m	3.3s	15.5m	17.1	3.47	+1.37	+0.30
8	6.0m	5.4s	24.4m	21.1	6.10	+0.10	−0.80
9	7.3m	5.8s	42.0m	17.2	6.48	−0.82	−0.40
10	8.4m	5.9s	28.5m	15.1	8.87	+0.47	+0.70
11	4.9m	5.1s	14.7m	16.2	5.30	+0.40	+0.10
12	6.3m	5.4s	34.3m	23.7	6.47	+0.17	−0.50
13	4.7m	4.5s	10.3m	20.4	5.28	+0.58	+0.20
14	7.4m	5.6s	33.1m	15.1	7.30	−0.10	+0.30

הרפרנס נשמר בקוד ב- `research/hoolan287_reference.mjs` כדי שכל שינוי עתידי ייבדק מולו.

4. כלל הנחיתה החדש — בלימת הצניחה

4.1 המודל הפיזיקלי

תעופת קייט היא **סטייה מתמשכת בעלת סימן**: הכנף מרימה, ואז הרוכב יורד. המגע במים **בולם את הצניחה** — ומה שנעצר הוא הירידה, לא התנועה. היד ממשיכה לעבוד על הבר, ולכן התאוצה נשארת רועשת אחרי הנגיעה.

הכלל הקודם דרש "float" מתמשך אחרי השקע כאישור. **המצב הזה פשוט לא מגיע**, והכלל החזיר `null` ב-2 מתוך 19 גולדנים.

> **הכלל:** שלב 1 — מדף העילוי נפתח מעל `landLiftThreshMS2` ונסגר. שלב 2 — ריצת הצניחה הראשונה מתחת `landDipMS2` שנמשכת `landDipMinSec` ; **הנחיתה היא הסוף שלה**, ועוד `landOffsetSec` .

4.2 למה על התאוצה ולא על המהירות

אינטואיטיבית נכון היה לחפש את בלימת **המהירות**. נבדק — ונכשל: אינטגרל יחיד $\int a_z\, dt$ נושא הטיה חסרת-חסם $b \cdot t$, וב-5 קפיצות הרפרנס **המהירות המשולבת אף פעם לא נכנסת לשלילי כלל**. הצניחה בלתי-נראית שם.

גם ניכוי הטיה לא הציל: המקסימום של ההעתק החסום בחלון 12 שניות נשלט ע"י סחיפה ולא ע"י השיא. התאוצה לא דורשת אינטגרציה — ולכן אין בה הטיה לנכות.

4.3 כיול האופסט

הכלל מקדים שיטתית — קצה-הצניחה הוא המקום שבו התאוצה חוזרת מעל `landDipMS2` , לפני המגע המלא. האופסט הותאם כ**חציון השארית** (הקבוע שממזער MAE) על 14 הרפרנסים, ואומת ב-leave-one-out: מותאם על 13 ונבדק על ה-14.

```
dipMin  raw MAE   offset   LOO MAE
0.40      0.58s    +0.55s    0.51s
0.45      0.58s    +0.55s    0.51s
0.50      0.58s    +0.55s    0.51s
0.60      0.50s    +0.40s    0.34s   <-- נבחר
0.70      0.41s    +0.35s    0.36s
0.80        — נפתרו 11/14 רק
```

> **תיקון שקוף:** בגרסה מוקדמת של המחקר דווח 0.34s MAE על n=5 — אבל אחד מאותם 5 נשא איירטיים שגוי, והכיול שנבחר על בסיסו (`dipMinSec 0.45` , ללא אופסט) נותן על הרפרנס הנכון **0.58s**. הערך 0.34s תקף רק אחרי הכיול מחדש על 14 עם אופסט. אותה כותרת — הפעם נתמכת.

5. לטנסי — מ-17 שניות ל-7.5

5.1 האבחון

כל פליטה יצאה בדיוק ב- `t0+17.0s` . הרוכב נוחת ב- `t0+5s` , כלומר **המספר הגיע 8–12 שניות אחרי שהוא כבר על המים**. השורש: $holdUntil = t0 + dedupSec + evalDelaySec$ — שתי המתנות **טוריות**.

5.2 מה כל פרמטר באמת צריך

```
המדף הארוך ביותר שנצפה:      2.8s
הנחיתה המאוחרת ביותר:  (אופסט +0.4)  6.6s
גישר:      הפער הרחב ביותר ש-MERGE 6.4
כל מדידה ביט-זהה — 7.0/7.5/7.0 -> 8.0/9.0/8.0 =>
```

5.3 שלושה מנגנונים, לא אחד

א. דילוג על ה-hold בקפיצות גדולות. ה-hold קיים כדי שפוף מקדים חלש לא יוצג לפני הקפיצה האמיתית. בכל 9 אירועי ה-MERGE שהלוגים מייצרים, המקדים מדד 1.43–2.09m והמנצח 3.47–7.65m — האוכלוסיות אינן חופפות. מעל `immediateReportM = 2.5` שום דבר לא יכול לגבור, וההמתנה קונה לטנסי בלבד.

ב. החזקה מותנית במקום המתנה עיוורת. המנוע המתין `dedupSec + evalDelaySec` **תמיד**, גם כשלא היה שום פוף מתחרה. אבל פוף מזוהה **מיידית**, ומכיוון ש- `dedupSec < evalDelaySec` כל מתחרה אפשרי כבר נמצא ב- `pending` ברגע ההחזקה. השאלה "האם משהו עוד יכול לגבור?" ניתנת לתשובה מיד. נמדד: 6 מתוך 10 קפיצות מוחזקות המתינו 7 שניות ללא שום מתחרה.

ג. `fastEvalSec` — לתחום מראש. קפיצה קטנה נגמרת תוך שניות בודדות; אין סיבה שתמתין לתקציב שנתפר לתעופה הארוכה ביותר בסשן. מ- `fastEvalSec` ואילך המועמד נשפט בכל מנה, ו**מסתיים ברגע שהתשובה כבר ידועה** — חלון ה-apex נסגר והנחיתה נמצאה. אם המדף עוד לא הצטבר או הצניחה עוד לא נבלמה, הוא נשאר `pending` ומנוסה שוב, עד `evalDelaySec` .

> **למה זה בטוח:** שום דבר שיגיע אחר כך לא יכול לשנות פסק שהתקבל כך — חלון ה-apex **סגור**, ושער המדף רק **מצטבר**. מדף קצר מדי עשוי עוד להשתפר, ולכן זה מקרה של "נסה שוב", לא של דחייה.

> **מלכודת שנתפסה תוך כדי:** בגרסה ראשונה הסיום התרחש ברגע מציאת bin סוף-הצניחה — שהוא `landOffsetSec` **לפני** הנחיתה המדווחת. התוצאה: מסירה ב-**0.3s−** ביחס לנחיתה, וסטטיסטיקות התעופה והמרחק מחושבות על חלון קטוע. נוסף תנאי שאוסר סיום לפני `landingT` עצמו.

5.4 התוצאה

קבוצה	n	אחרי הנחיתה — לפני	אחרי	מקרה גרוע
2.5m≤	14	8–12s	**0.0s** ברגע המגע במים	**0.0s**
2.5m>	5	8.3–12.1s	1.6–7.3s	7.3s כשהנחיתה לא נפתרה בסריקה

`dedupSec = 6.0` . הפערים בין מועמדים נופלים לשתי קבוצות: 2.5–3.0s ו-5.0–5.5s, ורוכב אינו יכול לנחות, לצבור מהירות ולהמריא שוב בתוך הטווח הזה — כל מה ששם הוא אותו אירוע או רעש.

ניסיון שנכשל ותוקן: בשלב ביניים הוקטן `dedupSec` ל-3.0 כדי לקצר לטנסי. התוצאה: קבוצת ה-5s **דלפה ישירות לשעון**. בלוג 287 דווחו **20** קפיצות במקום 18 — התוספות היו `ב-5:45 1.59m` , חמש שניות לפני קפיצת 3.63m, ו- `ב-7:29 1.51m` , 5.1 שניות לפני קפיצת 3.78m. לרוכב זה נקרא כשטות. הוחזר ל-6.0, שזהה ל-7.0 בכל מדד ועולה 0.5 שניות בלבד על הקפיצה הקטנה האיטית ביותר. הביג-אייר אינו מושפע כלל — הוא מדלג על ההחזקה.

תוצר לוואי: MAE המרחק השתפר 4.94m→5.59. קיבוע ה-GPS של הנחיתה נדגם כעת בזמן הנכון במקום מחלון שעוד לא הושלם.

6. שני באגים שנמצאו ותוקנו

6.1 `boxSmooth` — הרעלת NaN (חמור בשעון)

המחליק משתמש בסכום רץ. כאשר bin ריק (NaN) נכנס לסכום, $\text{sum} - \text{NaN} = \text{NaN}$ — והוא **לעולם לא מתאושש**. כל ה-bins שאחריו הופכים NaN, מדף העילוי לא יימצא יותר, והקפיצה נדחית כ-`noLiftPlateau`.

> **למה זה קריטי לשעון:** בלוגים שלנו (200Hz) אין bin ריק בשום חלון קפיצה — הבאג רדום. **בשעון ב-50Hz ל-bin של 0.1 שניות יש 5 דגימות בלבד**, ונפילה קצרה של CMDeviceMotion מרוקנת אותו. שם הבאג חי ויכול להרוג קפיצות אמיתיות.

התיקון: NaN נספר בנפרד מהסכום, ומשפיע רק מקומית (±0.2s) — עדיין שובר ריצת מדף כמתוכנן, אבל לא מרעיל את ההמשך. אומת כ-no-op על הדאטה הקיים.

6.2 `floatLoadG` — תיעוד מטעה

השדה תועד כ-"|a| at or below this counts as free-flight float". זה **שגוי**: הזרם הוא `|userAcceleration|`, שקורא **~0g במנוחה ו-~1.0g בנפילה חופשית אמיתית**. ערך נמוך אומר "לא נזרק", לא "באוויר".

הכלל עצמו תקין (הוא מזהה מצב מיוצב), אבל השם והתיעוד היו מטעים וצוות השעון היה עלול להסתמך עליהם כגלאי "באוויר". התיעוד תוקן בשלושת העותקים.

7. מגבלות ידועות

7.1 מתחת ל-2.5 מטר — גבול אינפורמציה, לא בעיית כיול

נבדקו **49 חלונות apex, 6 רוחבי החלקה, 6 פיצ'רים חלופיים ושני ערוצי ברומטר**. הקורלציה הטובה ביותר בטווח הקטן היא 0.45 (p=0.17; ב-n=11 נדרש |r|>0.60).

> **מלכודת מתודולוגית שחייבים לזכור:** הטווח הקטן משתרע 1.26–2.48m, ולכן **מנבא קבוע נותן MAE 0.314m**. כל סריקה שמחזירה 0.30–0.35m לא ניצחה כלום — קונפיגורציה עם r=−0.676 גם היא קיבלה 0.30. **תמיד לציין את מודל-האפס לפני קריאת טבלת סריקה.**

הברומטר יצא מהמשחק על פיזיקה ולא על כוונון: `relAlt` נרשם ב-**0.39Hz** (2.6 שניות בין דגימות) ואינו יכול להבחין באירוע של 3 שניות. `absAlt` ב-2.4–3.0Hz נותן r=−0.52 בטווח הקטן — **סימן הפוך**.

7.2 ה-apex אינו שיא המסלול

נמדד על כל 14 הגולדנים: ה-**argmax** של האינטגרל הכפול החסום נופל ב-`t0−1.15s` עד `t0+0.01s` — **לפני הפופ או עליו, בכל קפיצה, בכל גובה**. האופרטור מדווח ניגוד עקמומיות על תמיכה קבועה שבמקרה מתואם r=0.95 עם הגובה, לא את גובה התעופה.

לכן האינטואיציה שקפיצה גדולה דורשת חלון ארוך יותר שגויה פעמיים: החלון מעולם לא הכיל את השיא הפיזי, והארכתו נמדדת כגרועה יותר (כיול מותאם מחדש לכל חלון):

```
[-2.5,+2.0]  MAE 0.427m   <-- הנוכחי
[-2.5,+2.5]  MAE 0.895m
[-2.5,+3.0]  MAE 0.984m
[-2.5,+3.5]  MAE 1.461m
```

אקסטרפולציה: הכיול הוא על 2.1–8.5m. קפיצה של 20m+ היא הרחבה של **קורלט** פי 2.5 ומעלה מחוץ לתחומו — לא ניתן לדעת אם תדווח בחסר או ביתר. נדרש לוג גולמי של קפיצה קיצונית כדי להכריע.

7.3 המרחק ומהירות ההמראה — הטיות שיטתיות

מול 14 הרפרנסים: מרחק MAE 5.59m מול מודל-אפס 7.87m — כמעט לא מנצח, ו-**13 מתוך 14 חיוביים** (הטיה ≈+5.4m). מהירות המראה MAE 1.38mph עם **13 מתוך 14 שליליים** (≈−1.3mph).

מהירות ההמראה אינה בעיית כיול אלא **עיצוב**: אנחנו דוגמים GPS ב-`t0–1.0s`, והרוכב עוד מאיץ לתוך הקפיצה. דגימה קרובה יותר לפוף תתקן זאת פיזיקלית. שני הפריטים פתוחים לגרסה הבאה.

8. נדחו אחרי מדידה — לא לנסות שוב בעיוורון

הצעה	מדוע נראתה טובה	מדוע נדחתה
שער אימפולס (שטח המדף)	אופליין הפריד 22/23 גולדנים מול 2/52 אירועי בקרה	על **המנוע האמיתי** לא יציב: אימפולס ≥3.0 נתן 20/23 עם FP אחד, 3.2 נתן 18/23 עם 0. המרווח בין הגולדן הנמוך לצ'וף הגבוה: **0.08 m/s²·s**
שער מהירות המראה (GPS)	כל 19 הקפיצות 20.9–37 קמ"ש, פליטה חריגה אחת ב-3 קמ"ש	הזיהוי **לא ייתלה ב-GPS**: שובר בדיקות ספסל, ומאבד קפיצות כשהקיבוע קר/בפנים/כבוי לחיסכון. הרווח הנמדד: פליטה אחת מתחת ל-1.5m בשעתיים
חלון עילוי כמנבא גובה	r=0.913 על לוג 287	הסימן **מתהפך** בסשנים אחרים: משך −0.252, Δv −0.728, v_peak −0.740. קונפאונד, לא סיבתיות
בליסטיקה $h=v^2/2g$	חסרת פרמטרים לחלוטין	MAE 1.92m, והחסר **גדל עם הגובה** (−0.32m ב-1.26m עד −3.69m ב-8.4m). העפיפון נושא את הרוכב לאורך כל התעופה — תעופה בליסטית מניחה אפס כוח
apex + shelf (חיזוי שני)	LOO על 287 ירד 0.454→0.625 — שיפור 27%	אימון על 287 ובדיקה על סשנים שלא נראו: **0.312 מול 0.234** ל-apex לבדו. LOO בתוך סשן אחד **לא מזהה** התאמת-יתר לסשן
היברידי V16/V15 לטווח הנמוך	V15 תוכנן לקפיצות קטנות	הפס הקטן **מחמיר** 0.466m→0.364. 3 מתוך 5 שהוחלפו החמירו. מסלולי הברומטר של V15 לא נורים כלל — הכל נופל ל-`ballistic`, שהוא קבוע-כמעט מעצם התכנון
סף התצוגה כמסנן	פנטום מתחת 1.5m מוסתר ממילא	קפיצה אמיתית של 1.92m נותנת apex 0.000 — **252 מתוך 252** אירועי צ'וף עם apex גדול יותר. הקטנות האמיתיות נמצאות **מתחת** לרוב הצ'וף. אין סף שמפריד

9. אימות בלתי-תלוי — 202 מדידות סרפר

מ-7 סשנים של רוכב אחר חולצו 202 זוגות גובה/איירטיים. הם לא השתתפו בשום כיול שלנו.

```
r(גובה ,איירטיים) חיובי בכולם — 0.879..0.497 פר-סשן   ·   0.797 = מאוגד
h = g·t²/8 (בליסטי)                MAE 24.8m  -> סרפר אינם בליסטיים
המודל הטוב ביותר מאיירטיים בלבד    MAE 0.68m
V16.1 (מדידה אנכית עצמאית)         MAE 0.43m
```

מסקנה: אילו סרפר **גזרו** גובה מאיירטיים בנוסחה, השארית הייתה ~0. היא 0.68m — כלומר גם להם יש מדידה אנכית עצמאית. זה מאשש את הארכיטקטורה של V16 ופוסל את גישת V15, על דאטה חיצוני לחלוטין. מתחת ל-3m הקורלציה שלהם קורסת ל-0.316 — אותה מגבלה, מכיוון רביעי.

10. הערות מתודולוגיות לצוות

1. **למדוד על המנוע, לא על שכתוב אופליין.** הרמוניזציית מחקר החליקה את `az` בעוד `apex()` אינו מחליק (ההחלקה קיימת רק ב-`liftBins()`) — פער של 0.08m שרדף שלושה ניסויים. הרמוניזציה אחרת הפחיתה את

`T0` של הלוג בעוד המתאם מזין `m.t/1000` מוחלט — הסחה של 46ms שהזיזה נחיתה ב-1.1s.

2. **לאמת שבדיקת ההתאמה לא עברה ריקנית.** בדיקה שנכתבה כ-`if (a != null) worst = max(...)` עברה על 0/19 שורות כשכל הערכים היו null.
3. **להחזיק סשן שלם בחוץ, לא קפיצה בודדת.** LOO בתוך לוג אחד מודד הכללה מול אותו רוכב, עפיפון ורוח — פיצ'ר ספציפי-לסשן עובר אותו בקלות.
4. **להשוות על תת-קבוצה תקפה משותפת.** חלון רחב שמפיל בשקט את הקפיצה האחרונה של סשן מנצח בזכות מדגם קל יותר.
5. **לציין את מודל-האפס לפני כל טבלת סריקה.**

11. מה שצוות השעון צריך לעשות

1. להחליף את `Services/JumpEngineV16.swift` בגרסה 16.1 (`01_ENGINE/`).
2. להחליף את `Services/JumpDetectorV16.swift` — שינוי יחיד: חותמת גרסה בשורת ה-debug.
3. להחיל את `02_PATCHES/Session.patch` — תווית "V16.1 Big Air (Default)" ותיאור מעודכן.
4. לוודא ש-`SessionManager` עדיין מגדיר `activeDetectionEngine = .v16BigAir` (כבר מוטמע).
5. אין שינוי בחוזה ה-`V16Jump` API: זהה, `delegate?.jumpDetected` זהה. השדות שהוסרו (`landSettleFrac`, `landSettleSec`) לא נחשפו החוצה.

בדיקת קבלה: להריץ את `log_287` ב-replay ולוודא **14/14** קפיצות, גובה מקסימלי 8.87m, ו-`engine=v16.1` בשורת ה-debug. אם ה-replay מייצר 17 פליטות ולא 14 — 4 מהן מתחת ל-1.5m וזה תקין (סרפר מסננים אותן).

12. סקירת קוד ל- `JumpDetectorV16.swift`

ארבע הערות נבדקו מול הקוד. שתיים אושרו, שתיים נדחו — ואחת מהנדחות הייתה מזיקה.

הערה	ממצא	פעולה
`sampleCount` — data race	**אושר.** ב-V16 המשתנה מופיע ב-3 שורות בלבד ואף פעם לא נקרא. ב-V8–V15 הוא כן נקרא (`sampleCount % 5 == 0`) לוויסות שורת לוג; V16 ויתר על השורה במכוון והמונה נשאר יתום. גם מרוץ (הגדלה ב-thread החיישנים, איפוס ב- `engineQueue`) וגם קוד מת.	**נמחק.**
קפיצה ל-main לפני UI/haptics	**נדחה.** הצרכן כבר מטפל בזה: `handleJumpDetected` בודק `Thread.isMainThread` וקופץ ל-main אחרת — עם הערה שמסבירה למה זה מותנה: כדי שה-flush של סוף הסשן ינחת ב- `currentSession` לפני שהוא נלכד לשמירה. עטיפה ב- `DispatchQueue.main.async` במתאם הייתה שוברת את ההתנהגות הזו. בנוסף כל 9 הגלאים בקוד קוראים ל- `WKInterfaceDevice.play` ישירות.	ללא שינוי.
UserDefaults מגרסה קודמת	**החשש מוצדק, הפתרון לא.** שום קוד באפליקציה לא **כותב** את המפתחות — רק קורא, אז הסיכון תיאורטי. שינוי שמות לכל גרסה ישליך גם override מכוון ויצטרך לחזור בכל שחרור. (הערה: הסקירה החליפה את המספרים — `heightOffsetM` הוא 1.43 ו- `minReportM` הוא 1.4.)	**override פעיל נהיה גלוי** בלוג ה-reset עם אזהרה.
`apexTime = air/2`	**נדחה — והתיקון המוצע מזיק.** ראשית, ל- `V16Jump` אין שדה `apexT` ; הקוד המוצע לא היה מתקמפל. שנית וחשוב יותר, §7.2 קובע שה-argmax נופל ב- `t0−1.15s` עד `t0+0.01s` — לפני ההמראה. שימוש בו כזמן שיא היה מציג לרוכב שהשיא קרה לפני שהמריא. הסקירה קראה את הממצא כהפכו.	ללא שינוי.

ממצא חמישי, שאף הערה לא תפסה: ב- `SessionManager.endSession()` הקפיצות האחרונות נמסרות בתוך `engineQueue.sync { engine.flush() }` . זה עובד רק מפני ש-GCD מריץ `sync` על thread הקורא — התנהגות שאפל מתעדת כ**אופטימיזציה, לא כהבטחה**. אילו לא הייתה מתקיימת, `Thread.isMainThread` היה false, ההוספה הייתה נדחית, והשורה שדורסת את `currentSession` מיד אחר כך הייתה מוחקת את קפיצות סוף הסשן בשקט. קדם-קיים ומשותף לכל הגלאים עם תור — לא שונה כאן, אבל שווה לדעת.

13. זריקות ספסל — למה לא להוריד את משך המדף

שאלה מהשטח: אם מורידים את `minLiftPlateauSec` כדי לזהות זריקות שעון, מה המחיר בפנטומים מעל 1.5m? נמדד על 5 לוגי ספסל (מהירות חציונית 0.2–2.8 קמ"ש) מול 165 דקות רכיבה.

`minLiftPlateauSec`	זריקות שזוהו	פנטומים גלויים ברכיבה	NEG
0.8 (הנוכחי)	13	24	0
0.6	21	61	1
0.5	31	145	9
0.3	47	322	23

כל זריקה נוספת עולה **4–9 פנטומים גלויים**. זה מנוף רחב-פס שפותח צ'וף בכל מקום, לא גלאי זריקות.

13.1 המנוף הנכון — החתימה הבליסטית

שעון זרוק הוא **בלתי-מונע**: `|userAcceleration|` יושב על ~1.0g לאורך כל התעופה. רוכב לעולם אינו בלתי-מונע — העפיפון נושא אותו, ולכן `a_true` נשאר קטן ו- `|a|` נמוך. זו הפרדה מוחלטת:

```
(165 דק') ירי-שווא ברכיבה | (5 לוגי ספסל) זריקות |    סבילות ומשך
 ±0.25g / 0.8s |        13            |   0     0.0/h
 ±0.35g / 1.0s |        17            |   0     0.0/h   <-- נבחר
 ±0.45g / 1.0s |        19            |   2     0.7/h
 ±0.55g / 0.8s |        31            |  22     8.0/h
```

17 זריקות, אפס ירי-שווא ב-165 דקות רכיבה — כולל סשן הביקורת. הגובה יוצא מ- $h = g \cdot t^2/8$ שהיא **מדויקת וללא שום כיול** לאובייקט בליסטי: 1.24–3.04m במדידה, בדיוק הטווח שהרוכב דיווח בשטח.

סבילות ±0.15g הייתה שגויה — תיקון: הריצה הראשונה השתמשה ב-±0.15g ומצאה טיסות של 0.86s בלבד, כלומר 0.90m. הרוכב דיווח שהזריקות היו 2–3 מטר, וזה חשף את הטעות: **שעון זרוק מסתובב**, החיישן יושב מחוץ לציר, והסיבוב מוסיף איברים צנטריפטליים — `|a|` משוטט סביב 1.0g במקום לשבת עליו. בסבילות הנכונה אותה טיסה נמדדת 1.39s, כלומר **2.35m**. כל היחסים שדווחו לפני התיקון היו מנופחים.

ומה שקורה היום — המספרים המתוקנים: בלוג ספסל 133119 (131s, רק 6 מתוך 132 קיבועי GPS מעל 15 קמ"ש) המנוע פולט 4, וגם השעון מדווח 4:

זריקה	טיסה	הגובה האמיתי	V16 דיווח	שגיאה
24s	1.39s	**2.35m**	6.98m	3.0×
58s	1.01s	**1.24m**	4.67m	3.8×
98s	1.32s	**2.12m**	1.52m	0.7×
והפליטה הרביעית, t=52s:			1.52m	כלום לא היה באוויר

המנוע שוגה **פי 3–4** בזריקות, ובנוסף ממציא אחת. זה לא כיול שצריך תיקון — ה-apex כויל על תעופה מונחית-עפיפון של 2.1–8.5m, ואובייקט בליסטי פשוט מחוץ לתחומו.

14. הביקורת המלאה על לוג 287

18 פליטות מול 14 גולדנים, **אפס החמצות**:

סוג	כמות	פירוט
אמיתיות	**14**	כל הגולדנים, 0.52m MAE
פנטום אמיתי	1	11:24 · 3.73m — היחיד שבאמת בעייתי
מתחת לסף התצוגה	2	13:30 · 1.51m · ו-20:29 · 1.55m
אחרי סוף הסשן	1	48:05 · 1.82m — ראה למטה

48:05 — הרוכב על החוף. מהירות ה-GPS סביבה היא חציון **1.2 קמ"ש** מול 16.7 בזמן הקפיצות, ואחרי t=1400s רק 2% מהקיבועים עוברים 8 קמ"ש — הסשן נגמר בפועל אחרי 23 דקות. כל הפרמטרים יושבים על המינימום המדויק: 1.5g pop (רצפה 1.4), 0.8s shelf (רצפה 0.8), 0.55 confidence, והנחיתה כלל לא נפתרה.
שני שערים היו מסלקים אותה, ושניהם נדחו: שער מהירות GPS — נדחה כי הזיהוי לא ייתלה ב-GPS (§8). ודרישה שהנחיתה תיפתר — נבדק ונדחה: היא הייתה מפילה גם **שני גולדנים אמיתיים** (1.72m CLEAN ו-1.90m, ששניהם אמיתיים ובכל זאת ללא נחיתה פתורה). אירוע אחד ב-50 דקות שהייה על החוף הוא המחיר המקובל.

15. באג תצוגה: איירטיים לא-ידוע שהופך למספר

המנוע מחזיר `airtimeSec = nil` כשהצניחה מעולם לא נבלמה — זו הצהרה מפורשת של "לא מדדתי". אבל אף אחד מהצרכנים לא יודע לייצג "לא ידוע", וכך ההצהרה נבלעת:

```
המנוע        airtimeSec = null          "לא הצלחתי לזהות נחיתה"
v16Analysis  (airtimeSec ?? 0) * 10  ->  a = 0
0.0"  <-                  10 / 0 טבלת הקפיצות s"
Jump Lab     max(0.4, 0) = 0.4s
             0.34  <- s ואז הצמדה לשיא תאוצה סמוך
```

התוצאה בשטח: פליטה של 1.82m הוצגה כטיסה של **0.34 שניות**. נפילה חופשית בלבד מ-1.8m אורכת 1.21s, ותעופת קייט ארוכה מזה — כלומר המספר אינו רק שגוי אלא **בלתי אפשרי פיזיקלית**, והוצג כמדידה.

15.1 מה תוקן

- טבלת הקפיצות מציגה `–` כאשר `a === 0`, עם tooltip "landing not resolved".
- ה-Lab אינו ממציא נחיתה: הקפיצה מסומנת `air?`, וכרטיס הפיצ'רים מציג `–`.
- באפליקציית השעון `Jump.airtime` הוא `Double` לא-אופציונלי, ולכן "לא ידוע" חייב להיות מקודד כ-0 ו-`endTime == startTime`. שינוי המודל היה גורר persistence ושרת, ולכן הסנטינל **תועד במפורש** ב-`JumpDetectorV16.makeJump` — עם הוראה מפורשת שה-UI יציג `–` ולא "0.0 s".

15.2 ולמה סינון "איירטיים מתחת לשנייה" לא יעזור

הצעה סבירה מהשטח הייתה לסנן קפיצות עם איירטיים קצר משנייה. נמדד על כל 25 הפליטות:

```
2.40  :s האיירטיים הקצר ביותר בכל הדאטה
1.0 > מסנן s  ->  0 חריגים מוסרים 0 ,גולדנים אובדים
2.0 > מסנן s  ->  0 חריגים מוסרים 0 ,גולדנים אובדים
```

אין אף פליצה עם איירטיים **מדוד** מתחת ל-2.40s, ולכן מסנן כזה אינו נוגע בכלום. מה שהוא כן היה מסיר זה בדיוק את 5 הפליטות שבהן `null` קודד כ-0 — ומהן **2 גולדנים אמיתיים** (1.72m CLEAN ו-1.90m). זה אותו כלל שנבדק ונדחה ב-§14. כשה-null גלוי בתצוגה, הבעיה נפתרת בלי לאבד קפיצות.

16. ה-Jump Analysis Lab עודכן ל-V16

ה-Lab נבנה סביב V15 והציג עבור V16 מודל שאינו שלו.

מה היה	הבעיה	מה נעשה
מסלול בליסטי V15 Floor-C	מצייר `floatFactor`, כיווץ איירטיים ואינטגרל סיבוב — שלושתם לא קיימים ב-V16	סומן **"reference only; V16 does not use it"**
המדידה של V16	**לא הוצגה כלל**	נוסף גרף $z^*(t) = W(t) - (t/T)\cdot W(T)$ על החלון הקבוע, עם ה-argmax מסומן והכותרת מראה `peak → h = 1.91·peak + 1.43`
מדף העילוי	לא הוצג — אי אפשר היה לראות למה קפיצה עברה או נדחתה	משך המדף שהשער קיבל מוצג בכותרת מול הסף הנדרש
Apex rise" (baro)"	V16 אינו נוגע בברומטר	נשאר כערוץ חיישן גולמי, אך אינו חלק ממסלול ההחלטה של V16

הערה על הערוץ הכתום: הגרף האדום "Vertical g (world)" היה נכון מלכתחילה — הוא מסובב לפי הקווטרניון. הכתום `uz` הוא ציר Z של **מסגרת המכשיר** ואינו מייצג כיוון פיזיקלי כלשהו; הוא נשאר מסומן במפורש כ-"Device Z (raw userAccel)" כדי שלא ייקרא בטעות כאנכי.