

הכשלים בפיתוח אמצעי לחימה בארה"ב



F-35A

טיסת ניסוי במסגרת התוכנית לפיתוח ה-F-35 |
תהליכי הפיתוח הצבאי בארה"ב נתקלים בבעיות
קשות רבות זה עשרות שנים. אך המצב הולך
ומחמיר עם השנים, כיוון שהיקף התוכניות ועלותן
גדלים בהתמדה

סא"ל (מיל') צחי אלטמן
מנהל קבוצת מחקר בתעש



כמעט כל הפרויקטים הביטחוניים בארה"ב חורגים מהעלויות ומלוחות הזמנים שנקבעו להם, ובעולם העסקי הם היו מוגדרים כישלון. המאמר בוחן את הסיבות לכישלון המתמשך הזה. הפרמטרים המשפיעים על הפיתוח הצבאי בארה"ב שונים, כמובן, מהפרמטרים המשפיעים על הפיתוח הצבאי בישראל, אך עדיין כדאי ללמוד מכישלונותיהם של האמריקנים כדי להימנע מטעויות דומות

רקע

המאמר הזה סוקר סדרת דו"חות שפירסם בשנים האחרונות משרד מבקר המדינה האמריקני (GAO)¹ וכן תחקיר מלווה של התאחדות המהנדסים בארה"ב (IEEE)² שעסקו בהצטיידות במערכות לחימה עיקריות.

ועדת החקירה של GAO בחנה בעבור הקונגרס 72 תוכניות פיתוח צבאיות גדולות בארה"ב והגיעה למסקנה שרק 11 מהן עמדו ביעדי זמן-עלות וביצועים.

תהליכי הפיתוח הצבאי בארה"ב נתקלים בבעיות קשות רבות זה עשרות שנים. אך המצב הולך ומחמיר עם השנים, כיוון שהיקף התוכניות ועלותן גדלים בהתמדה. דוגמה (מדהימה): תוכנית ה-F-35 (פיתוח והצטיידות) תגיע לעלות של טריליון (1,000 מיליארד) דולר. תוכניות רבות אחרות צנועות כמובן בהרבה, אבל גם הן מתאפיינות בתקציבי עתק. העיכוב הממוצע בתוכניות הוא כשנתיים. תוכניות אחדות אף הסתיימו עשור לאחר המועד שבו היו אמורות להסתיים על פי התוכניות. העיכובים הממושכים כמובן גורמים לחריגה ניכרת מתקציבי הפיתוח.

למצב הזה יש שלוש תוצאות קשות:

- כוח הקנייה של מערכת הביטחון יורד.
- אובדות הזדמנויות להשקעות בנושאים מבטיחים.
- הצבא מקבל פחות מערכות מבצעיות חדשות מכפי שהובטחו לו.

מדוע ה"עסק" לא עובד?

ישנן סיבות רבות לבעיות שבהן נתקל שוב ושוב הפיתוח הצבאי בארה"ב:

- שיקולים זרים בתהליכי קבלת ההחלטות - במיוחד, מעורבות פוליטית בהחלטות על פרויקטים.
- הערכת חסר מדהימה של עלויות הפרויקטים בתחילת הדרך (הערכת החסר מאפשרת לאשר התחלה של פרויקטים רבים, אך יוצרת מחסור אקוטי במשאבים בשלבים המתקדמים יותר של הפיתוח ובעת ההצטיידות).
- מורכבות יתר של המערכות שמפותחות.
- מחסור בכוח אדם מקצועי (הנדסי וניהולי).
- הישענות על טכנולוגיות אקזוטיות ולא מוכחות.
- נוהלי פיתוח מסורבלים.

בעיית המעורבות הפוליטית

חברי קונגרס מחויבים למצביעיהם, מקדמים פרויקטים שיבטיחו מקומות עבודה

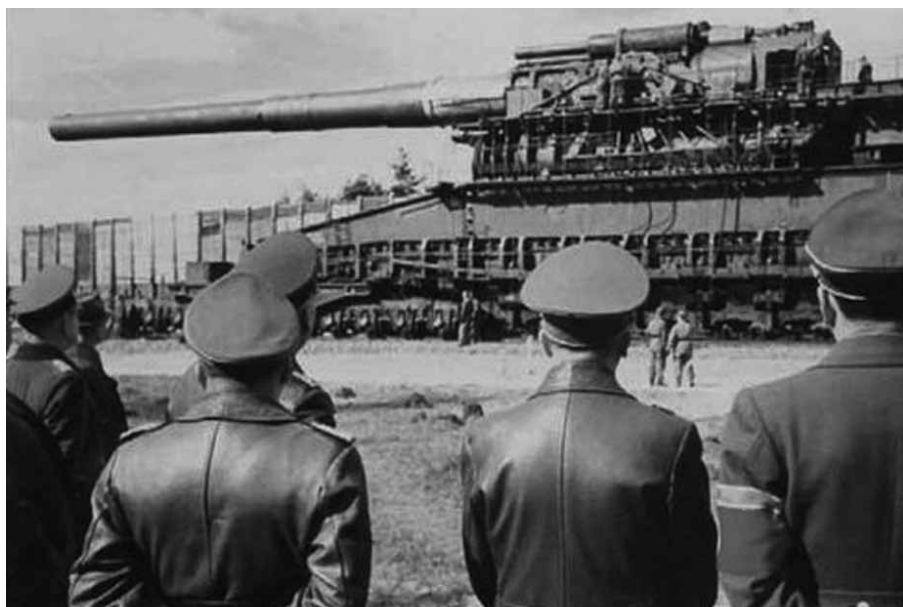
במדינותיהם ומגינים על הפרויקטים האלה בכל כוחם גם אם הרלוונטיות שלהם לעתיד האומה אינה רבה. הרלוונטיות פחות חשובה להם, וגם הפן הכספי אינו מטריד אותם במיוחד. הם מקשים על פיקוח ראוי ומונעים ביטול פרויקטים גם אם הם כושלים. רבים חוששים שבשל כך אובד הקשר בין הצרכים המבצעיים לבין הפרויקטים שמפותחים בפועל. התוצאה עלולה להיות ש"יהיו לנו הרבה אמצעי לחימה שבהם רצינו אך מעט מדי אמצעי לחימה שאנו זקוקים להם".³

הצעות אופטימיות מדי

לכל הגורמים הקשורים לייזום פרויקטים ביטחוניים - לתעשיות, למשרד ההגנה ולפוליטיקאים - יש רצון עז להתניע תהליכי פיתוח. לכל אחד מהגורמים האלה סיבות משלו לרצות באותם הפרויקטים - התעשיות רוצות לפתח, משרד ההגנה רוצה לתקצב ולקבל קרדיט, הפוליטיקאים רוצים לקדם אינטרסים שונים - אך התוצאה היא אחת: "קונספירציית פיתוח" שבה המפתחים מגישים תוכניות אופטימיות להחריד של יעדי הביצועים, של לוחות הזמנים ושל העלויות, ואילו משרד ההגנה מאמץ ברצון את התוכניות המופרכות האלה. כולם מניחים - ובצדק - שתקציב הפיתוח יוגדל במהלך הפיתוח בהתאם לצרכים.

מורכבות יתר של המערכות

המערכות הצבאיות מורכבות הרבה יותר



תותח-העל הגרמני ("גוסטב") - הראשון מבין שניים שבנו הגרמנים במלחמת העולם השנייה | בעוד שהעולם המסחרי נמנע מהסתמכות על טכנולוגיות לא מוכחות בפיתוח מוצרים, בעולם הביטחוני הדבר שכיח מאוד, ורמות הסיכון הטכנולוגי הנלקחות בפיתוחים צבאיים הן גבוהות ביותר

התייעלות ושימוש מוגבר בטכנולוגיות מידע. בינתיים המאמצים שנעשו אינם נושאים פרי, והמענה החלופי של משרד ההגנה האמריקני הוא תוספת תקציב לפיתוח הלא יעיל.

מיקור חוץ "סותם חורים" וחוסך כסף לטווח הזמן הקצר, אך גורם לדילול השורות המקצועיות בארגון ולטווח הזמן הארוך יוצר נזק מתמשך לארגון



הישענות על טכנולוגיות עתידיות

בעוד שהעולם המסחרי נמנע מהסתמכות על טכנולוגיות לא מוכחות בפיתוח מוצרים, בעולם הביטחוני הדבר שכיח מאוד, ורמות הסיכון הטכנולוגי הנלקחות בפיתוחים צבאיים הן גבוהות ביותר. מדוע? מערכת צבאית מיועדת להתמודד עם סכנות שעתידות להתממש עשרות שנים לאחר שהחל תכנון (שנות פיתוח ועוד עשרות שנות שירות). מטרת הפיתוחים הטכנולוגיים היא ליצור יתרון איכותי מול אויב או לנטרל יתרון קיים של האויב (מענה לפער מבצעי). המטרה הזאת, שאותה רוצים להשיג לטווחי זמן רחוקים מאוד, מדרבנת להסתמכות על טכנולוגיות אקזוטיות וחדשניות מאוד ומעודדת נכונות להסכים לשינויי תכן ניכרים במשך שנות הפיתוח כדי להבטיח ביצועים מרביים. מובן שהגישה הזאת מסכנת את הפרויקטים. למשל, פרויקט התומ"ת העתידי - קרוסיידר - כלל 16 טכנולוגיות קריטיות שרק שש מהן היו בשלות כאשר החל הפיתוח ב-1994. זו הייתה הסיבה העיקרית להכפלת תקציב הפיתוח במשך השנים ולביטול הפרויקט לבסוף ב-2002.

וישנה עוד סיבה לדבקות של האמריקנים בטכנולוגיות אקזוטיות: כל התקדמות טכנולוגית צבאית מחזקת את כוחה של ארה"ב בהשוואה לאויביה ומחלישה את יכולתם. לכן משרד ההגנה דורש - והמפתחים מציעים - פיתוח טכנולוגיות שיאפשרו קפיצת מדרגה בהשוואה

ממערכות אזרחיות. דוגמה: תוכנית ה-FCS (מערכות לחימה עתידיות), שבוטלה בינתיים, כוללת 14 מערכות לחימה יבשתיות ואוויריות, מאוישות ורובוטיות, שמקושרות ביניהן בדרכים שונות ובהן תקשורת לוויינית. יתר על כן, כל מערכת בתוך התוכנית הזאת היא מורכבת מאוד בפני עצמה. לדוגמה, התוכנה של תוכנית ה-FCS כבר מונה יותר מ-95 מיליון שורות קוד. אין ניסיון קודם בפיתוח מערכות תוכנה כל כך מורכבות. ארכיטקטורה סבוכה של מערכות מציבה בעיות טכניות וניהוליות מורכבות עד כדי סיכון הפרויקט.

מחסור באנשי מקצוע

קיים מחסור הולך וגובר באנשי מקצוע בכלל ובמהנדסי מערכת בפרט.⁴ ככל שהתוכניות נהיות גדולות ומורכבות יותר כך גדל הצורך באנשי מקצוע מעולים, אולם קיים מחסור בהם. זמן הכשרה ממושך - של שנים רבות - מקשה על פתרון הבעיה.

גם מנהלי תוכניות בכירים הם משאב שמצוי במחסור.

הפתרון של משרד הביטחון האמריקני למחסור החרף באנשי מקצוע בכירים הוא מיקור חוץ. תפקידי מפתח רבים בתחומי הניהול, ההנדסה, הכלכלה (כולל בתוכניות קריטיות) ניתנים לחברות אזרחיות. מיקור חוץ "סותם חורים" וחוסך כסף לטווח הזמן הקצר, אך גורם לדילול השורות המקצועיות בארגון ולטווח הזמן הארוך יוצר נזק מתמשך לארגון.

וישנה בעיה נוספת: העובדים בתעשיות הביטחוניות הם מבוגרים. תהליכי ההצערה נכשלים כי מהנדסים צעירים אינם ששים להיקלט בתעשיות האלה. יותר אנשי מקצוע פורשים מאשר נקלטים.

למרות המחסור ההולך וגדל בכוח אדם מקצועי - הנדסי וניהולי - מספר תוכניות הפיתוח גדל, וכן גדל תקציב הביטחון, וכתוצאה מכך גדלים פערי כוח האדם.

אין פתרון קסם מהיר לבעיות האלה. לטווח הארוך יש לאמץ פתרונות מוצלחים שנקטים בסקטור האזרחי: הישענות על אוטומציה (כגון מערכות CAD/CAM),

- I קביעת האסטרטגיה הלאומית והצבאית ווידוא שיש הלימה בינה לבין התוכנית המוצעת.
- II זיהוי הפערים ביכולות ההגנה שעליהם יש לגשר.
- III הגדרת חלופות מערכתיות ובידור היתרון הטכנולוגי של כל אחת מהן.
- IV בחירת החלופה העדיפה על פי פרמטרים של יתרון טכנולוגי, של עלות ושל לוחות זמנים.
- V השגת אישורים לתקציב וללוחות הזמנים.
- VI הפיתוח עצמו.
- VII ניסויים אג"מיים (אישור הדגם).
- VIII ייצור והצטיידות.
- IX תחזוק ושיפור המערכת במשך שנות השירות שלה.

התהליך הוא במכוון ארוך ואיטרטיבי (בעל שלבים שחוזרים על עצמם). כל שלב נועד להפחית את הסיכונים הטמונים בתוכנית הפיתוח ולהשיג את יעדיה: עמידה בלוחות הזמנים ובתקציבים ומעל לכול: השגת מערכת מבצעית חדשה שמתפקדת ללא דופי. בפועל מושג בדיוק ההיפך: משך הפיתוח מתארך מאוד. התוכניות הגדולות מפותחות במשך תשע שנים בממוצע מרגע תקצובן (ויש תוכניות שפיתוחן נמשך יותר משני עשורים). בעת שהתוכניות מתקדמות לאיטן במעלה תשעת השלבים, האסטרטגיה הביטחונית משתנה נוכח איומים משתנים ושינויים גיאוגרפיים בעולם.



הושלם בהצלחה ללא חריגות מהתקציב ומהלוחות...

מעגל הקסמים

העובדה ששום תוכנית פיתוח אינה מתנהלת בהתאם לתכנונים יוצרת מעגל קסמים:

- הצגת תקציב חסר גורמת לאישור תוכניות פיתוח רבות מדי.
 - בהמשך אין מנוס מניפוח תקציב הביטחון בשל הגדלת העלויות.
 - לבסוף, אין מנוס מקיצוצים שונים כדי להשיג מקורות תקציב לפיתוחים החורגים.
- למעגל הקסמים הזה (שנקרא גם "ספירלת

למצב הקיים. הבעיה היא שכבר כיום הטכנולוגיות המוטמעות באמצעי הלחימה הן מתקדמות ביותר. כל שינוי שייכלל בהן - ובמיוחד אם מדובר בקפיצת מדרגה - הוא יקר מאוד ומסוכן ביותר.

נוהלי פיתוח מסורבלים

תהליך הפיתוח והרכש של פרויקטים ביטחוניים הוא מסורבל ומקשה על השגת הצלחה. על פניו נראה התהליך לוגי ומסודר. תוכניות גדולות (שעלות הפיתוח שלהן גבוהה מ-365 מיליון דולר או שעלות ההצטיידות בתוצריהן גבוהה מ-2.2 מיליארד דולר) מקודמות בתהליך סדור שכולל תשעה שלבים בגישת TOP DOWN (מלמעלה למטה). המעבר משלב לשלב הוא סדור ונקבע על פי עמידה בקריטריונים:

המוות של מערך הביטחון") יש השלכות חמורות: הוא מקטין את היקף הכוחות הלוחמים, הוא מאט את המודרניזציה שלהם, הוא גורם להתיישנות המלאים ולהאמרת מחירי הקיום השוטף (אימונים ואחזקה). במילים אחרות: מעגל הקסמים הזה מקטין את היכולת המבצעית הכוללת.

מדוע דבק הפנטגון בתהליכי הפיתוח והרכש הכושלים והמסורבלים האלה?

יש כמה תשובות אפשריות לשאלה הקשה הזאת. לא ברור איזו מהן - אם בכלל - נכונה:

- תחושה שהתהליך הסדור כל כך מקנה שליטה בסיכוני הפיתוח ואולי יותר מכך: מסיר את האחריות לכישלון מעל כתפי המפתחים, שכן הם עבדו "לפי הספר". שר ההגנה רוברט גייטס ביקר קשות את סוכנויות הפיתוח הצבאיות והתלונן ש"האחראים לפיתוח במערכת הביטחון ממוקדים מדי בפיתוח טכנולוגיות עתידיות מסובכות ויקרות שיבשילו בעוד שנים רבות ואינם קשובים די הצורך לצרכים הנוכחיים ולפיתוח מענים עכשוויים שניתן לרכוש במחיר סביר".

- באופן אירוני ניטש ויכוח על מושג פשוט לכאורה הקובע את עתידו של כל פרויקט: מהי הצלחה? מקובל לקבוע שפרויקט ייחשב מוצלח אם נתן מענה סביר לצורך מבצעי בעלות יעד ובלוח זמנים מתוכנן. על פי ההגדרה הזאת, כמעט כל הפרויקטים הם כישלונות, אך רק 5% מהם מופסקים. מדוע? משום שהקריטריון האמיתי להצלחה של משרד ההגנה הוא אחר: עצם קיום הפרויקט. פרויקט מוצלח בעיני משרד ההגנה הוא זה שהותנע, מומן ולא בוטל. ההצטיידות ומידת המענה לצרכים פחות מעניינות. על פי הגישה הזאת ההצלחה יכולה להיות בעצם קרובה מאוד לכישלון (ראו בהמשך את סיפור פיתוחו של מטוס הקרב F-22).

- תהליכי הפיתוח והרכש מושפעים במידה רבה מדי משיקולים מקומיים

וזרים - הרצון של חברי קונגרס לספק עבודה לתעשיות הביטחוניות בתקופות של חולשה כלכלית כדי להבטיח את בחירתם מחדש - ופחות מדי משיקולים לאומיים ומערכתיים (טובת הביטחון). שינויים מהותיים בנוהלי הפיתוח המתחייבים מהעדפת הביטחון אינם מקודמים בהתלהבות.

כיצד מתמודדים עם הביורוקרטיה?

כולם מודעים לפגמים המהותיים בתהליכי הפיתוח והרכש. ועדות רבות דנו במשך עשרות שנים בסוגיה הזאת. הן הגישו המלצות שלא יושמו. נדמה שלמקבלי ההחלטות אין רצון לשנות את הנהלים.

להלן כמה הצעות קריטיות שהומלץ לממש לאלתר. כולן מפחיתות בצורה דרסטית את סיכוני הפיתוח ואת השלכותיהם:



כל התקדמות טכנולוגית צבאית מחזקת את כוחה של ארה"ב בהשוואה לאויביה ומחלישה את יכולתם

1. **הסתפקות במועט.** צמצום יעדי הפיתוח ובעיקר ויתור על היומרה לענות במהלך אחד על מספר רב של משימות ובמקום זאת להתמקד ביעדים צנועים יותר באמצעות יכולות שייבנו באופן הדרגתי.
 2. **תיחום זמן הפיתוח.** דרישה שמרב תוכניות הפיתוח יניבו תרומה מבצעית שימושית בתוך חמש שנות פיתוח. הדרישה הזאת תתעל את הפיתוח לטכנולוגיות עכשוויות או לטכנולוגיות בשלות במקום לפתח טכנולוגיות חדשניות במסגרת תוכנית הפיתוח.
 3. **אמינות גבוהה ביעדי העלות המתוכננים.** תינתן עדיפות לתוכניות שרמת הסיכון שלהן סבירה (רמת סיכון גבוהה מקטינה את הוודאות בנוגע לעלות התוכנית). ההמלצות הקריטיות מדגישות את הצורך בתוכניות צנועות יותר. אימוץ ההמלצות האלה היה מקצץ את מספר התוכניות ב-25%. בינתיים הן לא אומצו. כמו כן אין ודאות שדי בהן כדי לתקן מערכת ביורוקרטית כה מסובבת (רעיונות דומים ניתן למצוא במאמרים שונים של פרופ' אלוף (מיל') יצחק בן ישראל⁵).
- הבעיה העיקרית היא שאין רצון לשינוי. הרפורמה דורשת את הסכמת הפוליטיקאים, אך יותר מדי תקציבים ומקומות עבודה של מצביעים פוטנציאליים מוטלים על הכף. כפי הנראה, רק משבר כלכלי רציני (אולי הנוכחי?) יכפה את השינוי הנדרש.

הערות

1. U.S. Government Accountability Office – GAO. "הד"חות שבהם מדובר הם: הפדרלי.

Defense Acquisitions, Assessments of Selected Weapon Programs, GAO-08-467SP, March 31 2008

Defense Acquisitions, Assessments of Selected Weapon Programs, GAO-07-406SP, March 30 2007

Defense Acquisitions, Assessments of Selected Weapon Programs, GAO-06-391, March 31 2006

2. תחקיר על כשלי הפיתוח של התאחדות המהנדסים בארה"ב (IEEE) מנובמבר 2008 - What's Wrong with Weapons Acquisitions? <http://www.spectrum.ieee.org/weapons>

3. קטע מנאום לוחמני של מנהל ה-GAO הקודם, דייוויד ווקר, זמן מועט לפני התפטרותו במרץ 2008.

4. מהנדסי המערכת אחראים לתרגום של צרכים טכניים לארכיטקטורת מערכת המבטיחה את היכולת המבצעית הטובה ביותר במחיר הכולל הנמוך ביותר האפשרי. בהמשך הפיתוח עליהם להחליט על שינויים הכרחיים נוכח שינויים במטרות ובצרכים שלשמם מפותחת המערכת. בהחלטותיהם עליהם לאזן בין יעדי ביצועים לבין עלות ולוחות הזמנים.

5. ראו, למשל: יצחק בן ישראל, "על חוקי הפיזיקה ועל מערכות משו"ב", מערכות 326, ספטמבר 1992

נספח:

פרויקט מטוס הקרב העתידי F-22 - הצלחה או כישלון?



F-22 Raptor

מהן ההשלכות של הפרויקט הזה?

- בשל העלות האסטרנומית של הפרויקט קוצץ היקף ההצטיידות במטוס. בתחילה מדובר היה בקיצוץ חד - 183 מטוסים במקום 780 - אך נראה שבסופו של דבר ירכוש חיל האוויר של ארה"ב 380 מטוסים (עדיין פחות ממחצית הכמות שתוכננה).
- נוסף על כך נאלץ חיל האוויר של ארה"ב לוותר על פרויקטים אחרים, ובהם הפרויקט להשבת מטוסי ה-F-15 שברשותו. כמו כן הוא נאלץ לקצץ בכוח האדם שלו.
- לסיכום, העוצמה המערכתית של ארה"ב לא שופרה בעקבות הפרויקט הזה למרות השקעת ענק של קרוב ל-60 מיליארד דולר בפיתוחם וברכישתם של 183 מטוסים (השקעה אשר קרוב לוודאי תגדל עוד בגלל הלחץ שמפעיל חיל האוויר של ארה"ב להגדיל את מספר המטוסים שיירכשו). הפרויקט לא הוגדר פורמלית כישלון, אך הוא לא עמד בלוחות הזמנים שהוקצו לו ובתקציב שנקבע לו.
- כל זה אינו מפריע לחיל האוויר של ארה"ב לתכנן את מטוס הקרב הבא שלו, מדור VI, לקראת שנת 2020 או 2030.

אחד הפרויקטים הבולטים הממחישים את המורכבות של פיתוח מערכות נשק מתקדמות, את הקשיים הטכנולוגיים הכרוכים בכך ואת ההשלכות השונות שיש לתוכניות ההתעצמות הוא הפרויקט לפיתוח מטוס הקרב F-22.

זהו מטוס דור V בעל טכנולוגיות מתקדמות בתחומים שונים: חמקנות (חתימה מכ"מית נמוכה), טווח טיסה ארוך, תמרון מעולה, חליפה אוויונית מתקדמת ביותר ובקיצור - חלומו של כל טייס קרב. הפיתוח הותנע באמצע שנות ה-80 לשם השגת יתרון מול איום עתידי שצפוי מפיתוח שני מטוסי קרב מתקדמים סובייטיים. ב-1990 קרסה בריה"מ, והמטוסים האלה לא פותחו. אולם זה כמובן לא עצר את הפרויקט (אם כי ניטש ויכוח אם להסתפק בהשבת ה-F-15 במקום להמשיך לפתח את ה-F-22). מעניין לעקוב אחר השתלשלות הפרויקט על ציר הזמן:

יעדי תכנון בתחילת הפיתוח (אמצע שנות ה-80)		ביצוע בפועל (נכון ל-2008)	
עלות מתוכננת של מטוס (ללא העמסת הפיתוח)	75 מיליון ד' (מהוון ל-2008)	עלות בפועל של מטוס (ללא העמסת הפיתוח)	137 מיליון ד'
עלות מתוכננת של הפיתוח	10 מיליארד ד'	עלות הפיתוח בפועל	30 מיליארד ד'
סיום הפיתוח המתוכנן	1995	סיום הפיתוח בפועל	2005
היקף ההצטיידות המתוכנן	780 מטוסים	היקף ההצטיידות בפועל	183 מטוסים (אולי יוגדל ל-380)

במסגרת הפרויקט פותחו טכנולוגיות על חדשות רבות שהן בחזית הידע האנושי. עם זאת, היו בו עיכובים רבים, והתקציב הנדרש הלך וגדל. בשל התמשכות הפיתוח נאלצו מנהלי הפרויקט לרענן טכנולוגיות שהתיישנו במהלך הפיתוח - בעיקר בתחום האלקטרוניקה. מערכות האוויוניקה, למשל, רוענו שלוש פעמים במהלך הפיתוח. כדי לאפשר את המשך הפיתוח נאלץ משרד ההגנה לקצץ שוב ושוב את היקף ההצטיידות מ-780 מטוסים בתחילת הדרך עד 276 מטוסים ב-2003 (ובפועל רכש חיל האוויר האמריקני 183 מטוסים בלבד). הפיתוח הסתיים ב-2005, לאחר שהושקעו בו כמעט 30 מיליארד דולר. ומה שחמור עוד יותר: העלות השולית של כל מטוס (בלא העמסת עלות הפיתוח וההשקעה בתשתיות הייצור) עומדת על 137 מיליון דולר - כמעט כפול מהתכנון.