

הלם העתיד בתעופה – האומנם?

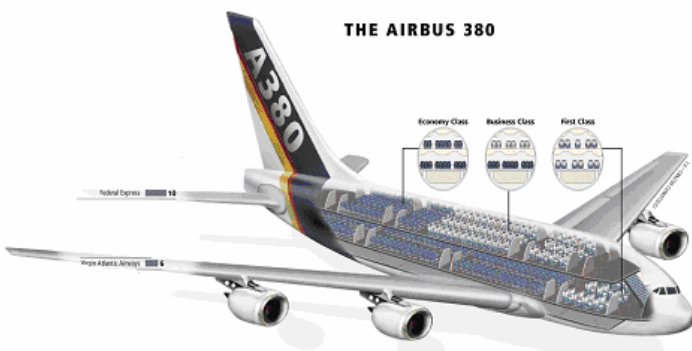
מאת: דרור ארצי – מהנדס אווירונאוטי וטייס

לפני כמה וכמה שנים כשאני מהנדס אווירונאוטי צעיר ודואה קצת יותר ותיק, נשאלתי על ידי עלמה צעירה איך בעצם טס דאון באוויר. אחרי שהסברתי לה במפורט על כנפיים, פרופילים, מקדם עילוי, יחס גלישה, זרמים עולים (טרמיקות) וכו' וכשאני מלא נחת מההסבר שיצא תחת ידי, שאלתי לסיכום: נו, הכל ברור? כן, ענתה לי העלמה. אני חושבת שהבנתי, רק בכל זאת, איך הוא טס באוויר ללא מנוע???

והלקה: ההסבר להלן יהיה פשוט וקל בלי מקדמים ובלי נוסחאות, כך שנבין כולנו מה הכיוונים והמגמות בפיתוח כלי טייס עתידיים, כמה הספקנו מאז טיסתם הראשונה של האחים רייט ולאן כנראה פנינו מועדות? ונעשה זאת בכמה תחומים בהם אווירודינמיקה, מיבנים, הנעה, חומרים, בקרת טיסה, אוניקה, תקשורת, מיחשוב ומיזעור.

כיווני הפיתוח של כלי טייס היו תמיד תוצאה של ההתפתחויות הטכנולוגיות. אם בתחילת הדרך בנינו מטוסים מעץ, מבד ובעלי מנועי בוכנה חלשים, המעבר למבני אלומיניום הקפיץ אותנו מדרגה וכך בהמשך המעבר למבנים העשויים מחומרים מרוכבים, ובהמשך פיתוח מנוע הסילון, תוך שיפור מתמיד באמינות ובבטיחות תרמו בצורה משמעותית להתפתחות התעבורה האזרחית ארוכת הטווח. ובדומה כל הפיתוחים האחרונים בתחומים של מיחשוב, תקשורת, מיזעור, שיפור תהליכי ייצור, חומרים ועוד הם שדוחפים וידחפו את התעופה קדימה והם שיתוו את המגמות העתידיות כפי שנראה בהמשך.

מטוסי הנוסעים מתאפיינים ברובם ע"י תצורה אחידה של כנף תחתית ומנועי סילון התלויים מתחת לכנף. קיימות כמה תכניות לפיתוח תצורות חדשות ולא קונבנציונליות בהן מטוס ה Sonic Cruiser של חברת בואינג (התכנית התחילה ונעצרה), מטוס ה-QSP Quiet Supersonic Platform המפותח ע"י חברת נורת'רופ-גרומן, ותצורת הכנף המעופפת BWB- Blended Wing Body המפותחת ע"י חטיבת מקדונל של בואינג. אבל נתחיל עם מטוס האיירבס A380 שהוא אמנם בתצורה המסורתית, אבל פרץ כמה פריצות דרך.



המטוס מתוכנן לשאת כ- 550 נוסעים לטווח של 15,000 ק"מ, בשני מפלסים ובמהירות מכסימלית של 0.89 מאך. מטוסי הנוסעים הטסים עד היום בנויים רובם ככולם מאלומיניום.

בעשור האחרון ואף קודם התחילה מגמה של ייצור חלקים ממבנה המטוס גם מחומרים מרוכבים (חומרים שאינם מתכתיים אלא מבוססים בדרך כלל על סיבי פחמן מוקשה בשרף אפוקסי). במטוס האיירבס הורחב בצורה משמעותית השימוש בחומרים מרוכבים, כך שכרבע ממבנה המטוס בנוי היום מחומרים מרוכבים ובכלל זה חלק ממקטעי הגוף, המבנה העיקרי של הכנף, מאזנות ומדפים בכנף, וכמובן כיסויים ומעטים אווירודינמיים (פרינגים). כל זה תורם להקטנת משקל של כ- 20% ממשקל המטוס יחסית למבנה מסורתי הבנוי כולו מאלומיניום.

התוכניות העתידיות של האיירבס 380 מדברות על הרחבת השימוש בחומרים מרוכבים עד לכ- 65% ממבנה המטוס לקראת שנת 2020 כשהיעדים הם הקטנת משקל של 30% והוזלת מחיר הייצור ב- 40%.

הצורך בהוזלת מחיר הייצור מוביל את יצרנית המטוס לשימוש רחב יותר בריתוך לייזר במקום השימוש המסורתי במבנה המחובר בעזרת מסמרות, דבר שאיפשר קיצור זמן הייצור ולכן הקטנת המחיר בכ- 10-20%.

בשנת 2001 הכריזה חברת בואינג על התנעת פעילות לפיתוח מטוס נוסעים קולי שהיה מתוכנן להכנס לשירות ב-2008. התכנית אומנם נעצרה לפני כשנתיים אך היא כללה כמה כיוונים שבוודאי ימצאו את ביטויים בתיכנונים עתידיים אחרים.



Boeing Sonic Cruiser

המטוס תוכנן להטיס 225-250 נוסעים במהירות של 0.96 מאך בגובה של 45,000 רגל ולטווח של 9000 מיילים ימיים. בתהליך הפיתוח נבחנו ע"י בבואינג כמה כיוונים ופותחו כמה טכנולוגיות שאין ספק שייושמו בעתיד. לדוגמא: התצורה האוירודינמית של המטוס. כחלק מתהליך הפיתוח והבדיקה של תצורות מוטסות נעשה בכל החברות שימוש בתכנית ממוחשבת הנקראת CFD, תכנית המאפשרת הדמייה של משטר הזרימה סביב הגוף המוטס ומציאת תכונות הטיסה שלו. חברת בואינג במהלך פיתוח המטוס הקולי שלה הרחיבה בצורה משמעותית את השימוש בתוכנת ה-CFD כך שהיא ביצעה אנליזה של כ-25 צורות שונות

של כנפיים, 60 תצורות שונות של גופי מטוס ו-50 תצורות שונות של מארזי מנועים. כל זאת במשך 16 חודשים בלבד! – יכולת מרשימה ביותר.



דגם לניסויי מינהרה של

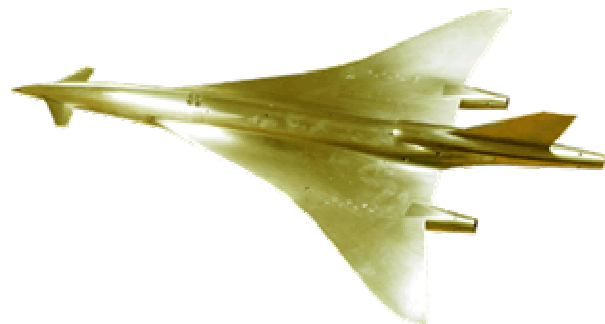
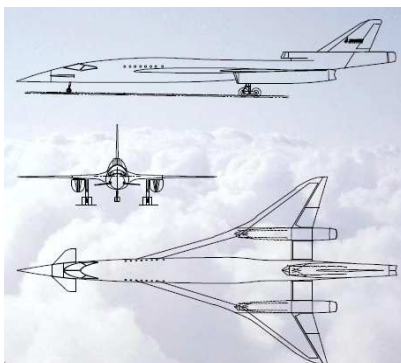
Boeing Sonic Cruiser

בואינג בחנה גם שיטות ייצור והרכבה מתקדמות מתוך כוונה לקצר בצורה משמעותית את זמן הרכבת המטוס מכמה שבועות לכמה ימים. כאמור תכנית שאפתנית ביותר של בואינג שגם אם נעצרה היא בוודאי הניחה יסודות לתצורות עתידיות.

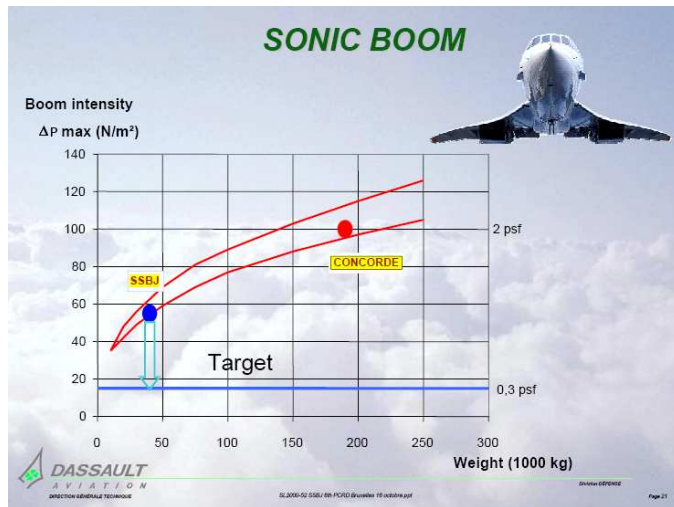
השימוש במטוסים על-קוליים כמו הקונקורד הינו בעייתי לא רק מהיבט מחיר הטיסה אלא במיוחד בשל בעיית הרעש שמטוס זה יוצר במעבר למהירות על קולית (ה"בום" העל-קולי). בשנים האחרונות נעשה מאמץ פיתוחי ע"י כמה חברות, בהן נורתרופ-גרומן בארה"ב ודאסו בצרפת לפתח מטוס על-קולי קטן יותר מהקונקורד אך עם הקטנה משמעותית של ה"בום" העל קולי שלו.



Environmentally Friendly High Speed Aircraft



התמונה להלן מדגימה את היעד של רמת ה"בום העל-קולי" שהציבה לעצמה חברת דאסו הצרפתית כדי לאפשר שימוש רחב ומשדות תעופה עירוניים של מטוס קטן על קולי



תצורת הכנף המעופפת נבחנה והוטסה כבר לפני שנים רבות אך כנראה הקדימה את זמנה. בשנים האחרונות הוטס מטוס ההפצה ה-B2 שהוא בתצורת כנף מעופפת ובדומה לו נבחנות עתה תצורות נוספות להסעת נוסעים.

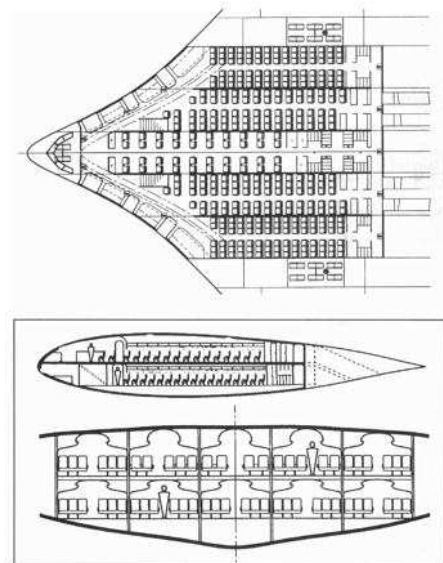
BWB – Blended Wing Body חטיבת מקדונל של חברת בואינג עוסקת בפיתוח שכשמה כן היא כנף וגוף משולבים ליחידה אחת ככנף מעופפת.



המטוס יטיס 450-800 נוסעים במהירות 0.85 מאך לטווח של 7000 מיילים ימיים.

ההערכה היא שתצרוכת הדלק של מטוס זה תהיה קטנה בכ- 25% מזו של מטוס האיירבס 380. התצורה הינה חדשנית ומבטיחה אך עומדת בפניה בעיה עיקרית אחת: האם נרצה אנחנו הנוסעים לטוס במטוס ללא חלונות ולאלה מאיתנו שישבו רחוק ממרכז המטוס האם נרגיש נוח עם הכוחות הגבוהים יחסית שנרגיש בנחיתה ובמהלך פניות של המטוס.

אפשר לראות את סידור תא הנוסעים בשני מפלסים בכנף המעופפת בתמונה הבאה



וכן את הדגם לניסויי מינהרה של המטוס



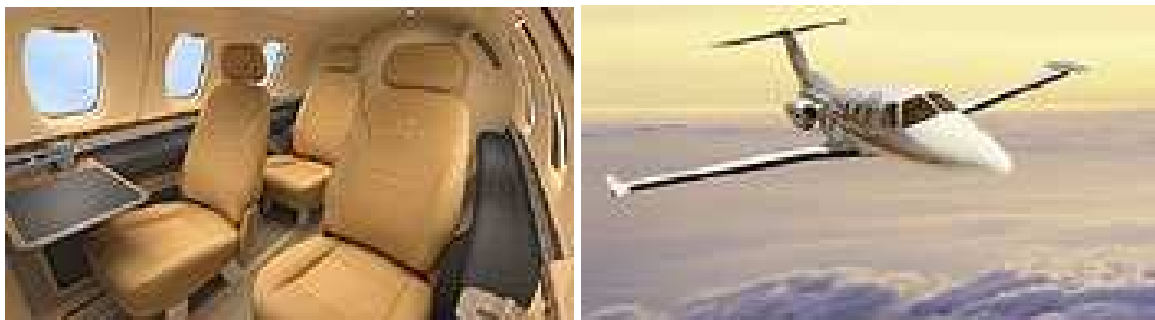
בשנים האחרונות מסתמנת מגמה חדשה בתחום התעופה הכללית הקלה, מגמה שמדברת על הרחבת השימוש במטוסים קטנים וזולים יותר כ"מוניות אוויר", תוך הבטחת נתיבי אוויר מתואמים ובטוחים כך שהתעבורה הקלה תתבצע עם הרבה פחות עיכובים וסיכונים. אפילו NASA נכנסה לנושא בתכנית SATS - Small Aircraft Transportation System היעדים שהציבה לעצמה NASA בתכנית ה- SATS הם הקטנת זמן התעבורה בחצי בתוך 10 שנים והקטנתו בשני שליש בתוך 25 שנה. כל זאת במחיר דומה לנסיעה בכבישי אגרה. התכנית מדברת על הטסת מטוסים באזורים לא מבוקרי מכ"מ, משדות ללא מגדל פיקוח ועם ציוד קרקעי מינימלי על בסיס נוהלים ברורים, ניהול התעבורה האווירית בכל המרחב על בסיס תקשורת לווינים, פישוט מערכות בקרת טיסה וטייסים אוטומטיים ושילובם בתצוגות להקטנת המורכבות של האינטראקציה בין מטוסים מבחינת מיקום, גובה, ומהירותם היחסית. ועוד, ועוד...

דוגמה טובה למגמה זו הוא מטוסה של חברת טויוטה שטס לראשונה ב-2002. גוף המטוס יוצר כולו כחלק אחד מחומרים מרוכבים בתהליך של ליפוף, תהליך שחוסך זמן רב ומוזיל בהרבה את הייצור.



דוגמה נוספת הוא מטוס ה- ECLIPSE-500 ומטוסים של יצרנים נוספים המבינים את הפוטנציאל שבשוק זה ובהם חברת צסנה עם מטוס המוסטנג שלה, מטוס ה- SAFIRE-60, מטוס ה- ADAM-70 ומטוסים של חברות הונדה וצ'ירוס.

מטוס ה- ECLIPSE-500 מטיס 5 נוסעים + טייס במהירות של 355 קשרים ולטווח של 1350 מיילים ימיים. המטוס מצוייד בחבילת אוניקה מתקדמת. המטוס מתוכנן לטוס בגובה 41,000 רגל ולכן הוא מדוחס. גופו המדוחס עשוי בחיבורי ריתוך, חלקים ללא סימרוך כך שהמעטה החיצוני שלו חלק ביותר. יותר מכך, תהליך הריתוך המיוחד שנקרא: – FSW Friction Stir Welding הוא המאפשר הורדת מחיר משמעותית של המטוס ושימוש נרחב בו כ"מוניות אוויר". ההערכות הן שהמטוס ימכר בכמויות של 15,000 - 50,000 במהלך השנים הבאות.



ננסה להעריך את צורתה של התעופה העתידית בעזרת היעדים שהציבו לעצמם התעשיות ומכוני הפיתוח ובראשם האמריקאים.

NASA במסמך שנקרא: NASA'S AERONAUTIC BLUE PRINT, מציגה את היעדים בתחומי התעופה השונים.

היעדים על פי NASA מחולקים לארבעה נושאים עיקריים:

- א. קונספטים מתקדמים לשליטה במרחב האווירי.
- ב. כלי טייס מהפכניים עם שיפורים משמעותיים בביצועים.
- ג. קביעת פרדיגמה חדשה לבטיחות וביטחון בתעבורה.
- ד. הבטחת המשך יכולת הפיתוח ע"י בניית דור המשך למהנדסים.

נפרט את ארבעת היעדים העיקריים ונסה להבין כאמור, איך ייראו כלי הטייס העתידיים, ואיך ייראה המרחב האווירי העתידי שלנו:

היעדים ששמה לעצמה NASA בנושא השליטה במרחב האווירי הם:

- התגברות על האטת התנועה בגלל מזג אוויר בעזרת מערכות משופרות לחיזוי מז"א.
- הפחתת הצפיפות בנתיבים ב"אפקט הדומינו" בעזרת בניית מערכות תעבורה המבצעות אופטימיזציה שתבטיח הפרדות גם בתעבורה צפופה ומורכבת.
- שדות תעופה שיאפשרו "זרימה צפופה" של מטוסים ללא מרווחים בין המטוסים המגיעים, תנועה יעילה של המטוסים בשדה וכן יכולת מהירה לטעינה ותדלוק של המטוסים להקטנת הסבב הקרקעי.
- הגדלת המודעות המצבית בעזרת מערכות ניווט משופרות, כיסוי נרחב יותר של שטח ויכולת העברת נתונים בצורה אמינה יותר.

התעופה המסחרית היום מראה סימנים שהיא הולכת ומגיעה לרוויה ול"נעילה". כולנו, הנוסעים מתנסים בשדות תעופה עמוסים, בדחיות במועדי טיסות ובשרות לא אמין. ההערכות בארה"ב בלבד שהתעבורה האווירית שם תשלש את עצמה בשני העשורים הקרובים. מאידך, קצב התפתחות השדות, המסלולים וכל העוזרים והמערכות התומכות איטי בהרבה, ולכן, משקיעים מאמצי פיתוח רבים במערכות תומכות שיאפשרו נחיתות והמראות צפופות וביצוע סבבי מטוסים מהירים על הקרקע.

כמה כיוונים אפשריים מוצגים כאן:

תוך שימוש בכל מערכות המידע הבקרה והשליטה שיפותחו אפשר יהיה בעתיד להגיע לתפעול "שדות תעופה חכמים ללא מגדלי פיקוח" כך שתתאפשר נגישות לכל הערים גדולות וקטנות.



- **Smart non-towered airports**
 - **Autonomous sequencing and scheduling**

פיתוח מערכות חכמות לניווט ובקרת תעבורה תאפשרנה ביצוע נחיתות והמראות בצורה סימולטנית של כמה מטוסים על מסלולי משטחים רחבים.

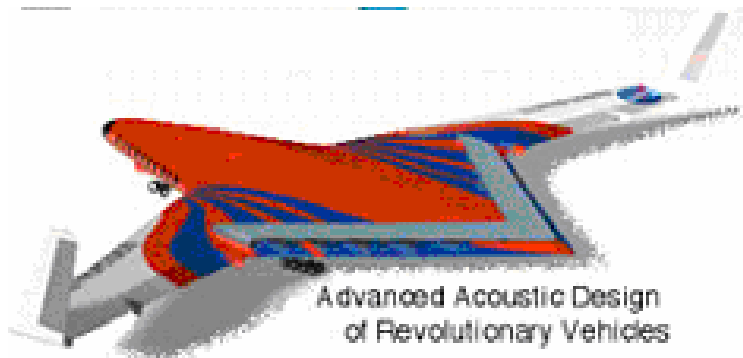


- **New airport design and operation models**
 - Intelligent runways and taxiways
 - Simultaneous landings and departures

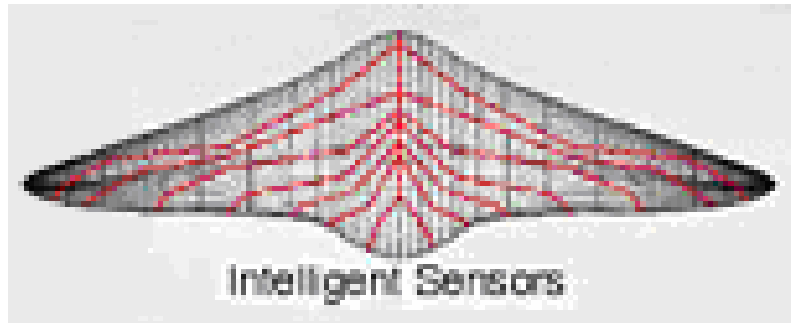
ככל שהתעבורה האווירית נעשית צפופה יותר כך הצורך במודעות מצבית אווירית גדל ומאיך התקשורת הקיימת היום בדיבור לא תספיק ולכן כיווני ההתפתחות מדברים על רשתות תקשורת רחבת סרט אמינה ומאובטחת שתוכל לתמוך בהעברה מסיבית של אינפורמציה. רשתות תקשורת אלו יאפשרו העברת מידע ברור על המצב המשתנה של המרחב האווירי, סטאטוס כל המטוסים במרחב, מגבלות במרחב, מזג אוויר, אינפורמציה שתוזן לצגים במטוסים ובתחנות הבקרה הקרקעיות כולל למערכות לתמיכה בהחלטות ותפעול אוטומאטי.

הצורך להרחיב את השימוש בכלי טייס לתעבורה אל מרכזי הערים ללא הפרעה יגרום לפיתוח מואץ של כלי הטייס בעלי רמת רעש פחותה בהרבה. היכולת היום להעריך ולנתח את גורמי הרעש אינה מספקת, כלי מיחשוב וניסוי שנמצאים בפיתוח יאפשרו הבנה טובה יותר של גורמי הרעש והטיפול הנכון בהם.

סימולציות ממוחשבות יאפשרו ניתוח נכון של גורמי הרעש ותיכון תצורת המטוס כך שהפחתת הרעש תהיה מתחילת התכנון הקונספטואלי שלו דרישת תכן עיקרית.

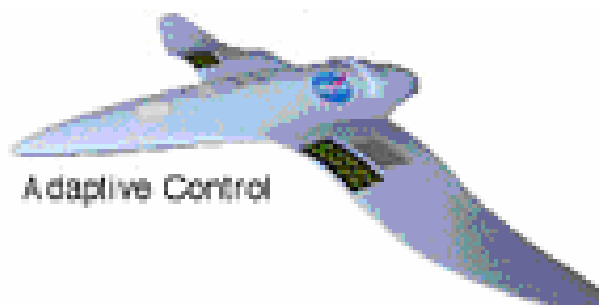


ובתחום תצורות כלי הטייס, ייתכן שבעתיד נראה נסיונות לחקות את הטבע תוך שילוב מעין מפעילים דמויי שרירים בגוף חי שיאפשרו שינוי תצורתו האווירודינמית של כלי הטייס, שילוב מעין מערכת עצבים במבנה המטוס, יכולת תיקון עצמי למבנה, ומערכת גילוי פגמים שתאפשר שיפור ניכר בבטיחות המטוס ובאמינותו.



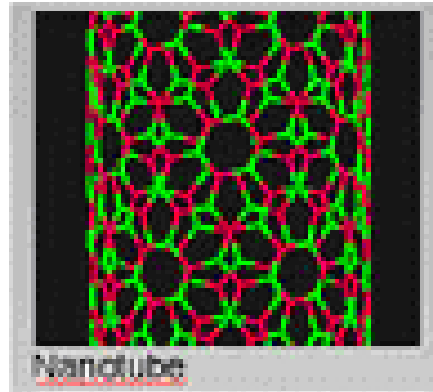
מערכות "אינטליגנטיות" של סנסורים "חכמים", מיקרופרוססורים ומערכות שליטה מסתגלות יאפשרו פיקוח וניטור של ביצועי המטוס ויעזרו לטייס להימנע מסיכונים. מערכות "חכמות" אלו יפעלו כמו מערכת עצבים בגוף חי ואפילו "ירגישו" נזקים וכשלונות שמתפתחים בגוף המטוס.

לא מן הנמנע שנראה בעתיד תצורות חדשות ל כלי הטייס, שיהיו תוצאה של יכולת תיכון וכלי מיחשוב ואנליזה מתקדמים. יפותחו כלי טייס ממריאים אנכית וכן כלים עם יכולת המראה ונחיתה קצרים ביותר כך שתתאפשר טיסה כמעט מדלת לדלת ללא צורך במנחתים. גם מטוסי המטען העתידיים יתוכננו כך שיוכלו להמריא ממסלול של כ 700 רגל בלבד כך שתתאפשר הרחבה משמעותית של יכולת העברת מטענים ושימוש בכלי טייס במקום אמצעים קרקעיים.



ייתכן ובעתיד השליטה במטוס לא תתבצע דרך הפעלת משטחים נעים כמו מאזנות, הגאיים ומדפים אלא בעזרת שילוב של מיקרו-מפעילים, נחירי סילון ואמצעים נוספים שישולבו ויפעלו ע"י מערכת בקרה "אינטליגנטית" שתאפשר רמת ייתירות ובטיחות של כלי הטייס שאינה קיימת היום.

בעתיד יפותחו חומרים חדשים למבנה המטוס שיהיו תוצאה של מחקרים בתחום הננו-טכנולוגיות והמבנים המולקולריים, חומרים שיהיו חזקים בהרבה .

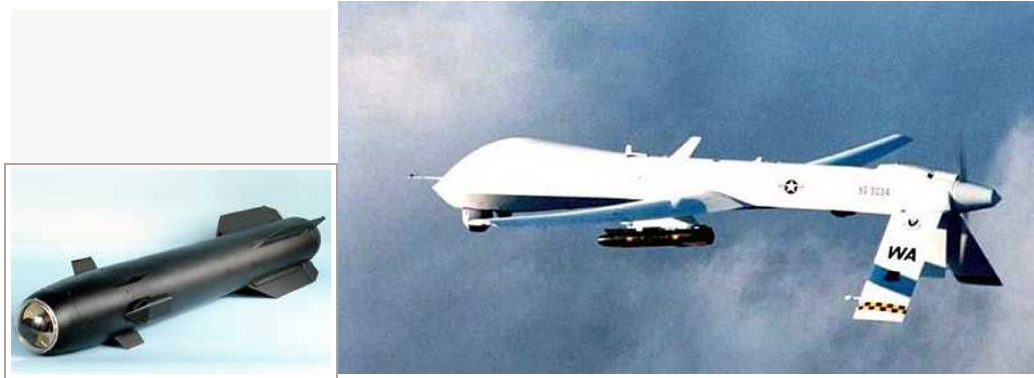


חומרים מרוכבים מהפכניים יהיו בעתיד חזקים פי מאה מהקיימים וישקלו רק שישית מהם. מטוסי העתיד ישקלו כמהצית מהמשקל היום, יהיו בעלי מבנה גמיש שיאפשר כאמור שינוי התצורה האווירודינמית תוך התאמה אופטימלית לתנאי הטיסה.

ומה צופן לנו העתיד בתחום כלי הטייס הבלתי מאוישים (כטבמי"ם) ?
כבר היום אנו עדים לכטבמי"ם גדולים ביותר דוגמת ה Global Hawk שמוטת כנפיו 39.9 מטרים (מוטת הכנפיים של בואינג 737 היא 28.9 מ'), אורכו 14.5 מטרים וגובהו 4.7 מטרים , משקלו הכולל מעל 14.5 טונות ועם כל גודלו הוא משייט באופן עצמאי בגובה 60,000 רגל בטווח של 3000 מיילים מבסיס האם שלו ומפטרל במשך יותר מ 24 שעות מעל המטרה אותה הוא סוקר בעזרת מכ"מ מיוחד (מכ"מ SAR - Synthetic Aperture Radar), סנסור אלקטראופטי וסנסור אינפרא אדום.



או מטוס ה PREDATOR שהוא כטב"מ חמוש לסיור אווירי שמוטת כנפיו 14.8 מטרים, אורכו 8.2 מטרים, גבהו 2.1 מטרים, משקלו מעל חצי טון והוא משייט בגובה 25,000 רגל במשך 40 שעות רצופות. המטוס מסייר, מאתר מטרות בעזרת כל מיחושיו (מכ"מ SAR, סנסור אלקטראופטי וסנסור אינפרא אדום ואחרי שאיתר את מטרתו הוא משגר טילי Hellfire התלויים על כנפיו.



ולעומת הגדולים מפותחים היום בעולם כטבמ"ם זעירים (מיקרו) כגון הרחפן הזעיר שמפותח ביפן



או המוסקיטו הזעיר, מתוצרת התעשייה האווירית בארצנו שלנו, שמשקלו 250 גרם בלבד, מוטת כנפיו כ 30 ס"מ והוא נושא מצלמת ווידאו זעירורית איתה הוא מסייר במשך 40 דקות חרישי ובלתי נראה מעל המטרה



ומגמת המיזעור של כלי הטייס הבלתי מאוישים הולכת ונמשכת בכיוון של פיתוח מעין חרקים מעופפים, **micromechanical flying insect (MFI)**, דוגמת החרק המעופף שפותח באוניברסיטת ברקלי בקליפורניה ומשקלו פחות ממשקל מהדק נייר משרדי





וכלי טייס זערוורי אחר ה Robofly שהוא כלי רובוטי שגודלו כחרק (ראה תמונתו על כף היד) שאולי בעתיד יישא מצלמה זערוורית ויחדור בשליחותנו לחדר המפקדה של האויב?



בשנים האחרונות נכנסים לשרות כטבמי"ם לתמיכה בכוחות הקרקע בזמינות מיידית, כלומר כטבמי"ם קטנים המופעלים ע"י החיילים בשדה .
החייל משגר את הכטב"מ , הכטב"מ טס ומצלם מעבר לגבעות כשהוא משדר את תמונותיו אל החייל המשגר ועל פי המצב שמצלם הכטב"מ פועלים הכוחות בשטח.

ובמקביל לכטבמי"ם לדרג השדה מפותחים היום כטבמי"ם תוקפים גדולים וחמקניים (בעלי שטח חתך מכ"מ נמוך Stealth) דוגמת מטוס ה X-47 של נורתרופ-גראמן



המטוס יכול לשאת מיטען של כ 2 טונות לטוס לטווח של 1500 מיילים ימיים בגובה 30,000 רגל, לתקוף ולחזור לבסיסו.



כיוון נוסף בפיתוח כלי הטייס הבלתי מאוישים הוא כלים הממריאים אנכית אחד מהם הוא מטוס ה-ISTAR מטוס זה מתוכנן להיות נישא על גבי כלי רכב אוטונומי להמריא ממנו אנכית, להטות את עצמו בעזרת הטיית הדחף שלו לטוס אל היעד לאסוף מידע ולחזור ולנחות על הרכב הנושא.



Hover, Low-Speed



Intermediate Speed



High-Speed Flight



Air flows through duct, providing lift and control

אם ננסה לצפות את העתיד בנושא כלי הטייס הבלתי מאוישים נוכל לומר בביטחה שהכלים הבלתי מאוישים ילכו ויתפסו חלק נכבד בתעופה הצבאית וגם האזרחית. כבר היום יש כאלה המעריכים שמטוס ה-F-35 יהיה מטוס הקרב המאויש האחרון..... הכלים ילכו ויהיו יותר אוטונומיים כך שיטוסו ויבצעו את משימתם לא כמו טיסנים נהוגי רדיו אלא יבצעו בצורה אוטומטית תכניות טיסה ומשימות שיוזנו אליהם לפני הטיסה ובמהלכה. הכטבמים יהיו מצוידים בכל המערכות והמיחשוב שיאפשרו להם לטוס בצורה בטוחה, ללא התנגשויות וכמובן ימריאו וינחתו בצורה אוטומטית.

נהיה עדים למטוסים משופרים עם יחס עילוי לגרר משופר ב 50%, יחס נשיאת מטען של 50%, יחס דחף משקל של יותר מ-1 (כמו מטוסי קרב) ומערכות בקרת טיסה ומיחשוב שיאפשרו כאמור אוטונומיות מלאה.

לסיכום, תחום התעופה צפוי לשינויים ניכרים. כמו שהמטוסים היום שונים ממטוסם של האחים רייט, כך גם מטוסי העתיד ואפילו העתיד הקרוב יהיו שונים בהרבה מאלה שאנו מכירים היום. מיחשוב בתחומי ההנדסה, הייצור ותחזוקת המטוסים יקצרו תהליכים וישפרו אותם. מחשבים מתקדמים יאפשרו פיתוח כלי טייס מתקדמים ע"י בניית מודלים וסימולציות של כלי הטייס, כולל בניית אב טיפוס ממוחשב. תקשורת אוטומטית בין מטוסים תשפר את בטיחות הטיסה. תקשורת בין מחשבי המטוס תגדיל את הפעולה האוטונומית של תת המערכות. מיזעור רכיבי אלקטרוניקה וסנסורים יקטינו את נפחם, משקלם ומחירם של המערכות האוויוניות.

נראה בעתיד שיפורים משמעותיים במנוע סילון, שימוש במנועי דיזל ובהנעה על בסיס "תאי דלק" כיוון שמתפתח בעיקר על רקע הדרישות לשמירת איכות הסביבה. נראה בעתיד שיפורים בתחום של ייצור והרכבת מטוסים, שימוש בתהליכי ריתוך מתכות ושימוש נרחב יותר בחומרים מרוכבים. פיתוחים חדשים בתחום ה"ננו טכנולוגיות" יתנו בסיס לחומרים חזקים בהרבה מהקיימים. רשתות תקשורת רחבות יאפשרו ניוז מטוסים בצורה בטוחה בכל המרחב האווירי. הפעלה אוטומטית ואוטונומית של כלי הטייס תלך ותתפשט. האוטומציה יכולה לשפר את הבטיחות ע"י תמיכה במפעיל האנושי שהולך ומגיע היום לרוויה, גם כמפעיל אווירי - טייס וגם במפעיל קרקעי - איש בקרה.

אם רק נתאזר בסבלנות, העתיד בתחום התעופה בהחלט צופן בחובו הלאה: הלאה בתחום תצורות המטוסים, חומרים, מבנה, הנעה, תקשורת, מחשוב, הפעלה אוטונומית, תעבורה אווירית והנדסת אנוש.