

כיוון בסיסי

מושגים:

Heading – (HDG) : **כיוון אף המטוס**
True Airspeed – (TAS) : **מהירות אויר אמיתית**
Track – (TRK) : **נתיב המטוס**
Ground Speed – (GS) : **מהירות קרקעית**

המטוס טס בתוך גוש אויר, המהירות האמיתית (TAS) היא מהירות המטוס כלפי אותו הגוש.
גוש האוויר בתוכו המטוס טס, זז לכיוון מסוים במהירות מסוימת הנקבע לפי כיוון ומהירות הרוח.

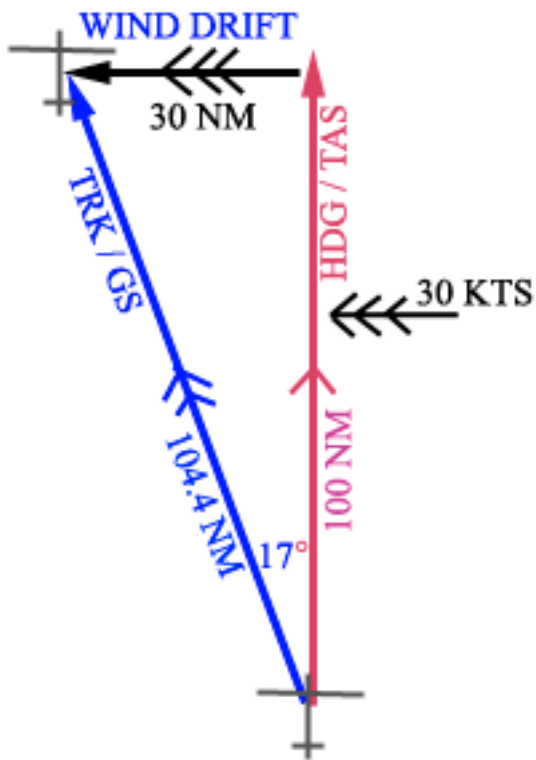
כיוון הרוח:

כיוון הרוח הוא תמיד מאיפה שהרוח באה: אם יש רוח צפונית, הרוח נושבת מצפון לדרום, ואם יש רוח מערבית (270) הרוח נושבת ממערב למזרח.
אם כיוון אף המטוס שווה לכיוון הרוח, יש למטוס רוח אף ואם הוא הפוך ב 180 מעלות יש למטוס רוח גב.

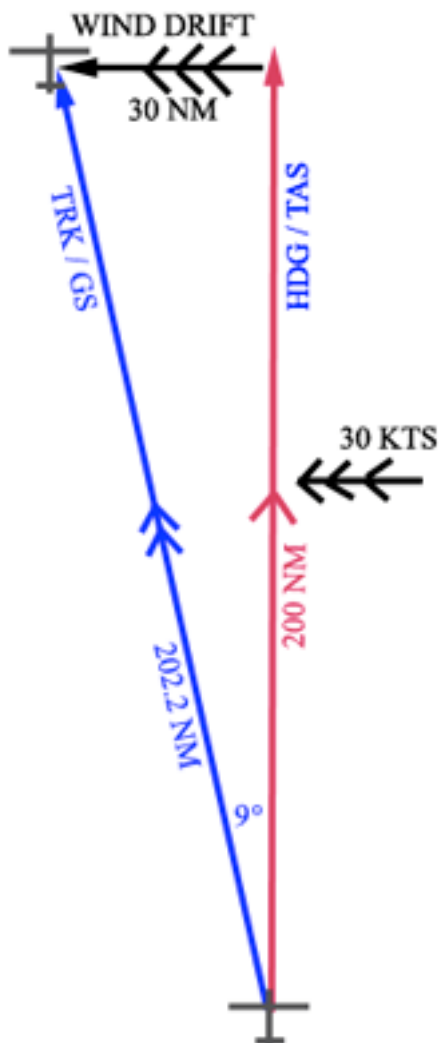
GS: בגלל שהמטוס טס בתוך גוש אויר והגוש זז התזוזה של גוש האוויר גורמת למטוס תזוזה שונה כלפי הקרקע, GS זו התזוזה כלפי הקרקע מישור המהירות, ניתן לדמיין רכבת הנוסעת צפונה במהירות 20 קשרים ומכונית נוסעת על הרכבת (מהקרון האחרון לקטר) במהירות 100 קשרים, מהירות המכונית כלפי הקרקע היא 120 קשרים, אם המכונית הייתה נוסעת דרומה (מהקטר לקרון האחרון) מהירותה הייתה 80 קשרים, יש לשים לב שהמהירות על מד המהירות של המכונית היה 100 בשני המקרים...
כך גם כלפי רוח, אם יש 20 קשרים רוח אף והוא TAS הוא 100 – המהירות הקרקעית, GS הייתה 80, ואם יש רוח גב, והוא TAS הוא 100 – ה GS יהיה 120
-- ככל שהרוח נושבת יותר מהצד, אז ההבדל בין ה TAS ל GS קטן עד שב 90 מעלות כמעט אין הבדל.

TRK: בגלל שהמטוס טס בתוך גוש אויר והגוש זז התזוזה של גוש האוויר גורמת למטוס תזוזה שונה כלפי הקרקע, TRK זו התזוזה כלפי הקרקע מישור הכיוון, אם כיוון האף של המטוס (HDG) הוא צפון ונושבת רוח מכיוון 090 (מזרח) – כלומר רוח 90 מעלות מימין, הרוח תסחף אותנו שמאלה והנתיב הקרקעי שהמטוס יבצע הוא צפון מערב (הכיוון המדויק תלוי במהירותו) בעיה זו נקראת סחיפת רוח (WIND DRIFT) והנתיב על הקרקע נקרא, TRK
-- אם ישנה רוח אף או גב מדויקת, אין סחיפה ואין הבדל בין TRK ל HDG

- אם הכיוון על מפה מנק A ל B הוא 330 ז"א שה TRK יהיה 330 ע"מ להגיע מ A ל B וכיוון אף המטוס יהיה אשר יהיה – תלוי ברוח.



- את הזמן מ A ל B נחשב רק בעזרת מהירות GS
משולש הרוחות: זה משולש שצלע אחת מתארת את התקדמות המטוס בתוך גוש האוויר (HDG / TAS), שנייה מתארת את סחיפת הרוח – WIND DRIFT, והיתר מתאר את התקדמות המטוס כלפי הקרקע, (TRK / GS), בדוגמה המטוס טס בכיוון צפון, ויש לו רוח מזרחית מימין – 30 קשרים, המהירות האמיתית (TAS) של המטוס היא 100 קשרים, המשולש מתאר מה קרה למטוס אחרי שעה:
 בתוך גוש האוויר המטוס התקדם 100NM (מייל ימי) בכיוון צפון (360) (כי טס ב 100 קשר).
 גוש האוויר זז ב 30 קשרים לכן אחרי שעה יסחף את המטוס שמאלה 30NM, היתר של המשולש בוא הנתיב שהמטוס מבצע על הקרקע, המהירות הקרקעית היא 104.4 קשרים (כי עבר בפועל 104.4 NM) והסחיפה היא 17 מעלות (תוצאת חישוב) לכן הנתיב (TRK) הוא 343
 $360 - 17 = 343$



בדוגמה השנייה נניח שהמהירות האמיתית (TAS) גדלה פי 2, לכן בתוך גוש האוויר, המטוס יתקדם 200NM בשעה (TAS=200) סחיפת הרוח בשעה תישאר זהה (30 NM).
 בסרטוט ניתן לראות, כי ככל שנהירות המטוס גדלה (בתוך גוש האוויר) כך השפעת הרוח קטנה וזווית הסחיפה קטנה, והפעם, אה כיוון אף המטוס (HDG) הוא 360 – זווית הסחיפה היא 9 מעלות והנתיב הקרקעי הוא:
 $360 - 9 = 351$
 ככל שמהירות המטוס גבוהה יותר, השפעת הרוח חלשה יותר ביחס ישר (הכפלנו את המהירות פי 2 וחילקנו את זווית הסחיפה ב 2).

חוק 1/60: חישוב (לא מדויק לזווית הסחיפה), נניח שזווית הסחיפה היא X
אז (מרחק שעברנו / מרחק סחיפה) = $(X / 60)$, בדוגמה השנייה מרחק
סחיפה היה 30, נחלק אותו ב 202.2 (המרחק הקרקעי שעברנו) , נכפיל ב 60
ונקבל... 9 מעלות סחיפה (את החישוב המדויק נעשה בעזרת פונק' SIN)

בדוגמאות שלמעלה, ברוח כזו אם היינו רוצים לשמור נתיב קרקעי צפון (360)
היינו צריכים להכניס את האף לרוח לפי זווית הסחיפה, בדוגמה השנייה היינו
מכניסים את האף 9 מעלות ימינה, הכיוון שלנו (HDG) היה 009 והנתיב
360 (TRK)

התיקון לרוח:

כשרוח משפיעה על המטוס, לא משנה מאיזה כיוון היא מגיעה, היא מתפצלת לשני ווקטורים המשפיעים על המטוס במישור של מהירות וסחיפה. מימין ומשמאל במישור של סחיפה ומן האף והזנב במישור של מהירות. אם הרוח נושבת מלפנינו מצד ימין אז ההתפצלות תהיה מלפנים ומצד ימין (ראה תמונות). ואם היא מלפנים ומצד שמאל ההתפצלות תהיה מצד שמאל ומלפנים. וכך גם לגבי רוח גב. בסך הכל יש ארבע שילובי התפצלויות ווקטורים. למשל אם תהיה לנו רק רוח אף אזי ההתפצלות תהיה 100% מעצמת הרוח במישור המהירות ו 0% במישור הסחיפה והרוח תשפיע עלינו רק במהירות במלוא עוצמתה.

אם הרוח נושבת מכיוון שהוא 30° ימינה מאתנו, הווקטורים יתפצלו מקדימה ומצד ימין ומכיוון שכיוון זה הוא יותר קרוב לכיוון טיסתנו אזי ההשפעה במישור המהירות תהיה גדולה יותר ממשור הסחיפה מצד ימין 85% לעומת 50% בהתאמה (ראה תמונה).

אם הרוח נושבת בדיוק 45° מימין אז ההשפעה שלה על שני הווקטורים תהיה שווה והיא 70% על שניהם.

אילו הרוח נושבת 60° מימין אז ההשפעה היא כמו 30° , רק הפוכה בגלל שהיא קרובה יותר לרוח צולבת המשפיעה

עלינו במישור הסחיפה בלבד. ההשפעה 85% מימין ו 50% מכיוון האף.

ברוח צולבת (90°) מימין, המהירות של הרוח מתפצלת כ 100% מימין ו 0% מן האף. כך זה יהיה מצד שמאל וגם ברוח גבית.

דוגמא: יש לנו רוח רק מן הגב, אז השפעתה תהיה כ 100% מן הגב ו 0% מן הצד, ואילו היא 30° מן הגב אז 85% מן הגב ו 50% מן הצד וכך הלאה.

השימוש בהתפצלות הווקטורים:

אנו זקוקים לערכי הווקטורים מפני שאנו רוצים לדעת מהי המהירות הקרקעית שלנו ואת זווית התיקון לרוח. אם יש לנו רוח אף, מהירותנו הקרקעית תקטן $GS=TAS-WIND$. ואילו יש לנו רוח גב אזי מהירותנו הקרקעית תגדל. $GS=TAS+WIND$. אנו משתמשים בווקטור של הסחיפה כדי למצוא את התיקון לרוח. כדי למצוא את התיקון לרוח אנו צריכים למצוא את עוצמת הרוח הצולבת כלומר מהי עוצמת הרוח הנושבת מכיוון 90° מאתנו ימינה או שמאלה, ואנו נתקן בהתאם.

כמות התיקון לרוח:

יש חוק אצבע שאומר שאם אנו היינו טסים ב TAS 60, אז התיקון לרוח היה כעוצמתה ב 90° אלינו. כלומר אם היא הייתה 10 קשרים אז היינו מתקנים 10° .

נוסף לכך יידוע שאם מהירות המטוס גדלה פי 2 אז התיקון ישתנה ביחס הפוך למהירותנו, כלומר נתקן פי 2 פחות, ובמקרה שלנו רק 5° על כל 10 קשרים רוח צולבת. אם המטוס היה טס ב 180 קשרים שגדולים מ 60 קשרים פי 3 אז היינו מתקנים רק 3° וכך הלאה.

דוגמא:

אנו טסים בכיוון צפון, 120 קשר ויש לנו רוח מכיוון 330 על 20 קשרים כלומר רוח אף, 30° משמאל. כבר עכשיו אנו יודעים שמהירותנו הקרקעית קטנה ביחס לאמיתית ואנו נצטרך לתקן שמאלה.

ידוע לנו שב 30° התפצלות הווקטורים היא 85% מן האף ו 50% מהצד כלומר רוח אף של 17 קשרים וצד של 10 קשרים. מהירותנו הקרקעית תהיה $120-17=103$ קשרים. מכיוון שיש לנו רוח צולבת של 10 קשרים משמאל. אם היינו טסים ב TAS 60 היינו מתקנים 10° שמאלה אך אנו טסים ב 120 קשרים ונתקן רק 5° שמאלה.

בחישוב התפצלות הווקטורים יש לזכור שהווקטור החזק יותר יהיה קרוב יותר לכיוון הרוח ואילו ב 45° מכיוון המטוס, שני הווקטורים יהיו שווים.

מציאת כיוון הרוח:

באוויר אנו לא יודעים מהו כוון ומהירות הרוח, מפני שהוא שונה מן הקרקע. במטוסים גדולים כיוון הרוח נמצא על ידי מערכת ה INS/IRS ומוצג על צג ה INS או ה EHSI.

במטוסים קטנים צריכים לחשב בעצמנו את כיוון ומהירות הרוח האקטואלית שכל כך חשובה בטיסת מכשירים.

אפשר למצוא את כיוון ומהירות הרוח רק אם אנו טסים על רדיאל של VOR שיש לו DME.

כשאנו שומרים רדיאל אנו רואים איזה כיוון אנו נאלצים לטוס כדי לשמור אותו והפרש ביניהם יהיה התיקון לרוח, ואילו ההפרש בין ה TAS שלנו ל GS מה DME יהיה הווקטור מן האף. אם ה TAS גדול מן ה GS אז יש לנו רוח אף וההפך.

כדי למצוא את הווקטור מן הצד ניקח את זווית התיקון ומהירותנו האמיתית, לפי חוק האצבע הנ"ל אם מהירותנו היתה 60 קשרים, זווית התיקון הייתה שווה למהירות הווקטור מן הצד ואם מהירותנו גדלה פי 2 גם הווקטור מן הצד יגדל פי 2 – הפוך מהתיקון לרוח.

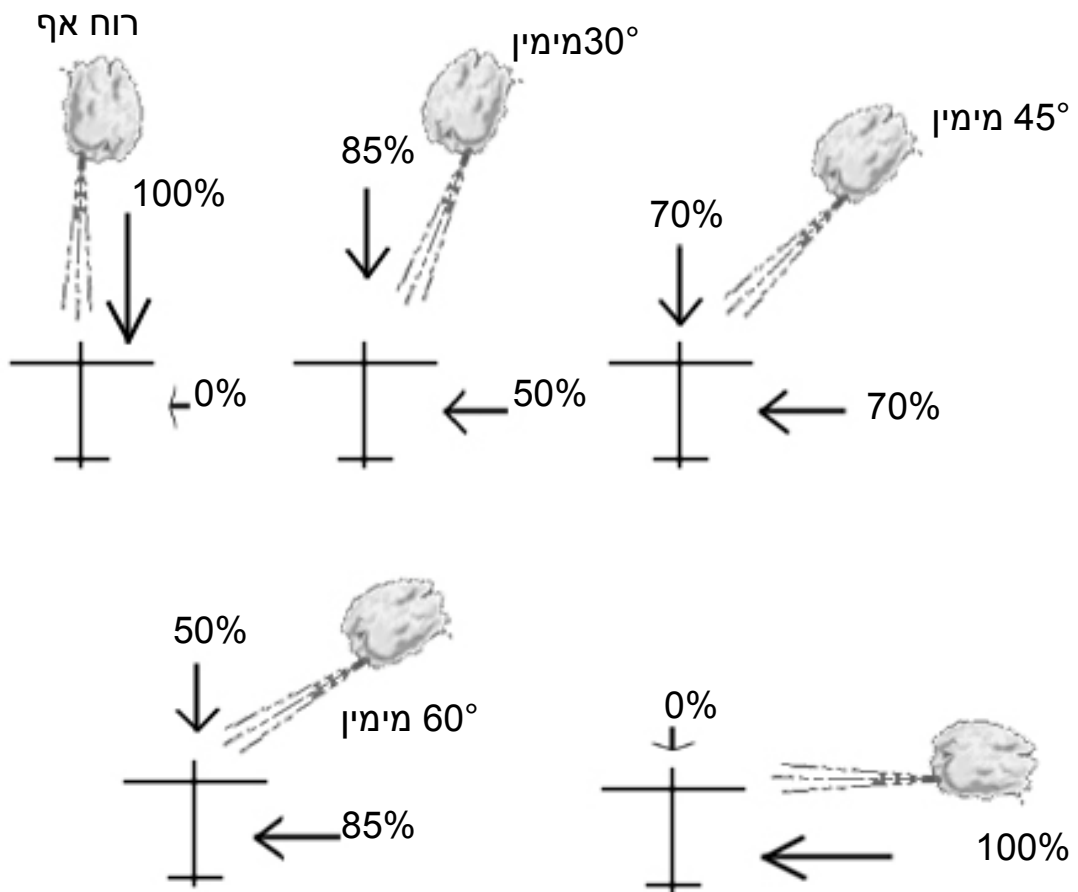
לאחר שמצאנו את שני הווקטורים, נראה מי משניהם גדול יותר. אם הווקטור מן האף גדול יותר אז יש לנו רוח בין כיוון המטוס לבין כיוון ששווה ל 45° מן הצד, אם הם שווים אז הרוח היא 45° מן הצד ואילו רוח הצד גדולה יותר, אז הרוח היא בין 45° ל 90° מן הצד. ככול שהיחס בין הווקטורים הוא גדול יותר כך הרוח תהיה קיצונית לכיוון קרוב מאוד לאף/גב או קרוב מאוד לצולבת (תלוי מי יותר גדול). מהירות הרוח תהיה בממוצע כ 20% גדולה מעצמת הווקטור הגדול, ואם הם שווים אז היא תהיה גדולה ב 40% מעצמת אחד מהם.

דוגמא:

אנו טסים על רדיאל 270, TAS 120 קשרים ובכיוון 275, כלומר מתקנים לרוח 5° ימינה. ה GS מה DME מראה לנו 110 – כלומר יש לנו רוח אף של 10 קשרים והיא מעט ימינה. כדי למצוא את הווקטור מן הצד ניקח את זווית התיקון ונכפיל ב 2 ונקבל 10 קשרים. שני הווקטורים שווים, כלומר הרוח בכיוון 315 – 45 מעלות מימין. מציאת מהירות הרוח: במקרה של 45° , ידוע לנו שמהירות הרוח גדולה ב 40% מערך הווקטורים, לכן מהירות הרוח הנ"ל תהיה 14 קשרים.

- ברוח צולבת וברוח אף או גב, מהירות הרוח הכללית תהיה שווה למהירות הווקטור היחיד.
- יש לזכור כי במציאת GS על ידי DME, אנו צריכים להיות מיוצבים על רדיאל מסוים ורחוקים לפחות 5 מייל מן התחנה.
- אנו יכולים להשתמש בנתון הרוח שמצאנו גם בנתיבים אחרים שאין בהם רדיאל ו DME. יש לזכור כי בחצי כדור הארץ הצפוני, ככול שנטפס כיוון ומהירות הרוח יגדלו ובחצי כדור הארץ הדרומי הכיוון יקטן ומהירות הרוח תגדל בטיפוס.

התפצלות הווקטורים – תמונות.



מציאת זמן על הנתיב:

במטוסים גדולים מחשב הטיסה FMC מראה לנו את הזמן בו אנו נגיע לכל נקודה ונקודה. במטוסים קטנים אנו חייבים לחשב זאת בעצמנו. כשאנו באוויר אנו לא יכולים לחשב את הזמן המדויק, אנו יודעים שמרחק חלקי מהירות שווה זמן בשעות, אך בדרך זו תמיד נקבל שבר מפני שרוב הנתיבים הם במרחק של דקות. לכן בטיסה נוח לחלק את המרחק למספר המיילים שאנו עוברים בדקה. מספר המיילים שאנו עוברים בדקה הוא המהירות הקרקעית של המטוס GS חלקי 60. למשל אם אנו טסים במהירות קרקעית של 90 קשר, אנו עוברים 1.5 מיילים בדקה ונעשה 30 מייל ב 20 דקות. את המהירות הקרקעית אפשר לקבל מתחנת DME (רק אם אנו טסים על רדיאל של VOR) או על ידי חישוב המהירות האמיתית TAS וההתייחסות לרוח שעליה נדון בהמשך.

חישוב TAS:

ה TAS משתנה לפי גובה צפיפות שמשנתנה לפי טמפ' וגובה לחץ. ככול שהטמפ' תהיה גבוהה מהסטנדרטית וגובה הלחץ יהיה גבוהה, כך גובה הצפיפות יהיה גבוה יותר וה TAS יהיה גדול יותר ביחס למהירות המכשירית IAS. בזמן טיסה קשה לחשב זאת במדויק, אך אפשר לחשב זאת בהתייחסות לגובה בלבד: כל 1000 רגל ה TAS גדל ב 1.5% מהמהירות המכשירית, למשל אנו טסים ב 100 קשרים IAS בגובה 5000 רגל אז ה TAS יהיה $1.5 \times 5 = 7.5\%$ מעל ה IAS כלומר 107.5 קשרים. חוק "אצבע" זה טוב עד 10000 בערך, מעליו אפשר לקחת את גובה הטיסה ב FL לחלקו ב 2 ולהוסיף תוצאה זו ל IAS. דוגמא: אנו טסים ב FL 330 וב 270 קשרים IAS. אזי ה TAS יהיה $270 + 330/2 = 445$ קשרים. אחרי מציאת ה TAS מוצאים את ה GS לפי הרוח.