

Sári János, Békési Bertold

Légi járművek közelségi és figyelmeztető rendszerei

A cikkben a szerzők ismertetik a repülőgépek közelségi és figyelmeztető rendszereivel kapcsolatos kutatási tevékenységüket. Rövid bevezetést követően, a szerzők bemutatják a különféle figyelmeztetéseket és azok szintjeit, továbbá röviden prezentálják a Master Warning/Caution lámpajelzést, a hajtóművek, illetve a fedélzeti rendszerek adatkijelzését integráló és személyzetfigyelmeztető, valamint a központi elektronikus repülőgéppálya-figyelő rendszert. Célunk nemcsak egy átfogó, könnyen megérthető összefoglaló elkészítése, hanem a modern kori repülésben megtalálható figyelmeztető rendszerek részletekbe menő bemutatása. Ebből kifolyólag az átesés veszélyére figyelmeztető, a határsebesség-túllépésre figyelmeztető, a magasságfigyelmeztető, a veszélyes földmegközelítést jelző, a fedélzeti összeütközés-elkerülő, valamint a le- és felszállópálya tanácsadó rendszer működésének, felépítésének, hang- és vizuális jelzéseinek szemléltetése.

Kulcsszavak: repülési figyelmeztető/riasztó rendszer, átesés, határsebesség, magasságfigyelmeztető, -jelző rendszer, fedélzeti összeütközés-elkerülő rendszer, le- és felszállópálya-tanácsadó rendszer

1. Bevezetés

A repülésbiztonság permanens javulásának köszönhetően, az elmúlt évtizedekben a repülőgépek proliferációja folyamatosan nőtt. Ennek eredményeképp olyan korszerű digitális fedélzeti műszereket és intelligens berendezéseket építettek be, amelyek integrálják azokat a rendszereket, amelyek a pilóták munkavégzését, valamint a repülés biztonságos végrehajtását segítik. Ilyennek számítanak a légi járműveken található közelségi és figyelmeztető rendszerek. Ezek különféle jelzésekkel információkat szolgáltatnak a legénység számára, az adott helyzetben szükséges cselekvésről, a közelgő veszély elkerülése végett. Természetesen a rendszer mindig az éppen aktuális repülési szakasszal releváns figyelmeztetéseket teszi lehetővé, meggátolva az egyéb, pilóták megzavarására alkalmas értesítéseket.

2. Figyelmeztetések és azok szintjei

A figyelmeztető rendszerek által generált riasztásoknak különféle szintjeit, fokozatait különböztethetjük meg (1. ábra):

- „A” szintű riasztás „Warning” (Az ilyen típusú jelzések a személyzet azonnali beavatkozását igénylik);
- „B” szintű riasztás „Caution” (A legénység fokozott éberségét szorgalmazza, valamint a pilóták lehetséges beavatkozását prediktálja);
- „C” szintű riasztás „Advisories” (Ezek a jelzések megkövetelik a személyzet fokozott éberségét, legkevésbé sürgős figyelmeztető jelzés).

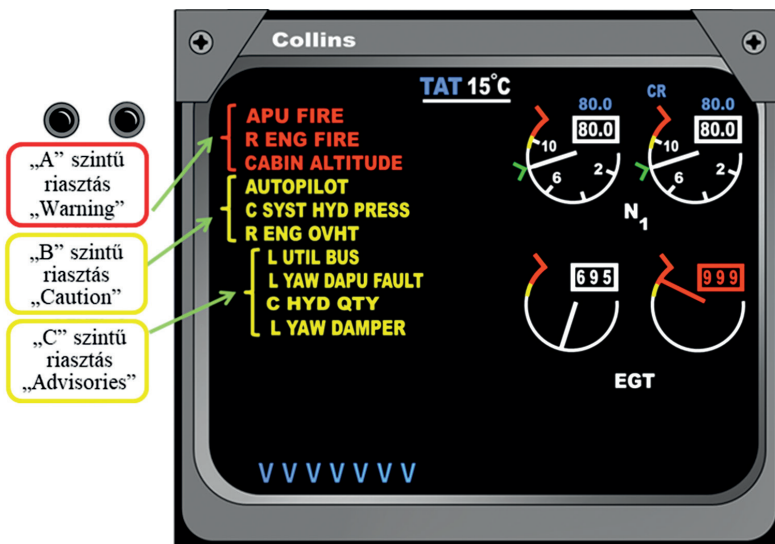
A repülőgép személyzetét a következő figyelmeztető jelzések érhetik:

- vizuális;
- hang;
- érzékszervi (tapintható).

Vizuális jelzések

Ilyen típusú jelzések esetén a riasztási szinteket eltérő színek jelölik az alábbiak szerint:

- „Warning” piros szín;
- „Caution” sárga vagy borostyán;
- „Advisory” a vörös és a zöld kivételével bármilyen szín lehetséges (kivétel EICAS¹).



1. ábra
A riasztások különböző szintjei [14]

A technológia fejlődésével párhuzamosan a repülőgépek kijelző rendszerei is átalakultak. Az analóg műszerek az évek elteltével fokozatosan eltűntek, helyükre azok digitális társait építették be [4], [7].

¹ EICAS – Engine Indicating & Crew Alerting System (Boeing): hajtóművek és fedélzeti rendszerek adatkijelzését integráló és személyzetfigyelmeztető rendszer.

Az előbb említett folyamatnak köszönhetően a vizuális jelzések megjelenítését (lásd 2. ábra) kétféle módon valósítják meg:

- elektronikus képernyők segítségével (a különféle figyelmeztetések színes szöveggel vagy szimbólumokkal jelennek meg);
- jelzőfények és jelzések (a piros lámpák, illetve fényvisszaverő jelzések „A” szintű riasztást jeleznek, amelyek kiküszöbölése nélkül nem folytatódhat a repülés; Borostyánsárga fény jelöli azt a rendszerelemet, amely üzemképessége határához közelít. Ennek megelőzéséhez korrekciós intézkedésekre van szükség.)

Hangjelzések

Hangjelzés esetén a pilótának kötelezően át kell vennie az irányítást a repülőgép felett. Ezek a jelzések a légi jármű típusától függően különbözőek lehetnek (egyszerű sípolás, harangszó, mesterséges beszédhang vagy ezek kombinációja). Több figyelmeztetés esetén elsőbbséget élveznek a következő üzenetek:

- Stall;²
- Windshear;³
- GPWS;⁴
- ACAS⁵ [4], [7];



2. ábra

A figyelmeztető rendszerek jelzőablóinak színjelzései [13]

² Átesés.

³ Szélnyírás.

⁴ Ground Proximity Warning System: veszélyes földmegközelítést jelző rendszer (földközelség figyelmeztető rendszer).

⁵ Airborne Collision Avoidance System: fedélzeti összeütközés-elkerülő rendszer.

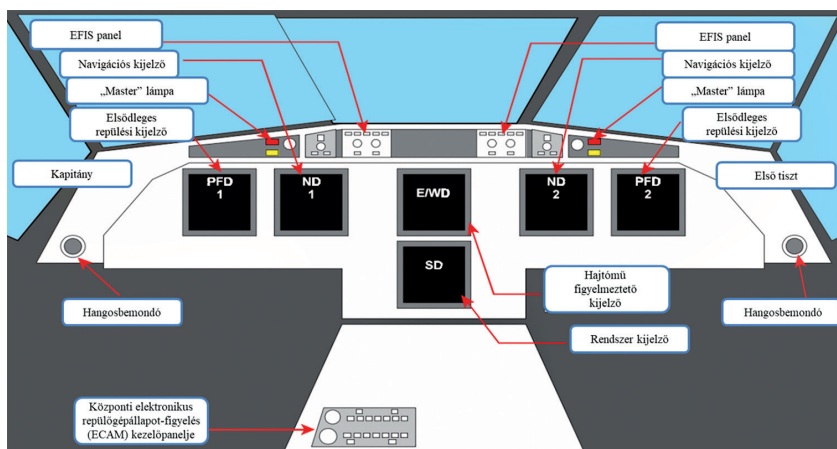
Érzékszervi (tapintható) jelzések

A kezelőszervek rezgése jelzi a repülőgépek sebességvesztését (átesés esetén), ami a személyzet azonnali beavatkozását követeli az irányítás elvesztésének megakadályozása érdekében. Ilyen esetekben a kormányoszlop-kitérítő automata segíti a légi jármű vezetőjét a kormányzásban [4], [7].

Master Warning/Caution lámpajelzés

A fentiekben említett jelzéseken kívül a személyzet számára rendelkezésre áll egy úgynevezett „Master” figyelmeztető lámpa (3. ábra), amely általában a pilóták látóterének középpontjában található. A fény mindaddig látható, amíg a probléma fennáll, illetve a gomb megnyomásának pillanatáig a személyzet által. Tűz, illetve a kabin kritikus magassága esetén hangjelzés hallható, amely a gomb megnyomásával elnémítható [7].

Régebbi repülőgépek esetén a személyzet egyik tagja egy úgynevezett központi figyelmeztető és riasztás panelt – *Master Caution and Warning Panel* (MCWP) – kezel, amin a különféle figyelmeztetések jelzőlámpái egy adott racionális sorrendben voltak elhelyezve. Manapság az elektronikus rendszerek térhódításával, a legtöbb riasztás, illetve figyelmeztetés megjelenítése EFIS⁶ rendszerek segítségével történik, amelyek hangjelzésekkel és a „Master” fényjelzéssel párhuzamosan észlelhetők [4], [12].



3. ábra

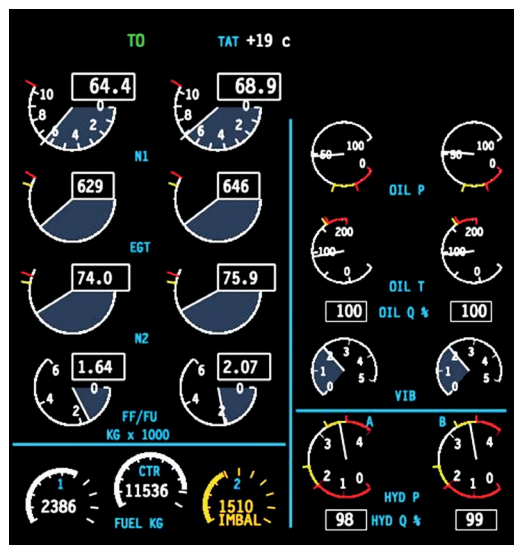
Airbus A320 pilótafülkéjének kijelzői és figyelmeztető rendszerei (Sári János szerkesztése [7] alapján)

Hajtóművek és fedélzeti rendszerek adatkijelzését integráló és személyzetfigyelmeztető rendszer (EICAS)

⁶ Electronic Flight Instrument System: elektronikus repülőgép-vezetési műszerrendszer.

Az EICAS feladata a repülőgép rendszereinek permanens figyelése. A rendszer megjeleníti a hajtómű paramétereit, valamint a gyártótól és a típustól függően egyéb információkat is szolgáltat. Ilyen például az üzemanyag mennyisége, az utastér nyomása vagy a futómű helyzete (4. ábra). Meghibásodás esetén, illetve bármely hibajelző lámpa felvillanásakor az EICAS üzenetet küld a CRT⁷-re, figyelmeztetve a pilótákat megfelelő intézkedések megtételére.

Fontos megemlítenünk, hogy a fentiekben megfogalmazott riasztási szintekhez, fokozatokhoz tartozó színekódolástól az EICAS-rendszer annyiban tér el, hogy „Advisory” besorolásnál a fényjelzés csak és kizárólag borostyánszínben látható [7], [22].

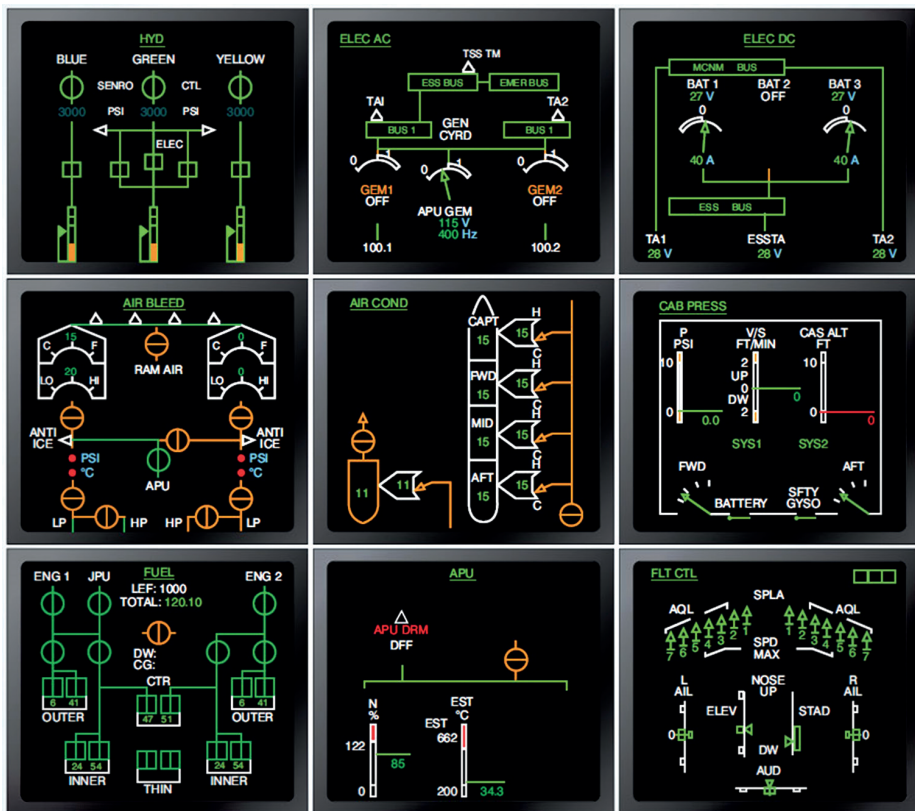


4. ábra
EICAS-panel [22]

Központi elektronikus repülőgépállapot-figyelő rendszer (ECAM)

A központi elektronikus repülőgépállapot-figyelő rendszer (*Electronic Centralised Aircraft Monitoring*) lényegében az EICAS-rendszer Airbus által továbbfejlesztett változata (lásd 5. ábra). Az ECAM-rendszernek négy alapvető üzemmódja van: repülési fázis, tanácsadás, hibával kapcsolatos és a kézi. Általában a repülési fázis üzemmódot használják. A tanácsadás és a hibával kapcsolatos üzemmódok automatikusan megjelennek, ahogy a helyzet megköveteli. Amikor az elsődleges monitoron megjelenik egy tanács, a másodlagos monitor automatikusan megjeleníti a számértékeket. Ugyanez vonatkozik a meghibásodáshoz kapcsolódó üzemmódra is, amely minden más üzemmóddal szemben precedens, függetlenül attól, hogy melyik módot választották ki a hiba idején. A kijelzők színekódolással hívják fel a figyelmet, fontossági sorrendben [9], [21].

⁷ Cathode Ray Tube: Katódsugárcső.



5. ábra

Az ECAM kézi üzemmódban rendelkezésre álló 9 rendszerdiagramja a 12-ből [9]

3. Repülési figyelmeztető/riasztó rendszer⁸

A repülési figyelmeztető/riasztó rendszer leggyakrabban az alábbi meghibásodások, illetve szituációk esetén állít elő valamilyen figyelmeztető jelzést:

- a hajtómű és a sárkányszerkezet meghibásodása esetén;
- az aerodinamikai határértékek átlépése esetén (ilyen esetben az FWS a következő riasztásokat továbbítja a legénység felé: „Altitude Alerting”⁹, „Overspeed Warning”¹⁰, „Stall Warning”¹¹);

⁸ FWS – Flight Warning System: Repülési figyelmeztető/riasztó rendszer.

⁹ Magasságfigyelmeztetés.

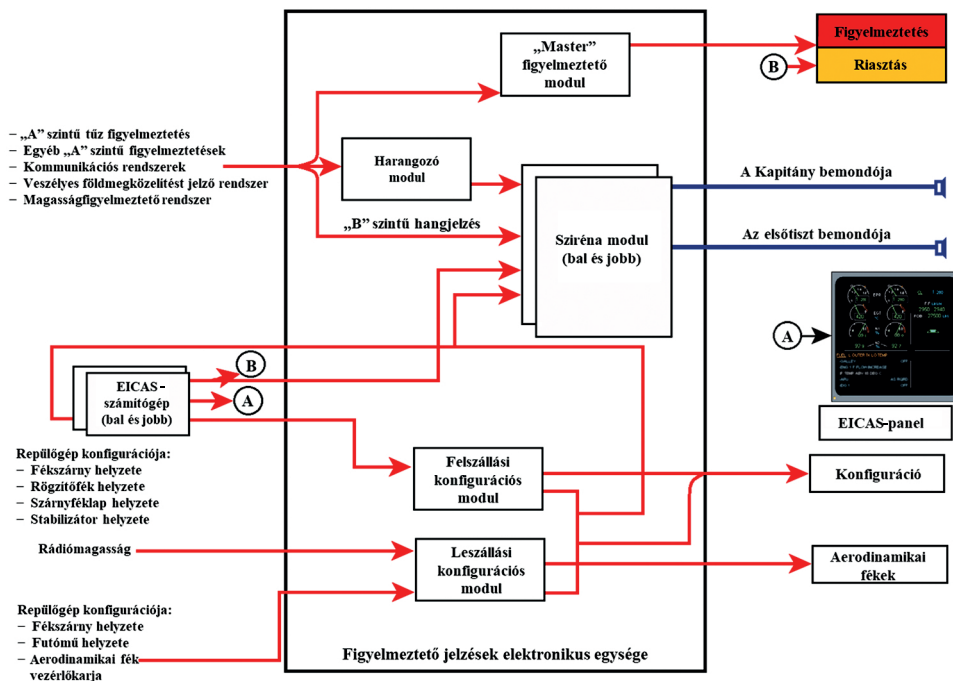
¹⁰ Figyelmeztetés határsebesség túllépésre.

¹¹ Figyelmeztetés átesés veszélyére.

- külső veszélyek esetén (a repülésbiztonságot veszélyeztető külső veszélynek számít a föld közelsége, valamint a légtérben tartózkodó egyéb légi eszközök. Ezek a későbbiekben bemutatott GPWS és az ACAS segítségével elkerülhetők).

A repülési figyelmeztető/riasztó rendszerek esetén (lásd 6. ábra) általában 3 nagyobb részegységet tudunk megkülönböztetni a következők szerint:

- bemenet (a rendszer bemenetére az információk a repülőgépek különböző részeiben elhelyezett szenzoroktól származik);
- kimenet (a rendszer kimenetén az eddigiekben felsorolt módok valamelyikével [például hangjelzés, fényjelzés] jelenik meg a figyelmeztetés, riasztás);
- feldolgozó egység (általában egy vagy kettő repülésfigyelmeztető számítógépből áll) [7], [8], [12].

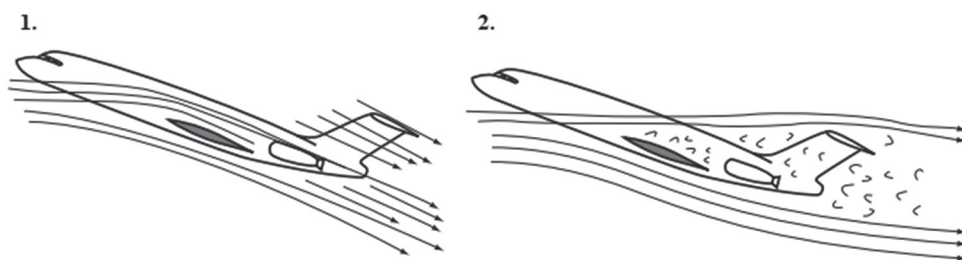


6. ábra

Boeing 767 figyelmeztető és riasztó rendszere (Békési Bertold szerkesztése [7] alapján)

4. Átesés veszélyére figyelmeztető rendszer

Az átesés veszélyére figyelmeztető rendszer¹² célja figyelmeztetni a pilótát a repülőgép-átesés közeli állapotára (7. ábra). Repülésbiztonsági okokból kifolyólag az olyan, pusztán vizuális alapú átesésjelző eszközök használata, amelyek a személyzet további igénybevételét követelnék meg, nem megengedettek (például állásszögjelző).¹³ Fontos, hogy az a sebesség, ahol az átesésjelző bekapcsol, legalább 5%-kal nagyobb annál, mint ahol az átesés ténylegesen megtörténik (CAS).¹⁴ Az átesésjelző mindaddig üzemel, amíg a kialakult állásszög a rendszert bekapcsoló érték alá csökken. A repülőgép leszállópályán való tartózkodása során az átesésjelző rendszer inaktív [4], [7], [8], [12], [15], [27].



7. ábra
Repülőgép átesés előtt (1.) és átesés közben (2.) [15]

A modern repülőgépek tartalmaznak úgynevezett átesésvédelmi rendszert, amely megakadályozza a repülőgép átesését azzal, hogy annak sebességét (– átesési sebesség) felett tartja. Néhány légi jármű fel van szerelve továbbá egy átesésmegelőző rendszerrel (*Stall recovery*), amely kritikus helyzetben előrenyomja a kormányt (*Stick pusher*). Így a rendszer meggátolja azt, hogy a repülőgép fatális kimenetelű átesésbe zuhanjon.

Átesésjelzők csoportosításánál megkülönböztethetünk kisgépes, illetve nagygépes kategóriában használatos figyelmeztető rendszereket. Ilyennek számít a „*stick shaker*” (kormányoszlop-rázómotor), amelyet nagyobb utasszállítóknál építenek be. Ez egy olyan excentrikus motor a kormányhoz rögzítve, amely a szárnyról leváló áramlást hivatott imitálni (10–30 Hz megkülönböztető frekvencia segítségével). Természetesen a fentiekhez hasonlóan ezt a figyelmeztetési formát is általában egy hangjelzés és egy fényjelzés kíséri.

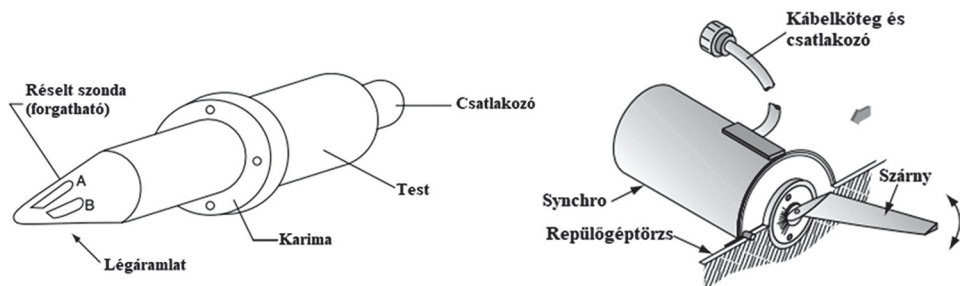
Az átesés veszélyére figyelmeztető rendszerek működéséhez olyan különféle érzékelőkre van szükség, amelyek releváns információkat képesek szolgáltatni a repülőgép helyzetéről (lásd 8. ábra). Ilyen például:

- reed szenzor;
- szárnyszenzor;
- nyomásérzékelő;
- állásszög-érzékelő vagy „ α ” szenzor.

¹² SWS – *Stall Warning System*: átesés veszélyére figyelmeztető rendszer.

¹³ AoA – *Angle of Attack*: állásszögjelző.

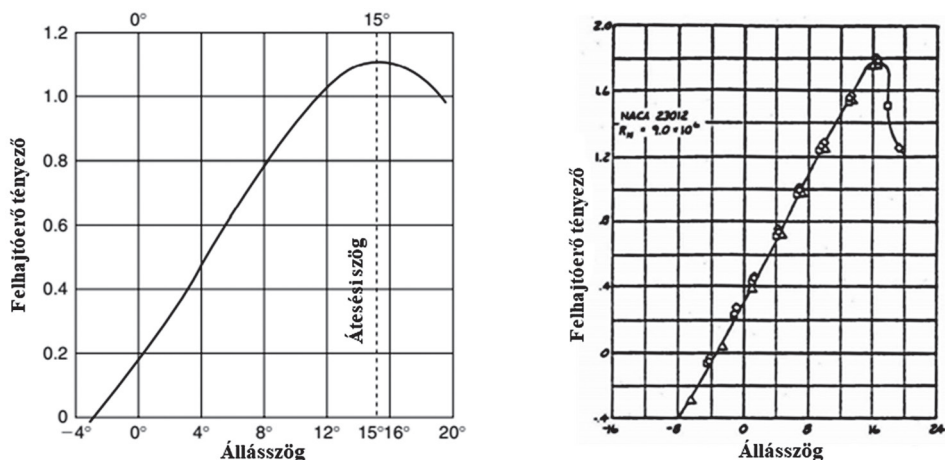
¹⁴ CAS – *Calibrated Air Speed*: levegőhöz viszonyított kalibrált sebesség.



8. ábra

Nyomásérzékelő (balra) és az állásszög-érzékelő (jobbra) [15]

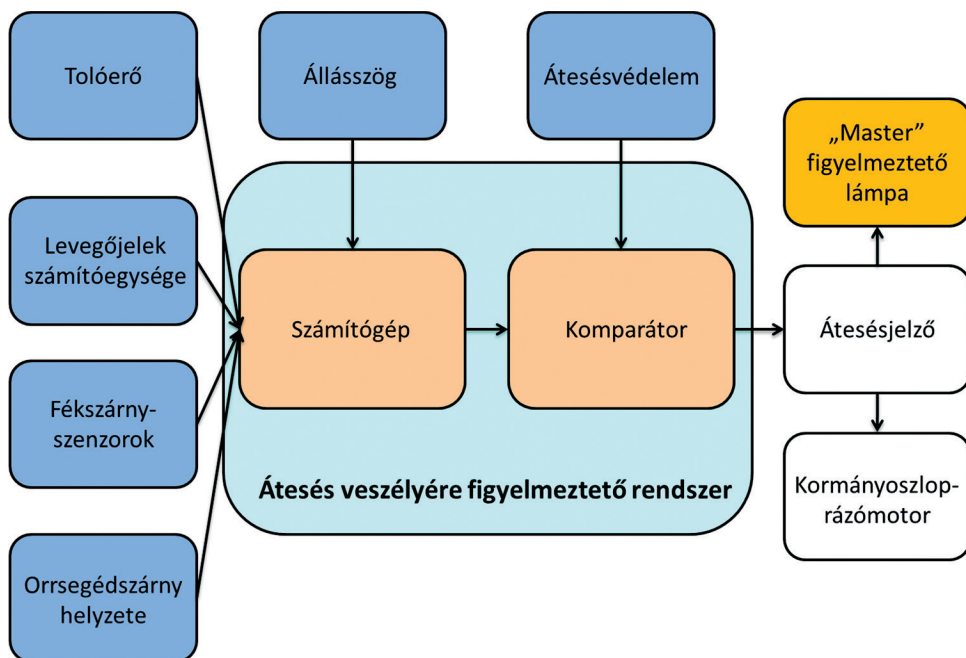
Az állásszög vagy más néven „ α ” szög a repülőgépszárny húrvonala és a relatív légáramlás iránya által bezárt szöget jelöli. A kritikus állásszöget a légi jármű lassuló repülésben éri el. Ilyenkor a sebesség csökkenése miatt csökken a felhajtóerő, amit a légijármű-vezető a szög növelésével képes kompenzálni. Ahogy az a 9. ábrán látható, a felhajtóerő-tényező a kritikus állásszög elérésekor kétféleképpen csökkenhet. A bal oldali ábrán az áramlás leválása fokozatosan következik be, a felhajtóerő csökkenése az állásszög változása függvényében viszonylag enyhébb. A másik esetben, többnyire a vékonyabb, kisebb belépőél sugarú profilok esetében a kritikus állásszög elérésekor a felhajtóerő hirtelen és jelentősen csökken [4], [7], [8], [12], [15], [27].



9. ábra

A repülőgépeknél bekövetkező átesés lehetséges változatai [Sári János szerkesztése [7], [15] alapján]

Az eddigiekből elmondható, hogy az átesésjelző modul a különféle bemenetekről érkező jeleket dolgozza fel, amit a kimeneten figyelmeztetések, riasztások formájában jelenít meg (10. ábra).



10. ábra

Az átesés veszélyére figyelmeztető rendszer elvi felépítése (Békési Bertold szerkesztése [7] alapján)

5. Határsebesség-túllépésre figyelmeztető rendszer¹⁵

A határsebesség-túllépésre figyelmeztető rendszer célja értesíteni a hajózó személyzetet arról (látható és hallható jelzések segítségével), ha a repülőgép túllépi a levegőjelek számítóegysége¹⁶ által kiszámított V_{mo} ¹⁷ vagy M_{mo} ¹⁸ sebességeket.

Határsebesség-túllépés esetén:

- a rendszer hangjelzéssel figyelmezteti a pilótákat (sziréna, kürt);
- a „Master” lámpajelzés bekapcsol;
- az EICAS-kijelzőn piros színnel megjelenik az „Overspeed” üzenet (11. ábra).

¹⁵ OWS – Overspeed Warning System: határsebesség-túllépésre figyelmeztető rendszer.

¹⁶ ADC – Air Data Computer: levegőjelek számítóegysége.

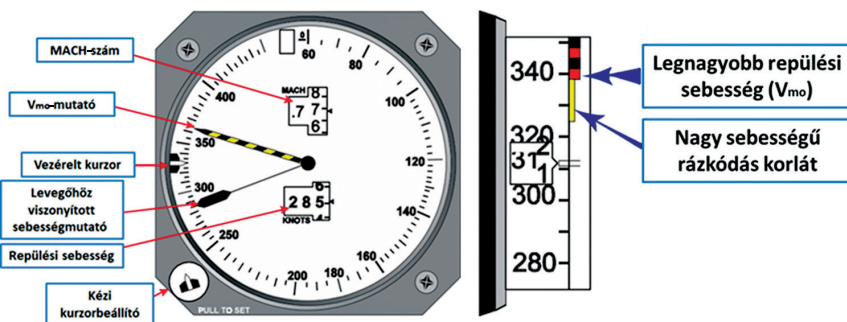
¹⁷ Maximum operating speed: maximális működési sebesség vagy maximális üzemeltetési repülési sebesség.

¹⁸ Maximum operating machspeed: maximális üzemeltetési Mach-szám.



11. ábra
„Overspeed” felirat az EICAS-kijelzőn [16]

A riasztás addig áll fenn, amíg a határsebesség-túllépési szituáció meg nem szűnik. Ebben az esetben a „Master” gomb lenyomásával a figyelmeztetés nem kapcsolható ki. A rendszer alapesetben az ADC kimeneti jeleiből vesz információt, de ez akár egy független szenzor segítségével is történhet, amely összeköttetésben áll a magassági és sebességi adatokat (lásd 12. ábra) szolgáltató szelencékkel [4], [7], [8].



12. ábra
Sebességjelző Vmo-mutatóval (Sári János szerkesztése [7] alapján)

6. Felszállási konfigurációs figyelmeztetés¹⁹

Manapság a nagy repülőterek sűrű forgalmában a felszállás előtti idő meglehetősen mozgalmas, így az ellenőrző lista kitöltése, valamint visszaellenőrzése könnyedén abbamaradhat, szélsőséges esetekben meg is feledkezhetnek róla. A felszállási konfiguráció figyelmeztető

¹⁹ TOCW – Take-off Configuration Warning: felszállási konfigurációs figyelmeztetés.

vagy más néven helytelen (nem kész állapotra) konfigurációra figyelmeztető rendszer egy olyan biztonsági eszköz, amelynek feladata figyelmeztetni a hajózó személyzetet arról, ha a légi jármű konfigurációja nem felel meg az adott repülési fázisnak (lásd 13. ábra). Ilyenkor a rendszer hangjelzésekkel értesíti a pilótákat a veszély fennálltára (ez gyakorta duka vagy csengőszó alakjában érkezik).

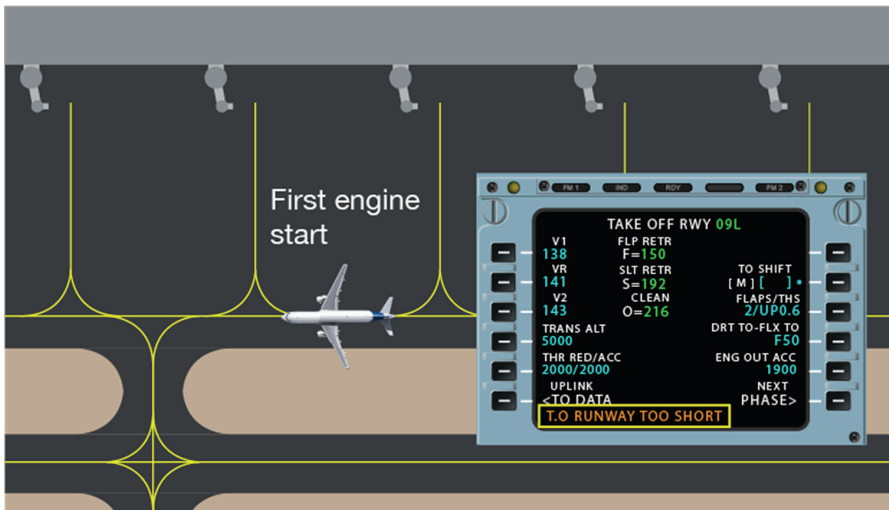
Riasztások a következő esetekben lehetségesek:

- a fékszárny a felszálló helyzetnél nagyobb mértékben van kitérítve;
- az orrszegédszárny nincs kitérítve;
- a vízszintes vezérsík trimm helyzet a felszálló tartományon kívül található;
- a parkoló fékek behúzva maradtak.

A hangjelzések megszűnnek, ha:

- a konfigurációkat úgy változtatják meg, hogy képesek legyenek biztosítani a biztonságos fel-, illetve leszállást;
- a légi jármű-vezető megkezdi a felszállás megszakítását;
- a repülőgép a riasztások megkezdését követően sikeresen felszáll.

Fontos megjegyeznünk, hogy a legtöbb riasztás esetén csak a helyes konfiguráció beállítása jelentheti a megoldást, azonban előfordulnak olyan esetek, amikor a jelzés megszüntethető a jelzőbiztosíték eltávolításával [1], [4], [8].



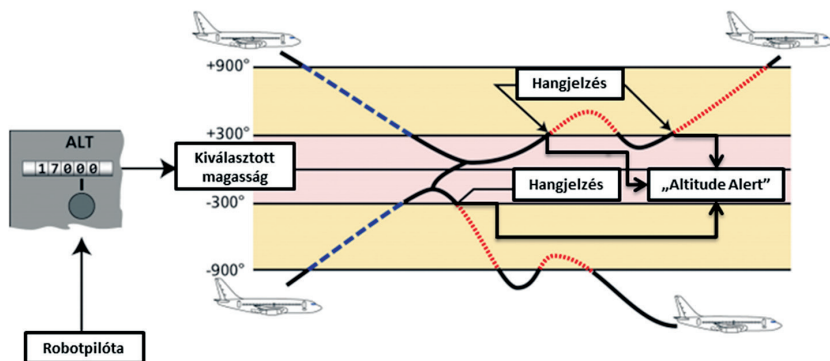
13. ábra
Felszállási konfigurációs figyelmeztetés [1]

7. Magasságfigyelmeztető rendszer²⁰

A magasságfigyelmeztető rendszer (AAS) feladata tájékoztatni a légijármű-vezetőt arról az esetről, amikor a repülőgép eltér az előre beállított barometrikus magasságtól. Másképp megfogalmazva, a riasztórendszer értesíti a személyzetet arról, hogy a légi jármű közelít a robotpilóta paneljén kiválasztott magassági értékhez, vagy éppen távolodik attól. Fontos kiemelni, hogy a repülőgép típusától függően ezek a megadott magassági határértékek eltérőek lehetnek.

A kiválasztott felső határértékhez közelítve az elsődleges repülési adatokat kijelző képernyőn²¹ (PFD) a magasságjelző körül egy fehér keret jelenik meg, amelyet leggyakrabban egy pillanatnyi hangjelzés kísér. A magasság csökkenésével, valamint az alsó határérték elérése előtt a figyelmeztetések megszűnnek.

Az alsó magassági értékhez közelítve a „Master” lámpajelzés felvillan, továbbá folyamatos figyelmeztető hangjelzés válik hallhatóvá. Mindezek mellett az EICAS-panelen megjelenik az „Altitude Alert” figyelmeztetés és a magasságjelző körül egy sárga/borostyán keret tűnik fel (lásd 14. ábra). A hangjelzés és a fényjelzés a „Master” gomb megnyomásával megszüntethető, azonban a figyelmeztetés csak akkor szűnik meg teljesen, ha a repülőgép újra a kiválasztott alsó magassági szint felett tartózkodik [7], [8], [12], [19].



14. ábra

Magasságra figyelmeztető rendszer működése (Sári János szerkesztése [7] alapján)

Az EASA²² előírása szerint az alábbi repülőgép-típusokat kötelező magasságra figyelmeztető rendszerrel ellátni, felszerelni:

- légszűrő gázturbinás hajtóművel²³ felszereltet (elsősorban olyanokat, amelyeknek a maximális felszálló tömege több mint 5700 kg, valamint ahol a szállítható utasok száma több mint 9 fő);
- gázturbinás sugárhajtóművel²⁴ felszereltet.

²⁰ AAS – Altitude Alerting System: magasságfigyelmeztető rendszer.

²¹ PFD – Primary Flight Display.

²² EASA – European Union Aviation Safety Agency: Európai Unió Repülésbiztonsági Ügynöksége.

²³ Turboprop engine.

²⁴ Turbojet engine.

8. Rádió-magasságmérő

A rádió-magasságmérő²⁵ a repülőgép tényleges földfelszín feletti magasságát mutatja. A rendszer egy transzmitter (távadó) egységen alapszik, amelyen belül adó és vevő antennát különböztethetünk meg. A transzmitter működése során úgynevezett centiméteres hullámhosszú²⁶ jeleket bocsát ki 4200–4400 MHz közötti tartományban. A magassági információk a pilótafülke kijelzőin közvetlenül jelennek meg, azonban az adatok feldolgozása a veszélyes földmegközelítést jelző rendszer (GPWS), valamint a levegőben történő ütközést megakadályozó rendszerek (ACAS, TCAS²⁷) segítségével történik [4], [25], [30].

Korai eszközök a légi járművek magasságát a rádiójelek továbbítása és a visszavert jel vétele között eltelt idő alapján határozták meg. Ennek elve, hogy a repülőgépen lévő adó továbbítja a rádióhullámokat a Föld felszínére, és méri azt az időt, amely alatt visszaverődnek a repülőgépbe beépített vevőbe. A repülőgép földfelszínhez viszonyított tényleges magasságát a rádióhullámok utazási idejéből és a fénysebességből számítják ki [2], [17]. A technológia fejlődésének köszönhetően a modern kori rendszerek már képesek a fázisváltás figyelembevételére is, így nagyobb pontossággal (megközelítőleg 0,9 m)²⁸ képesek meghatározni a repülőgép függőleges helyzetét [4], [25], [30].

9. A veszélyes földmegközelítést jelző rendszer

Könnyedén belátható, hogy a veszélyes helyzetek felismeréséhez számos körülmény együttes vizsgálata szükséges. Ehhez olyan rendszerre van szükség, amely a pilóták tevékenységeitől független, tehát a különféle rendszerállapotok alapján képes következtetni a hajózó személyzet szándékaira, illetve a repülés fázisára.

A veszélyes földmegközelítést jelző rendszer (15. ábra) feladata vizuális, illetve hallható riasztásokkal értesíteni a pilótákat a repülőgép és a terep kritikus távolságáról.²⁹ Alapvetően a GPWS 0-tól 746 m-ig (0-tól 2450 láb)ig) aktív, valamint 5 üzemmóddal rendelkezhet. (A szélnyírás figyelmeztetés, valamint a „minimumok” alá süllyedés üzemmód az 5 alapfunkciótól független ráadás, azonban a szélnyírás figyelmeztetés prioritással rendelkezik a többi felett) [3], [4], [6], [7], [8], [12], [23], [31].

Figyelmeztetések/riasztások típusai:

- „Genuine” (A berendezés figyelmeztetést küld a pilótának a műszaki specifikációknak megfelelően);
- „Nuisance” (A berendezés riasztást küld a pilótának a műszaki specifikációknak megfelelően, azonban a hajózó személyzet az elfogadott, biztonságos eljárás alapján folytatja a repülést);

²⁵ Radio altimeter.

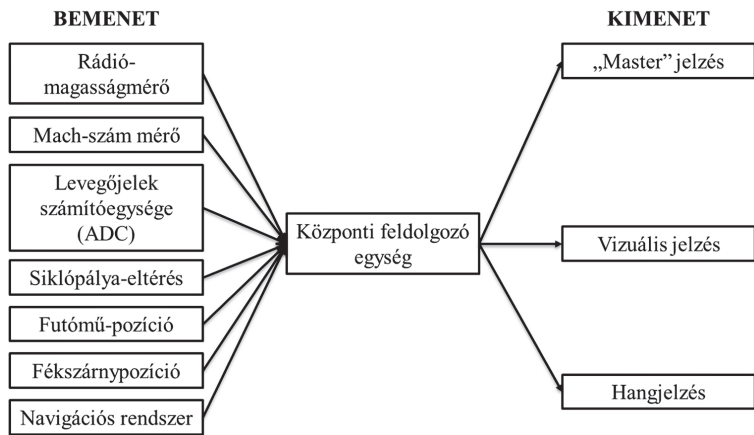
²⁶ SHF – *Super High Frequency*: centiméteres hullámhossz.

²⁷ TCAS – *Traffic Alert Collision Avoidance System*: légi járművek veszélyes közeledését jelző fedélzeti rendszer.

²⁸ 3 láb (1 láb = 0,3048 m).

²⁹ A GPWS-berendezés működés közben folyamatosan figyeli a repülőgép földfelszín feletti magasságát a rádió-magasságmérő berendezés mért adatai alapján [17].

- „False” (A rendszer meghibásodása vagy hibája következtében a berendezés figyelmeztetést küld, ellenben ezek nincsenek benne a műszaki specifikációban) [12], [23].



15. ábra
A veszélyes földmegközelítést jelző rendszer elvi felépítése (Sári János szerkesztése [7] alapján)

A számítógép a beolvasott adatok alapján számításokat és előrejelzéseket végez a repülési útvonal tekintetében, majd vizuális és hangjelzést is küld a pilótának a lehetséges üzemmódok valamelyikéről [5], amelyeket az 1. táblázat tartalmaz:

1. táblázat
GPWS-üzemmódok (Sári János szerkesztése [7], [8], [23] alapján)

GPWS-üzemmód		Figyelmeztető üzenetek kategóriák szerint	
		„Alert”	„Warning”
1. Túlzott süllyedési ráta		„Sink Rate”	„Whoop Whoop Pull Up”
2. Túlzott földközelség		„Terrain Terrain”	„Whoop Whoop Pull Up”
3. Magasságvesztés felszállás után		„Don't Sink”	
4. Nem szándékos magasságvesztés	4A: Futó behúzott helyzetben	„TOO LOW GEAR”	„TOO LOW TERRAIN”
	4B: A fékszárny nincs leszállási konfigurációban	„TOO LOW FLAPS”	„TOO LOW TERRAIN”
5. Siklópálya alá süllyedés		„GLIDE SLOPE”	
6. „Minimumok” alá süllyedés	6A: A kiválasztott minimális rádiomagasság alatt	„Minimums”	
	6B: Magassági, illetve bedöntési szög „call-out”-ok	„BANK ANGLE”	
7. Szélnyírás-figyelmeztetés			„Windshear”

1. Üzemmód

Abban az esetben, ha a barometrikus süllyedés mértéke túl nagy, a rendszer figyelmeztetéseket küld a pilóták számára. A figyelmeztetések között megkülönböztetünk magasabb,

illetve alacsonyabb kategóriába eső jelzéseket. Alacsony kategóriás figyelmeztetések akkor keletkeznek, ha a süllyedés mértéke meghaladja az $5,08 \text{ m/s}^{30}$ -os értéket. Ilyenkor a riasztás 1,5 s-os ismétléssel mesterséges beszédhang formájában történik „Sink Rate”³¹ szöveggel, amelyet borostyánszínű „GPWS” fényjelzés kísér. Amennyiben nem történik semmilyen változás, korrekció a repülőgép bekerül a magasabb figyelmeztetési kategóriába. Ennek következtében a hangjelzés „Whoop Whoop Pull Up”³²-ra, a GPWS-fényjelzés vörös színre módosul [3], [4], [7], [8], [12], [23].

2. Üzem mód

Ez az üzemmód a Mach-szám, a rádiómagasság, a barometrikus magasság és a repülőgép konfigurációjának változását figyeli. Abban az esetben aktiválódik, ha a repülőgép túlzott mértékben közelít a domborzat felé. Hasonlóan az előző üzemmódhoz, itt is két figyelmeztetési határt tudunk megkülönböztetni. Az első kategóriába történő behatolás esetén „Terrain Terrain”,³³ magasabb kategória esetén „Whoop Whoop Pull Up” hangjelzés hallható 1,5 s-es ismétléssel. A sebesség a Mach-szám növekedésével az üzemmód alsó határa 518 m-ről (1700 láb) 746-ra változik [3], [4], [7], [8], [12], [23].

3. Üzem mód

A 3-as üzemmód felszállás vagy átstartolás utáni magasságvesztés esetén aktiválódik. Üzemelése közben a „Don't Sink”³⁴ hangjelzés hallható 1,5 s-es ismétléssel, amelyet borostyán színű „GPWS” fényjelzés kísér. A figyelmeztetés mindaddig aktív, amíg a repülési állapotot nem korrigálták. Fontos megjegyezni, hogy az üzemmód 15 és 213 m (50 és 700 láb) közötti rádiómagasságon működik, és csak akkor aktív, ha a barometrikus magasságvesztés legalább 10%-át meghaladja a rádiómagasságnak [3], [4], [7], [8], [12], [23].

4. Üzem mód

Akkor aktiválódik, ha a légi jármű rádiómagassága 304,8 m (1000 láb) alá süllyed. Alapvetően három al módja létezik:

- 4A: Ilyen esetben a futómű, a magasságvesztés közben behúzott helyzetben található. A figyelmeztetés a „Too Low Gear”³⁵ hangüzenet formájában jelentkezik, borostyán színű „GPWS” fényjelzés kíséretében. A jelzés felső határa a sebesség növekedésével 152,4 m-re (500 lábra) csökken.

³⁰ 1000 foot/min (1 foot/min = 0,00508 m/s).

³¹ Süllyedési sebesség, süllyedés mértéke.

³² Húzd fel a gép orrát!

³³ Terep, földfelszín.

³⁴ Ne süllyedj!

³⁵ Bocsásd ki a futóművet!

- 4B: Ez az almód akkor aktiválódik, ha a futómű kinti helyzetben van, de a fékszárny nincs leszálló konfigurációban. Ilyenkor a „Too Low Flaps”³⁶ figyelmeztető hangjelzés hallható, amelyet sárga színű „GPWS” fényjelzés kísér. 4B almód esetén a jelzés felső határa az eddigieknél is alacsonyabbra 76,2 m-re (250 lábra) csökken.

Fontos kihangsúlyozni, hogy minden esetben a „Too Low Gear” figyelmeztetés/riasztás prioritást élvez a „Too Low Flaps” jelzéssel szemben [3], [4], [7], [8], [12], [23].

5. Üzem mód

Ez az üzemmód figyelmezteti a hajózó személyzetet, hogy az ILS³⁷ siklópálya alatt több mint 1,3 pontot sülyedt. Az eltérés mértékétől függően megkülönböztetünk gyenge (1,3–2 pontnyi eltérés), illetve erős (> 2 pontnyi eltérés) riasztásokat. Gyenge riasztás esetén „Glide Slope”³⁸ hangjelzés halható, illetve sárga „Below G/S”³⁹ fényjelzés látható. Erős riasztás esetén a „Glide Slope Glide Slope” üzenet aktiválódik. Mindkét riasztásnál a hangjelzések ismétlődésének gyakorisága a siklópályától való eltérés növekedésével, valamint a rádiomagasság csökkenésével párhuzamosan fokozódik [3], [4], [7], [8], [12], [23].

6. Üzem mód

Hasonlóan a 4-es üzemmódhoz itt is két almódot tudunk megkülönböztetni:

- 6A: Amikor a repülőgép lesüllyed a minimális sülyedési magasság alá, akkor a GPWS rendszer hallható „MINIMUMS”⁴⁰ jelzést ad. Ez az üzemmód 15 és 304,8 m (50 és 1000 láb) között aktiválódik. Az üzemmód újraélesedik abban az esetben is, ha a rádiomagasság nagyobb lesz, mint a magassági kurzor által kijelölt érték.
- 6B: A „Bank Angle”⁴¹ hangjelzés figyelmezteti a pilótákat a repülőgép túlzott dőlésszögéről. A különféle dőlésszögértékek általában a légitársaságok által meghatározott korlátozások, a különféle balesetek megakadályozása végett.

7. Üzem mód

Vizuális, illetve hangjelzéseket generál, ha a bemeneti jelek közül (sebesség, földhöz viszonyított sebesség, barometrikus magasság, sülyedés mértéke és rádiomagasság) egy vagy több jelzi a szélnyírás kialakulásának feltételeit. Fontos, hogy ez az üzemmód nem összekeverendő az időjárásradarral, aminek segítségével a GPWS képes előre jelezni a lehetséges szélnyírást [3], [4], [7], [8], [12], [23].

³⁶ Bocsásd ki a fékszárnyat!

³⁷ ILS – *Instrument Landing System*: műszeres leszállító rendszer.

³⁸ Siklópálya.

³⁹ Siklópálya alatt.

⁴⁰ Minimális, legkisebb.

⁴¹ Dőlésszög.

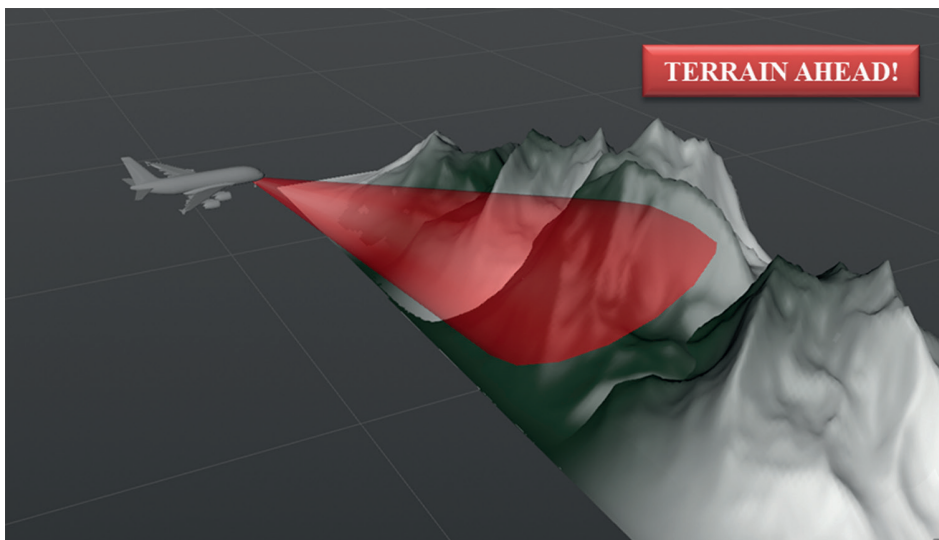
10. Továbbfejlesztett veszélyes földmegközelítést jelző rendszer⁴²

Az idő elteltével, valamint a repülőgépek utasszállító képességének növekedésével párhuzamosan egyre számottevőbb problémát jelentett, hogy önmagában a GPWS nem képes bizonyos terepviszonyok közelségéből eredő veszélyek „előrelátó” felismerésére. Ilyen esetnek számít, amikor a repülőgép egy magas szikla felé halad, amely során annak meredeksége fogja meghatározni a figyelmeztető jel generálásának idejét.

Az előbb felsorolt problémák megoldásaként született meg a Terrain Awareness and Warning System⁴³ (TAWS), vagy más néven EGPWS- (*Enhanced Ground Proximity Warning System*) rendszer, amelyet 1996-ban vezettek be [5], amely képes az adott légi jármű előtti domborzatot vizsgálni, köszönhetően a műholdas helymeghatározó rendszernek⁴⁴ (GPS), valamint a földfelszíni digitális térképnek. Természetesen az EGPWS mindazokat az üzemmódokat megvalósítja, amelyeket a GPWS tudott (barometrikus magasságmérés, föld feletti sebességmérés, repülési pályafigyelés és bedöntési szögérzékelés). A modern technológia elemeit is alkalmazó rendszer segítségével, felhasználásával (a megjelenését követő évek során) jelentősen csökkent a különféle téves riasztások gyakorisága.

Az EGPWS-nek (16. ábra), ami leegyszerűsítve egy előre néző földközelség-figyelő, 3 részegységét különböztethetjük meg:

- terepveszély-kijelző (*Terrain Threat Display*);
- figyelmeztetőüzenet-jelző („Caution Terrain” vagy „Terrain Ahead”);
- akadálymentesség-figyelő [3], [4], [7], [8], [10], [15], [29].



16. ábra

EGPWS bemutatása 3 dimenziós modell segítségével [Sári János szerkesztése]

⁴² EGPWS – *Enhanced Ground Proximity Warning System*: továbbfejlesztett veszélyes földmegközelítést jelző rendszer.

⁴³ Földközelségjelző rendszer.

⁴⁴ GPS – *Global Positioning System*: műholdas helymeghatározó rendszer.

11. Le- és felszállópálya-tanácsadó rendszer⁴⁵

A RAAS egy olyan tanácsadói rendszer (17. ábra), amely az EGPWS adatbázisában tárolt repülőtéri adatok, valamint a GPS használatával segíti a hajózó személyzet földi tájékozódását a repülőtér bizonyos területein (például le- és felszállópálya,⁴⁶ gurulót⁴⁷). Adott sebesség átlépése esetén ($40^\circ\text{Kts} \approx 74 \text{ km/h}$) a rendszer figyelmeztető üzenetet küld a személyzet számára, amely lehet „On Taxiway, On Taxiway” vagy „Taxiway Take-Off”,⁴⁸ az EGPWS rendszereinek mérésétől függően [4], [26].

A figyelmeztetések/riasztások az alábbiak szerint csoportosíthatók:

- „*Routine Advisories*” (azok az értesítések, amelyeket a pilóták a rutinszerű műveletek során érzékelhetnek):
 - „*Approaching Runway*” (a földön segíti a hajózó személyzetet a gurulót széleinek elkerülésében, levegőben tartózkodva pedig a le- és felszállópálya megközelítésében);
 - „*On Runway*” (tájékoztatja a légijármű-vezetőket a repülőgép le- és felszállópályára való sorolásáról);
 - „*Distance Remaining*” (feladata a hajózó személyzet tájékoztatása a felszálláshoz még rendelkezésre álló kifutópálya hosszáról);
 - „*Runway End*” (célja rossz látási viszonyok között figyelmeztetni a légijármű-vezetőket a le- és felszállópálya végének és a repülőgép helyzetének kritikus közelségére);
- „*Non-Routine Advisories/Cautions*” (azok az értesítések, riasztások, amelyeket a hajózó személyzet ritkán vagy soha nem fog érzékelni):
 - „*Approaching Short Runway*” (a légi járművek leszállásakor tájékoztatja a hajózó személyzetet a rendelkezésre álló le- és felszállópálya hosszának megfelelőségéről);
 - „*Insufficient Runway Length*” (abban az esetben értesíti a légijármű-vezetőt, ha a felszálláshoz rendelkezésre álló le- és felszállópálya hossza kisebb, mint a meghatározott minimális felszállópálya-hossz);
 - „*Extended Holding on Runway*” (felszállásnál figyelmezteti a hajózó személyzetet a le- és felszállópálya hosszabb ideig történő szükségszerű használatára);
 - „*Taxiway Take-Off*” (értesíti a légijármű-vezetőt a megnövekedett gurulási sebességről, illetve a gurulótakról történő felszállási kísérletről);
 - „*Distance Remaining*” (megszakított felszállás esetén tájékoztatja a hajózó személyzetet a fennmaradó le- és felszállópálya hosszáról);
 - „*Taxiway Landing*” (leszállás esetén figyelmezteti a légijármű-vezetőt, ha a légi jármű nem a leszállópálya irányát vette fel) [26].

⁴⁵ RAAS – Runway Awareness and Advisory System: le- és felszállópálya-tanácsadó rendszer.

⁴⁶ Runway.

⁴⁷ Taxiway.

⁴⁸ Felszállás.



17. ábra
RAAS alkalmazhatósága a gyakorlatban [Sári János szerkesztése]

12. Fedélzeti összeütközés-elkerülő rendszer

A légi járművek diverzitásából eredeztethető sebességkülönbségek, valamint a repülőgépek térhódításának köszönhető légiforgalom-növekedés, olyan rendszer kivitelezését sürgette, amely képes e repülőeszközök biztonságos távolságokban való elkülönítésére. Ennek eredményeként jött létre (ICAO⁴⁹-terminológiában használatos) a fedélzeti összeütközés-elkerülő rendszer (ACAS). A légi járművek veszélyes közeledését jelző fedélzeti rendszer (TCAS) elnevezést, amit kezdetben csak az Egyesült Államok gyártói használtak, mára már széles körben elfogadott alternatívaként tartják számon [4], [7], [12].

A repülőgép fedélzetén található ACAS-rendszer működése a másodlagos (*Secondary Surveillance Radar* – SSR) transzponder (válaszjeladó) (MODE „A”⁵⁰, „C”⁵¹, „S”⁵²) által kibocsátott jeleken alapul (lásd 18. ábra). A rendszer működése független bármilyen földi berendezéstől, robotpilótától, valamint fedélzeti navigációs berendezéstől. Feladata, hogy a légi jármű vezetőjének tanácsot adjon egy, a számára potenciálisan konfliktust jelentő, szintén transzponderrel felszerelt légi jármű elkerüléséhez. A nemzetközi repülési szervezet ajánlása

⁴⁹ ICAO – *International Civil Aviation Organization*: Nemzetközi Polgári Repülési Szervezet.

⁵⁰ MODE „A” transzponder: Nem képes a repülőgép magassági információinak meghatározására, csak és kizárólag „Traffic Advisory” jelek leadását képes biztosítani (2 dimenzió) [2], [4], [7].

⁵¹ MODE „C” transzponder: Az ilyen típusú transzponderrel felszerelt légi járművek magassági információkat sugároznak, amely segítségével a rendszer egyaránt képes „Traffic Advisory”, valamint „Resolution Advisory” típusú jelek leadására (3 dimenzió) [2], [4], [7].

⁵² MODE „S” transzponder: A MODE „C” transzponder által nyújtott információk segítségével a MODE „S” a repülőgépek közötti szükséges adatkapcsolatot hozza létre [2], [4], [7].

alapján minden 5700 kg maximális felszálló súlyt meghaladó, 19 fő férőhely kapacitású légi járművet fel kell szerelni ACAS II⁵³-berendezéssel [5].

Jelenleg három különböző ACAS-szabványt különböztethetünk meg az ICAO Annex 10-es fejezete alapján:

- ACAS I;
- ACAS II;
- ACAS III.

ACAS I

A szabványnak azok az első generációs ütközést megakadályozó rendszerek felelnek meg, amelyek a „*Traffic Advisory*” (TA)⁵⁴ kijelzőn keresztül figyelmeztetik a pilótákat a lehetséges veszélyes légi forgalomról (közeledő légi jármű helyzetét jelzi), azonban nem ad tanácsot a forgalom elkerülésére, de azonnali cselekvésre ösztönözi a légi jármű vezetőjét a közeledő forgalom vizuális felderítése és elkerülése érdekében [4], [5], [7], [8], [12], [18].

ACAS II

Az ilyen típusú rendszer felméri az ütközés kockázatát, amiről értesítést küld a hajózó személyzet számára a „*Traffic Advisory*” kijelző segítségével, továbbá tanácsot ad a forgalom elkerülésére a „*Resolution Advisory*”-nak (RA).⁵⁵ A tanácsadás függőleges irányú manőverek, illetve az azokra vonatkozó korlátozások (tartsa-e vagy növelje az emelkedés, süllyedés mértékét) formájában valósul meg. A berendezés horizontális elkerülő manőver végrehajtására nem ad javaslatot [5].

Az ACAS II függetlenül működik a repülőgép navigációs, repüléskoordináló és -optimalizáló, valamint a légi forgalmi irányító (ATC) földi rendszereitől [18].

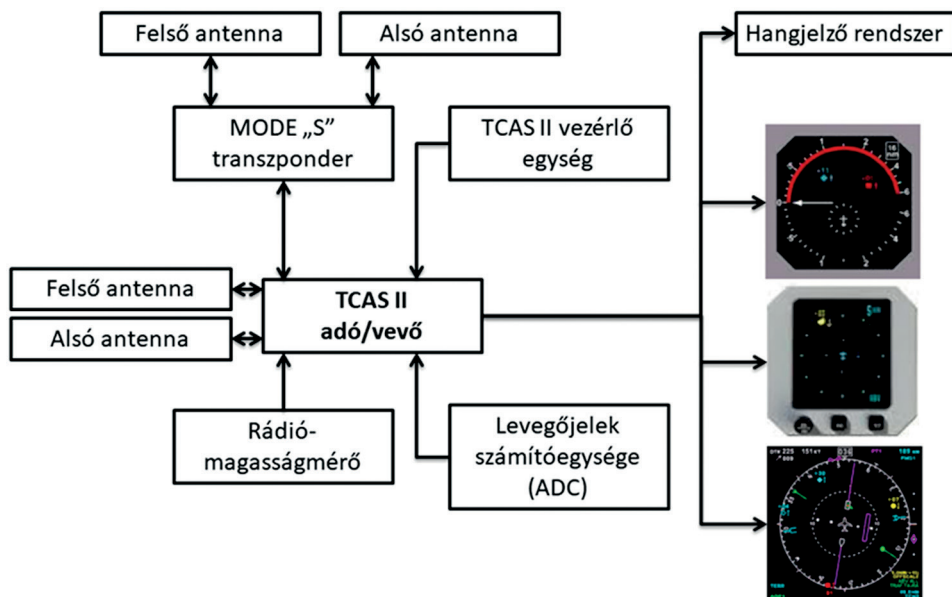
ACAS III

A jelenleg is fejlesztés alatt álló szabvány korlátait a hagyományos megfigyelő rendszerek horizontális követési képessége és ennek következtében a repülőgépek vízszintes elkerülése jelenti. A problémák megoldását követően az ACAS III típusú rendszerek képesek lennének függőleges és/vagy vízszintes irányban TA-, valamint RA-jelek leadására [4], [7], [8], [12], [18].

⁵³ ACAS II – *Airborne Collision Avoidance System II*: második generációs fedélzeti összeütközés-elkerülő rendszer.

⁵⁴ TA – *Traffic Advisory*: légiforgalmi tanácsadás.

⁵⁵ RA – *Resolution Advisory*: elhatározási tanácsadás.



18. ábra

TCAS rendszer elvi felépítése (Sári János szerkesztése[11] alapján)

A TCAS rendszer mindamellett, hogy nagyszámú repülőgép megfigyelésére alkalmas, egyszerre több probléma megoldásának kidolgozására is képes. A rendszer alapjai a legközelebbi megközelítési pont, CPA (*Closest Point of Approach*)⁵⁶ meghatározásán, behatárolásán alapul. A CPA-pont meghatározására az alábbi módszerek a legelterjedtebbek:

- R & B (*Range and Bearing*)⁵⁷ vonalakkal történő számítás;
- A sebességvektorok hosszának beállítása, majd az R & B vonalak segítségével annak közvetlen mérése;
- TCT (*Tactical Controller Tool*)⁵⁸ vagy MTCD (*Medium Term Conflict Detection*)⁵⁹ használata [20], [24], [28].

Traffic Advisory (TA)

Akkor keletkezik, ha egy repülőgép 35–45 másodpercnyi távolságon belülre kerül egy másik légi jármű ütközési zónájának határához képest. Figyelmeztetésként a TCAS kijelzőjén sárga,

⁵⁶ CPA – *Closest Point of Approach*: legközelebbi megközelítési pont. CPA-tartományon a repülőgépek közötti legkisebb távolságot értjük. A CPA-idő az esemény bekövetkezését jelöli.

⁵⁷ Hatótávolság és irányszög.

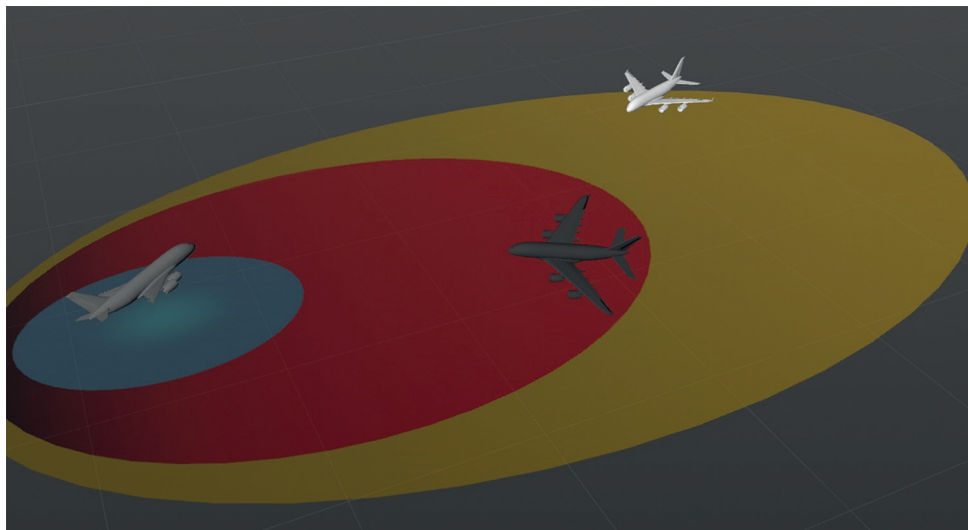
⁵⁸ Taktikai vezérlő eszköz.

⁵⁹ Középtávú konfliktusfelderítés. Az MTCD egy repülési adatfeldolgozó rendszer, amelyet arra terveztek, hogy figyelmeztesse az irányítót a felelősségi körzetében lévő járatok közötti esetleges konfliktusra egy olyan időhorizontban, amely akár 20 perccel is előrébb tarthat [18].

kör alakú szimbólumok jelennek meg (19. ábra), adatdobozzal és a függőleges sebességéhez köthető nyíllal. Továbbá a kijelzőn megjelenő „Traffic” felirattal párhuzamosan „Traffic Traffic” riasztás válik hallhatóvá. Annak ellenére, hogy a rendszer csak felhívja a figyelmet a közeli forgalomra, potenciális fenyegetést jelez a légi jármű-vezetők számára [4], [7], [8], [12], [18].

Resolution Advisory (RA)

Akkor generálódik, ha a repülőgép 15-35 másodpercnyi távolságon belülre kerül egy másik légi jármű ütközési zónájának határához képest. RA esetén piros téglalapok jelennek meg a TCAS-kijelzőn (lásd 19. ábra), különféle mesterséges beszédhangok kíséretében (”Climb” ”Increase Climb” ”Descend” ”Increase Descent” ”Monitor Vertical Speed” ”Decrease Climb” ”Decrease Descent”). A fentiekben említett rendszer által kiadott elkerülő manővereknek két típusát különböztethetjük meg; Preventív, illetve Kollektív RA. A manőverparancsok a MODE „S” transzponder/datalink segítségével valósulnak meg, amely során a rendszer a biztonságos függőleges elkülönítés megtartására törekszik [4], [7], [8], [12], [18].



19. ábra

Vészjelzési szintek szemléltetése, sárga: forgalmi tanácsadás, piros: elhatározási tanácsadás, kék: ütközési [Sári János szerkesztése]

13. Befejező gondolatok

Az elmúlt években az automatizálás nagyfokú elterjedésével, valamint annak különféle eszközökben való integrációjával párhuzamosan a légi közlekedés is rohamos fejlődésnek indult. Az emberi tényező a légi járművek irányításában, koordinálásában az előbb említett folyamatnak köszönhetően egyre kisebb befolyással rendelkezik. Véleményünk szerint ez a változás

elkerülhetetlen, ugyanis a mai felgyorsult világban az egyre növekvő igények napról napra magasabb elvárásokat támasztanak a biztonság megőrzése érdekében.

Hivatkozások

- [1] Airbus, *Takeoff Surveillance & Monitoring Functions*. Online: <https://safetyfirst.airbus.com/takeoff-surveillance-and-monitoring-functions/>
- [2] Békési B., Kubovics B., „Robotrepülőgépeken alkalmazott magasságmérési elvek és eszközök,” in *XI. Természet-, Műszaki és Gazdaságtudományok Alkalmazása Nemzetközi Konferencia*, Mesterházy Beáta szerk., Szombathely, Nyugat-magyarországi Egyetem Savaria Egyetemi Központ, 2012. 111–118.
- [3] Beneda K., Gáti B., Hámori Gy. et al., *Repülőgépek Rendszerei és Avionika*. Typotex, 2012. 110–119. Online: https://oszkdk.oszk.hu/storage/00/00/59/48/dd/1/Gati_etal_Replulogepek_rendszerei.pdf
- [4] Boeing Services Deutschland GmbH, *EASA ATPL Training Instrumentation*. Jeppesen Sanderson Inc., Germany, 2016. 234–262.
- [5] Palik M. szerk., *A repülésirányítás alapjai*. Budapest, Dialóg Campus, 2018.
- [6] Bureau of Air Safety Investigation, *The Operation of Ground Proximity Warning Systems (GPWS), A Review of Warnings April–December 1994*. Online: www.atsb.gov.au/media/27543/gpws.pdf
- [7] CAE Oxford Aviation Academy, *Instrumentation ATPL Ground Training Series*. Singapore, KHL Printing Co. Pte Ltd., 2014. 431–513.
- [8] Ferenczi István, Ferenczi Ildikó, Szilágyi D., *Légi Járművek Fedélzeti Rendszerei*. Nyíregyházi Egyetem, 2008. Online: http://zeus.nyf.hu/~elat/legi_jarmuvek.pdf
- [9] Flight Mechanic, *Electronic Flight Information Systems*. Online: www.flight-mechanic.com/electronic-flight-information-systems/?fbclid=IwAR2GRdrAXDm9S7htG9yMM7B-k4a8wacWg2SLaqSj8zQRRIO0v0tCS83ezUE0
- [10] HavKar, *Extended Ground Proximity Warning System – EGPWS*. Online: <http://havkar.com/en/blog/view/extended-ground-proximity-warning-system-egpws/125>
- [11] Mediawiki, IVAO – International Virtual Aviation Organisation, TCAS. Online: https://mediawiki.ivao.aero/index.php?title=File:TCAS_views.png
- [12] Jeppesen GmbH, *Joint Aviation Authorities Airline Transport Pilot's Licence*. Theoretical Knowledge Manual, Aircraft General Knowledge 4, 022 Instrumentation, Second Edition, First Impression, Frankfurt, Germany, 2001, Chapter 21.
- [13] J. Lockwood, *X-Plane11 Boeing 737-800. Pilot's Operating Manual*. Laminar Research, 2018. Online: https://autodocbox.com/Electric_Vehicle/117249080-X-plane-11-boeing.html
- [14] KLM UK Engineering, *Engine Indicating + Crew Alerting System*. Online: <https://klmukiaa.com/mod/page/view.php?id=3973>
- [15] M. Tooley, D. Wyatt, *Aircraft Electrical and Electronic Systems Principles. Operation and Maintenance*. Burlington, Elsevier, 2009, 265–283, 299–321.
- [16] Quizlet, *Warning Systems*. Online: <https://quizlet.com/176076017/warning-systems-flash-cards/>
- [17] OW, *Radar magasságmérő – Radar altimeter*. Online: https://hu.qaz.wiki/wiki/Radar_altimeter

- [18] SKYbrary, *Airborne Collision Avoidance System (ACAS)*. Online: [www.skybrary.aero/index.php/Airborne_Collision_Avoidance_System_\(ACAS\)](http://www.skybrary.aero/index.php/Airborne_Collision_Avoidance_System_(ACAS))
- [19] SKYbrary, *Altitude Alerter*. Online: www.skybrary.aero/index.php/Altitude_Alerter
- [20] SKYbrary, *Closest Point of Approach (CPA)*. Online: [www.skybrary.aero/index.php/Closest_Point_of_Approach_\(CPA\)](http://www.skybrary.aero/index.php/Closest_Point_of_Approach_(CPA))
- [21] SKYbrary, *Electronic Centralized Aircraft Monitor (ECAM)*. Online: [www.skybrary.aero/index.php/Electronic_Centralized_Aircraft_Monitor_\(ECAM\)](http://www.skybrary.aero/index.php/Electronic_Centralized_Aircraft_Monitor_(ECAM))
- [22] SKYbrary, *Engine Indicating and Crew Alerting System (EICAS)*. Online: [www.skybrary.aero/index.php/Engine_Indicating_and_Crew_Alerting_System_\(EICAS\)](http://www.skybrary.aero/index.php/Engine_Indicating_and_Crew_Alerting_System_(EICAS))
- [23] SKYbrary, *GPWS – A Guide for Controllers*. Online: www.skybrary.aero/index.php/GPWS_-_A_Guide_for_Controllers
- [24] SKYbrary, *Medium Term Conflict Detection (MTCD)*. Online: [www.skybrary.aero/index.php/Medium_Term_Conflict_Detection_\(MTCD\)](http://www.skybrary.aero/index.php/Medium_Term_Conflict_Detection_(MTCD))
- [25] Skybrary, *Radio Altimeter*. Online: www.skybrary.aero/index.php/
- [26] SKYbrary, *Runway Awareness and Advisory System (RAAS)*. Online: [www.skybrary.aero/index.php/Runway_Awareness_and_Advisory_System_\(RAAS\)](http://www.skybrary.aero/index.php/Runway_Awareness_and_Advisory_System_(RAAS))
- [27] SKYbrary, *Stall Warning Systems*. Online: www.skybrary.aero/index.php/Stall_Warning_Systems
- [28] SKYbrary, *Tactical Controller Tool (TCT)*. Online: [www.skybrary.aero/index.php/Tactical_Controller_Tool_\(TCT\)](http://www.skybrary.aero/index.php/Tactical_Controller_Tool_(TCT))
- [29] SKYbrary, *Terrain Avoidance and Warning System (TAWS)*. Online: [www.skybrary.aero/index.php/Terrain_Avoidance_and_Warning_System_\(TAWS\)](http://www.skybrary.aero/index.php/Terrain_Avoidance_and_Warning_System_(TAWS))
- [30] Skybrary, *Use of Radio Altimeter*. Online: www.skybrary.aero/index.php/Use_of_Radio_Altimeter
- [31] Universal Avionics Systems Corporation, *Terrain Awareness and Warning Systems*. Online: www.uasc.com/docs/default-source/documents/brochures/uasc_taws_brochure.pdf?sfvrsn=2

Aircraft's Proximity and Warning Systems

In this article, the authors describe their research activities related to aircraft's proximity and warning systems. After a short introduction the authors expound the various warnings and their level connected to the topic, and the Master Warning / Caution lamp, the Engine Indicating & Crew Alerting System and the Electronic Centralised Aircraft Monitoring system will be described. Our goal is not only to provide a comprehensive, easy-to-understand summary, but also to present in detail the warning systems that can be found in modern aviation. For this reason, we will show the operation, structure, sound and visual signals of the Stall Warning, Overspeed Warning, Altitude Alerting, Traffic Alert Collision Avoidance System, Runway Awareness and Advisory System.

Keywords: *Flight Warning System, Stall Warning System, Overspeed Warning System, Altitude Alerting System, Traffic Alert Collision Avoidance System, Runway Awareness and Advisory System.*

Dr. Békési Bertold alezredes, egyetemi docens Nemzeti Közszerológati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Repülőfedélzeti Rendszerek Tanszék bekesi.bertold@uni-nke.hu orcid.org/0000-0002-5709-789X	Bertold Békési, PhD Lieutenant Colonel, Associate Professor University of Public Service Faculty of Military Science and Officer Training Department of Aircraft Onboard Systems bekesi.bertold@uni-nke.hu orcid.org/0000-0002-5709-789X
Sári János BSc-hallgató Nemzeti Közszerológati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Repülőfedélzeti Rendszerek Tanszék sari.janos1999@gmail.com orcid.org/0000-0001-8861-3300	János Sári BSc student University of Public Service Faculty of Military Science and Officer Training Department of Aircraft Onboard Systems sari.janos1999@gmail.com orcid.org/0000-0001-8861-3300