

2013

# Döntéstámogató rendszerek a légiközlekedésben



Polgár László  
Óbudai Egyetem, Neumann János  
Informatikai kar – Döntéstámogató  
Rendszerek

## Bevezetés

Az utóbbi évtizedekben a légi közlekedésben nagy volumenű beruházások zajlottak le, aminek köszönhetően jelentős technológiai fejlesztések mentek végbe. Ezen beruházások meghatározó része a pilóták helyes döntéseinek támogatását hivatottak elősegíteni az adott pillanatban fenn álló körülmények, a lehetséges döntési kimenetek és azok következményeinek figyelembe vételével.

A technikai fejlődés elsősorban a balesetek megelőzését segíti elő, illetve a bekövetkezésük valószínűségét igyekszik minimális szintre csökkenteni azáltal, hogy a pilótáknak támpontot nyújtanak a kritikus döntések meghozatalakor. Az eddig bekövetkezett légi katasztrófák és balesetek többségéért nem mindig műszaki hibák (rossz karbantartás, anyagfáradás) tehetők felelőssé, hanem a pilóták téves döntései, hanyagságai okoztak megannyi emberéletet követelő tragédiákat.

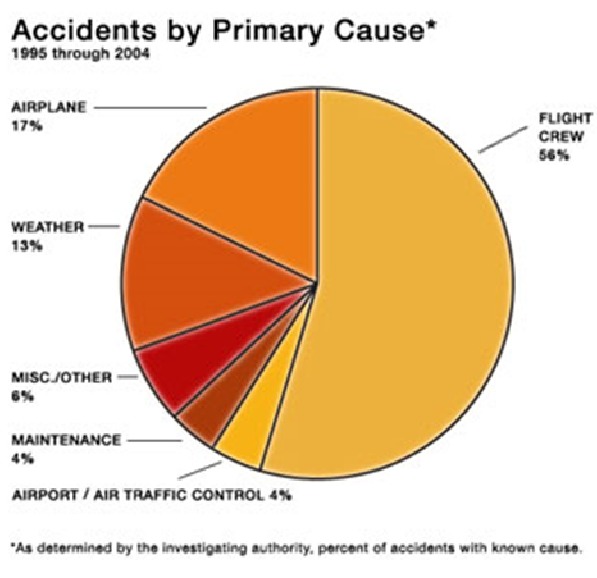
A leggyengébb láncszemeknek a személyzet, az általuk hozott helytelen döntések sorozata, valamint az időjárás tekinthető. Az évek során továbbfejlesztett támogató eszközök, mint az aktuális időjárási tulajdonságokat mérő, valamint a rendelkezésekre álló adatok alapján a várható időjárást, és időjárási jelenségeket előrejelző műszerek segítségével a pilóták döntései pozitívan befolyásolhatóak. A legtöbb balesetet az NTSB [en-tí-esz-bí] (National Transportation Safety Board – Nemzeti Utazás Biztonsági Hivatal) vizsgálta illetve vizsgálja ki, amely szervezet a keletkező tapasztalatok és vizsgálati eredmények alapján ajánlásokat tesz a repülőgépeket gyártó vállalatok felé és a légitársaságok részére, amely tevékenységgel a balesetek bekövetkezésének valószínűségét nagymértékben redukálhatják. Ezen ajánlások bizonyított esetben kötelezővé is tehetőek, amennyiben további emberéletek lehetnek veszélyben a módosítások hiányában.

A továbbiakban a szélsőséges időjárás esetén elérhető döntéstámogató rendszerekről, valamint a pilótahibák megelőzését, és hatásainak csökkentését megcélzó megoldásokról lesz szó. Az anyagot összegzés, illetve a jövőbe való kitekintés zárja.

## Szélsőséges időjárásban döntéshozatal támogatás

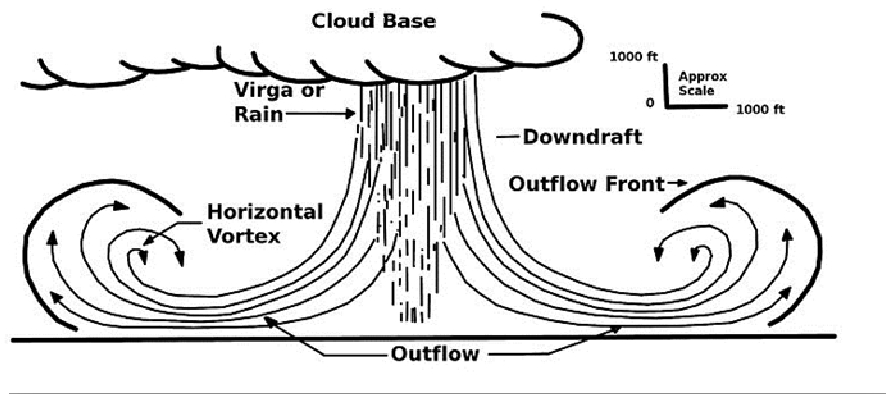
### *A láthatatlan gyilkos: Microburst*

A microburst egy olyan időjárási jelenség, amely kis magasságban, hirtelen és nehezen kiszámíthatóan keletkezik, és hatalmas veszélyt jelent a felszálló, illetve leszálló repülőgépek számára. A zivatarfelhőből gyorsan süllyedő levegőtömeg ereszkedik lefelé, amely amint földet ér 360 fokban szétoszlik a talaj mentén, hatalmas erőt kifejtve. Ez a pár perces, vagy akár



1. ábra: Légi balesetek fő okozói

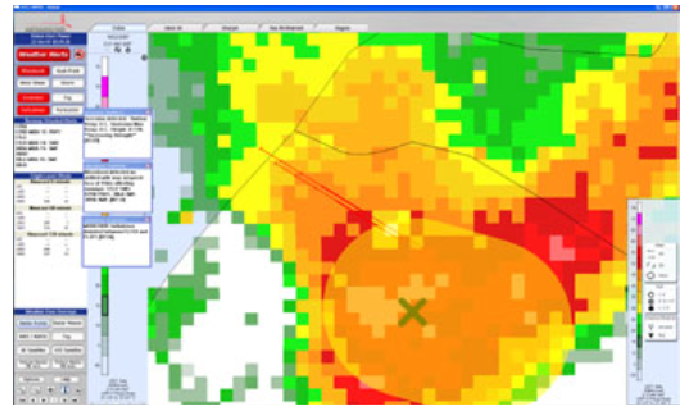
másodpercekben mérhető jelenség fákat is kicsavarhat, az abba bele térő legmodernebb és legerősebb repülőgépeket pedig kőként szívja le magával, azokat az irányítástól teljesen megfosztva. Időbeli észleléséhez sürgős fejlesztéseket kellett elindítani, hiszen a jelenség már több száz emberéletet követelt - a legutóbbi, 2012-ben történt baleset 127 emberrel végzett. [1]



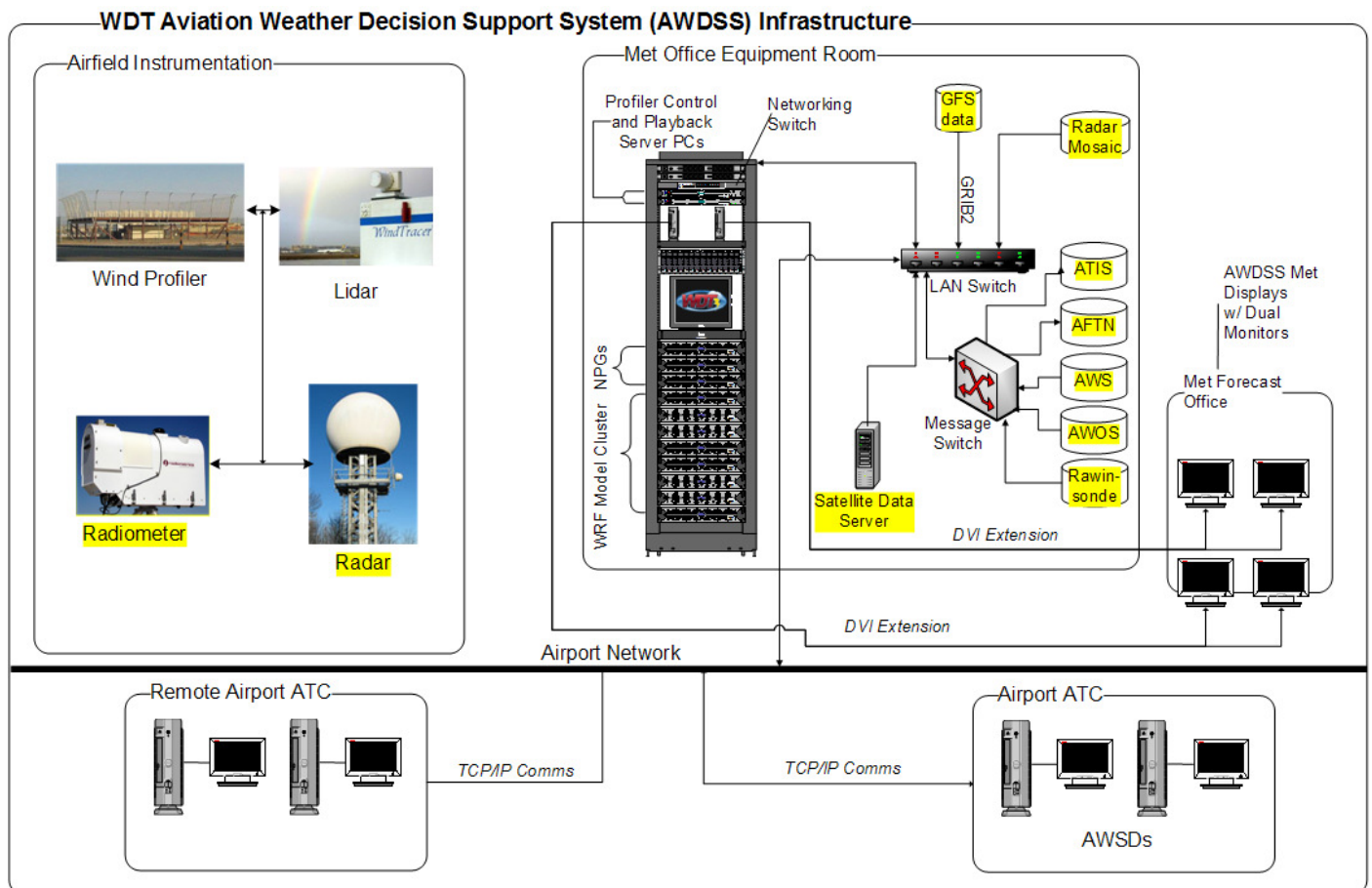
2. ábra: Teljesen kifejlett Microburst fizikai hatásai [1]

### Aviation Weather Decision Support System (AWDSS)

Az AWDSS [éj-ví-dí-esz-esz] rendszer kifejlesztése a világ egyik legforgalmasabb repülőterének, a Dubai Nemzetközi Repülőtérnek hatékony időjárás-előjelzést, és a kapott időjárási adatok feldolgozását tűzte ki célul, de már számos más reptéren is megkezdték a rendszer implementálását a térségben. Az AWDSS rendszer számára több meteorológiai állomás szolgáltat adatokat, mely adathalmaz tartalmazza a hőmérséklet, a csapadék, a szél, valamint a légnyomás értékeket az adott területre vonatkozóan. A rendszer bonyolult, de hatékony algoritmusokkal dolgozza fel a kapott adatokat, amely algoritmusok folyamatosan finomítás és fejlesztés alatt állnak. A rendszer együttműködik a C-Band időjárás-felügyeleti radarral, amely észleli a reptér közeli jelenségeket, köztük a legveszélyesebbet is: a microburst-t.



3. ábra: Microburst képe az AWDSS-en [2]



4. ábra: Az AWDSS rendszer felépítése [2]

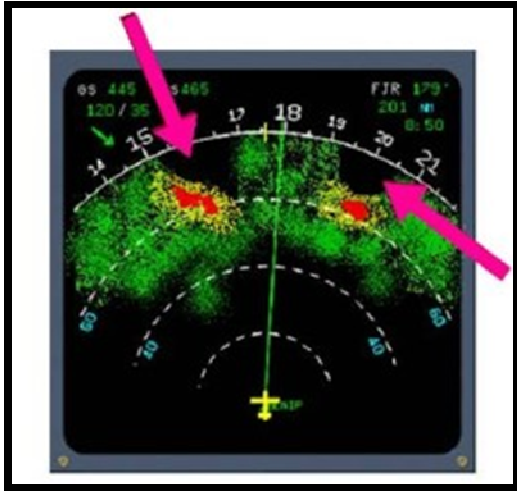
A rendszer egyelőre csak az irányítótoronyoknak (ATC [éj-tí-sz] – Air Traffic Controller) szolgáltató repülőgép forgalommal kapcsolatos engedélyek megadásában döntést támogató adatokat, melyeket a légiirányító személyzet a pilótákkal való kommunikáció során a repülőgép személyzetének rendelkezésére tud bocsátani. A hatékony figyelmeztetési rendszernek köszönhetően a leszállási, illetve felszállási engedély megadása biztosíthatja a pilótákat arról, hogy a torony az időjárási veszélyeket a reptér környezetében már ellenőrizte, és kiszűrte. A hirtelen fellépő turbulens léghullámok és a szélnyírás kialakulásának lehetősége viszont állandó figyelmet igényel, hiszen e légköri képződmények kialakulása bármikor megtörténhet.

Ahol nincs kiépítve hasonlóan hatékony rendszer, amely tehát a ritka – de veszélyes – jelenségek észlelésére is képes, ott az ATC a rendelkezésre álló időjárás jelző, és megfelelő adatok birtokában az időjárást előrejelző rendszereire, valamint a kérdéses területen szolgáltató teljesítő pilóták beszámolóira támaszkodhat naprakész információkért. Ezen alapinformációk birtokában tájékoztatja a le/felszálláshoz készülő gépek pilótáit a várható körülményekről a torony, valamint a rendelkezésre álló adatok mellett az irányítók sokszor megosztják az illetékesekkel az általuk optimálisnak vélt konklúziót: a művelet biztonságos, avagy sem. [2]

### *Időjárási radar a pilótafülkében*

A felszállás és a landolás fázisai alatt a személyzet az ATC jelentéseire alapozhatja az időjárási körülményekre vonatkozó ismereteit, viszont az utazómagasságon való repülés közben a pilóta leginkább saját érzékszerveire, valamint a ma már alapfelszereltségnek számító időjárási radarra számíthat. Ez a radar, elhelyezkedését tekintve a géptest orrában található, és működése során jelek sugárzásával tapogtatja le a haladási irányban található csapadékszónákat.

Amennyiben a kibocsátott jel nem ütközik bizonyos távolságon belül csapadékfelhőbe, akkor azok visszatérés nélkül tovább haladnak a légtérben. Abban az esetben, ha azonban a jel csapadékcseppbe ütközik, akkor az eltorzulva, de visszatér a radar felületére. Ezen visszaérkező jelek az Echo-k, vagyis visszhangok, melyeknek a radar tányérjára való visszaérkezését vizsgálja és dolgozza fel a rendszer. Az ily módon feldolgozott adatokból csapadéktérképet képes készíteni a berendezés.



5. ábra: csapadék radar a pilótafülkében [3]

Sajnos a radar képességei kimerülnek a csapadék meglétének felismerésében és intenzitásának mérésében, de már ezen információk is hasznos döntéstámogatási szereppel bírnak a repülőgép személyzetére nézve. A sűrű csapadékrétegben nagy valószínűséggel vihar tombol, amit erősen ajánlott elkerülni (az ábrán ezek a piros góccok). A fedélzeti radar azonban nem képes mérni a szelet, a felhőket, a turbulenciát, a ködöt, valamint a szélnyírást. A pilótáknak a kapott és leolvasott információk alapján kell dönteniük a használat alatt álló légifolyosó biztonságáról: ha a körülmények megkövetelik, le kell térniük a folyosóról és útvonalat változtatni. Ezen változtatások véghezvitele előtt az ATC-t tájékoztatnia kell a személyzetnek, és engedélyt kell kérni a tervezett műveletre. Az útvonal-változtatás a menetrend megbontásával járhat, hiszen késést eredményezhet az érkezési oldalon. A kellő procedúra sajnos nem minden esetben valósul meg, a szoros menetrendek betartásáért való küzdelem miatt megannyiszor repült már bele repülőgép a kimutatott viharokba, ami nem egyszer katasztrófába torkollott. [3]

## Döntéstámogatás a pilóta hibák kiküszöbölésére

A pilóta leszállás közben leterhelt, az ellenőrző listáknak való megfelelés, az időjárásra való koncentráció sokszor elveszi figyelmét a műszerekről. Az egyik leggyakoribb pilóta hibából fakadó légi baleset típus (mindaddig több mint 9000 áldozatot követelve) a repülőgép akaratlanul földnek, víznek, vagy hegynek irányítása (Controlled Flight Into Terrain). Ezekben az esetekben a repülőgép műszaki állapota és irányíthatósága kifogástalan, maga a pilóta az, aki rosszul értelmezi a kapott információkat, vagy egyáltalán nem veszi figyelembe azokat.

Pilóta hibáról beszélhetünk akkor, ha a repülőgép személyzete a következő hibák valamelyikét, vagy a lehetséges hibák láncolatát követi el:

- A navigációs rendszerektől származó információk nem megfelelő értelmezése,
- Az irányítótorony utasításainak késéssel történő végrehajtása,
- Az irányítótorony utasításainak felülírása a saját döntéshozatal eredményével, és ezen változtatások közlésének elmulasztása a toronnyal,
- Elégtelen döntéshozatal szélsőséges körülmények esetén, melynek következménye a nem megfelelő eljárások alkalmazása (időjárási viszonyok helytelen megítélése, nem megfelelő reagálás),
- Rutin alapján történő munkavégzés, váratlan események bekövetkezésekor cselekvésképtelen magatartás,



- A vezetett repülőgép fizikai korlátainak figyelembe nem vétele,
- A kommunikáció hiánya a személyzet tagjai között.

Ezekben az esetekben sem lehet egyértelműen csak a pilótát hibáztatni. Sokszor a megfelelő tréningek és kiképzések hiánya, valamint külső hatások és kényszerek vezetnek a rossz döntések meghozatalához. Előfordult már a közelmúltban, hogy a másodpilóta előbb észlelt egy problémát, mint a rangjában felette álló pilóta, illetve felismerte, hogy a kapitány által véghezvitt cselekedeteknek hamarosan súlyos következményei lehetnek. A másodpilóta viszont bízott a nála tapasztaltabb kollegájának döntéshozó képességében, és félt a helyesbítés, valamint tanácsadás (emberi) következményeitől. Az ehhez hasonló esetek, ahol a meghozott döntéseket a rangbeli különbségek miatt nem kérdőjelezzük meg, a mai napig előfordulnak Koreában és Japánban.

## Földközelség jelzés

A repülőgép személyzete által elkövetett hibákat és a pilóták által hozott helytelen döntések következményeit a repülőgépekbe telepített döntéstámogató rendszerek igyekeznek redukálni. A földközelség-jelző rendszer, a GPWS [dзі-pí-ví-esz] (Ground Proximity Warning System) olyan szolgáltatásokat tartalmaz, amelyek a földhöz közeledő, nem megfelelő viselkedést mutató repülőgéphez kapcsolódóan döntéstámogatást nyújtanak, és azonnali beavatkozásra sarkalló információkat közölnek a pilótákkal. Az NTSB szorgalmazására 1974-ben kezdték meg a rendszerek implementálását a nagyobb sugárhajtású polgári repülőgépekben, ahol ugyanis kimutatták, hogy hasonló rendszer jelenléte megannyi korábban bekövetkezett balesetet megakadályozott volna. 2000-től már nem csak a nagyobb utasszállítóknak, hanem a kisebb, 6-nál több főt szállító repülőgépekbe is kötelezővé tették a berendezés implementálását.

A GPWS rendszer csak a repülőgép műszereiből nyert adatokkal dolgozik, viszont a rendszer továbbfejlesztése, az EGPWS [éj-dзі-pí-ví-esz] (Enhanced Ground Proximity Warning System) működése során egy meglévő domborzati adatbázisból is olvas ki releváns információkat, amelyeket együttesen használ fel a repülőgép műszerei által közölt aktuális értékekkel. Utóbbi értékek a sebesség (airspeed), a magasság (altitude), az irány (heading), illetve a gép aktuális helyzetét, bedöntési értékeit leíró adatok (attitude). [4] [5]



6. Ábra: Sebességmérő, Magasságmérő, Irányzék, Helyzetindikátor [6]

A 6. ábrán látható, nagy pontosságú műszerek adatainak segítségével kalkulálja ki a rendszer a repülőgép várható jövőbeni helyzetét, és - összevetve azt a domborzati adatbázissal - konklúzióra jut. Amennyiben a rendszer veszélyt észlel a feldolgozás során, hallható és látható vészjelzésekkel tudatja a hamarosan bekövetkező vészhelyzetet a személyzettel. A hangjelzéseket tekintve, azok információtartalmát egy vagy két részre oszthatjuk. Kétrészes jelzés esetén a jelzés első fele a probléma mivoltát jelzi, a második fele pedig az (erősen) ajánlott cselekvésre szólítja fel a pilótát. A jelzések a következők lehetnek:

- ✚ Túlzott süllyedési ráta: „SINK RATE”, „PULL UP” (Süllyedési ráta, Húzd fel a gép orrát!)

- ✚ Túl közel a földfelszínhez: „TERRAIN”, „PULL UP” (Talaj, Húzd fel az gép orrát!)
- ✚ Magasság vesztes közvetlenül a felszállás után, vagy magas teljesítmény szint mellett: „DON'T SINK” (Ne süllyedj!)
- ✚ Nem biztonságos talaj megközelítés, ajánlott a leszállás megszakítás: „TOO LOW - TERRAIN” (Túl alacsonyan vagy, Földközelség!)
- ✚ Nem biztonságos talaj megközelítés, helytelen landolási konfiguráció feltételezése: „TOO LOW - GEAR” (Túl alacsonyan vagy, Futóműveket!)  
„TOO LOW - FLAPS” (Túl alacsonyan vagy, Fékszárnyakat!)
- ✚ Túlzott eltérés a leszállási megközelítéshez képest: „GLIDESLOPE”
  - Automatizált leszállást segítő rendszereknél, a megközelítés során nem megfelelő pálya és magasság tartása: a repülőtér rendszere által sugárzott jeleket a repülőgép jelvevője nem képes fogadni a fennálló megközelítés mellett.
- ✚ Forduláshoz túlzott géptest bedöntés: „BANK ANGLE” (Dőlésszög!)
- ✚ Szélnyírás védelem: „WINDSHEAR” (Szélnyírás!)
  - A szélnyírás főként leszállás közben veszélyes, ugyanis a repülőgép nem tervezett irányváltoztatásokat végez az egyes szélleketek hatására, és viselkedése kiszámíthatatlanná válik. Amennyiben szélnyírásba kerül a repülőgép, a haladás iránya megváltozik: a repülőgép nem arra halad amerre az orra irányul, eltolás következik be a haladási irányt tekintve. [5]

Ilyen, megannyi esetre kiterjedő figyelmeztető rendszer mellett a légi biztonság jelentősen javult, hiszen esetleges köd-, vagy sötétség (éjszakai repülés) esetén a pilóták könnyen elveszthetik orientációs képességüket, és amennyiben a műszereket nem megfelelő figyelemmel pásztázzák, a figyelmeztetések akkor is időben értesíthetik őket a közelgő vészhelyzetre. A személyzet tagjai az említett fejlesztések mellett sem dolgozhatnak teljes nyugodtsággal, hiszen a rendszernek vannak hiányosságai, melyek helytelen döntések meghozatalára készíthetik a pilótákat:

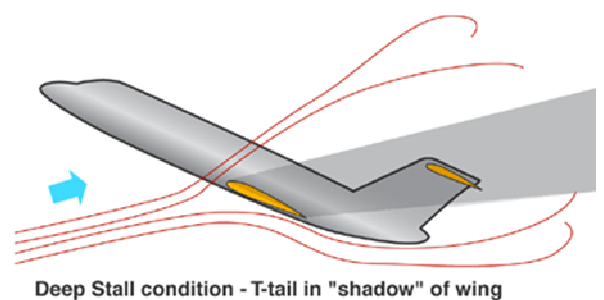
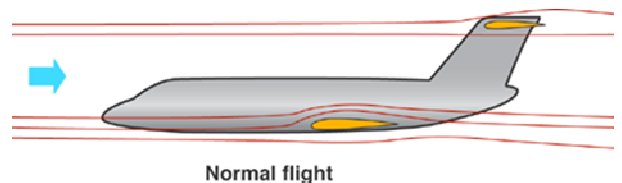
- Amennyiben elavult adatbázist használ a rendszer, vagy maga a telepített rendszer régebbi fejlesztés, akkor riasztások bekövetkezhetnek olyan esetekben is, amikor nem áll fenn valós vészhelyzet. A jelenség elbizonytalaníthatja a pilótákat, akiket a téves jelzések fogadása és ellenőrzése lefoglal, így a közben esetlegesen fellépő valós problémákat nem tudják megfelelően kezelni. Másrészt előfordulhat a régebbi, vak foltokkal rendelkező rendszereknél, hogy indokolt esetben sem indítanak be riasztást.
- Amennyiben a repülőgép landoláshoz van konfigurálva, akkor a futóművek már le vannak eresztve, a fékszárnyak ki vannak engedve, és a sebesség redukálása már megtörtént. Ezen adatok alapján az EGPWS rendszer jogosan azt feltételezi, hogy a pilóták tudatában vannak annak, hogy közelítenek a talajhoz - hiszen leszálláshoz készülődnek -, így nem is ad figyelmeztetést a megjósolt földdel való érintkezésnek, esetleges becsapódásnak. Nem megfelelő időjárás körülmények között viszont a pilóták lehet, hogy nincsenek tudatában annak, hogy jóval hamarabb érik el a földet a jelenlegi süllyedési ráta mellett, mint ahogyan a kifutópálya megkezdődne. A leszállás folyamata alatt így a teljes személyzetnek kitüntetett figyelemmel kell dolgoznia, a műszereket folyamatosan ellenőrizve.
- A figyelmeztetések sokszor már túl későn érkeznek, hiszen a föld közeli repülési fázisokban a pilóták rendkívül elfoglaltak, és leterheltségük közepette érkezhethet a nem várt jelzés. A

probléma azért is jelentős, mert ekkor a repülőgép nem olyan helyzetben, és nem abban a pozícióban van, ahogy és ahol azt a személyzet gondolja. Ekkor, mivel még mindig jobban bíznak a saját ítélőképességükben és megérzéseikben, halasztott cselekvés és döntéshozatal következhet be, hiszen először a műszerek meghibásodására gyanakszanak. Az addig kialakult rutinjaik miatt sokszor értékes másodpercekig nem fogadják el, hogy a repülőgép tartózkodási helye és helyzete más, mint amit gondoltak.

A megfelelő döntéstámogatás érdekében ezek a jelzőrendszerek, és a műszerek, amikből a repülőgép személyzete és más rendszerek is az adatokat nyerik, túlbiztosítottak. A pilóta és a másodpilóta számára külön módszerrel, és más-más forrásból származó adatokkal dolgozó műszerek állnak rendelkezésre arra az esetre, hogyha az egyik láncból egy láncszem meghibásodna. Ezzel sem kerülhető el azonban a vakon történő repülés, hiszen a pilótáknak legtöbbször a műszereikre kell támaszkodniuk a vizuálisan felmért környezet helyett.

## Az átesés jelenségének felismerése, és kezelése

Sajnos a taglalt EGPWS rendszer is hibázott már a döntéshozatal támogatásában. 1996-ban az Aeroperu légitársaság egyik Boeing gépének a karbantartása közben a szerelők leragasztották a nyomáskülönbség érzékelőket (Pitot cső), amiből a műszerek (és így a személyzet is) kinyerik a fontosabb repülési adatokat, majd a karbantartás végeztével nem távolították el a védő réteget. Az indulás előtti mulasztást nem észlelték, ami az éjszakai felszállás után katasztrófához vezetett. A pilóták vizuális kapcsolat híján műszeres támogatásra szorulva repültek, ám nem sokkal felszállás után ellentmondásos hibaüzenetek fogadták őket az EGPWS rendszertől, illetve értelmezhetetlen adatok a műszerektől. Egyszerre kaptak hibajelzést túl alacsony és egyben túl magas sebesség értékekről, valamint a valóságnál jóval nagyobb magasságot jeleztek a műszerek az ellehetetlenített Pitot cső miatt. A túl magas sebesség figyelmeztetés miatt visszavették a tolóerőt, ami miatt a repülőgép átesett. Átesés akkor következik be, ha a sebességérték a kritikus szint alá esik, és a magasság megtartása érdekében a repülőgépet emelkedő helyzetbe, hátrafelé döntik. Ekkor a repülőgép szárnyain a felhajtóerő jelentősen lecsökken, és a levegőáramlás szabálytalanná válik, melynek hatására a várt emelkedés helyett szinte teljesen függőleges zuhanás következik be. Az Aeroperu gépén a magassági értékek nem mutatták jelét ennek az esésnek, így mikor ráébredtek, hogy az eddigi döntéseiket fals értékekkel dolgozó támogatással hozták meg, már késő volt: a repülőgépet már nem tudták emelkedésre bírni, és mivel az átesésből kikerülni időigényes és bravúros művelet, a tengerbe csapódtak. [7][8]



7. ábra: az átesés (stall) szemléltetése

A hasonló esetek elkerülése érdekében olyan mechanizmust implementáltak a pilótafülkébe, melynek hatására az átesés közeli állapotba került repülőgép irányítószervei (kormány) erős rázkódásba kezdenek. Ez a jelenség egyértelműen jelzi a pilóta számára a helyes



cselekvéssorozat: a sebességet azonnal növelni kell, és a repülőgép orrát a magassági kormányok segítségével előre, lentebb kell dönteni.

## Konklúzió

A pilótáknak a döntéshozatalaik során bízniuk kell az őket segítő rendszerek által nyújtott adatok és ajánlások hitelességében. A pilóta azonban továbbra is jobban bízik a saját megérzéseiben, még akkor is, ha valójában az adott szituációban az érzékszervei becsaphatják őt. Rengeteg balesetet okozott a nem megfelelő pszichés támogatás és képzés, a túlzott emberi önbizalom. Másik oldalról a kritikus döntéseket támogató rendszereket is minél hibátűrőbbre és biztosabbra kell fejleszteni, hogy a személyzet megfelelő bizalommal használhassa azokat.

A jövőre nézve, az újabb fejlesztések hatására további tervek készültek: A pilótafülke időjárást meghatározó műszereit további funkciókkal igyekeznek ellátni, hogy szélesebb körű információkat szolgáltatassanak, ami az ATC adatszolgáltatásához való függőség csökkenését jelentheti. Továbbá a kisebb, pár-, vagy akár egyszemélyes kisrepülőgépekben is egyre magasabb funkcionalitású és komplexitású döntéstámogató rendszereket implementálnak, amik mind a korai, kevés információ alapján történő, mind a nagy adathalmaz alapján történő döntéshozatalt támogatják a technológia fejlődése és a rendszerek fizikai méretének csökkenése révén. Ezek a rendszerek képesek lesznek döntéstámogatás során figyelembe venni a pilóta aktuális teljesítmény- és figyelemszintjét, azonnal felismerik a helytelen beavatkozásokat, valamint összegyűjtene a légi és földi forgalomhoz kapcsolódó minden rendelkezésre álló információt, elemzik őket, és ezek alapján ajánlást készítenek a döntéshozó számára. Összességében elmondható, hogy az emberi tényezőt igyekeznek az ipar minimalizálni, minél magasabb szintű automatizálási szintet elérni - egymással kommunikáló, integrált rendszerek segítségével. [9]

## Felhasznált Irodalomjegyzék

- [1] <http://en.wikipedia.org/wiki/Microburst> - Több szerző, 2013.10.13
- [2] [http://www.wmo.int/pages/prog/www/IMOP/publications/IOM-104\\_TECO-2010/P1\\_13\\_Eilts\\_USA.pdf](http://www.wmo.int/pages/prog/www/IMOP/publications/IOM-104_TECO-2010/P1_13_Eilts_USA.pdf) - Michael D. Eilts, Brent Shaw, Charles Barrere, Robert Fritchie, Richard Carpenter Jr., Phillip Spencer, Yanhong Li, William Ladwig, DeWayne Mitchell J.T. Johnson, and J. William Conway –Weather Decision Technologies Inc, 2010
- [3] <http://www.cockpitchatter.com/avoid-it-the-weather-radar-2/> - Ivan Paredes, 2013.04.18
- [4] [http://en.wikipedia.org/wiki/Controlled\\_flight\\_into\\_terrain](http://en.wikipedia.org/wiki/Controlled_flight_into_terrain) - Több szerző, 2013.10.16
- [5] [http://en.wikipedia.org/wiki/Ground\\_proximity\\_warning\\_system](http://en.wikipedia.org/wiki/Ground_proximity_warning_system) – Több szerző, 2013.08.03
- [6] [http://en.wikipedia.org/wiki/Flight\\_instruments](http://en.wikipedia.org/wiki/Flight_instruments) – Több szerző, 2013.08.25
- [7] [http://en.wikipedia.org/wiki/Aeroper%C3%BA\\_Flight\\_603](http://en.wikipedia.org/wiki/Aeroper%C3%BA_Flight_603) – Több szerző, 2013.10.02
- [8] [http://en.wikipedia.org/wiki/Stall\\_\(flight\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Stall_(flight)) – Több szerző, 2013.09.15
- [9] [http://cafefoundation.org/v2/pdf\\_tech/eCFI.Flight.Deck/PAV.eCFI.AIAA.2005-7382Paper.pdf](http://cafefoundation.org/v2/pdf_tech/eCFI.Flight.Deck/PAV.eCFI.AIAA.2005-7382Paper.pdf) – Jie Rong, Theresa Spaeth, John Valasek – Texas A&M University, 2005