

Venczel Márk, Peredy Zoltán, Rohács Dániel, Rohács József

## Intelligens biztonsági megoldások a nemzetközi repülőterek jövőbeli terrorfenyegetettségének hatékony csökkentése érdekében

*A légi személy- és áruszállítási iparág napjainkra globális méretű szektorra nőtte ki magát. Határokon átnyúlva országokat, kontinenseket köt össze, megkönnyítve a gyors kapcsolatfelvételt. A légi közlekedés gazdasági, társadalmi jelentősége és hatásai miatt egyik preferált célpontja a terrorizmusnak. Amíg az elmúlt évtizedek terroristacselekményeiből levont tanulságoknak köszönhetően a repülőgépek őrzésével, ellenőrzésével kapcsolatos biztonsági eljárások megszigorodtak, addig a nemzetközi repülőtereknek az utasforgalom számára nyitott területei mind a mai napig nem megfelelően védettek biztonsági szempontból. Alapvető, hogy minél előbb bevezessék az intelligens (smart), a mesterséges intelligencián (AI) alapuló újgenerációs biztonságtechnikai megoldásokat, amelyek pontosabban, gyorsabban, megbízhatóbban és hatékonyabban szűrik ki a különböző kockázati tényezőket. Ugyanakkor fontos a biztonsági személyzet jogszerű, szakszerű és kulturált intézkedése, ellenőrző tevékenysége az utasokkal szemben, amelyre szimulációs helyzetgyakorlatokkal és továbbképzésekkel lehet felkészíteni őket.*

**Kulcsszavak:** repülőtér biztonsága, repülőtéri infrastruktúrák, légi terrorcselekmények, intelligens biztonsági megoldások, belső kockázatok

### Bevezetés

A légi személy- és áruszállítási iparág napjainkra globális jelentőségű szektorra nőtte ki magát. Határokon átnyúlva országokat, kontinenseket köt össze gyorsan és egyszerűen célba juttatva a különböző árucikkeket, utasok tömegeit, időt és költségeket takarítva meg, megkönnyítve a gyors kapcsolatfelvételt. Emellett a regionális és a globális gazdasági növekedéshez (munkahelyteremtés, GDP-termelés) is számottevő mértékben járul hozzá az iparág működtetésével és a hozzá köthető különböző szolgáltatások biztosításával, ahogy ez az 1. táblázatban látható.

1. táblázat

A légit közlekedési iparág összesített globális utasforgalmi és GDP-kibocsátási adatai 2017-ben [1]

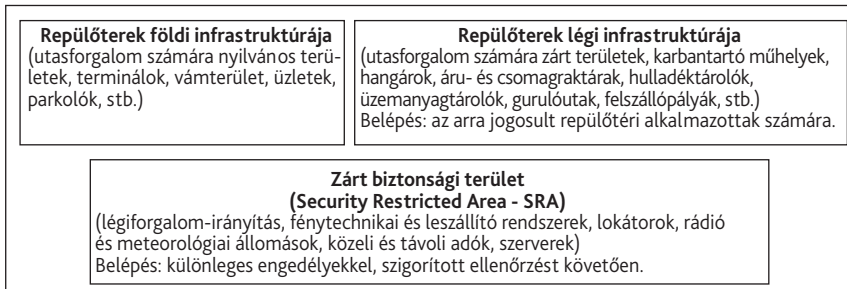
Régió	Munkahelyek száma (millió fő)	A régió összes munkahelyeinek hány %-a	GDP-kibocsátás (Mrd USD)	A régió össz GDP-jének hány %-a	Utasszám (millió fő)	Globális utasszám hány %-a	Utasforgalom növekedése 2016-2036 (%)	Járatok száma (millió db)
Afrika	6,2	1,8	55,8	2,6	98	2	4,9	1,13
Dél-Kelet Ázsia	30,2	1,6	684	2,7	1500	37	5,5	11,817
Európa	12,2	3,3	823	4,1	1000	26	3,4	8,544
Latin-Amerika	7,2	2,8	156	3,3	316	8	4,2	3,134
Közél-Kelet	2,4	3,3	130	4,4	172	4	5,8	1,198
Észak-Amerika	7,3	4,3	844	4,2	939	23	2,7	10,179
<b>ÖSSZESEN</b>	<b>65,5</b>		<b>2700</b>		<b>4100</b>		<b>4,3</b>	<b>41,9</b>

A légi közlekedés gazdasági, társadalmi jelentősége és hatásai miatt mindig is egyik preferált célpontja volt a terrorizmusnak. Amíg az elmúlt évtizedek, elsősorban a repülőgépekre fókuszáló (gépeltérítések, repülőgép-robbantások), terroristacselekményeiből levont tanulságoknak köszönhetően a repülőgépek őrzésével, ellenőrzésével kapcsolatos biztonsági eljárások megszigorodtak, nagymértékben megnehezítve a potenciális elkövetők dolgát, addig a nemzetközi repülőtereknek az utasforgalom számára nyitott területei mind a mai napig nem megfelelően védettek biztonsági szempontból [2], [3].

Egyre gyakoribbak a repülőterek különböző földi infrastruktúrái ellen intézett, közvetlen terrortámadások [4]. Ez felveti a kérdést: hogyan lehetne olyan új, intelligens biztonságtechnikai és logisztikai megoldásokat találni, amelyek a jelenlegi módszereknél megbízhatóbban, gyorsabban és költséghatékonyabban szűrik ki a gyanús személyeket, poggyászokat téves riasztások és fennakadások nélkül. Ehhez szükséges a biztonsági személyzet és a repülőtéren alkalmazottak részére a rendszeres képzések megszervezése is, részben az újgenerációs technikai eszközök kezeléséhez, részben pedig a határozott, de kulturált intézkedési eljárásoknak a professzionális szintű begyakorlásához. Emellett a repülőterek menedzsmentjének kiemelt figyelmet kell fordítania a repülőtéren alkalmazottakra (akiknek lehetőségük van a repülőtereknek az utasforgalom elől elzárt ügynevezett érzékeny/kritikus területeire belépni), valamint a munkavégzésükből eredő ügynevezett belső kockázatok feltárására és kezelésére is. Jelen cikk keretében áttekintjük a repülőterek infrastruktúráját és biztonsági kérdéseit, a légi közlekedésben elkövetett terrorcselekmények típusait és jellemzőit, a jelenleg alkalmazott hagyományos biztonságtechnikai megoldásokat, majd az újgenerációs, a mesterséges intelligencián alapuló korszerű biztonsági eszközöket. Végezetül ejtünk pár szót a légi közlekedés belülről adódó fenyegetettségéről, valamint azok kiküszöbölését célzó intézkedésekről.

## Repülőtéren infrastruktúrák és a biztonság

A repülőtereken történik a légi járművek indítása, fogadása, a földi mozgatásuk, a repülőgépek és utasok kiszolgálása, valamint a teherforgalommal kapcsolatos logisztikai folyamatokat is itt végzik [5].



1. ábra

A repülőtéri infrastruktúra különböző típusai [5]

Az 1. ábra alapján közlekedésüzemi és biztonsági szempontból alapvető a repülőterek nyilvános és zárt területei biztonságának javítása (illetéktelenek, gyanús személyek gyors és megbízható kiszűrése, szigorúbb beléptetési eljárások a biztonsági pontokon, hatékonyabb utas- és pogygyász-átvilágítás). A terrorakciók elkövetésére készülő személyek elsősorban a terminálokon keresztül tudják felcsempészni a robbanóanyagokat és a fegyvereket a légi járművekre, de megpróbálhatnak az elzárt területeken keresztül is szabotázsokat, üzemzavarokat előidézni.

Repülőterek utasforgalom elől elzárt területeire a belépés az illetékes személyek részére az alábbi engedélyek valamelyikével vagy együttes meglétével lehetséges [6]:

- repülőtéri munkavállalói azonosító kártya;
- eseti belépési engedély;
- érvényes repülőszemélyzeti (CREW) azonosító kártya;
- a légi közlekedési hatóság(ok) által kiadott légiközlekedés-védelmi ellenőrzésre vagy légiközlekedés-védelmi felügyeleti tevékenységre jogosító igazolvány;
- állandó behajtási engedély;
- eseti behajtási engedély.

## Repülőterek biztonsági kihívásai

Elsődleges célkitűzés az utasok, a személyzet, a földi személyzet és az általános közönség biztonsága olyan esetben, amely a nemzetközi polgári légi közlekedésnek illegális, zavaró cselekményekkel szembeni megvédésére vonatkozik, így különösen fontos:

- bármilyen eszközzel megakadályozni fegyverek, robbanóanyagok vagy más veszélyes eszközök felvitelét a repülőgép fedélzetére, amelyek viselése nem engedélyezett, és amelyek törvénytelen cselekmények elkövetésére használhatók. A tiltott tárgyak listáját a [7] tartalmazza;
- repülőgépeknek a repülés előtti ellenőrzése, amely segíti a gyanús tárgyak vagy rendellenességek feltárását;
- intézkedések kidolgozása a repülőgép földi védelmére;
- a biztonsági igények feltárását szolgáló biztonsági ellenőrzések;
- megfelelően képzett személyzet alkalmazása, akik hathatós segítséget tudnak nyújtani törvénytelen, zavaró cselekmény esetén.

A légi forgalom biztonsága és biztosítása összetett védelmi rendszert kíván, amely a nap 24 órájában folyamatos üzembiztonsággal és a technológiai tévedés lehetőségének kizárásával működik. A főbb biztonsági kérdések:

- az utasok és az alkalmazottak védelme;
- a terrorizmus minden lehetséges formájának (bombafenyegetések, öngyilkos merényletek, szabotázsakciók és gépeltérítések) megakadályozása;
- tűzesetek és robbanások kezelése;
- különböző belépési jogosultságok széles skálájának kezelése.

## Légitársasági Védelmi Terv [8]

A Légitársasági Védelmi Tervnek a légitársaság által követendő, a légi utasok, a személyzetek, a földi alkalmazottak, a légi járművek és a létesítmények jogellenes cselekményekkel szembeni védelme érdekét szolgáló gyakorlatokat és eljárásokat kell meghatároznia.

A Légitársasági Védelmi Tervnek legkevesebb a következőket kell tartalmaznia:

- Légitársasági Védelmi Terv célkitűzései és a megvalósításához szükséges intézkedések;
- légitársaság védelmi funkcióinak megszervezése és egy felelős légiközlekedés-védelmi tiszt kijelölése;
- a légi közlekedés védelmét biztosító intézkedések;
- kényszerhelyzeti tervezés.

## *Terrorcselekmények a légiközlekedésben*

A terrorizmus fogalmának meghatározására a nemzetközi közösség már több évtizede folyamatosan tesznek erőfeszítéseket, amelyek eredményeként számos fogalom született mind a nemzeti, mind a nemzetközi jogban. Átfogó, mindenki által közmegegyezéssel elfogadott definíció sikeres megalkotásáról azonban jelenleg nem beszélhetünk. A terrorizmus fogalmának lehetséges általános, cselekménytípustól független közös elemei [9]:

- az erőszak tudatos és célzott alkalmazása vallási, ideológiai, etnikai, ökológiai vagy politikai célok/követelések elérése és/vagy a médiafigyelem megszerzése érdekében (közvetlenül a támadások előtt vagy után a médiumok értesítése, a terrorizmus erejének látványos „publikálása”);
- az erőszak elkövetése történhet egyénileg, csoportosan vagy titkos szervezetek által;
- félelemkeltés a célszemélyekben, célcsoportokban annak érdekében, hogy a terrorcselekmények egyértelműen különbözzenek más bűncselekményektől;
- nemzetközi (gazdasági, társadalmi, diplomáciai) kihatásokra való törekvés (számos esetben globalizáció- és nyugatellenes retorikával egybekötve).

## A terroristaakciók típusai és jellemzői a légi közlekedésben

A légi terrorizmus több cselekményt is magában foglal [2], [10], [11]:

- repülőgép-elterítés;
- repülőterek elleni támadások;
- repülőgépek felrobbantása;
- repülőterek kiszolgáló területei elleni támadások.

A 2. táblázat a légiközlekedési iparágban elkövetett különböző terrorcselekmények célcsoportjait és céljait foglalja össze.

2. táblázat  
A légi terrorcselekmények típusai és célrendszere [11]

A terrorcselekmény típusa	A terrorcselekmény érintettjei	A terroristák célja
Repülőgép-elterítés, túsok ejtése.	Utasok és hajózőszemélyzet	Politikai követelések teljesítése, médiafigyelem megszerzése. A direkt károkozás nem elsődleges szempont.
„Parkoló” repülőgép megszerzése a mozgásszabadság érdekében.	Repülőgép	Terroristák szállítása egyik földrajzi pontból a másikba.
Repülőgép felrobbantása a levegőben.	Repülőgép, utasok, hajózőszemélyzet	Jelentős anyagi és politikai károkozás, pszichológiai fájdalom generálása, félelemkeltés.
Repülőtéri földi infrastruktúrák elleni közvetlen támadás.	Földi kiszolgáló létesítmények (például parkolók, terminálok), repülőtéri alkalmazottak, utasok	Jelentős anyagi és politikai károkozás, pszichológiai fájdalom generálása, félelemkeltés.
Repülőtéri terminálok elleni támadások.	Utasok, repülőtéri alkalmazottak	Jelentős anyagi és politikai károkozás, pszichológiai fájdalom generálása, félelemkeltés.

A légi terrorizmus mértékét a 3. táblázat mutatja összesített statisztikai adatok segítségével.

3. táblázat  
A különböző terrortámadások és halálos áldozataik száma a légi közlekedés kezdetétől napjainkig [3]

Terrortámadások száma (darab) a légi közlekedésben (1931–2016)				
Repülőterek földi infrastruktúrája elleni támadások	Repülőgép-elterítések	Szabotázsakciók	Öngyilkosmerényletek	Összesen
338	221	56	20	635
Terrortámadások halálos áldozatainak száma (fő) 1931–2016				
Repülőterek földi infrastruktúrája elleni támadások	Repülőgép-elterítések	Szabotázsakciók	Öngyilkosmerényletek	Összesen
1650	279	1 726	3159	6814

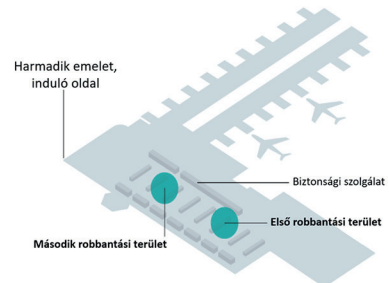
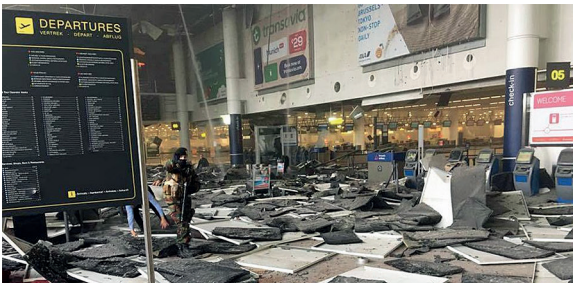
A légi közlekedésben elkövetett terroristaakciók célpontjai az 1960-as évek repülőgép-elterítéseiről és 1980-as és 1990-es évek repülőgép-robbantásairól a 2010-es éveket követően fokozatosan áthelyeződtek a nemzetközi repülőterek földi infrastruktúrája (nyilvános és zárt területek) elleni támadásokra, amelyek egyre súlyosabbak lesznek. Erre példák: 2011-ben Moszkvában a Domodedovo Nemzetközi Repülőtér Érkezési Terminálján (Arrival Hall) egy öngyilkos merénylő által robbantott bomba 37 embert ölt meg. A 2. ábrán látható, hogy 2016-ban

Izstambulban az Atatürk Nemzetközi Repülőtéren három, az Iszlám Államhoz (ISIS) tartozó terrorista a repülőtér földi létesítményeinél három különböző pontot robbantott bombát. A bombatámadás során 41 embert (ebből 13 külföldi állampolgárt) öltek meg, és több mint 230-an sérültek meg. A 3. ábrán látható Zaventem Nemzetközi Repülőtér (Brüsszel) terminálján szintén 2016-ban robbant két különböző ponton bomba, megölve 32 embert [12], [13].



2. ábra

Izstambul, Atatürk Nemzetközi Repülőtér 2016-ban a robbantások után (balra), valamint a bombák robbanási helyszínei (jobbra) [12]



3. ábra

Brüsszel, Zaventem Nemzetközi Repülőtér 2016-ban a robbantások után (balra), valamint a bombák robbanási helyszínei (jobbra) [13]

Mindhárom repülőtéri bombarobbanás a földi infrastruktúra nyilvános, utasforgalom számára hozzáférhető területen történt, és az utólagos vizsgálatok minden esetben a biztonsági rendszer hiányosságaira mutattak rá.

## Hagyományos repülőtéri biztonsági megoldások

A repülőterek menedzsmentje számára az egyik legnagyobb kihívás, hogy a növekvő utasforgalom következtében az utasok gyorsan és biztonságosan (torlódások és fennakadások nélkül) átjussanak a jelenleg meglévő ellenőrzőpontokon. Másfelől a jelenleg alkalmazott hagyományos technikai megoldások érzékenysége, megbízhatósága, pontossága korlátozott. A 4. táblázat mutatja a jelenleg széles körben, régóta alkalmazott megoldásokat, amelyeknek továbbfejlesztése vagy korszerűbb módszerekkel való kiváltása egyre inkább sürgetővé válik.

4. táblázat  
Jelenleg alkalmazott repülőtéri hagyományos biztonsági megoldások [14]

Megoldás	Lényege
<b>Csomag- és szállít-mányvizsgáló röntgenberendezések</b>	A nemzetközi repülőtereken több mint 30 éve használják ezeket a berendezéseket. A legfejlettebb biztonsági röntgenberendezések képesek a 0,1 mm átmérőjű rézhuzal pontos megjelenítésére és a folyadék, gél, illetve aeroszol halmazállapotú robbanóanyagok kiszűrésére is.
<b>Fém-detektor kapuk</b>	A fém-detektor kapuk az áthaladó személyeknél lévő fémtárgyak felderítésére szolgálnak. Olyan nagy az igény ezekre a berendezésekre, hogy különböző típusú kapukat gyártanak általános biztonsági célokra (például közintézményekbe), büntetés-végrehajtási intézményekbe, gyártóüzemekbe, illetve a repülőterekre.
<b>Kézi fém-detektorok</b>	A fém-detektor kapu által kiválasztott személynél a fémtárgyak elhelyezkedését lokalizálják. Alkalmasak sípólással vagy hangtalanul (rezgéssel) jelezni a fémtálatatot, illetve a hang (rezgés) intenzitása arányos a megtalált fémtömeg nagyságával.
<b>Folyadék-analizáló készülékek</b>	A berendezés a folyadékok fizikai tulajdonságai alapján szűri ki a veszélyes anyagokat (felbontás nélkül) a palack behelyezésével. Az adott folyadékra jellemző spektrumot összeveti a berendezés számítógépe a saját referencia-könyvtárával, megállapítva így, hogy a folyadék veszélyes-e vagy sem. A tálcára helyezett folyadékokat át lehet vizsgálni röntgensugaras berendezéssel is. Ezekbe a berendezésekbe bele van építve a robbanóanyag- és a robbanóanyagnyom-felderítőeszköz. Az EMA, azaz az elektromágneses folyadék-elemző gép akkor is használatban van, amikor a röntgengépek gyanúsnak találják a folyadékot. Ebben az esetben mindenképpen le kell ellenőrizni ezzel az eszközzel a folyadékot.
<b>Bombavédelmi konténerek</b>	<p>Az elhagyott vagy gazdátlan csomagok, kézipoggyászok komoly biztonsági kockázatot jelentenek. Az ilyen csomagokat, annak minimális mozgatásával, haladéktalanul el kell különíteni és a tűzserépszakemberek helyszínre érkezéséig biztos helyen (izolációs konténerben) kell tárolni. Az egyik csoportba tartoznak a több centiméter vastag ásványi anyag keverékből álló speciális (kompozit) összetételű, merev falú robbanási energia-és repeszelnyelő megoldások. A bombakonténer belső fala elnyeli, felemészti a robbanási energia nagy részét. A konténer maximális deformáció mellett is képes megakadályozni az emberekre különösen veszélyes repeszek kirepülését a tartályból.</p> <p>A másik csoportba a lágy falú bombakonténerek tartoznak, amelyek a robbanási energia egy részét detonáció formájában ugyan továbbengedik, de így is jelentősen csökkentik a bomló hatást a környezetükben. Ezeknél a védőeszközöknél a repeszhatás elhárítása az elsődleges cél. A merev falú konténerekkel szemben ezeknek a védőeszközöknek a tömege fele-, negyeddakora vagy akár töredéke is lehet.</p>

## Újgenerációs, intelligens repülőtéri biztonsági megoldások

A légi közlekedési iparág globálisan előrejelzett növekedése miatt a jelenleginél jóval hatékonyabb biztonsági megoldásokra van szükség, amelyek mérséklik a repülőterek terrorfenyegetettségét, egyben javítják az ügyfélélményt, jelentősen csökkentve a biztonsági rendszereken való „átfutási időket” egy magasabb biztonsági szint mellett. Az „Intelligens Biztonság” (Smart Security) az IATA<sup>1</sup> és az ACI<sup>2</sup> közös kezdeményezése. [15]

<sup>1</sup> Nemzetközi Légi Szállítási Szövetség (IATA): a légi közlekedési iparág szereplőit tömörítő, montreali székhelyű kereskedelmi szervezet.

<sup>2</sup> Repülőterek Nemzetközi Tanácsa (ACI): 1991-ben alapított, a világ repülőtereit tömörítő szervezet.

## Gyanús személyek hatékony kiszűrése [16]

A régóta alkalmazott hagyományos zárt láncú (CCTV) kamerák csupán „néznek, de nem látnak”. Képtelenek releváns mozzanatok „felismerésére” és jelzésére, vagyis a közbeavatkozásra. Még a kiképzett operátorok alkalmazásával is szinte megoldhatatlan feladat a nagy tömegű képi információ értékelése és feldolgozása. Ezzel szemben a mesterséges intelligencia (AI)<sup>3</sup> alapú okos rendszerek különböző algoritmusok szerint aktív képi elemző és értékelő tevékenységet végeznek, és minden fontos eseményre azonnal riasztanak. Az intelligens kamerarendszerek főbb elemei:

- *Viselkedéselemző algoritmusok*: A rendszer képes detektálni a szokatlan/nem életszerű magatartásokat. A hirtelen irányváltás vagy a kézipoggyász elhagyása és bármilyen feltűnő viselkedés azonnal az operátor látókörébe hozza a célszemélyt. Az ilyen jelzések nagymértékben segíthetik a terrortámadások megghiúsítását, megelőzését. Az „öntanuló” szoftverek képesek felismerni az utcai járókelők szokásos viselkedési mintázatait, és bizonyos „betanulási” időszakot követően minden átlagos hétköznapi eseménytől eltérő mozzanatot azonnal jeleznek.
- *Testhőmérséklet-változások kiszűrése*: A szoftver képes felismerni az erőteljesebb hangokat, a rendellenes testmozgásokat, és a hirtelen testhőmérséklet-változásokat is. Az okos algoritmus nyilvánvaló módon nem csupán viselkedési mintákat elemez, de előre is jelez (prediktív). A jelentések szerint a poggyászok képi ellenőrzése is egy opció.
- *Újgenerációs biometrikus azonosító eljárások*: Az ujjlenyomat-, retina-, hang- és vénaszkenneres megoldások mellett egyre elterjedtebben vezetik be és alkalmazzák az arcfelismerő algoritmusokat.<sup>4</sup> A hatóságok által előre beprogramozott képi információk alapján a technológiával a körözött bűnözőket, illetve már nyilvántartásba vett terroristákat is képesek beazonosítani, ahogyan az a 4. ábrán látható.
- *Személy- és tárgy (például személygépkocsi) követési algoritmus* is sokat segíthet bármilyen szempontból gyanús körülmény tisztázása érdekében. Különösen nagy repülőterek parkolójának felügyeletére és ellenőrzésére kiválóan alkalmas, főleg ha rendszámfelismerő rendszerekkel integrálják.

<sup>3</sup> A Mesterséges Intelligencia (AI) a számítástechnika egyik területe, amely azzal foglalkozik, hogy egy létrehozott program vagy rendszer képes legyen a különböző környezeti behatásokra állandó emberi beavatkozás nélkül is adekvát válaszokat adni, megoldva gazdasági, társadalmi, orvosi, műszaki stb. problémákat.

<sup>4</sup> Az Amerikai Egyesült Államok Vámhivatala a dallasi repülőtéren kezdte el használni az MFlow-t, amely érzékelési és követési az utasok mozgását, hogy preventív jelzéseivel segítse a „problémás” utasok kiszűrését. Az izraeli Faception cég fejlesztői olyan mesterséges intelligenciát hoztak létre, amely az arcok sajátosságainak elemzéséből profilozási következtetéseket tud levonni. Az eljárás képes felismerni terroristákat, pedofil személyeket, de akár magas intelligenciájú egyéneket is, és már működő arcfelismerő kamerarendszerekbe is lehet integrálni.





4. ábra

*Az izraeli Faception valós idejű, gépi tanuláson<sup>5</sup> alapuló arcfelismerő rendszere a gyakorlatban [17]*

## Következő generációs innovatív megoldások az utasok átvilágítására [18]

A repülőterek növekvő utasforgalma megköveteli, hogy költséghatékonyan, gyorsan és megbízhatóan történjen az utasok átvilágítása/szkennelése a biztonsági pontoknál. Ennek egyik feltétele olyan megoldások kifejlesztése és bevezetése, amelyek kiküszöbölik azt, hogy az utasok a biztonsági ellenőrzések során eltávolítsák az elektronikai eszközöket, fémtárgyakat és a folyadékokat a kabát-, ruhazsebekből vagy kézitáskákból. Mesterséges intelligenciát fejlesztenek ki, amely elemzi a repülőtér röntgenszkennereiből származó képeket, és bármit azonosíthat, ami nem tűnik megfelelőnek. Egy ilyen rendszer megtanulná, hogyan néz ki például egy tipikus laptop, és felismeri, ha azt olyan anyagokra módosították, amelyeket még soha nem láttak.

- *Scanna cipőszkenner:* Az Egyesült Királyságban a Future Aviation Security Solutions (Fass) program keretében fejlesztették ki a jelenleg még prototípusfázisban lévő, a cipők levételét kiküszöbölő, a Scanna cég által kifejlesztett cipőszkenner (lásd 5. ábra). A berendezés lényege a szenzorokból álló rács, amely megbízhatóan, néhány másodperc alatt kimutatja a cipőbe nem való anyagokat és tárgyakat, azonnal riasztva a biztonsági szolgálatot. A berendezést várhatóan 2019. végétől vezethetik be széles körben a nemzetközi repülőtereken.

<sup>5</sup> A gépi tanulás a Mesterséges Intelligencia egyik ága: Lényege, hogy a rendszer példaadatokat, minták alapján képes önállóan vagy emberi segítséggel szabályszerűségeket/szabályokat felismerni/meghatározni. A rendszer képes olyan általánosításra, amely alapján, a tanulási szakasz végeztével, ismeretlen adatokra vonatkozólag is „helyes” döntéseket tud hozni.



5. ábra

*A cipő levételét feleslegessé tevő, a rejtett robbanóanyagok, drogok néhány másodperc alatti biztonságos detektálását lehetővé tevő cipőszkenner [18]*

- „Mély zsebek” – *Sequestim Szkenner*: Egy másik cég, a Sequestim megoldása (lásd 6. ábra) jelentősen fel tudja gyorsítani a biztonsági kapukon való áthaladást. A mesterséges intelligenciát kombinálták a repülőtereken már használt utasszkennerekben lévő érzékelőkkel. Az új típusú érzékelő hűtése – 273°C hőmérsékleten növeli annak működési hatékonyságát, és lehetővé teszi az utasok szkennelését akár 8 méterről is. A rendszer megtanulja, hogy „mi néz ki normálisnak”, és képes lesz megbízhatóan megjelölni a gyanús tárgyakat.

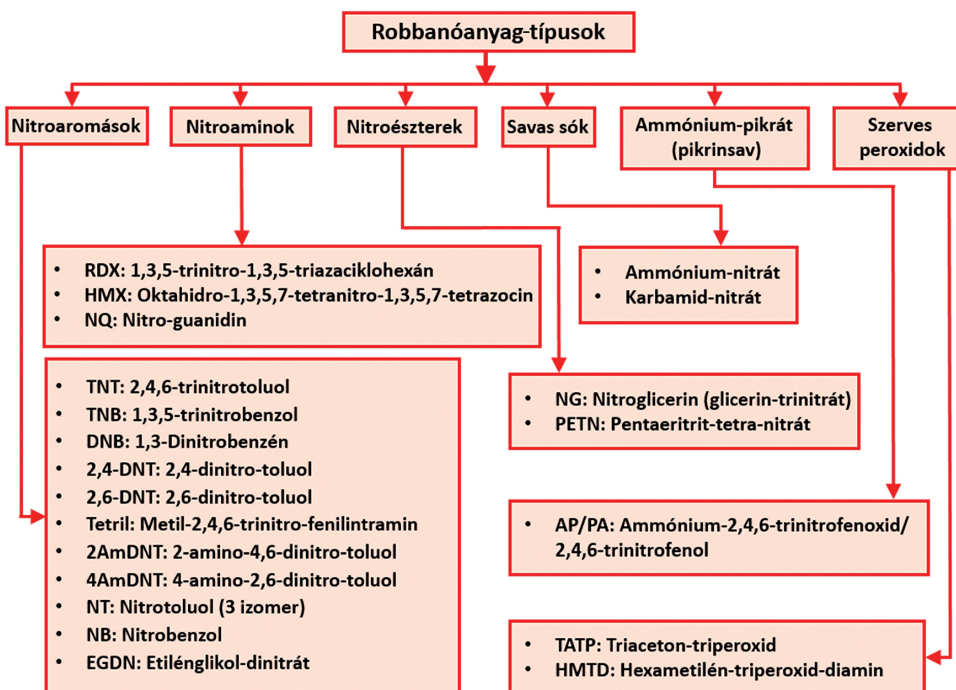


6. ábra

*A Sequestim-szkenner működés közben a Cardiff Nemzetközi Repülőtéren [18]*

## Hatékonyabb poggyász-átvilágítás a robbanóanyagok detektálásával

A robbanóanyagok nyomainak gyors, egyszerű és megbízható detektálása külső helyszíneken, nem laboratóriumi körülmények között évtizedek óta folyamatos kihívás a közbiztonság és a globális terrorizmus elleni küzdelemben, beleértve a légi közlekedést is. Az 7. ábra áttekintést ad a leggyakrabban alkalmazott robbanóanyagokról kémiai összetétel szerinti csoportosításban.



7. ábra

A legelterjedtebben használt robbanóanyagok csoportosítása kémiai összetétel szerint [19]

A robbanóanyagokat lehet alkalmazásuk szerint is osztályozni [5]:

- iniciáló vagy indító robbanóanyagok;
- brizáns vagy hevesen robbanó (helyi romboló, repesztő) robbanóanyagok;
- lőporok vagy hajtó robbanóanyagok;
- pirotechnikai összetételek (elegyek).

A rejtett robbanóanyagok nem laboratóriumi körülmények közötti detektálása érzékeny, speciális eszközöket igénylő feladat. A repülőtereknél a robbanóanyag-nyomok jelenlétének megbízható és költséghatékony érzékelése a cél, a vegyületek beazonosítása utólagos laboratóriumi vizsgálatokat igényel. A jelenlegi módszerek nem eléggé szelektívek és érzékenyek.

- *Ionmobilitás spektrometrián (IMS<sup>6</sup>) alapuló Bruker Detection DE-Tector*: A Bruker Detection DE-Tector műszere megbízhatóan mutatja ki a robbanóanyagok és kábítószerek nyomait az utasok ruházatán és használati tárgyain, ha azok kapcsolatba kerültek ilyen anyagokkal. Ha robbanóanyagokat észlelnek, akkor a műszer azonosítja a robbanóanyag típusát is. A berendezés, amely a 8. ábrán látható, legmagasabb érzékenységi és specifikációs szintet éri el anélkül, hogy a konkurens műszerekben található radioaktív forrást alkalmazná.



8. ábra

*A Bruker Detection DE-Tector rendszere az ionmobilitás-spektrometriás technológián alapul [20]*

- *A COBRA CT szkennert utóda a ConneCT*: A repülőtéri biztonsági szűrés következő generációjának egyik lehetséges megoldása a számítógépes tomográfia (CT) szkennelés, hasonlóan a kórházakban használt technológiához. Az Analogic cég forgalmazza a COBRA nevű CT-szkennert, amely 2006 óta érhető el, míg ennek utódja, a ConneCT elnevezés jelenleg a termékfejlesztés prototípus szakaszában van. A CT-technológiának az az előnye, hogy az utasoknak a laptopokat és a különböző folyadékokat nem kell elővenniük a kézipoggyászaikból, amikor elérik az ellenőrzőpontot, ami gyorsítja az áthaladást, hozzájárulva az „utasélmény” javításához. Ezenkívül a ConneCT felülmúlja a meglévő szkennelőberendezések felbontási képességét és érzékenységét, valamint lehetővé teszi a kezelők számára a 3D-képek forgatását, ami jelentősen megkönnyíti a gyanús tárgyak beazonosítását, óránként

<sup>6</sup> Az IMS alapelve: a mintaanyag molekuláit ionizálják sugárforrással vagy koronakisüléssel. Az ionok ezt követően egy elektromos téren keresztül áthaladnak különböző sebességgel, mielőtt elérik a detektort. Az elektromos mezőn való áthaladási idők alapján beazonosíthatók az egyes alkotóelemek. Az RDX, HMX, PETN, NTO és TNT detektálási határa körülbelül 1, 10, 40, 1000 és 1000 ng volt.

550 csomag/poggyász megbízható átvilágítása mellett. A 9. ábrán látható ConneCT tesztje az egyesült királyságbeli Lutoni Repülőtéren folyik. A Lutoni Repülőtér jelenleg egy, az utasok számára külön költség megfizetésével igénybe vehető úgynevezett prémium sávban alkalmazza a berendezést, amellyel kapcsolatban kedvező visszajelzések érkeztek az utasok felől.

- *A HI-SCAN 10080 XCT következő generációs, automatizált robbanóanyag-detektálás:* A Smiths Detection cég olyan termékeket fejleszt és gyárt, amelyek azonosítják a robbanóanyagokat, a vegyi és biológiai ágenseket, valamint a fegyvereket. Korszerű újításai közé tartozik a HI-SCAN 10080 XCT, a feladott poggyász újgenerációs automata robbanóanyag-észlelő rendszere<sup>7</sup>, amely kevesebb számú munkaállomás és kisebb operátori létszámmal is maradéktalanul eleget tud tenni a biztonsági követelményeknek.



9. ábra

*A ConneCT ellenőrzőpontjának biztonsági rendszere olyan újgenerációs CT-szűrőtechnikát használ, amely lehetővé teszi a magasabb észlelést és alacsonyabb hamis riasztási arányt [20]*

## A légi közlekedés belülről adódó fenyegetettségei [21], [22], [23], [24]

A repülőterek alkalmazottainak lehetőségük van *bennfentesként* az utasforgalom elöl elzárt területekre is bejutni, illetve a biztonsági eljárásokat kijátszani, kiszolgáltatva a repülőtér a terroristaveszélyeknek.

A *bennfentes* olyan személy, aki jogosulatlan célokra hasznosítja a munkakörében rejlő lehetőségeket vagy tudását. Biztonsági kockázatot jelentő repülőtéri munkakörök:

<sup>7</sup> A berendezés kombinálja a röntgenskenner és a 3D számítógépes tomográfia (CT) előnyeit. Képes óránként 1800 csomag átvilágítására, valamint a nagyobb méretű, 100 x 80 cm-es tárgyak kezelésére is.

- légitársaságok alkalmazottai;
- légiforgalmi irányítók;
- repülőgépek karbantartói;
- földi kiszolgálólétesítmények alkalmazottai (csomagkezelés, repülőtéri buszok/taxik vezetői, takarítók, biztonsági emberek, repülőtéri üzletek/éttermek alkalmazottai, egyéb létesítményüzemeltetők).

A bennfentes fenyegetések nagyon sokfélék lehetnek (az utasok csomagjainak fosztogatásától, a bizalmas információk illetéktelen harmadik félnek való kiszolgáltatásán, a biztonsági ellenőrzéseken való átjutás szándékos megkönnyítésén, szabotázsán, a korábban elbocsátott alkalmazottak szándékos károkozásán, a munkahelyi erőszakon át a terrorizmusig bezárólag).

Erre két példa:

- Valószínűleg az utóbbi idők egyik legismertebb brit terrorista bennfentes Rajib Karim. Karim a British Airways szoftvermérnöke volt, akit iszlám szélsőségesek beszerveztek, radikalizáltak, és azt tervezték, hogy bombát helyeznek a BA repülőgép fedélzetére. A terv idő előtt lelepleződött, és az illetőt 30 év börtönre ítélték terroristatevékenysége miatt.
- 2015. október 31-én az orosz Metrojet 9268-as járat a Sínai-félszigeten lezuhant, miután felszállt Sarm es-Sejkből, Egyiptomból. Egy italos dobozba rejtett bomba robbant a fedélzeten. Az Iszlám Államhoz tartozó csoport követte el a támadást, amely 224 embert ölt meg. A hatóságok gyanúja szerint a bombát a repülőtér egyik alkalmazottja juttatta fel a repülőgép fedélzetére még a felszállás előtt.

Az IATA által javasolt megoldások:

- Minden részletre kiterjedő toborzási és kiválasztási HR-technikák alkalmazása (a jelentkezőkre nézve a bűnügyi nyilvántartás, szakmai és magánéleti előzményeik áttekintésével).
- Repülőterek „zárt” területein dolgozó alkalmazottak rendszeres ellenőrzése, átvilágítása (a viselkedés vagy aggodalomra okot adó tevékenységek azonosítása).
- Átvilágítási és megakadályozási (spot and stop) intézkedések az életkörülményekben bekövetkező kedvezőtlen változások miatti sebezhetővé válás és a radikalizálódás elkerülésére.
- Megállító intézkedések: a bennfentesek lehetőségeinek és tudásának jogosulatlan célokra való felhasználásának megakadályozására, elriasztására vagy az érintett alkalmazottak eltávolítására.

Ez utóbbira ismét két példa a közelmúltból:

- 2015 novemberében a francia sajtó beszámolt arról, hogy a párizsi Charles de Gaulle repülőtéren azokat a munkavállalókat ellenőrizték a francia bűnüldöző hatóságok, akiknek jogosultságuk volt elzárt biztonsági területekre (RSA) is belépni. Az átvilágítás során a repülőtér érzékeny területein dolgozó több mint 70 alkalmazott biztonsági engedélyét visszavonták annak gyanúja alapján, hogy radikalizálódási folyamaton mentek keresztül, így komoly nemzetbiztonsági kockázatot jelentenek.

- A brüsszeli Zaventem repülőtéri rendőrség kiderítette, hogy az alkalmazottak közül legalább 50 fő az Iszlám Állam támogatójaként poggyászkezelőként, takarítóként és vendéglátósként dolgozik a repülőtéren, sőt többen rendelkeztek olyan jogosultságokkal is, amelyek lehetővé tették számukra a repülőgépekhez való közvetlen hozzáférést.

Az 5. táblázat a belső kockázatot jelentő viselkedési formákat és az erre utaló jeleket foglalja össze.

5. táblázat  
Kockázatot jelentő viselkedési formák [24]

<b>A légi közlekedési iparág alkalmazottainak belső kockázatokot rejtő viselkedési formái, valamint az ezek gyanújára utaló indikátorok</b>	
A korábbihoz képest jelentősen megváltozott külső.	Kézen és testfelszínén égésnyomok, a bőrfelszín kémiai fehéritése.
Ideges, titkolózó viselkedés, verejtékezés, szemkontaktus kerülése.	Hozzáférési pontok „látszólagos” és gyakori ellenőrzése.
A testbeszéd és a mozgás összhangban van a rejtett kamerával készülő felvételek készítésével.	Biztonsági kamerák kerülése.
Egyedüli vagy felügyelet nélküli munkavégzés nyomatékos követelése	Repülőtéri alkalmazottak egyenruhájába öltözött illetéktelen személyeknek a zárt területekre való bejutásának segítése.
Bizalmas információkkal való visszaélés.	Gyanús külföldi kapcsolatok (akár személyes, akár interneten vagy közösségi oldalakon keresztül), utazások.
Büntetett előélet.	A belső biztonsági utasítások folyamatos és következetes figyelmen kívül hagyása.
A munkaköréhez nem tartozó ügyek, területek biztonsági problémái iránti élénk érdeklődés.	Munkaidőn kívüli órákban való munkavégzés előzetes vezetői engedély nélkül.
Engedély nélküli adatszerzés.	A terrorizmus elleni küzdelemhez szükséges információk visszatartása vagy meghamisítása.
Erőszakos, fenyegető hangvételű munkahelyi kommunikáció.	A biztonsági pontokon való átjutást lehetővé tevő jelvények, azonosítók megszerzése és megosztása illetéktelen személyekkel.
Bűnözői csoportokkal való összejátszás.	Hirtelen és megmagyarázhatatlan anyagi jólét, tiltott dolgok rendszeres átjuttatása a biztonsági pontokon.

## Összefoglalás

A repülőterek üzemeltetőinek szorosan együtt kell működniük a különböző légitársaságokkal és a földi kiszolgálólétesítményeket üzemeltető cégek vezetőivel a megfelelő biztonsági szint kialakítása és fenntartása érdekében. Ennek akkor lehet eleget tenni, ha a légi közlekedés zavartalansága érdekében a biztonsági kockázatokat teljeskörűen beazonosítják, és ezek kiküszöbölésére, minimalizálására intézkedési/védelmi tervet dolgoznak ki és vezetnek be. A repülőtéri menedzsmentnek, biztonsági szakértők bevonásával, a döntések előkészítése során a kockázati tényezőket rangsorolnia kell aszerint, hogy mekkora a veszély bekövetkezésének valószínűsége, illetve a potenciális károkozási képessége. A kívülről és a belülről jövő terrorveszély minimalizálása érdekében bevezetett biztonsági eljárások és technikai megoldások, valamint a személyzet rendszeres továbbképzésébe fektetett költségek hosszabb távon

mindenképpen megtérülnek, hiszen légitársaságok mehetnek csődbe vagy repülőtereket kell bezárni bizalomvesztés miatt. (Például, ha egy terminálon vagy repülőgép fedélzetén bomba robban, és később kiderül, hogy nem megfelelő biztonsági átvizsgálás előzte meg a terminálokra való belépést vagy a repülőgép felszállását.) Az Ipar 4.0 és a digitalizációs trendek alapján az intelligens (smart), a mesterséges intelligencián (AI) alapuló újgenerációs módszerek és eszközök széles tárháza fog rendelkezésre állni a közeljövőben (korszerű biometrikus azonosítók és kamerák, továbbfejlesztett vagy új típusú szkennerek, összekapcsolt adatbázisok, platformok és hatékonyabb kommunikációs rendszerek). Ezek pontosabban, gyorsabban, megbízhatóbban és hatékonyabban szűrik ki a különböző kockázati tényezőket, egyidejűleg kevesebb kényelmetlenséget okozva az utasoknak.

Ugyanakkor fontos a biztonsági személyzet jogszerű, szakszerű és kulturált intézkedése, ellenőrző tevékenysége az utasokkal szemben (amelyre különböző szimulációs helyzetgyakorlatokkal, rendszeres továbbképzésekkel lehet felkészíteni őket), mivel ellenkező esetben az utasok vélt vagy valós sérelmeik orvoslása céljából hatóságokhoz, valamint a médiához fordulva, „kellemetlenségeket”, „utasvesztéseket” okozhatnak a repülőternek.

## Hivatkozások

- [1] Air Transport Action Group, "Aviation Benefits beyond Borders" 2018, [Online]. Elérhető: [https://aviationbenefits.org/media/166344/abbb18\\_full-report\\_web.pdf](https://aviationbenefits.org/media/166344/abbb18_full-report_web.pdf) (Letöltve: 2019. 08. 10.)
- [2] A. Horváth, „A repülőterek és légirányítás, mint kritikus infrastruktúrák,” *Hadmérnök*, 4. évf. 4. sz. pp. 90–99. 2009.
- [3] J. Duchesneau and M. Langlois, "Airport attacks: The critical role airports can play in combatting terrorism," *Journal of Airport Management*, vol. 11, no. 4, 342–354, 2017.
- [4] E. Azani, L. A. Lvovsky and D. Haberfeld, *Trends in Aviation Terrorism*. International Institution for Counter-Terrorism (ICT), 2016.
- [5] V. Szabó, „Repülőtéri biztonság fejlődés a repülőfedélzeten elkövetett robbantásos események tükrében,” Szakdolgozat, Nemzeti Közszerződési Egyetem, 2016, [Online]. Elérhető: [www.repulestudomany.hu/tdk/2016\\_Szabo\\_Vivien\\_SZD.pdf](http://www.repulestudomany.hu/tdk/2016_Szabo_Vivien_SZD.pdf) (Letöltve: 2019. 08. 12.)
- [6] Budapest Airport, „Repülőtér rendje,” 2019. [Online]. Elérhető: [www.bud.hu/file/documents/2/2957/ii\\_fejezet\\_beletes\\_a\\_repuloterre\\_2019\\_05\\_15.pdf](http://www.bud.hu/file/documents/2/2957/ii_fejezet_beletes_a_repuloterre_2019_05_15.pdf) (Letöltve: 2019. 08. 12.)
- [7] Budapest Airport, [Online]. Elérhető: [www.bud.hu/utazas/utazas\\_elott/poggyasz\\_es\\_biztonsagi\\_ellenorzes/utasbiztonsagi\\_ellenorzes](http://www.bud.hu/utazas/utazas_elott/poggyasz_es_biztonsagi_ellenorzes/utasbiztonsagi_ellenorzes) (Letöltve: 2019. 08. 12.)
- [8] Gy. Fialka, S. Kovács, A. Márton és M. Márton, *Létesítményvédelem*. Budapest: Nemzeti Közszerződési Egyetem, 2014.
- [9] I. Ernszt, „A nemzetközi légiközlekedés védelme című PhD értekezéshez,” Tézisek, 2007. [Online]. Elérhető: <http://ajk.pte.hu/files/file/doktori-iskola/ernszt-ildiko/ernszt-ildiko-vedes-tezisek.pdf> (Letöltve: 2019. 08. 10.)
- [10] R. Balogh, „A légiközlekedés biztonsági kihívásai és kockázatai, a velük szembeni terrortámadások elleni védelem követelményei és módszerei,” *Hadtudományi Szemle*, 10. évf. 3. sz. pp. 463–475. 2017.
- [11] J. Arasly, "Terrorism and Civil Aviation Security: Problems and Trends," *The Quarterly Journal*, vol. 4, no. 1, pp. 75–89, 2005. DOI: <https://doi.org/10.11610/connections.04.1.05>



- [12] BBC News, "Istanbul Atatürk airport attack: 41 dead and more than 230 hurt," *BBC News*, 29 June 2016, [Online]. Elérhető: [www.bbc.com/news/world-europe-36658187](http://www.bbc.com/news/world-europe-36658187) (Letöltve: 2019. 08. 12.)
- [13] BBC News, "Brussels explosions: What we know about airport and metro attacks," *BBC News*, 9 April 2016, [Online]. Elérhető: [www.bbc.com/news/world-europe-35869985](http://www.bbc.com/news/world-europe-35869985) (Letöltve: 2019. 08. 12.)
- [14] „Repülőtéri megoldások,” *zandz.hu*, [Online]. Elérhető: <https://zandz.hu/megoldasaink/repuloteri-megoldasok/> (Letöltve: 2019. 08. 10.)
- [15] Safe Passage International, "Smart Security – The Next Generation of Security Checkpoints," 16 March 2018, [Online]. Elérhető: <http://blog.safe-passage.com/smart-security-the-next-generation-of-security-checkpoints> (Letöltve: 2019. 08. 12.)
- [16] „Terrorelhárítást szolgáló intelligens kamerarendszerek!,” *steve4security12.blog.hu*, [Online]. Elérhető: [https://steve4security12.blog.hu/2016/09/27/segithetnek-e\\_kamerarendszerek\\_a\\_terror\\_elharitasban](https://steve4security12.blog.hu/2016/09/27/segithetnek-e_kamerarendszerek_a_terror_elharitasban) (Letöltve: 2019. 08. 12.)
- [17] Computerworld, "Faception can allegedly tell if you're a terrorist just by analyzing your face," *Computerworld*, 25 May 2016, [Online]. Elérhető: [www.computerworld.com/article/3075339/faception-can-allegedly-tell-if-youre-a-terrorist-just-by-analyzing-your-face.html](http://www.computerworld.com/article/3075339/faception-can-allegedly-tell-if-youre-a-terrorist-just-by-analyzing-your-face.html) (Letöltve: 2018. 08. 13.)
- [18] BBC News, "Future of airport security on show in London," *BBC News*, 17 Jan. 2019, [Online]. Elérhető: [www.bbc.com/news/technology-46906935](http://www.bbc.com/news/technology-46906935) (Letöltve: 2019. 08. 12.)
- [19] W. Zhang, Y. Tang, A. Shi, L. Bao, Y. Shen, R. Shen, and Y. Ye, "Recent Developments in Spectroscopic Techniques for the Detection of Explosives," *Materials*, vol. 11, no. 8, p. 1364, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3390/ma11081364>
- [20] Airport Business, "Streamlining security: Next generation screening and detection," *Airport Business*, 27 Nov. 2013, [Online]. Elérhető: [www.airport-business.com/2013/11/streamlining-security-next-generation-screening-and-detection/](http://www.airport-business.com/2013/11/streamlining-security-next-generation-screening-and-detection/) (Letöltve: 2019. 08. 12.)
- [21] The Conversation, "Airport security threats: combating the enemy within," *The Conversation*, 15 Nov. 2018, [Online]. Elérhető: <https://theconversation.com/airport-security-threats-combating-the-enemy-within-106271> (Letöltve: 2019. 08. 12.)
- [22] IATA: Insider Threat-Effective August 2015-Version 2 (June 2018)
- [23] IATA: Security System Management (SeMS) Manual 2nd Edition 2019. IATA-kód: 9329-02
- [24] "Aviation Insider Threat: What We Know, Our Findings, and What We Recommend," The public-private analytic exchange program, 2017, *dni.gov*, [Online]. Elérhető: [www.dni.gov/files/PE/Documents/4--2017-AEP\\_Aviation-Insider-Paper.pdf](http://www.dni.gov/files/PE/Documents/4--2017-AEP_Aviation-Insider-Paper.pdf) (Letöltve: 2019. 08. 12.)

## SMART SECURITY SOLUTIONS FOR EFFECTIVE REDUCTION OF FUTURE TERRORIST THREATS AT INTERNATIONAL AIRPORTS

*The airline industry has grown to become a global sector today to link countries and continents quickly and easily. Due to its economic, social importance and impact, aviation is one of the preferred targets of terrorism. Meanwhile, security practices related to aircraft security and surveillance have been strengthened by lessons learned from terrorist attacks of recent decades, impeding access to the aircraft for the potential future terrorists, the majority of ground infrastructures*

at international airports are open for passenger traffic. It is essential that the next generation of smart security solutions based on Artificial Intelligence (AI) be implemented as soon as possible, filtering out different risk factors more accurately, faster and in a more reliable manner. At the same time, the legal, professional and cultured actions of the security staff against the passengers are also important, for which they can be trained by various simulation situation exercises and regular in-service training.

**Keywords:** airport security, airport ground infrastructure, terror attacks, smart security tools and methods, internal risks

---

Venczel Márk MSc  
doktoranduszhallgató  
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem  
Vasúti Járművek Repülőgépek és Hajók Tanszék  
mvenczel@vrht.bme.hu  
<https://orcid.org/0000-0002-4319-1463>

Márk Venczel MSc  
PhD Student  
Budapest University of Technology and Economics  
Department of Aeronautics Naval Architecture and  
Railway Vehicles  
mvenczel@vrht.bme.hu  
<https://orcid.org/0000-0002-4319-1463>

---

Dr. Peredy Zoltán  
intézetvezető  
Edutus Egyetem  
Műszaki Intézet  
peredy.zoltan@edutus.hu  
<https://orcid.org/0000-0002-4074-8430>

Dr. Zoltán Peredy  
Head of Engineering Institute  
Edutus University  
Engineering Institute  
peredy.zoltan@edutus.hu  
<https://orcid.org/0000-0002-4074-8430>

---

Dr. Rohács Dániel PhD  
egyetemi docens  
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem  
Vasúti Járművek Repülőgépek és Hajók Tanszék  
drohacs@vrht.bme.hu  
<https://orcid.org/0000-0002-4629-4417>

Dániel Rohács PhD  
Associate Professor  
Budapest University of Technology and Economics  
Department of Aeronautics Naval Architecture and  
Railway Vehicles  
drohacs@vrht.bme.hu  
<https://orcid.org/0000-0002-4629-4417>

---

Dr. Rohács József CSc  
egyetemi tanár  
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem  
Vasúti Járművek Repülőgépek és Hajók Tanszék  
jrohacs@vrht.bme.hu  
<https://orcid.org/0000-0002-4607-9063>

József Rohács CSc  
Professor  
Budapest University of Technology and Economics  
Department of Aeronautics Naval Architecture and  
Railway Vehicles  
jrohacs@vrht.bme.hu  
<https://orcid.org/0000-0002-4607-9063>

---

Jelen publikáció az EFOP-3.6.1-16-2016-00014 pályázat támogatásával készült, amelynek címe „Disruptív technológiák kutatás-fejlesztése az e-mobility területén és integrálásuk a mérnökképzésbe”.

