

dr inż. **Andrzej ZBROWSKI**
Instytut Technologii Eksploatacji –
Państwowy Instytut Badawczy

ANTYTERRORYSTYCZNE SYSTEMY MONITORUJĄCE – KIERUNKI ROZWOJU

Anti-terroristic monitoring systems -the directions of the development

Streszczenie

W artykule scharakteryzowano współczesne systemy monitorowania antyterrorystycznego. Zaprezentowano systemy monitoringu jako integralny element zapobiegania atakom terrorystycznym. Udokumentowano konieczność rozwoju działań badawczych i rozwojowych systemów monitorowania osób, przedmiotów oraz środowiska naturalnego jako priorytetowego kierunku we współczesnej polityce bezpieczeństwa państwowego. Wskazano na potrzebę integracji monitoringu i środków taktycznych do poziomu spójnego systemu walki z terroryzmem, w którym eliminacja przeciwnika może być zastąpiona skutecznym obezwładnianiem siły żywej. Obezwładnianie terrorysty uniemożliwiające wykonanie ataku, nie tylko zapobiega ludzkiej tragedii i zniszczeniom materialnym ale także przyczynia się do zwiększenia skuteczności metod śledczych i dochodzeniowych. W przedstawionym ujęciu obezwładnianie jest następstwem prawidłowego rozpoznania przeprowadzonego z zastosowaniem systemu monitoringu. W prezentowanym artykule przeprowadzono ogólną klasyfikację antyterrorystycznych systemów monitorujących na systemy monitorowania osób, przedmiotów oraz zagrożenia ekologicznego. Wskazano kierunki rozwoju prac badawczych związanych z doskonaleniem metod monitorowania. Omówiono zagadnienia związane z monitoringiem osób ukierunkowanym na rozpoznawanie tożsamości oraz zachowań potencjalnie uznawanych za niebezpieczne przeprowadzonym na podstawie aktywnej identyfikacji i weryfikacji obiektów. Wskazano zagadnienia, których rozwój badawczy jest wspierany przez programy badawcze Unii Europejskiej oraz programy krajowe. Podkreślono duże znaczenie połączenia problematyki analizy obrazu i analizy zjawisk związanych z „mową ciała” w celu rozwoju technologii przewidywania ludzkich zachowań oraz technologii „skanowania myśli”. Omówiono zagadnienia związane z monitoringiem przedmiotów uznawanych za materiały wybuchowe, broń, substancje chemiczne lub narzędzia potencjalnie niebezpieczne. Zaprezentowano najnowsze możliwości wieloparametrycznych skanerów ciała umożliwiających uzyskanie obrazu niebezpiecznych urządzeń i śladów znajdujących się na ciele np.: skrytych pod ubraniem. Ponadto przedstawiono najnowsze rozwiązania skanerów przeznaczonych do wykrywania materiałów wybuchowych wykorzystujących technologię skanowania bagażu za pomocą technik stosowanych w tomografii komputerowej. Podkreślono istotną rolę biosensorów jako nowego sposobu wykrywania materiałów wybuchowych. Omówiono zagadnienia związane z monitoringiem parametrów środowiska naturalnego jako elementu bezpieczeństwa w warunkach zagrożenia terrorystycznego. Przewidywano kierunki rozwoju prac badawczych zmierzających do zwiększenia skuteczności zdalnego wykrywania skażeń w systemach on line.

Summary

The article presents contemporary anti-terrorist monitoring systems as integral elements of a complex anti-terrorist systems. Monitoring systems are of great importance to national safety and thus R&D activity aiming at their development and improvement should be of priority in the research policy of each and every country. The authors emphasize the need for a compound anti-terrorist system, in which complete elimination of the aggressor can be replaced with their effective incapacitation that reduces the number of casualties and at the same time increases the success and efficiency of investigation methods. In the case presented in the article, the incapacitation of the terrorist is possible due to the application of the monitoring system. Apart from people monitoring systems, the authors of the article distinguish between two more groups of monitoring systems, i.e. environment and object monitoring systems, however the emphasis is put on people monitoring systems that prevent terrorist activity. The features of such systems that are widely discussed in the paper include their ability to identify potentially dangerous behaviour, read facial expressions and body language. Additionally, the range of tasks performed by contemporary multi-parameter body scanners that allow the images of potentially dangerous objects and weapon concealed underneath people's clothing to be recorded is also presented. A significant part of the article is also devoted to object monitoring systems with particular attention paid to scanners for the detection of explosives hidden in luggage that employ computer tomography methods and biosensors. The issues connected with the monitoring of the condition of the environment are also discussed in the context of national safety,

particularly the problems of remote on-line monitoring and detection of hazardous contamination. The authors also point out the R&D activity in the field of national safety and anti-terrorist protection that are supported within the framework of EU strategic research programmes.

Słowa kluczowe: terroryzm, monitoring, identyfikacja, weryfikacja, materiały niebezpieczne;

Keywords: terrorism, monitoring, identification, verification, dangerous materials;

Wprowadzenie

Zapobieganie atakom terrorystycznym stanowi jeden z priorytetowych kierunków działań we współczesnej polityce bezpieczeństwa państwowego. Dwa podstawowe elementy systemu walki z terroryzmem to prewencja i taktyka. Prewencja to przede wszystkim działania związane z monitorowaniem zagrożenia terrorystycznego, zaś taktyka to nowoczesne i niekonwencjonalne środki zwalczania terrorystów. W nowoczesnych systemach rozwiązywania sytuacji kryzysowych oba kierunki są ze sobą wzajemnie powiązane.

Rozwój środków taktycznych jest związany przede wszystkim z nowymi technologiami umożliwiającymi unieszkodliwianie terrorystów w sposób nie powodujący strat ludzkich i materialnych. W tym obszarze prace badawcze skupiają się nad opracowaniem nowego typu niezabijającej lecz obezwładniającej „broni” (*non-lethal weapon, NLW*)¹. Systemy *NLW* są przeznaczone do chwilowego obezwładniania przeciwnika (np. w przypadkach piractwa, napadów zbrojnych, aktach terroryzmu)². Prace badawcze skupiają się na wykorzystaniu emisji fal dźwiękowych dalekiego zasięgu³. Uzyskiwane rezultaty pozwalają na skuteczną reakcję w sytuacjach zagrożenia dzięki ogromnej energii fali akustycznej przekraczającej 150 dB. Opracowane rozwiązania⁴ (np.: system *LRAD - Long Range Acoustic Device*) posiadają możliwość przekazu sygnałów odstrasżających, ostrzegawczych oraz obezwładniających na odległość do 1000 m. Emitery fal dźwiękowych to także znakomite systemy ochrony portów lotniczych i morskich, kolei, stref wokół platform i rurociągów, ogrodzeń zabezpieczających obiektów strategicznych, obiektów przemysłu petrochemicznego, elektrowni jądrowych, a także wielu innych obszarów, które wymagają ochrony infrastruktury krytycznej. W Polsce prace badawcze dotyczące opracowania źródła dźwięku do oddziaływania odstrasżającego w zastosowaniach specjalnych prowadzone są w AGH w Krakowie w Katedrze Wibroakustyki⁵. Pomimo rozwoju antyterrorystycznych

systemów taktycznych, główny ciężar prac związanych z poprawą bezpieczeństwa dotyczy antyterrorystycznych systemów monitorujących.

Monitorowanie osób

Podstawowy element monitoringu jest związany z zapewnieniem bezpieczeństwa poprzez weryfikację osób i zdarzeń w miejscach i obiektach technicznych o szczególnym znaczeniu (porty lotnicze, zbiorniki wodne, elektrownie atomowe i inne obiekty użyteczności publicznej). Instytucje publiczne na poziomie lokalnym i krajowym coraz częściej sięgają po rozwiązania z zakresu monitoringu wizyjnego w ramach działań związanych z bezpieczeństwem państwa i obywateli. Współczesne cyfrowe systemy monitoringu wizyjnego umożliwiają wykonywanie zdjęć w wysokiej rozdzielczości w połączeniu z analizą wzorców zachowań i rozpoznawania twarzy w celu wykrywania i oznaczania podejrzanych osób. Te zaawansowane możliwości, podobnie jak długie okresy archiwizacji wymagane w przypadku wielu obiektów rządowych, wymagają zarówno doskonalenia technologii wizyjnych na poziomie sprzętowym i programowym jak i rozwoju prac w dziedzinie pamięci masowej o dużej pojemności.

W ramach 7 Programu Ramowego jest realizowany projekt **ADABTS**⁶. W swych założeniach jest on systemem, który z wykorzystaniem metod wizyjnych ma wykrywać zachowania wskazujące, że dana osoba może być zaangażowana w działania przestępcze. System, analizując nagrania z kamer, dokładnie śledzi zachowania ludzi. Możliwe jest śledzenie podejrzanej osoby jednocześnie wieloma kamerami i analizowanie jej kolejnych podejrzanych zachowań np.: szybkie przemieszczanie się po lotnisku, czy też częste korzystanie z toalety.

Działające obecnie systemy monitoringu, pomimo dużego nasycenia kamerami oraz ciągłej rejestracji danych video, nie posiadają jeszcze cech w pełni skutecznej aktywnej identyfikacji i weryfikacji obiektów. Intensywny rozwój rozwiązań softwareowych ma na celu eliminację tych ograniczeń poprzez zapewnienie jednoznacznej weryfikacji osób, które pojawiają się przed obiektywem kamery oraz ich identyfikacji [1]. Weryfikacja w systemach zabezpieczeń pozwala bardzo dokładnie zweryfikować

¹ Non-Lethal Weapons. <http://www.globalsecurity.org/military/systems/munitions/non-lethal.htm>

² Bradford Non-Lethal Weapons, Research Project. <http://www.geneva-forum.org/Reports/20040311b.pdf>

³ Less than lethal weapons, <http://defense-update.com/events/2004/summary/LIC041-hs-nlw.htm>

⁴ LRAD - Long Range Acoustic Device, <http://www.terrorizm.com.pl/index.php?go=lrad>

⁵ Batko W.: Panelowe niskoczęstotliwościowe źródło dźwięku do oddziaływania odstrasżającego w zastosowaniach specjalnych. Projekt Rozwojowy 0083/R/T00/2010/11

⁶ Automatic Detection of Abnormal Behaviour and Threats in crowded Spacer. http://cordis.europa.eu/fetch?CALLER=FP7_SECURITY_PROJ_EN&ACTION=D&DOC=37&CAT=PROJ&QUERY=0123e36de3ce:4312:22d3b7d9&RCN=91158

osobę na podstawie wyglądu twarzy. Uniemożliwia to posługiwanie się np. skradzionymi kartami identyfikacyjnymi lub kartami płatniczymi. Identyfikacja jest zagadnieniem bardziej złożonym, które uwzględnia relacje dopasowania jeden do wielu oraz wielu do wielu [2]. Ma ona zastosowanie szczególnie w systemach monitoringu obiektów (lotnisk, dworców, budynków użyteczności publicznej, itp.), w których umieszczonych jest wiele kamer, obserwujących jednocześnie wiele lokalizacji. Baza osobowa w przypadku identyfikacji jest zazwyczaj dużo większa niż w przypadku weryfikacji i zawiera deskryptory (opcjonalnie również fotografie) osób poszukiwanych lub niepożądanych w określonych miejscach.

Efektywne metody rozpoznawania twarzy, będą odgrywały w najbliższym czasie dużą rolę w zagadnieniach sprawdzania tożsamości, eliminacji osób poszukiwanych, weryfikacji operacji przeprowadzanych z użyciem kart płatniczych, itp.

Analiza obrazu stanowi podstawę rozwoju technologii „skanowania myśli”⁷. Skanery wyposażone w odpowiednie czujniki pomagają wykryć wszelkie podejrane reakcje osoby na prezentowane wizerunki. Mowa ciała, częstość akcji serca, zmiany w poruszaniu gałek ocznych czy w temperaturze ciała stanowią miarodajny wskaźnik świadczący o ukrytych zamiarach monitorowanej osoby.

Innego typu urządzenia czytające myśli wykorzystują skanowanie ruchów twarzy oraz obserwowanie powiększających się źrenic wskazujących na złe intencje obserwowanego⁸.

Monitorowanie przedmiotów

Skanery całego ciała to urządzenie, które dzięki naświetleniu człowieka milimetrowymi falami radiowymi jest w stanie uzyskać obraz niebezpiecznych urządzeń i śladów np.: pod ubraniem⁹. Zaletą skanerów ciała jest ich szybkie działanie (3 sekundy) i bezdotykowość. Uzupełnienie tych urządzeń stanowią bramki przejściowe emitujące podmuchy powietrza, które mają poruszyć cząsteczki znajdujące się na odzieży lub skórze. Następnie czujniki bramki przechwytyją i analizują próbki powietrza, poszukując w nich śladów materiałów wybuchowych¹⁰.

Zagadnienie monitoringu w równym stopniu odnosi się do problemów związanych z kontrolą bagażu w celu wykrywania materiałów wybuchowych i promieniotwórczych [3]. Zaawansowane systemy wykrywania materiałów wybuchowych wykorzystują technologię skanowania bagażu za pomocą technik stosowanych w tomografii

komputerowej¹¹. Wirujące głowice skanują obiekty w wysokiej rozdzielczości, a algorytmy komputerowe porównują uzyskane dane z parametrami znanych materiałów wybuchowych. Szczególnie intensywne badania nad ulepszeniami systemu kontroli bagażu prowadzone są w koncernie GE. Prowadzone są prace nad wykorzystaniem technologii lamp rentgenowskich z emisją polową (źródło elektronów, którymi można sterować elektronicznie, co przyspiesza skanowanie) w celu budowy nowej generacji tomografów komputerowych o znacznie wyższej rozdzielczości. W niedalekiej przyszłości system zostanie również wzbogacony o uzupełniające technologie obrazowania, które będą oferować dodatkowe informacje, np. efektywną liczbę atomową zidentyfikowanych substancji. Będą one w stanie wykrywać mniejsze zagrożenia, a ich wydajność będzie zdecydowanie wyższa.

Prowadzone są również badania nad opracowaniem nowych, skuteczniejszych sposobów wykrywania materiałów wybuchowych na odległość [4, 5]. Jedną z takich metod wykorzystuje obserwację wiązki laserowej, która rozprasza się na obecnych w powietrzu cząsteczkach związków chemicznych. Badając w jaki sposób wiązka się rozprasza, można stwierdzić na jakie związki chemiczne napotyka [6] ponieważ każdy związek ma inny wpływ na kształt oświetlającej go wiązki. W Polsce prace nad metodami i urządzeniami do wykrywania materiałów wybuchowych prowadzone są w Instytucie Problemów Jądrowych w Świerku¹². W ramach realizowanego projektu powstają unikatowe w skali globalnej systemy detekcyjne do zastosowań antyterrorystycznych¹³. Pozwolą one szybko i skutecznie wykrywać niebezpieczne materiały w portach przeładunków kontenerowych, dużych węzłach kolejowych i przejściach granicznych. Powstałe rozwiązania wykorzystują wiązkę neutronów, która wzbudza napotykaną materiały. Emitowane przez nie promieniowanie gamma pozwala na przybliżoną identyfikację substancji [7]. Badania są skoncentrowane na metodach detekcji węgla, wodoru, tlenu i azotu. Badając proporcje między liniami widmowymi tych pierwiastków, możliwe jest prawdopodobne określenie związków chemicznych, a tym samym ustalenie z bezpiecznej odległości, czy np. w podejrzanym pojeździe znajdują się materiały wybuchowe. Urządzenia z wiązkami neutronowymi [8] będą miały stosunkowo małe rozmiary, co umożliwi ich instalowanie m.in. na mobilnych robotach używanych przez oddziały antyterrorystyczne.

⁷ Odkryją nasze myśli na lotniskach. http://www.4safe.pl/wiadomosci/odkryja_nasze_mysli_na_lotniskach

⁸ The Opportunity - Wanted: Intent Detection Systems. http://www.epicos.com/epicos/extended/israel/wecu/wecu_home.htm

⁹ Full Body Scanner Image. <http://www.mahalo.com/full-body-scanner-images>

¹⁰ http://www.aviationnews.us/articles.php?article_id=232&start=1. GE EntryScan

¹¹ System kontroli bagażu i wykrywania materiałów wybuchowych GE CTX 9000. [http://www.ochrona.pl/?page=Structure&id=48&nid=2644GE CTX 9000](http://www.ochrona.pl/?page=Structure&id=48&nid=2644GE%20CTX%209000)

¹² Projekt „Akcelerator i detektory” POIG.01.01.02.-14-012/08-00

¹³ Projekt budowy nowatorskich systemów antyterrorystycznych wkracza w fazę doświadczeń. <http://www.elektrownia-jadrowa.pl/Projekt-budowy-nowatorskich-systemow-antyterrorystycznych-wkracza-w-faze-doswiadczen-Instytut-Problenow-Jadrowych-im-Andrzeja-Soltana-w-Swierku.html>

Jedną z perspektywicznych metod wykrywania materiałów niebezpiecznych jest zastosowanie generatorów neutronowych z detektorami cząstek alfa [9], [10].

Naukowcy z Uniwersytetu Stanu Colorado prowadzą badania nad nowym sposobem wykrywania materiałów wybuchowych z zastosowaniem roślin¹⁴ w charakterze bio sensorów [11]. Celem badań jest opracowanie zmodyfikowanych roślin, które niemal natychmiast będą mogły wykryć obecność materiałów wybuchowych [12]. W momencie wykrycia takich substancji w powietrzu, roślina zmieni kolor swoich liści. Roślinne wykrywacze będą miały szerokie zastosowanie¹⁵. Można będzie nimi obsadzić szkoły, szpitale, stadiony, rządowe budynki i inne miejsca podatne na ataki terrorystyczne. Naukowcy planują stworzenie pierwszych roślinnych wykrywaczy w ciągu kilku lat.

Monitorowanie zagrożenia ekologicznego

Monitorowanie skażeń i zagrożenia ekologicznego wywołanego atakiem chemicznym lub biologicznym to istotny element bezpieczeństwa w warunkach zagrożenia terrorystycznego [13]. Prowadzone prace badawcze i aplikacyjne skupiają się na rozwiązaniach sieciowych umożliwiających monitorowanie on-line powietrza oraz wód na dużych obszarach o różnorodnej infrastrukturze. Pozwoli to - w razie ataku terrorystycznego z użyciem broni biologicznej czy chemicznej - szybko ustalić trasę zanieczyszczeń oraz w jakim kierunku prowadzić ewakuację ludności.

Systemy zdalnego monitorowania skażeń i zanieczyszczeń dzielą się na systemy typu „stand-off” i „remote”. Pierwsze z nich umożliwiają wykrycie zanieczyszczenia (chmury gazów lub bakterii) ze znacznej odległości, bez bezpośredniego kontaktu ze skażeniem. Natomiast drugie wykorzystują niewielkie czujniki punktowe, z których dane przesyłane są do centrów, gdzie są analizowane i określany jest poziom zagrożenia. W systemach „remote” konieczny jest kontakt czujnika z analizowanym obszarem.

W systemach „stand-off” stosowane są linary, wykorzystywane głównie do wyznaczania przejrzystości powietrza, badania koncentracji zanieczyszczeń w atmosferze i detekcji ich składu, wykrywania obszarów o odmiennej temperaturze, pomiaru ruchów powietrza na dużych odległościach itp.

W systemach „remote” stosowane są czujniki elektrochemiczne, elektryczne, grawimetryczne, termometryczne, magnetyczne, optyczne oraz biosensory. Czujnikami elektrochemicznymi są różnego rodzaju elektrody (inercyjne, aktywne chemiczne, modyfikowane) przystosowane do oznaczania konkretnych substancji chemicznych. Efekty zachodzącej reakcji elektrochemicznej oceniane są metodami potencjometrycznymi, konduk-

tometrycznymi, woltamperometrycznymi lub kulometrycznymi. Czujniki elektryczne działają na zasadzie adsorbowania substancji chemicznych (z fazy ciekłej lub gazowej) na aktywnej powierzchni sensora i zmianie jego elektrycznych parametrów: przewodnictwa, potencjału, ładunku. W czujnikach grawimetrycznych wykorzystywane są adsorpcyjne właściwości materiałów piezoelektrycznych, w wyniku czego następuje zmiana ich masy. Jest ona przetwarzana na sygnał elektryczny. Czujniki termometryczne działają na zasadzie pomiaru ilości ciepła wytwarzanego lub pochłanianego podczas reakcji oznaczanej substancji z aktywną powierzchnią sensora. W czujnikach magnetycznych wykorzystywany jest pomiar paramagnetycznych właściwości analizowanych substancji. Natomiast w czujnikach optycznych analiza zmian parametrów strumienia świetlnego w wyniku kontaktu oznaczanej substancji z powierzchnią sensora, pokrytego optycznie aktywnym związkem chemicznym. W biosensarach do generowania sygnału analitycznego wykorzystywane są materiały biologiczne i biochemicznie aktywne, np.: białka, enzymy, hormony, mikroorganizmy, kwasy nukleinowe. Używane są one przede wszystkim do wykrywania i identyfikacji substancji toksycznych i mutagennych. W systemach ciągłego monitorowania powietrza i wód powierzchniowych najczęściej wykorzystywane są czujniki optyczne, elektrochemiczne oraz fotoakustyczne. Najczęściej są one sprzężone w hybrydowy układ modułów funkcjonalnych skonfigurowanych do oznaczania wybranych substancji chemicznych

Wnioski

Prace podejmowane w obszarze antyterrorystycznych systemów monitorujących powinny koncentrować się na zagadnieniach związanych z doskonaleniem metod analizy zachowań w celu skutecznego wykrywania osób podejrzanych i stwarzających potencjalne zagrożenie. Równoległym kierunkiem prac musi być rozwój systemów wykrywania materiałów wybuchowych i toksyn w celu zmniejszenia niedogodności związanych z realizacją procedur kontrolnych. Monitoring antyterrorystyczny będzie ściśle połączony z metodami unieszkodliwiania siły żywej. Prace badawcze będą obejmować badania związane z budową systemów selektywnej eliminacji, minimalizującej ryzyko poszkodowania zakładników i osób postronnych i oraz wystąpienia strat materialnych.

Literatura

1. Liting Wang, Liu Ding, Xiaoqing Ding, Chi Fang: *2D face fitting-assisted 3D face reconstruction for pose-robust facerecognition*. Soft Comput (2011) 15 pp:417–428.
2. Blanz V., Grother P., Phillips P., Vetter T.: *Face recognition based on frontal views generated from nonfrontal images*. IEEE Conf Comput Vis Pattern Recognit 2 (2005) pp:454–461.

¹⁴ CSU Gets Grant For Bomb-Detecting Vegetation. <http://denver.cbslocal.com/2011/01/26/csu-gets-grants-for-bomb-detecting-vegetation/>

¹⁵ Nowe wykrywacze bomb na lotniskach? http://www.4safe.pl/wiadomosci/10/nowe_wykrywacze_bomb_na_lotniskach

3. Shipilov N, Fazylov M., Podkovirin A, Karimov, Petrenko Y., Yuldashev B.: *Identification of radioactive materials in moving objects*. Applied Radiation and Isotopes Vol: 63, Issue: 5-6, November - May, 20 pp. 783–787.
4. Dogariu A, Michael JB, Scully MO, Miles RB.: *High-gain backward lasing in air*. Science. 2011 Jan 28; 331(6016): pp.442-5.
5. Reber E., Blackwood L., Edwards A., Egger A., Petersem P.: *Idaho Explosives Detection System: Development and Enhancements*. Sensing and Imaging: An International Journal. (2007) 8: pp.121–130
6. Gottfried J., De Lucia F., Munson C., Miziołek A.: *Laser-induced breakdown spectroscopy for detection of explosives residues: a review of recent advances, challenges, and future prospects*. Analytical and Bioanalytical Chemistry (2009) 395, pp.283–300.
7. Naydenov S, Ryzhikov V, Smith C.: *Direct reconstruction of the effective atomic number of materials by the method of multi-energy radiography*. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B 215 (2004) pp.552–560.
8. Yigang Yang, Yuanjing Li, Haidong Wang, Tiezhu Li, Bin Wu: *Explosives detection using photoneutrons produced by X-rays*. Nuclear Inst. and Methods in Physics Research, A Vol: 579, Issue: 1, August 21, 2007 pp.400–403
9. Sim, Cheul Muua; Kim, Yi Kyunga; Kim, Tae Jooa; Hong, Kwang Pyoa; Em, V.T.a; Lee, Kye Honga; Kim, Young Jina; Kim, Jeong Ukb. *Fast neutron interrogation system development for the detection of explosive materiale*. Nuclear Inst. and Methods in Physics Research, A Vol: 605, Issue: 1-2, June 21, 2009 pp. 65–68
10. Kozlovsky S., Kyzyurovb V, Laykinb A., Olshansky Y.: *Development of a combined device for the detection of unauthorized transportation of explosive, fissionable and radioactive materiale*. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment Vol: 505, Issue: 1-2, June 1, 2003 pp. 478–481
11. Singh S.: *Sensors—An effective approach for the detection of explosives*. Journal of Hazardous Materials Volume: 144, Issue: 1-2, June 1, 2007, pp. 15-28.
12. Antunes M., Morey K., Smith J., Albrecht K., Bowen T., Jeffrey., Zdunek K., Troupe J., Cuneo M., Webb C., Hellinga H., Medford J.: *Programmable Ligand Detection System in Plants through a Synthetic Signal Transduction Pathway*
13. <http://www.plosone.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0016292#s2>
14. Abbaspoura M., Mansouri N.: *City hazardous gas monitoring network*. Journal of Loss Prevention in the Process Industries. Vol: 18, Issue: 4-6, July - November, 2005 pp.: 481–487

dr inż. Andrzej Zbrowski

jest adiunktem w Instytucie Technologii Eksploatacji - PIB w Radomiu. Kieruje Zakładem Doświadczalnym. Jest autorem lub współautorem 150 publikacji naukowych, 37 uzyskanych patentów oraz 110 zgłoszeń patentowych. Brał udział w realizacji 40 projektów badawczych, ponadto kierował 12 projektami badawczymi i rozwojowymi.