

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS SZERZŐI ISMERTETŐJE

NEMZETI KÖZSZOLGÁLATI EGYETEM
HADTUDOMÁNYI ÉS HONVÉDTISZTKÉPZŐ KAR
KATONAI MŰSZAKI DOKTORI ISKOLA

Petrányi János Tamás

Ionizáló sugárzás detektálására szolgáló intelligens detektorok és rendszerek kutatása és fejlesztése katonai és katasztrófavédelmi alkalmazásokban

Témavezetők:

Dr. habil Vass Gyula t. ezredes PhD. és

Dr. Csurgai József okl. mk. alezredes PhD

Budapest,

2020.11.13

A TUDOMÁNYOS PROBLÉMA MEGFOGALMAZÁSA

A röntgen sugárzás 1896-os felfedezése óta az ionizáló sugárzás mérése komoly kihívást jelent a szakemberek számára. Az ionizáló sugárzás mérése csaknem olyan régi, mint a sugárzás felfedezése, mivel a sugárzás intenzitása az ember számára nem érzékelhető.

A felfedezését követő első időszakban az ionizáló sugárzást nem tekintették veszélyesnek, és korlátozások nélkül használták a mindennapi életben. Sugárzó anyagot adtak pl. kozmetikumokhoz, illetve magától világító festékbe keverték, hogy sötétben is világítsanak a plakátok, poszterek. Az atomfegyverek elterjedésével, a nukleáris balesetek, valamint a sugárzó használati tárgyak okozta megbetegedések miatt az emberek felismerték az ionizációs sugárzás veszélyeit. Ezért ma már a sugárzást kibocsátó anyagok és berendezések használatát a világ legtöbb országában törvények és rendeletek szabályozzák.

A szabályozások bevezetésével a hatóságok részéről azonnal igény merült fel a sugárzás mérésére. A hatósági feladatkörök kiterjesztése a nukleáris balesetek, csempészett, talált radioaktív anyagok észlelése, minősítése, kezelése további lendületet adtak a sugárzás mérő berendezések elterjedésének. Mára már a sugárzó anyagok felderítése a beavatkozó vegyvédelmi felderítő egységek egyik alap képessége. Sugárzás mérő műszerek használata elengedhetetlen nukleáris balesetek kiértékelésében, a veszélyes áruk szállításának ellenőrzési folyamatában és az elveszett, csempészett radioaktív források felderítésében. A mérőműszerek felfedezésük óta folyamatosan változtak, fejlődtek. Az újabb technológiák, hordozható, nagy komplexitású elektronikai eszközök erre a területre is eljutottak.

A katasztrófák kezelése során a pontos információk megfelelő helyen és időben való rendelkezésre állása elsődleges fontosságú. A korai mérőeszközök feladata kizárólag a mért érték kijelzésére korlátozódott. A felhasználó feladata volt, annak eldöntése, hogy mit is kezd azzal a mért eredménnyel. A ma használt eszközökbe már be van építve a riasztás képessége, pl.: ha a mért érték meghaladja az előre beállított riasztási küszöbszintet, akkor a mérőeszköz hang és fényjelzést ad. A jövő eszközeitől már azt várjuk, hogy tegyenek javaslatot arra, hogy a felhasználónak mit kell tennie egy adott helyzetben, és lehetőleg a baleset bekövetkezése előtt adjon figyelmeztetést, hogy a komolyabb károk elkerülhetők legyenek.

A sugárzás mérés bonyolult mérési eljárásainak végrehajtásához jelenleg magasan képzett kezelőszemélyzetre van szükség.

Nem állnak rendelkezésre olyan eszközök, amelyek leegyszerűsíténék az érintett folyamatokat annyira, hogy a mérést minimális előképzettséggel rendelkező kezelő személyzet is megfelelően képes legyen végrehajtani.

Két mérési technológiában is megvan a továbbfejlesztés lehetősége, annak érdekében, hogy alkalmazhatóak legyenek a fenti problémák megoldására. Az első technológia Geiger-Müller (GM) csöveket használ a sugárzásmérésre. A GM csövekkel szerelt műszerek elsődlegesen olyan alkalmazásokban használhatók, ahol széles mérési tartományra és környezetálló kialakításra van szükség.

A második továbbfejleszhető mérési technológia a szcintillációs elven működő sugárzás mérő detektorok, amelyekre akkor használhatók hatékonyan, ha izotóp-azonosításra vagy nagyfokú érzékenységre van szükség.

A szcintillációs típusú detektorok fejlesztése

A legtöbb szcintillációs detektor nem használható terepen, katonai és katasztrófavédelmi feladatokra, mert érzékeny a környezeti paraméterek változásaira. A hőmérséklet, páratartalom, rezgés és a külső elektromágneses sugárzás változása mind befolyásolja a mért eredményeket, így az ilyen detektorokat a legtöbb esetben csak laboratóriumi körülmények között működtetik. A szcintillációs detektorok terepen történő használhatósága az egyik tudományos probléma, amire megoldást keresek.

A szcintillációs detektorok felhasználhatók energia szelektív mérések elvégzésére, például izotóp azonosítására, radioaktív anyagok kvalitatív és kvantitatív elemzésére.

Különböző megoldásokat fogok vizsgálni arra vonatkozóan, hogyan lehet módosítani egy hagyományos szcintillációs detektort, hogy az használható legyen terepi körülmények között. A terepi használhatóság számomra azt jelenti, hogy a detektor megfelel a katonai szabványokban meghatározott hőmérséklet-, páratartalom-, por-, eső-, nyomás-, ütés-, rezgés- és környezet-állósági követelményeknek.

Sugárkapu rendszerek új generációja

A szcintillációs típusú detektorokat évtizedek óta használják sugárkapu alkalmazásokban. Az a tudományos probléma a sugárkapu alkalmazásokkal, hogy egy rejtett radioaktív szállítmány észlelése esetén a rendelkezésre álló információ minősége nem elégséges a megfelelő döntés meghozatalához.

Ha egy sugárkapu nem elég érzékeny, vagy nem megfelelő algoritmussal működik, a rendszer szennyeződések fog átengedni az ellenőrzési ponton. A rendszer túl érzékeny sem lehet, mert a háttérsugárzás ingadozása miatt hamis riasztások fognak létrejönni, ami szintén súlyos károkat okozhat. Ha a sugárkapu szennyezettként jelöli meg egy szállítmányt, amelyben valójában nincs is radioaktív anyag, akkor ezt a jelzést hamis pozitív riasztásnak nevezik. Ez a riasztás felesleges pánikot és pénzügyi károkat okoz. Pl.: az érintett intézmény evakuálása miatt termelés kiesés költsége, külső kiérkező szakértő díjazása. Az általam keresett módszer csökkenti a hamis riasztási arányt, de még mindig magas érzékenységgel rendelkezik. A sugárforrások fizikai védelmére már régóta megvannak a bevált technikai megoldások, azonban a sugárkapukban használt algoritmus megfelelő átalakítással alkalmassá tehető arra, hogy információt biztosítson egy biztonsági rendszernek, ezzel tovább növelve a rendszer védelmét.

Gyalogos sugárfelderítés problémái

Gyalogos sugárfelderítés során az egyik feladat rejtett, elveszett sugárforrások felderítése. A feladat végrehajtása a megfelelő technikai eszköz hiányában csak nagyon sok idő alatt kivitelezhető. Az ilyen célra használt sugárzás mérő eszközök vagy nem elég érzékenyek, vagy nem rendelkeznek a szükséges irányfüggéssel, hogy képesek legyenek iránymutatást adnia kereső személynek. A lehetséges mérési összeállítások vizsgálatával kiválasztom a leghatékonyabb megoldást, amely megoldást jelenthet erre a tudományos problémára.

A gyalogos sugárfelderítés mellett véleményem szerint a radioaktív szállítmányok ellenőrzési folyamatain is jelentősen lehetne javítani intelligens detektorok segítségével. Jelenleg a szállítmányok külső burkolatán végeznek csak ellenőrző méréseket, dózisteljesítmény mérő eszközök segítségével, valamint formai követelmények alapján ellenőrzik az úti okmányokat. Az ellenőrzés könnyen kijátszható, egy szakmailag hozzáértő számára. Egy ilyen módszer lehet az, hogy nagy mennyiségű természetes radioaktív anyagot (pl.: kerámia, műtrágya) tartalmazó szállítmány közé ipari radioaktív forrásokat rejtnek. A szállítmányhoz tartozó dokumentációban csak a természetes sugárzó anyagok szerepelnek, amik igazolják az emelkedett sugárszintet.

Mivel a legtöbb ellenőrzés nem teszi lehetővé, a küldemény megbontását, ezért csak roncsolás mentes külső mérési megoldások jöhetnek szóba az ellenőrzés minőségének javítására.

A problémára megoldás lehet egy egyszerű telefonos alkalmazás, amely kiszámolja, hogy az úti okmányokban szereplő sugárforrás aktivitása mekkora dózis teret hoz létre a konténer falán, amely értéket aztán műszerrel le is lehet ellenőrizni.

A konténer külső falán mérhető sugárzási szint mellett vannak további mérhető adatok, tömeg, magasság és külső forma, amelyek segítenek a szállított sugárforrás aktivitásának becslésében. Ezzel a szállítmány a dokumentációban szereplő adatok nélkül is minősíthető.

Kihívások a kibocsátás-ellenőrzési rendszerekben

Bizonyos sugárzó anyagokkal végzett tevékenységek légnemű szennyező anyagokat bocsátanak ki a környezetbe. A kibocsátás mérése elengedhetetlen, amennyiben igazolni kívánjuk, hogy az adott időszakra az előírt maximális kibocsátási szint alatt maradt a technológiából távozó radioaktív anyag mennyisége. A kibocsátás mérése több módszerrel is megvalósítható, de meg kell találni a technológiához leginkább igazodó megoldást, ehhez több szempontot is figyelembe kell venni. A lehetséges megoldás kiválasztásakor fontos szempont, hogy a mérő rendszer mellett végzett sugárzással járó munkavégzés ne befolyásolja a mért eredményt. A megfelelő ellenőrző rendszer kiválasztásának a tudományos problémájával foglalkoztam.

KUTATÁSI CÉLKITŰZÉSEK

A kutatásomnál kitűztem általános célokat és az egyes témákra vonatkozó specifikus célokat.

Általános célok, amelyek minden célkitűzésemre érvényesek:

- A kutatás során csak alkalmazott kutatási tevékenységet használni.
- A kutatás minden eredményét úgy megalkotni, hogy az közvetlenül hasznosítható legyen a beavatkozó vegyivédelmi szakemberek mindennapi munkájába.

A kutatásom célkitűzései:

KC1: A céloom tanulmányozni a világon megvalósított sugárvédelmi monitoring rendszereket. Megismerni a vonatkozó előírásokat, szabványok, jogszabályokat. Összehasonlítani a lehetséges megoldásokat, és következtetéseket levonni. Megvizsgálni a rendelkezésre álló algoritmusokat és módszertanokat, és azok alapján újakat létrehozni, vagy módosítani a jobb eredmény elérése érdekében.

KC2: A kutatásom célja intelligens mérőműszerekbe integrálható új hardver és szoftver megoldások kidolgozása, amelyekkel sugárzásmérő műszerek alkalmazhatóvá válnak katasztrófavédelmi és katonai területeken.

KC3: Kutatási célom eltérő sugárkapu alkalmazásokat vizsgálni, kiválasztási szempontrendszert kidolgozni és ilyen rendszerekből kinyerhető többlet információkat felhasználni például fizikai védelmi rendszerek támogatására.

KC4: A célom olyan sugárforrás keresési algoritmust megalkotni, amelynek segítségével gyorsabban és hatékonyabban lehet elvesztett vagy rejtett pontforrásokat megtalálni. A radioaktív szállítmányok minősítését a felhasználó számára leegyszerűsíteni, miközben a szállítmányról a lehető legtöbb információt összegyűjtve a szállítási dokumentációkat intelligens detektorokkal automatikusan leellenőrizni.

KC5: További célom összehasonlítani különböző radioaktív anyag kibocsátás ellenőrzési rendszereket, és megtalálni a legmegfelelőbbet az adott feladatra. Az ilyen rendszerekben gyakran felmerülő magas gamma háttérsugárzás mellett, felületi szennyezettség mérés lehetőségét kidolgozni.

KUTATÁSI HIPOTÉZISEK

A kutatási problémákkal összhangban a következő hipotéziseket fogalmaztam meg.

H1.: Szcintillációs detektorok alkalmassá tehető katasztrófavédelmi és katonai célokra történő felhasználásra, azáltal, hogy a detektor bizonyos hardver és szoftver komponensei módosításra kerülnek. A módosítások kiterjednek a szcintillátor csatoló anyagára, az alkalmazott alkatrészek összeszerelésére, rögzítésére, valamint a beágyazott mikroprocesszorok által lehetővé váló környezeti hatások kompenzálására. (KC2.)

H2.: Szállított sugárzó anyagok nagy megbízhatósággal történő felderítése sugárkapu rendszerekkel megvalósítható, amennyiben a rendszerek a megfelelő összeállításban, konfigurációban és működési algoritmussal kerülnek alkalmazásra. A sugárkapu rendszerekben megvalósított algoritmus továbbfejlesztése lehetővé teszi, riasztás generálását a fizikai védelmi rendszer irányában, amennyiben a felügyelt sugárforrást el akarják tulajdonítani. (KC3)

H3.: A gyalogos sugárforrás keresés folyamata hatékonyabbá tehető intelligens sugárzásmérő detektor és a megfelelő keresési módszer segítségével.

Radioaktív szállítmányok ellenőrzése pontosabbá válhat, azáltal, hogy a szállító konténer felszínén mért sugárszintek és a konténer fizikai külső paramétereinek megmérését követően egy algoritmus megbecsüli a szállított sugárforrás aktivitását. (KC4)

H4.: A radioaktív anyag kibocsátással járó tevékenységekhez a kibocsátás ellenőrző rendszer a rendelkezésre álló információk és a technológia ismeretében optimalizálható. Kibocsátás ellenőrző rendszereknél előforduló magas, dinamikusan változó gamma dózisteljesítmény mellett béta felületi szennyezettség mérése megvalósítható, a megfelelő algoritmus és intelligens detektor összeállítás segítségével. (KC5)

KUTATÁSI MÓDSZEREK

Irodalomkutatást végeztem a témába vágó, szabadon hozzáférhető forrásból származó, közleményeken, szabványokon, nemzetközi ajánlásokon, annak érdekében, hogy megismerjem más hasonló rendszerekről megoldásokat, azok felépítését és működését.

A világon kiépített számos felderítő és korai riasztó rendszer tekintésével megfigyeltem a fejlődés tendenciáját és vizsgáltam az adott rendszer előnyeit és hátrányait.

A megismert elvárások, szabályozások és elérhető technológiai megoldások, trendek alapján hipotéziseket, javaslatokat fogalmaztam, amelyek várhatóan jellemezni fogják a jövőbeli monitoring rendszereket.

Az elképzeléseimet igazolandó implementáltam több megoldást algoritmust és kísérleteket, méréseket hajtottam végre, amelyek segítségével igazoltam feltételezéseimet.

A kapott eredményeket és begyűjtött adatokat, információkat analizáltam, hogy a kutatás során megfelelő irányba haladok.

Kidolgoztam egy módszert arra, hogyan lehet meghatározni a radioaktív anyag aktivitását egy hengeres szállító konténerben. Ehhez elkészítettem egy prototípus mérőrendszert a szükséges elektronikus és mechanikus alkatrészekkel és egy működtető szoftverrel. Rögzítettem a berendezés által mért adatokat, majd különféle tesztek hajtottam végre ismert aktivitású radioaktív források felhasználásával. Összehasonlítottam a mérési eredményeket az ismert adatokkal, és az eltérések alapján minősítettem az egész rendszer működését.

A kutatásom során többször rossz irányba indultam el, szerencsére ezeket időben sikerült azonosítanom, így a kutatást a megfelelő irányban tudtam folytatni. Az egyik ilyen helytelen feltételezésem az volt, amikor radioaktív forrást akartam keresni két egymás mellé csatolt szcintillációs kristály segítségével.

A két szcintillátor viselkedése különböző hőmérsékleti viszonyok között téves eredményt adott, ezért úgy döntöttem, hogy nem használom tovább ezt a megoldást.

A megszületett eredményekből következtetéseket vontam le, amelyek segítettek a hipotéziseim igazolásában.

Az intelligens detektorokba integrálható számítási kapacitás az utóbbi időben megnövekedett, ezért általános és naprakész elektronikai ismeretekre volt szükség a célom eléréséhez. A kutatás során elektronikus berendezéseket és nyomtatott áramköri lapokat terveztem. Két ultrahangos távolságérzékelőt és egy sugázmérőt, egy robotkart, egy forgó asztalt és egy mérleget integráltam a prototípusba.

Ez az összeállítás biztosíthatja a radioaktív szállítótartályok ellenőrzését. Az elektrotechnikai ismeretek mellett a feladat végrehajtásához mechanikai tervezési ismeretekre is szükség volt, például a detektorok házának megalkotásához. A fejlesztés során kísérleti darabokat terveztem és prototípusokat nyomtattam ki 3D nyomtatóval. Az összeszerelt hardverkomponensek semmit sem érnek működtető szoftver nélkül, ezért létrehoztam több szoftvert is mind mobiltelefonra, mind beágyazott mikrokontrollerre.

AZ ELVÉGZETT KUTATÁS RÖVID LEÍRÁSA FEJEZETENKÉNT

Az első fejezetben rendszereztem azokat a sugázmérő, felderítő rendszereket, amelyeket katonai és katasztrófavédelmi feladatokra jelenleg használnak. A releváns hazai jogszabályok, nemzetközi ajánlások, valamint szabványok alapozzák meg ezen rendszerek alkalmazását. Többek között vizsgáltam a gyalogos sugárfelderítés jelenlegi állapotát, ezt a tevékenységet kibővítettem a járműfedélzeti és légi sugárfelderítésre, majd több alkalmazási példán keresztül a sugárkapuk alkalmazását is tanulmányoztam. Ezt követően a korai monitoring és riasztó rendszerekkel foglalkoztam, melyek közül jó néhány Magyarországon is szolgálatot teljesít a hon és rendvédelmi szerveket támogatva. A korai monitoring és riasztó rendszereket vizsgálva meghatároztam azok alapvető felépítését, kezdve a mérőeszközöktől egészen az adatközpontokig bezárólag. Vizsgáltam ezen rendszerek működési mechanizmusát, felépítését. Arra kerestem a választ, hogy mely rendszer szervezési architektúra biztosítja a kritikus információk lehető legrövidebb időn belül való legjobb rendelkezésre állását. A legegyszerűbb rendszer architektúrától elindulva a magas rendelkezésre állású többszörösen redundáns rendszerekig analizáltam a bennük rejlő lehetőségeket.

Ezek alapján következtetéseket és javaslatokat fogalmaztam meg meglévő rendszerek továbbfejlesztésére. Intelligens detektorok első generációja már jelenleg is szolgálatot teljesít katonai és katasztrófavédelmi rendszerekben. A detektorok képességei közül elsődleges fontosságú a mért adatok pontossága, közel azonos fontossággal bír az adat-feldolgozás és a küldés gyorsasága, így hiteles, lényegi adatok a lehető leghamarabb eljuthatnak a döntéshozó, majd a beavatkozó állományhoz. Ebben a fejezetben bemutattam több hasonló külföldön működő monitoring és riasztó rendszer felépítését és működését. Vizsgáltam meglévő rendszerekben megvalósított működési logikákat, algoritmusokat. A releváns publikációkban kerestem azokat az utalásokat, amelyek ilyen rendszer kiépítésénél iránymutatók lehetnek. A fejezetben szinergiákat kerestem a sugárzásmérő rendszerek és a vegyvédlemben használt más, vegyi és meteorológiai monitoring hálózatok között. Részleteiben vizsgáltam ezen monitoring állomások képességeit különös tekintettel a mérési tartományokra, a működési környezeti paraméterekre és egy esetleges baleseti helyzetet követően a rendszer válasz idejére.

A második fejezetben kimondottan a szcintillációs detektorok fejlesztésére fókuszáltam, annak érdekében, hogy ezen detektorok használhatóvá váljanak katonai és katasztrófavédelmi feladatok ellátására. Ehhez a detektort alkotó egyes komponenseket kellett módosítani, amely módosítások hatékonyságát kísérletekkel igazoltam.

A fejlesztések során változtatást hajtottam végre többek között a szcintillációs kristály csatoló anyag összetételén, amelynek segítségével a korábbiakhoz képest szélesebb mérési tartományban vált alkalmazhatóvá ez a technológia. A csatoló anyagon kívül a szcintillációs kristályok gyártási technológiáját is vizsgáltam, annak érdekében, hogy a kristályok extrém körülmények között is használhatók legyenek. A hagyományos szcintillációs detektor ellenállóképessége ejtés és rázkódással szemben nem megfelelő, az általam elképzelt módosításokkal a detektor jármű fedélzeti rendszerekben is alkalmazható. A szcintillációs detektor az elektromágneses sugárzásra érzékeny, elektromágneses sugárzás esetén a nukleáris mérési eredmények jelentősen torzulnak. Az elektromágneses védelem kialakítása elengedhetetlen egy ilyen berendezés megépítése során. A szcintillációs detektorok erősen hőmérséklet függők, ezen környezeti paraméter változását kompenzálni javasolt. Erre vonatkozólag végeztem kísérleteket és módosítási javaslatokat fogalmaztam meg. Szcintillációs detektorok magas dózisteljesítményben nem képesek megfelelően működni.

A mérési tartomány kiszélesítése végett eltérő szcintillációs detektor anyagokkal mértem nagy dózisterekben, valamint a különböző jelfeldolgozási eljárások közül vizsgáltam lehetséges megoldásokat. A hagyományos NaI(Tl) szcintillátor mellett BGO kristályokkal folytatott kísérletekkel is foglalkoztam. Külön figyelmet fordítottam a szcintillációs kristályokra jellemző megváltási hibák javítására, illetve megoldást kerestem a megváltás megelőzésére, amely megváltás többek között a hirtelen hőmérsékletváltozás miatt jöhetett létre. A kutatás során törekedtem a szcintillátor minőségének javítására, azaz, hogy adott sugárforrásra adott jelalak félérték szélessége a lehető legkisebb legyen.

A harmadik fejezetben a sugárkapu rendszerekkel foglalkoztam. A felépítésük, működésük alapos megismerését követően a bennük megvalósított algoritmusokat vizsgáltam, miközben kerestem a fejlesztési lehetőségeket. A fejlesztések előtt megismerkedtem a sugárkapuk fejlődésének történelmével és magyarországi elterjedésével. Megállapítottam, hogy a sugárkapuk alap működését kiegészítő eszközökkel (sebességmérő, rendszám felismerő) lehet bővíteni, amelyek hatékonyabbá teszik sugárforrások felderítését. További megállapításokat tettem arról, hogy a különböző alkalmazásokhoz eltérő intelligens detektorokat érdemes használni, mivel mást várunk el egy mobil, mást egy fixen telepített vagy éppen egy járműre szerelt sugárkaputól. A sugárkapuban használható intelligens detektorok alkalmazhatósága függ a mechanikai kialakítástól a fizikai mérettől, ami befolyásolja az érzékenységet, valamint az algoritmustól, ami döntően a riasztás, háttérkompenzálás és nyugtázás logikáját határozza meg.

Sugárkapuk továbbfejlesztéséhez olyan funkciókat kerestem, amelyek a technológia fejlődésével megvalósíthatóvá válnak, mint az online izotóp azonosítás, és természetes sugárzó anyag által okozott riasztás elnyomási funkcionalitások. Tanulmányoztam különböző sugárkapu típusokat és azok alkalmazási területei alapján létrehoztam egy kiválasztási kritérium rendszert, mely segíthet eligazodni a megfelelő sugárkapu megtalálásban. Kifejlesztettem egy algoritmust, amely a sugárkapuknál is alkalmazott riasztási logikát felhasználva, nagy aktivitású sugárforrások fizikai védelmi rendszeréhez kiegészítő jelzéseket képes adni. Ennek segítségével a mért sugárzási adatokból következtetni lehet a felügyelt sugárforrások eltulajdonítására.

A negyedik fejezetben gyalogos sugárforrás keresési módszereket hasonlítottam össze. Első lépésként azonosítottam már meglévő módszereket, majd újakat hoztam létre, ezekhez kiválasztottam a megfelelő intelligens detektorokat, amelyeket kipróbáltam különböző körülmények között, majd az így szerzett mérési adatok alapján, következtetéseket vontam le,

amelyek segítségével meghatároztam a leghatékonyabb keresési módszert. Megállapítottam, hogy az általam vizsgált módszerek közül egy ólom gyűrűvel kollimált, nagy érzékenységű szcintillációs detektor alkalmazása a legjobb választás. Ezt a detektort a sugárkapukban is rendszeresített riasztási algoritmussal kombinálva, néhány fordulást követően a berendezés már a megfelelő irányba vezeti a felhasználót, így a lehető legrövidebb időn belül azonosít pont forrást még akkor is, ha több pontforrás van a közelben. A szállított radioaktív anyagok ellenőrzését vizsgáltam meg és ennek korszerűsítésére tettem javaslatokat. Két eljárást is kidolgoztam. Az egyik egyszerű eljárás lehetővé teszi a szállítmány dokumentációjának ellenőrzését az ott szereplő adatok felhasználásával. A másik eljárás már egy bonyolultabb módszer, amely nem hagyatkozik a szállítási dokumentumokra, kizárólag mérési paramétereiből alkot képet a szállítmányról. Az általam megépített mérő eszköz a hengeres kialakítású szállító konténerben lévő radioaktív pont forrás aktivitását becsüli meg a külső sugárzási szint, a konténer tömegének és méretének mérési eredményeinek felhasználásával. A mérés alapján a szállító konténer vizuálisan megjeleníthető, ezzel kiszűrhető a szállító konténer inhomogenitása, amely sérülés létrejöhetett egy rejtett sérülésből, vagy gyártási hiba során keletkező zárványtól. A sérült, vékonyabb árnyékoláson keresztül a konténer közelében dolgozók indokolatlanul magasabb sugárterhelést szenvedhetnek el. A mérés tovább pontosítható izotóp azonosítási, illetve dörzs mintavételi eljárásokkal. Ezen módszerek együttes alkalmazása valódi képet adhat radioaktív szállítmányokról, megkönnyítve az ellenőrzés folyamatát.

Az ötödik fejezetben radioaktív anyag kibocsátás ellenőrző rendszereket mutattam be. Miután megismertem a releváns rendelkezéseket és számba vettem az ismert monitoring összeállításokat, összehasonlítást végeztem és indokoltam, hogy az egyes megoldások mely alkalmazásokban használhatók, mik az előnyeik és mik a hátrányaik. Ezen rendszereket például erősen befolyásolja, ha a mérés közelében más sugárzást kibocsátó tevékenységet is végeznek, ami hozzáadódik a kibocsátás értékhez, meghamisítva azt. Az általam kidolgozott összeállítással és működéssel akár magas, ingadozó gamma háttérsugárzás mellett is lehet online felületi szennyezettséget mérni. Ez a módszer kompenzálja a közeli sugárzást kibocsátó technológiák hatásait, és érvényes kibocsátási adatokat szolgáltat.

Ezt a módszert nem csak emisszió mérő rendszereknél lehet használni, hanem szennyezett területen alfa, béta források felderítésére, vagy éppen reaktoros környezetben, mentesítés hatékonyságának ellenőrzésére.

ÖSSZEGZETT KÖVETKEZTETÉSEK

A katasztrófavédelmi és katonai célokra szolgáló sugárzás mérő rendszerekben már régóta intelligens detektorokat használnak, ezen detektorok képességeinek fejlesztésével új lehetőségek nyílnak a döntéstámogatás területén. Ezekben az intelligens detektorokban alkalmazott algoritmusokat tovább lehet fejleszteni, hogy a lehető legrövidebb időn belül több információ álljon rendelkezésre. Új intelligens detektorok alkalmazásával a katasztrófa első jele és a megelőzés első lépése közötti idő jelentősen lerövidül. Azt a tendenciát figyeltem meg, hogy az technológia fejlődésével a mérési eredmények pontosabbak, a mérési tartományok szélesebbek, szélsőséges körülmények között kényelmesebbé vált az eszközök használata.

Különböző monitoring rendszereket vizsgáltam, a képességekre és azok mérési technikáira összpontosítva. Bizonyítottam, hogy a szcintillációs detektorok jelentősen javíthatják a monitoring rendszerek képességét. (H1)

A szcintillációs technológia a nagy érzékenység miatt előnyös, de különféle mérnöki megoldások alkalmazását igényli, hogy terepen is hatékonyan alkalmazható legyen.

Összegyűjtöttem az összes külső hatást, amelyekkel szemben védelmet kell kialakítani a szcintillációs detektorban, hogy katonai és katasztrófavédelmi célokra fel lehessen használni. A detektor külső burkolata megakadályozza, hogy a környezeti fény befolyásolja a mérést. A detektort mechanikai abszorberek segítségével ellenállóvá lehet tenni a rezgéseknek és az eséseknek. A kívülről érkező elektromágneses sugárzás hatását a detektorba beépített elektronikai védőgátak és a megfelelően kialakított védőföldelés küszöböli ki. A hőmérsékleti változások jelentős hibákat okoznak a mérési eredményben, ezért szükséges a detektorban hőmérséklet kompenzációt alkalmazni, amelynek alapja a hőmérséklet mérése és az etalon források segítségével történő automatikus kalibrálás. A detektor hőszigetelése megvédi a detektort a hirtelen hőmérsékleti változások hatásaitól.

A rendkívül magas dózis-teljesítményű besugárzás (> 100 mSv/h) után a NaI (Tl) és CsI (Na) szcintillátorok csak hosszú idő után térnek vissza az eredeti normál üzemmódjukba, és egy adott dózis-teljesítmény fölött már nem képesek egyáltalán mérni a sugárzást. Ezekre a problémákra a BGO szcintillátor lehet az egyik megoldás, amely képes folyamatosan mérni a sugárzás intenzitását anélkül, hogy után világítási hatás kialakulna, illetve az anódáram mérése a nagy dózis-teljesítményű terek mérését teszi lehetővé.

Mindezek alapján bizonyítottam, hogy a módosított szcintillációs detektorok katonai és katasztrófavédelmi célokra is használhatók. (H2)

Számos tényező befolyásolja a sugárkapuk működését, amely sok esetben meghatározhatja, hogy képes-e érzékelni a rejtett radioaktív forrást. Különböző konfigurációkat azonosítottam a gamma és a neutron sugárzás detektálására. A fixen telepített sugárkapukon kívül ma már léteznek mobil, fedélzeti és akár kézi változatok is. Bizonyítottam, hogy a szállított radioaktív anyagok nagy megbízhatóságú detektálása sugárkapu rendszerekkel megvalósítható, ha a rendszereket megfelelő összeállításban, konfigurációban és a megfelelő működési algoritmussal használják. (H3)

Megvizsgáltam a jelenleg rendelkezésre álló sugárvédelmi megfigyelő rendszereket és kidolgoztam egy algoritmust, a sugárkapukban alkalmazott algoritmushoz hasonló, amely lehetővé teszi a sugárzásmérő detektorok számára a fizikai védelmi rendszerek támogatását. Elméleti elemzést végeztem, és ezzel igazoltam, hogy a sugárzási portál monitor algoritmus lehetővé teszi riasztási jelzés generálását a fizikai védelmi rendszer irányába, ha a felügyelt radioaktív forrást megpróbálják eltávolítani. (H3)

Számos keresési módszert és mérési konfigurációt teszteltem a rejtett sugárforrások keresésére. Megállapítottam, hogy a leszerelhető ólom gyűrűvel kollimált szcintillációs detektor konfiguráció a leghatékonyabb.

A forrás keresésére a legmegfelelőbb keresési módszer a következő lépésekből áll:

1. Kimutatás egy többirányú, nagy érzékenységgű szcintillációs detektorral, sugárkapu üzemmódban használva.
2. A felismerés után meg kell kezdeni a tényleges keresési folyamatot, amikor az ólom-gyűrű kollimátort az detektorra kell helyezni, és a keresést a „forgatás” módszerével kell végrehajtani. Néhány lépésben a forrást lokalizálható.
3. A keresési folyamat kiegészíthető izotóp azonosítással és aktivitás meghatározással.

Kidolgoztam radioaktív szállítmányok több szintű ellenőrzési módszerét. A szükséges ellenőrzés elvégzéséhez csak egy mobiltelefonra van szükség. A fejlett ellenőrzési módszer csak a mért paraméterekkel dolgozik és nem használja a szállítmányhoz tartozó dokumentációból származó információkat. Az általam létrehozott modell jelenleg csak laboratóriumi körülmények között és hengeres izotóptartóval volt ellenőrizve.

Az algoritmust tovább lehet fejleszteni, ehhez további tesztek kell végrehajtani különböző távolságokon, eltérő izotópokkal (Cs-137 és Co-60), különböző falminőségű tárolóval (ólom, volfrám, acél), más formájú izotóptartóval (pl. téglatest alakú). A fejlett ellenőrzési módszer tovább javítható több kollimált sugárzásmérő-detektorral.

Az általam feltárt módszer lerövidíti az ellenőrzési időt, és a kollimációval a forrás helyének meghatározása pontosabb lehet. Izotóp azonosításra alkalmas detektorok rendszerbe történő integrálása további információt nyújthat, és felhasználhatóvá válik más alkalmazásokban is, például a radioaktív hulladékok minősítésére. (H4)

Megvizsgáltam a radioaktív emisszió mérés lehetséges módszereit. A kibocsátás mérési módszerek közül nem lehet kijelenteni, hogy van egy, ami megfelel minden célra, valamennyinek vannak előnyei és hátrányai.

A leglassabban eredményt adó, hosszú felezési idejű izotópokra a legalacsonyabb kimutatási határral rendelkező, egyben a mintavétel környezetében ingadozó háttér sugárzásokra legérzékenyebb módszer a mintavételen alapuló offline kibocsátás ellenőrzés.

A technológiai folyamatokat leginkább követő, a szűrőkről pontos képet adó módszer a technológiai szűrőkre épített ellenőrző rendszer.

A leggyorsabb észlelési időt a csőrendszerbe épített közvetlen méréssel lehet elérni.

A mintavételes online kibocsátás mérés gyors figyelmeztető jelzés lehetősége mellett lehetővé teszi – az offline mérésnél rosszabb kimutatási határral – az izotóp szelektív aktivitáskoncentráció mérést.

A mérési módszerek és a hozzájuk tartozó műszaki megoldások a technika fejlődésével egyre pontosabb információt képesek adni egyre gyorsabban. Mindazon által a legjobb eredményt akkor lehet elérni, ha a fenti módszerek közül többet is sikerül beépíteni a monitoring rendszerbe. A különböző technológiákon alapuló, redundáns mérési összeállítások növelik a teljes rendszer megbízhatóságát és a rendelkezésre állását.

Az emisszió mérés egyik lehetséges módszere, hogy a háttérsugárzást befolyásoló tevékenységeket valós időben kompenzálva a rendszer meghatározza a detektor előtt elhaladó béta sugárszintet. Ez a módszer több más területen is használható. (H5)

ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

T1.: Bebizonyítottam, hogy az intelligens detektorokon belül megvalósított különböző képességek javíthatják a sugárzásfigyelő rendszerek hatékonyságát. Ilyen rendszerek segítségével jelentősen csökkent a katasztrófa első jele és a megelőzésére irányuló első reakció közötti idő. Bebizonyítottam, hogy a már meglévő rendszereket érdemes fejleszteni a pontosság növelése, a mérési tartományok szélesítése és a terepi körülmények között történő felhasználás érdekében. (H1)

T2.: Bebizonyítottam, hogy a NaI(Tl) típusú szcintillációs detektorok használhatók katasztrófavédelemi és katonai célokra, ha a detektor rendelkezik védelemmel a hőmérsékletváltozással, a mechanikai behatásokkal, az elektromágneses sugárzással, a hirtelen hőmérsékletingadozásokkal és az extrém magas ionizáló sugárzással szemben. Készítettem egy hardver és szoftver ajánlást a szcintillációs detektorok módosítására, amelyek elősegíthetik a szcintillációs detektorok extrém körülmények közötti használatát. (H2)

T3.: Kritériumrendszert dolgoztam ki a sugárkapu rendszerek számára a legmegfelelőbb összeállítási, konfigurációs és működési eljárás megtalálása érdekében, amely javíthatja a rejtett szállított radioaktív anyagok észlelésének hatékonyságát. Integráltam a sugárkapu algoritmust a besugárzók fizikai védelmi rendszerébe, hogy riasztást hozzak létre, ha a felügyelt radioaktív forrást eltávolították. (H3)

T4.: Kollimált szcintillációs detektor és időoptimalizált keresési stratégia segítségével egy hatékonyabb gyalogos sugárfelderítési folyamatot dolgoztam ki. Meghatároztam egy alap és egy bővített ellenőrzési módszert a radioaktív szállítmányok ellenőrzésének javítására a szállító konténer külső fizikai paramétereinek és sugárzási szintjének mérésével. (H4)

T5.: Kifejlesztettem egy kritériumrendszert a radioaktív emisszió monitoring rendszerekhez, hogy az adott technológiához az ideális mérőrendszert lehessen implementálni. Integráltam egy intelligens detektor egységet egy levegő kibocsátás ellenőrző rendszerbe, hogy béta felületi szennyezettség mérés lehetőségét vizsgáljam magas, dinamikus változó gamma háttérsugárzás mellett. (H5)

AJÁNLÁSOK

Disszertációm egyes fejezeteiben megfogalmazott következtetések alapját képezhetik további tudományos kutatásoknak. Amennyiben valaki tovább szeretné folytatni a témát, több vizsgálatot kellene végezni, amelyek hasznos visszajelzéseket adhatnak az eszközök fejlesztéséhez. Biztos vagyok benne, hogy az összes általam vizsgált mérési egység továbbfejleszhető annak érdekében, hogy gyorsabb és pontosabb eredményekhez jussunk. A technológia fejlődésével előbb-utóbb új ötletek és megoldások kerülnek felszínre, amelyek forradalmasítani fogják a sugárzásmérés módszertanát. A jövőben nőni fog egy kézi eszköz számítási kapacitása és sebessége, amely új lehetőségeket nyit meg.

A legújabb besugárzó berendezések, amelyek csak rövid ideig bocsátanak ki sugárzást, és impulzus jellegű sugártereket generálnak, rengeteg kihívást jelentenek a szakemberek számára.

Azok a terroristák, akik radioaktív anyagokkal próbálnak piszkos bombákat létrehozni, egyre képzettebbé válnak. Feltehetően tudják, hogyan lehet észrevétlenül szállítani illegálisan radioaktív anyagokat, a határokon a mesterséges radioaktív anyagokat természetben előforduló sugárzó anyagokkal együtt csempészhetnek árukat.

A sugárzás-ellenőrző berendezésekre vonatkozó követelmények teljesítése kihívást jelent, mert a végfelhasználók megszokták a technológiáka, és azt várják, hogy minden érzékelőt könnyen lehet kezelni.

A jól képzett CBRN-szakértő oktatási költsége nagyon magas, és évekig tartott. Vészhelyzet esetén nem lesz elegendő szakértő a helyzet kezeléséhez, ezért a technológia lehetővé teszi a hatalmas események biztonságának kezelését szakemberek kis csoportjával.

Kutatásom megválaszolta a sugárzás mérésével kapcsolatos kérdéseket, de új kérdéseket is felvetett, amelyek egy új kutatás alapjául szolgálhatnak.

GYAKORLATI HASZNOSÍTÁS

Az összefoglalóban elért eredmények a katonai és katasztrófavédelmi alkalmazások következő képességeinek fejlesztését segíthetik:

- Korai riasztó rendszerek,
- Gyalogos, járműfedélzetei, légi sugárfelderítés,
- Elveszett vagy lopott izotópok keresése,
- Izotópszállítás ellenőrzése,
- Ismert izotópok azonosítás,
- Parancsnoki döntés támogatás,
- Integrált épületfelügyelet.

Az általam készített tézisek mindegyike felhasználható különböző termékek közvetlen megvalósításához; ezek egy része már használatban is van.

Nagyon sok mérnöki feladatot kell elvégezni eme funkciók termékbe történő beépítéséhez, és érvényesítési folyamatokat kell lefolytatni. Ennek a kutatásnak a segítségével szcintillációs detektorok új generációja hozható létre, amelyek terepi körülmények között használhatók. A megfelelő összeszerelési, konfigurációs és működési algoritmussal ellátott sugárkapu kiválasztásának kritériumrendszerének betartása nagyobb megbízhatóságot nyújthat, mint a múltban, és megvalósíthatja a felügyeleti rendszer kiegészítő funkcióját, azaz riasztást generálhat a fizikai védelmi rendszer számára, ha a radioaktív forrást ellopták.

Az elveszett és rejtett árva források keresési módszerei javíthatók az általam javasolt detektor összeállítás és algoritmus adaptálásával. A radioaktív szállítmányok ellenőrzésének módszereiben különböző szintű módosításokra van lehetőség. A szállított radioaktív forrás becsült aktivitásával a radioaktív anyagok szállítása biztonságosabb lehet.

A radioaktív anyagok különböző technológiákból történő kibocsátása komoly veszélyt jelent a környezetre. A kibocsátott mennyiség mérése kihívást jelent, mivel ezeknél a méréseknél a háttérsugárzást befolyásolja az izotópokkal végzett munka. Az általam kialakított kritériumrendszer az emisszió mérő rendszer kiválasztásához különböző technológiákat támogathat, és a kibocsátás pontosabb méréséhez vezethet, és ezzel csökkentheti a környezeti károkat. Hasznos eszköz lehet a béta felületi szennyeződés mérése magas, dinamikusan változó gamma-dózisoknál az emisszió mérő rendszerekben és a gyalogos felderítésben. Normál és vészhelyzet esetén is alkalmazható. A valós idejű módszerek közül ez a legpontosabb, ha a cél a felületi szennyeződés mérése magas gamma-dózisnál.

A DOKTORJELÖLT TÉMAKÖRBŐL KÉSZÜLT PUBLIKÁCIÓS JEGYZÉKE

Lektorált szakmai folyóiratcikk Magyarországon megjelenő idegen nyelvű folyóiratban:

- Petrányi, János: In Situ, Rapid Inspection Methods for Radioactive Material Transportation MŰSZAKI KATONAI KÖZLÖNY 29: 4 pp. 33-42., 10 p. (2020)

Lektorált szakmai folyóiratcikkek magyar nyelvű mértékadó folyóiratban:

- Petrányi, János: Nagy gamma-dózteljesítmény mellett történő felületi szennyezettség mérése intelligens detektorokkal SUGÁRVÉDELEM IX : 1 pp. 17-24. , 8 p. (2016)
- Petrányi, János: Szcintillációs detektorok alkalmazása katonai és katasztrófavédelmi feladatokra. HADMÉRNÖK XII : 2 pp. 214-223., 10 p. (2017)
- Petrányi, János: Intelligens mérőeszközök és rendszerek kutatása-fejlesztése radioaktív, nukleáris, vegyi és biológiai anyagok kimutatására irodalmi összefoglaló. HADMÉRNÖK XII : különszám pp. 146-158. , 13 p. (2017)
- Petrányi János: Intelligens detektorok alkalmazása katonai és katasztrófavédelmi sugárázsmérő műszerek fejlesztésében Magyarországon. BOLYAI SZEMLE XXVII : 2 pp. 81-91. , 11 p. (2018)
- Petrányi, János; Zsitnyányi, Attila; Vass, Gyula: Gyalogos sugárforrás keresési módszerek és mérési összeállítások vizsgálata. VÉDELEM TUDOMÁNY: KATASZTRÓFAVÉDELMI ONLINE TUDOMÁNYOS FOLYÓIRAT IV. évfolyam: 3. szám pp. 83-95. , 13 p. (2019)
- Petrányi János, Zsitnyányi Attila, Manga László, Sebestyén Zsolt, Kátai-Urbán Lajos, Mesics Zoltán: Méréstechnikai módszerek vizsgálata légnemű radioaktív anyag kibocsátás ellenőrző rendszerekben. SUGÁRVÉDELEM XIII : 1 pp. 1-8. , 8 p. (2020)
- Petrányi, János, Zsitnyányi Attila: Sugárkapu rendszerek fejlesztése Magyarországon. HADITECHNIKA 54 : 3 pp. 8-16. , 9 p. (2020)
- Petrányi, János: Intelligens sugárázsmérő detektorok felhasználási lehetőségei radioaktív sugárforrások fizikai védelmi rendszerében. VÉDELEM TUDOMÁNY Katasztrófavédelmi Online Tudományos folyóirat 2020/3, 11 p. (2020)

Nem lektorált magyar nyelvű szakmai folyóiratcikk:

- Petrányi János: Sugárvédelmi monitoring rendszerek adatcsere protokolljainak vizsgálata. VÉDELEM ONLINE: TŰZ- ÉS KATASZTRÓFAVÉDELMI SZAKKÖNYVTÁR 890 pp. 1-10. , 10 p. (2020)

Nemzetközi szakmai konferencia kiadványában megjelent előadás

- Petrányi, János: Nuclear measurement solutions of gamma technical corporation. In: International Conference on Radioanalytical and Nuclear Chemistry (RANC-2016) Budapest, Magyarország : Akadémiai Kiadó, (2016) pp. 145-145., 1 p.
- Solymosi, Máté ; Horváth, Kristóf ; Petrányi, János: NUCLEAR SECURITY CULTURE SELF ASSESSMENT IN RADIOACTIVE MATERIAL ASSOCIATED FACILITY International Conference on the Security of Radioactive Material: The Way Forward for Prevention and Detection pp. 46-48. , 2 p. (2018)
- Petrányi János: Development of Radiation Shielded Vehicle and on-board monitoring system in the Service of Emergency Responders. In: 5th European International Radiation Protection Association IRPA Congress 8 June 2018 pp. 161., 1 p. (2019)

Hazai szakmai konferencia kiadványban megjelent előadás

- Petrányi János, Vass Gyula: Intelligens sugázmérő detektorok katasztrófavédelmi alkalmazása. In: Katasztrófavédelmi Tudományos Konferencia 2017. Budapest, Magyarország : BM OKF, (2017) pp. 231-232. , 2 p.
- Petrányi János, Sarkadi András, Bodó Ádám, Eszenyi Gergely: Blenker automata kalibráló és riasztó egység fejlesztése. In.: Eötvös Loránd Fizikai Társulat Sugárvédelmi Szakcsoport. XLIII. Sugárvédelmi Továbbképző Tanfolyam 2018. április 17-19., Hajdúszoboszló. pp. 53., 1 p. (2018)
- Petrányi János, Vass Gyula: Veszélyes tevékenységek biztonságának fokozása sugárkapu rendszerek alkalmazásával. In: "KATASZTRÓFAVÉDELEM 2018" VESZÉLYES TEVÉKENYSÉGEK BIZTONSÁGA. Nemzetközi tudományos Konferencia. 2018. november 16. pp. 338., 1 p. (2018)
- Petrányi, János: Kézi sugárforrás kereső és azonosító eszköz fejlesztése. In: XLIV. Sugárvédelmi Továbbképző Tanfolyam Eötvös Loránd Fizikai Társulat Sugárvédelmi Szakcsoport, (2019) pp. 27., 1 p. (2019)

A DOKTORJELÖLT SZAKMAI-TUDOMÁNYOS ÉLETRAJZA

Név: Petrányi János Tamás

Születési hely, idő: 1979.08.30.

Tanulmányok:

A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen végzett okleveles villamosmérnökként, később a Budapesti Műszaki Főiskolán Manager szakmérnök diplomát is szerzett. A munkája során bővített és átfogó fokozatú sugárvédelmi képesítést kapott. Az atomenergia alkalmazása körében eljáró sugárvédelmi szakértő, valamint független műszaki szakértőként a Magyar Mérnöki Kamara rendes tagja.

Nyelvismeret: Angol és Német nyelvből középfokú „C” típusú nyelvvizsgálattal rendelkezik.

Szakmai pályafutás: A szakmai pályafutását 2002-ben a Müncheni Műszaki Egyetemen kezdte programozóként. A majd egy éves külföldi tartózkodást követően a GAMMA Zrt.-nél helyezkedett el, fejlesztőmérnökként. Azóta is ugyan ennél a cégnél dolgozik, különböző beosztásokban. A cégnél betöltött műszaki igazgatói, nukleáris divízió vezetői és végül a fejlesztési igazgatói munkaköröket.

2002-2002 Müncheni Műszaki Egyetem, programozó

2003-2010 GAMMA Zrt., fejlesztő mérnök

2010-2015 GAMMA Zrt., műszaki igazgató

2015-2018 GAMMA Zrt., fejlesztési igazgató és nukleáris divízióvezető

2018- jelenleg is GAMMA Zrt., fejlesztési igazgató

Tudományos tevékenység:

Szakmai munkájának elismeréseként 2015-ben az Eötvös Loránd Fizikai Társulat Sugárvédelmi Szakcsoportjának vezetőségébe választották. Azóta is a "SUGÁRVÉDELEM" című online folyóirat szerkesztőbizottságának a tagja. 2016-ban Sugárvédelmi Nívódíjat nyert. Felkérést kapott a 2022-ben megrendezésre kerülő hatodik Európai International Radiation Protection Association (IRPA) kongresszus elnöki posztjára. Rendszeresen publikál hazai és külföldi szakmai kiadványokban, részt vesz szakirányú konferenciákon, előadásokat tart továbbképzéseken. Munkásságának köszönhetően több katasztrófavédelmi és katonai rendeltetésű szakfelszerelés, eszköz született meg, amelyeket jelenleg is aktívan használnak.

Petrányi János Tamás

Budapest, 2020. november 07.