



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

DOKTORI (PHD) ÉRTEKEZÉS
TÉZISFÜZETE

PAPP JÓZSEF

Nagymegbízhatóságú
kültéri bioszféra védelmi
rendszer rendszertechnikai
kialakítása

Témavezető: Dr. Schuster György (Phd.)

BIZTONSÁGTUDOMÁNYI
DOKTORI ISKOLA

Budapest, 2024. 10. 11.

Tartalomjegyzék

1	Summary	3
2	A kutatás előzményei	4
3	Célkitűzések	6
4	Vizsgálati módszerek	8
5	Új tudományos eredmények.....	10
6	Az eredmények hasznosítási lehetősége	11
7	Irodalmi hivatkozások listája/ Irodalomjegyzék	16
8	Publikációk	29
8.1	A tézispontokhoz kapcsolódó tudományos közlemények	29

1 Summary

Over the past two decades, the number of forest fires and the volume of illegal logging have risen sharply. [20] Countries have done their best to predict or prevent such devastation - but unfortunately with little success! In 21st century the forest protection based on prevention, which is growing in contrast to technologies that eliminate the results of economic and environmental impacts. In this case, this means that it would be advisable to predict the probability of adverse events before they occur. Of course, this is not always feasible, so the signal should be activated and delivered to the right place at the earliest possible moment after the event occurs, in order to avoid serious damage. [18] [19]

A specific system should be installed to ensure that information such as fallen or moving trees, the onset of fires, unauthorized access, the commencement of illegal logging, and the development of environmental phenomena leading to disaster situations is relayed to the responsible organization as quickly as possible. The most important aspect of the system's design is its ability to transmit information—even in the event of failure or physical destruction of any system components—at least until the arrival of emergency services (Police, Fire Brigade, Forestry Patrol, Disaster Management). By utilizing the signaling system proposed in this thesis, referred to as the Biosphere Protection System (hereinafter BVR) for simplicity, and leveraging 21st-century technological innovations and solutions, it will be possible to receive signals—with multiple validation checks—much earlier than is currently feasible. The BVR is an early warning protection and monitoring system that has the potential to create a paradigm shift in the detection of forest fires, the early identification of fire outbreaks, and the monitoring and protection of the environment.

2 A kutatás előzményei

A földi éghajlat folyamatos változásának, azaz melegedésének és lehülésének - a különböző scenáriók alapján felállított klíma-modellek szerinti - ciklikussága, illetve jelentősen helyhez köthető ténye, a kutatók által elismert tézis. [1] [2] [3] A jelenleg alkalmazott klímamodellek [4] [5] [6] [7] [8] szerint a melegedés nagyon gyorsan - a korábbi felmelegedési periódusoknál lényegesen gyorsabban zajlik. Az éghajlat változásának sebessége azért kulcsfontosságú, mert ehhez az emberiségnek és minden élő egyednek alkalmazkodnia kell itt a földön. Már a jelenleg légkörbe juttatott üvegházhatású gázok következtében elkerülhetetlen a hőmérséklet emelkedése. Ebben az esetben ez azt jelenti, hogy a globális átlaghőmérséklet az iparosodás előtti szinthez képest akár 2,3 °C-kal fog emelkedni (a század végére) - állítják a Lawrence Livermore Nemzeti Laboratórium, a kínai Nankingi Egyetem és a Texasi A&M Egyetem klímakutatói tanulmányukban. [11] [12] Ismert, hogy az éghajlat változás során a globális felmelegedést kiváltó okok egyike a légkörben felhalmozódó mind nagyobb mennyiségű üvegházhatást okozó gáz jelenléte. Félreértés ne essék, ezekre a gázokra bizonyos mértékig szükségünk van, hiszen ezek biztosítják a megfelelő hőmérsékletet itt a földön. [13] [14] Azonban, ha folyamatosan növekvő mértékben vannak jelen a légkörben, akkor a jelenleg is tapasztalt melegedést okozzák. Ha sikerülne kivonnunk ezen gáz többletet, akkor máris lassítottuk a felmelegedést, sőt megfelelő megoldásokkal akár vissza is fordíthatjuk ezt a folyamatot. Ehhez azonban olyan élő és élettelen rendszerekre van szükség, amelyek több tízmilliárd tonna üvegházhatást okozó gázt vonnak ki a légkörből, vagy akadályozzák meg a légkörbe jutását. Az egyik ilyen hatalmas élő rendszer a föld közel 30%-át borító [15] erdőségek. Az erdők alapvető életforrások bolygónknak és az emberiségnek, olyan összetett ökoszisztémák, amelyeket a természeti tényezők és az emberi tevékenységek egyaránt befolyásolnak. Az erdőknek alapvető szerepe van a környezet megőrzésében, a szén és a víz körforgása során keltett egyensúly vonatkozásában, az ökoszisztéma fenntartásában. Ennek megfelelően az erdőkárok közvetlen és közvetett gazdasági és környezeti hatásai egyaránt nagyon jelentősek lehetnek. Az erdővédelem és rajta keresztül a bioszféra védelem feladata ezen negatív hatások (előre)jelzése, elhárítása. Ahhoz, hogy több milliárd tonna üvegházhatást okozó gázt tudjunk kivonni a légkörből - a bevezetőben megfogalmazott gondolatmenetet folytatva - a Föld erdővel borított területeit kell erősítenünk (a meglévő erdőségeket megvédeni és újakat telepíteni), hiszen tudjuk, hogy az erdők alapvető szereplői a bioszféra működésének. Ehhez képest jelenleg mind legális (fakitermelés), mind illegális (falopás) módon pusztítjuk erdőinket és sajnos a természeti katasztrófák - pl. erdőtüzek - sem éppen kedveznek az

erdővédelmi folyamatnak. A XXI. századi erdővédelemben a gazdasági és környezeti hatások eredményeit megszüntető technológiákkal szemben egyre inkább növekszik a megelőzés súlya. Ebben az esetben ez azt jelenti, hogy a kedvezőtlen események bekövetkezése előtt lenne célszerű annak bekövetkezési valószínűségét jelezni, mondhatnánk úgy is előre jelezni. Természetesen ez nem minden esetben megvalósítható, így a jelzésnek az esemény bekövetkezését követő legkorábbi pillanatban kell aktiválódnia és megfelelő helyre eljutnia, hogy a komolyabb károkozást el lehessen kerülni. [18] [19] A káros következménnyel járó jelenségek azért következhetnek be, mert a jelenleg alkalmazott technológia - az erdővédelmi célra kifejlesztett kamera rendszerektől, a hatósági járőrözésen át, egészen a műholdas megfigyelésig, illetve ha alkalmaznak egyáltalán - által biztosított, a felügyeleti szervekhez befutó – az esemény bekövetkezését jelző - **riasztás túl későn történik meg**. A kulcs információ történetesen itt a **“túl későn történik”**. Olyan megbízható megoldás kell, mely megfelelő időben jelez, úgy hogy a beavatkozás során meg lehessen állítani a környezeti katasztrófát még azelőtt, hogy kiteljesedne. Ehhez azonban megbízható rendszerekre van szükségünk, amelyek nemcsak működés biztosak, hanem jelzés biztosak is. Azaz „nagy megbízhatóságú, intelligens, széleskörű szolgáltatásokat nyújtó, az üzemeltetés biztonságosságát” [25](3.o.), a jelzés megbízhatóságát és „gazdaságosságát segítő rendszerekre van szükség.” [25](3.o.) Jelen esetben a jelzés megbízhatóságának „kérdése a rendszer determináló tényezőjévé, prioritásává vált” [25](3.o.), nemcsak a nagy területű erdők esetében, hanem gyümölcsfák és kultúrnövények termesztésére használt területek esetén is. Ez utóbbi fogalom nagyon fontos, hiszen a sok téves jelzés kezelése többlet ráfordítással jár, mely erőforrásokat von el azokról a területekről, ahol tényleg bekövetkezik a katasztrófa. A jelzés biztos rendszereknek még egy nagyon fontos tulajdonsággal kell rendelkezniük, nevezetesen, hogy a „biztos” jelzés a lehető leghamarabb a megfelelő szolgálatokhoz jusson, különben a beavatkozás már késő lesz és csak nagyon nehezen, vagy egyáltalán nem állítható meg a környezet pusztulása.

Felelős erdővédelemről tehát akkor beszélhetünk, ha a jelentős károkat okozó hatások megjelenése, bekövetkezése előtt képesek vagyunk azokat jelezni. „A szándékos károkozások hatékony kockázat csökkentésének eléréshez komplex és integrált védelem megvalósítása szükséges. A komplex védelem egymásra épülő összetevőkből álló, piramisszerű rendszer célja a kockázatok előfordulási valószínűségének és az egyes mégis bekövetkező kockázati események káros következményeinek minél nagyobb mértékű csökkentése.” [25](12.o.) Az integrált biztonságtechnikai rendszerekkel pedig olcsóbban, hatékonyabban és egyszerűbben

lehet garantálni a felügyelt területek integritását és emellett több járulékos előnyük is van. [24] Az igazi integrált rendszer koncepciója, „amelynél az egyes alrendszerek már nem elkülönülve, hanem valóban integrálva jelennek meg, ma még kevés helyen valósítják meg.” [25](6.o.)

3 Célkitűzések

A modern technológiai felügyeleti rendszerek, amelyeket bioszféra felügyeletre használnak (lásd **Hiba! A hivatkozási forrás nem található.** fejezet) általában nagy értékűek és/vagy nagy teljesítményűek, karbantartásuk és a jelzések során elrendelt felvonulások költségesek. Érthető módon ezért, nagy megbízhatósági követelményeket támasztunk velük szemben, hogy hibás, vagy téves működésből ne következzen be a bioszféra és az élettér pusztulása. A téves működés alatt egyrészt azt értjük, hogy a rendszer számára értelmezhető fizikai jelenségek játszódnak le a környezetben, de hatásukban különböznek azoktól a fizikai, veszélyes folyamatoktól, amelyek jelzését szeretnénk megoldani. Így a jelzésre válaszul elrendelt reakciók (felderítés, beavatkozás, oltási tevékenység) vagy feleslegesek, vagy túl későn kerülnek megvalósításra, mely a bioszféra komoly sérülésével járhat. Másrészt téves működés felléphet alkatrész meghibásodásból, karbantartás hiányból is.

A disszertáció célkitűzése a kültéri bioszféra védelmi rendszerek rendszerszintű strukturális megoldásainak vizsgálata és meghatározott kritériumok szerint javaslat kidolgozása, egy nagymegbízhatóságú osztott struktúrájú, lokális intelligenciával rendelkező autonóm berendezések laza kapcsolatából álló hálózat, mint beágyazott felügyeleti (védelmi) rendszer rendszertechnikai kialakítására.

Olyan célspecifikus rendszert célszerű létrehozni, amelyből származó információk – mint az eldőlt és mozgó fák, a tűz keletkezése, az illetéktelen behajtás, illegális fakitermelés kezdete, katasztrófa állapotokhoz vezető környezeti jelenségek kialakulása – a lehető leggyorsabban a felelős szervezethez jutnak. A rendszer kialakítás legfőbb szempontja, hogy képes legyen - a bioszféra sérüléséről, vagy változásáról - információt küldeni – a rendszer bármely elemeinek kiesése, fizikai megsemmisülése esetén is - legalább addig, amíg a helyszínre megérkezik az élőerős védelem (Rendőrség, Tűzoltóság, Erdészeti járőr, Katasztrófavédelem). A kültéri védelmi rendszer nagyszámú szenzorokat tartalmazó egységei – melyeket az angolszász szaknyelv „mote”-oknak nevez - autonóm működésűek, önálló tápellátással és önvédelmi mechanizmussal rendelkeznek. Rendszer-topológia tekintetében „ad-hoc mesh” hálózatról beszélhetünk. A hálózati kialakítás lényege, hogy az egyes rendszer-elemek automatikusan szerveződjenek hálózatba úgy, hogy a hálózat terepi viszonyoknak

megfelelő biztonsági szinten történő működése garantált legyen akkor is, ha bármely rendszer-elem, vagy rendszer-elemek fizikailag megsemmisülnek. A megmaradt rendszer-elemek továbbra is működtetik a hálózatot és az érzékelőinek mérési értékeit, jelzéseit továbbra is továbbítani tudják a felügyeleti számítógépes rendszerközpontokba, vagy egy előre tárolt mobil telefonszámra. A rendszerben egyenrangú hálózati elemek kommunikálnak egymással és a felügyeleti számítógéppel. A „mote”-ok feladata a környezet elemzése/mérése (érezkelők által), a mért értékek hitelesítése (más rendszer-elem méréseivel, többszöri méréssel, téves mérés szűrés eljárásokkal), szükség esetén jelzés küldése a felügyeleti szerv felé, mely lehet egy felügyeleti számítógép, vagy akár egy mobil telefonszám. A könnyű telepíthetőség és álcázás érdekében az adatok vezeték nélkül kell, hogy továbbításra kerüljenek.

Az értekezés keretén belül javasolt, a XXI. század technológiai újításait és megoldásait alkalmazó jelzőrendszer használatával, mely az egyszerűség kedvéért Bioszféra Védelmi Rendszer (a továbbiakban BVR) nevet kapta – a jelenleg alkalmazott megoldásokhoz viszonyítva - sokkal korábban kaphatunk - többszörösen ellenőrzött - jelzést. A BVR egy előjelző védelmi és monitoring rendszer, mely paradigmaváltást hozhat az erdőtüzek keletkezésének és a falopások kezdetének jelzésére, a környezet felügyeletére, védelmére. Az értekezésben javasolt – általam készített prototípus szinten bemutatott - rendszer rendszertechnikai kialakításának alapját a Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala iparjogvédelemként: HU 4128 lajstromszámon¹ és HU P1300560² számon nyilvántartásba vette.

A kutatási cél elérése érdekében az alábbi részcélok megfogalmazása vált szükségessé:

1. A kültéri bioszféra védelmi rendszerek „specifikus biztonságtechnikai összetevőinek, alrendszereinek áttekintő rendszerezése.” [25](8.o.)
2. Ezen rendszerek üzemelésének, és üzemeltetésének leírása, a kockázatok és a hibák elemzése.
3. Osztott intelligenciájú, „ad-hoc mesh” hálózati topológián alapuló kültéri védelmi rendszer kvantitatív és kvalitatív jellemzőinek meghatározása.
4. Osztott intelligenciájú, „ad-hoc mesh” hálózati topológián alapuló kültéri védelmi rendszer optimális kiépítettség esetére vonatkoztatott működési jellemzőinek meghatározása.

¹ Rádiófrekvenciás azonosításon alapuló jelzőberendezés az erdőgazdálkodásban

² Bioszféra védelmi rendszer kialakításának módszere

A kutatáshoz és a disszertációhoz nyílt forrásból származó információk kerültek felhasználásra. A kutatás 2023. 11. 30-án került lezárásra. (ez egyben a prototípus leszerelésének és működésének a vége)

Előzetes kutatásaim alapján létrehozható és telepíthető olyan osztott struktúrájú, lokális intelligenciával rendelkező autonóm berendezések laza kapcsolatából álló hálózat, mint beágyazott felügyeleti (védelmi) rendszer az erdővédelemben, mely érzékelői révén lokális információkat képes gyűjteni és továbbítani a hálózaton keresztül és segítségével a szabályozott és illegális fakitermelés, a tüzek keletkezése és terjedése, az illegális behajtás, a kitermelt fa nyomkövetése, a tűz keletkezésének kockázata értékelhető és jelezhető, melyet a rendszer *valós idejű* adatok előállításával biztosít. [18]

A disszertációban az alábbi hipotézisek kerültek megfogalmazásra:

1. Feltételezhető, hogy az erősen centralizált, részben, vagy egészben humán azonosításon alapuló jelenleg az erdővédelemben alkalmazott jelzési/védelmi rendszerek a kialakításuknál fogva későn jelzik a kialakuló katasztrófa helyzetet, így a kárelhárítás csak későbbi fázisban kezdődhet meg.
2. Feltételezhető, hogy a kültéri BVR - a működési megbízhatósági követelményeknek megfelelő - architektúrája az intelligens decentralizált és az intelligens holonikus rendszer kialakítási jellemzőinek uniójaként határozható meg.
3. Feltételezhető, hogy a kültéri BVR elemei által érzékelt különböző tűzjellemzőt együttesen kezelő keresztverifikációs eljárás a jelzés megbízhatóság növelését és a rendszer érzékelésének terület alapúságát eredményezi.
4. Feltételezhető, hogy a kültéri BVR megbízhatóságának elemzésére az állapotter módszerek közül a homogén Markov-modell alkalmazható.

4 Vizsgálati módszerek

A kutatás egyik módszere a **“lean”**. A lean lényege az építés – mérés – tanulás ciklikussága, azaz a tanulási szakasz után újra az építés szakaszába lépünk - ez tehát egy folyamatos visszacsatolással rendelkező iterációs fejlesztési módszer. Ahogy a kezdeti koncepció finomításra került, úgy finomodik a teljes üzleti koncepció és a kutatási dokumentáció is - a nagyon alapvetésektől a megalapozott részletekig. [32] [33] Az eredeti ötlet a kísérletek során átalakult és nyerte el eme értekezésben részletezett prototípus formáját, melyet a Szellemi

Tulajdon Nemzeti Hivatalához benyújtott és elfogadott iparjogvédelem is alátámaszt (lajstromszám: HU4128).

A felkutatott szakirodalmi forrásokból felhasznált gondolatokat és idézeteket az értekezés során szögletes zárójelben arab számozással jelöltem és az értekezés végén a „Irodalomjegyzék” fejezetben soroltam fel. Az idézeteket idézőjelben szedve jeleztem. Az értekezésben szereplő kifejezéseket magyarázó, kiegészítő ismeretanyagot „lábjegyzet” formájában jelöltem, míg a rövidítések magyarázatát a rövidítésjegyzékben tüntettem fel. A disszertációban szereplő, más forrásban szereplő adatokon nem változtattam, a forrásokat megjelöltem a táblázat-, és képaláírás részben.

Általános módszerként, a vonatkozó szakirodalmi háttér felkutatása és azonosítása után rendszerező, összehasonlító, értékelő elemzést hajtottam végre, amely a következtetéseim alapját képezi.

A kutatási célok eléréséhez az alábbi módszerek kerültek alkalmazásra:

1. Tanulmányozásra került a „témával kapcsolatos írott és elektronikus szakirodalom”, a forrásként hasznosított szabványok, ajánlások, esettanulmányok, statisztikai adatok. Ezek feldolgozása, rendszerezése során, az alapvető módszer az adaptáció volt. [25](9.o.)
2. A kültéri védelmi rendszerek specifikus biztonságtechnikai összetevőinek és alrendszerének áttekintő rendszerezéséhez felhasználtam több mint két évtizedes oktatói és kutatói munkám során szerzett elméleti és gyakorlati ismereteimet, alkalmazva a *taxonómia és az összegzés módszereit*.
3. A kutatómunka során feltárt és rendszerezett ismeretek részeredményeit hazai és nemzetközi szakmai versenyeken, kiállításokon, hazai konferenciákon, valamint szaklapokban ismerttettem.
4. Az ismert és jelenleg alkalmazott kültéri védelmi rendszerek elemzése és az osztott intelligenciájú, „ad-hoc mesh” hálózati topológián alapuló kültéri védelmi rendszer optimális felépítésének és kiépítettségének kidolgozása során az *analízis és szintézis módszere* került alkalmazásra.
5. A kutatómunka során folyamatos szakmai konzultációkra került sor kültéri védelmi rendszer egyes biztonságtechnikai alrendszer szakterület hazai és nemzetközi művelőivel.

5 Új tudományos eredmények

Az értekezés alapját képező kutatás során egy olyan osztott intelligenciájú, decentralizált érzékelő-, és kommunikáló elemek laza kapcsolatából álló hálózati rendszer - amit egyszerűen bioszféra védelmi rendszernek nevezünk - került kidolgozásra, melyet minden olyan helyen alkalmazni lehet, ahol a vegetáció tűz korai jelzése, az illegális fakitermelés kezdete, a bioszféra résztvevők nyomkövetése megjelenhet. A kutatás során négy fő hipotézis került megfogalmazásra, amelyek szorosan kapcsolódnak a megfogalmazott célkitűzéshez és részcélokhoz. Fontos megjegyezni, hogy a kutatásnak nem csak elméleti jellegű megoldásai vannak, hanem - a kiszélesített funkcionalitással működő - prototípus vizsgálata során megszerzett tapasztalatokkal is kiegészítésre kerültek. A feltett hipotézisek bebizonyosodtak, illetve a Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala által regisztrált iparjogvédelmek alapján kijelenthető, hogy újszerű tudományos eredmények születtek. Ezek az alábbi táblázatban kerülnek összefoglalásra:

	Tézis	Tézishez kapcsolódó publikáció
T1	Igazoltam, hogy a jelenleg alkalmazott, erősen centralizált - részben, vagy egészben humán identifikáción alapuló - bioszféra felügyeleti rendszerek a kialakításuknál fogva későn jelzik a kialakuló katasztrófa helyzetet, így a kárelhárítás csak későbbi fázisban kezdődhet meg.	K1, K2
T2	Meghatároztam, a kültéri bioszféra védelmi rendszer - a működési megbízhatósági kritériumoknak megfelelő - architektúráját, az intelligens decentralizált és az intelligens holonikus rendszer kialakítás jellemzőinek uniójaként.	K1, K3, K6
T3	Igazoltam, hogy a kültéri bioszféra védelmi rendszer elemei által érzékelt különböző tűzjellemzőt együttesen kezelő keresztverifikációs eljárás a jelzés megbízhatóság növelését és a rendszer érzékelésének terület alapúságát eredményezi.	K1, K6
T4	Bizonyítottam, hogy a kültéri bioszféra védelmi rendszerek megbízhatóságának analizálására az állapotter módszerek közül a homogén Markov-modell alkalmazható.	K5, K6

6 Az eredmények hasznosítási lehetősége

Az erdők alapvető szerepet játszanak az ökoszisztéma vízháztartás-egyensúlyának és a szén-ciklus fenntartásának megőrzésében, ezért az erdőkben keletkező közvetlen és közvetett károk környezeti hatásai jelentősek. Az erdővédelem feladata ezen károk kockázatának felmérése, értékelése és következményeinek elhárítása. Felelős erdővédelemről akkor beszélhetünk, ha a jelentős károkat még azok bekövetkezése előtt képesek vagyunk jelezni, vagy ha meg tudjuk szüntetni ezek hatásait.

Az egyik legsúlyosabb környezet- és erdővédelmi kihívást az illegális fakitermelések, falopások jelentik. Távol-Keleten, Afrikában a pálmaolaj kinyerése érdekében erdők hektárjai tűnnek el. Közép- és Dél-kelet Európában a fűtési szezon beálltával minden évben egyre intenzívebbé - valódi iparaggá - válik az illegális fakitermelés és elszaporodnak a falopások is. A fatolvajok a legtöbb esetben láncfűrészekkel rendelkeznek és gépjárművel, vagy nagyobb tehergépjárművel szállítják el a kivágott fát. Eljárásuk a "válogatásos" módszeren alapul, azaz a járőrözéstől időben/térben is távoleső területen kiválogatják az értékesebb fákat, és azokat derékmagasságban kivágják, a többit otthagyják "mementónak". Gyakran találkozhatunk olyan esettel is, amikor teljes "tarvágást" végeznek az elkövetők - ebben az esetben is derékmagasságban vágják ki a fákat. A tapasztalat azt mutatja, hogy a komolyabb méretű illegális fakitermelést, falopást, környezeti kárt csak annak bekövetkezése után fedezik fel, mivel a jelenlegi gyakorlat szerint szinte kizárólag az erdészeti társaságok felügyeleti személyzete hivatott arra, hogy a meghatározott területeken és időnként járőrtevékenységet folytasson, és a szokatlan eseményekre közvetlen reagáljon. A becslések szerint a világban csak az állami tulajdonú erdőségekben okozott illegális fakitermelés egy év alatt több tíz milliárd dollár kárt okoz, nem beszélve ezeknek a területeknek a helyreállítási költségéről. Pontos adatokat természetesen nehéz megbecsülni az illegális tevékenység jellege miatt, de a fakitermeléseknek jelentős része, esetenként több, mint a fele (különösen a veszélyeztetett régiókban) illegális. Az illegális fakitermelés és az erdőirtás hozzájárulhat a biológiai sokféleség szűküléséhez és a globális felmelegedéshez. Ezek az illegális tevékenységek aláássák a felelős erdőgazdálkodást, ösztönzik a korrupciót és az adóelkerülést, csökkentik a termelő országok jövedelmét, korlátozza az erdőgazdálkodási befektetéseket a termelő országokban, rontja a fenntartható fejlődést és aláássa a jogállamiságot. Az illegális fakitermelés átható probléma, ami hatalmas károkat okoz az erdőkben, a helyi közösségek és a termelő országok gazdaságában. A falopás, vagy illegális fakitermelés gyakran gyümölcsfás területet érint, ahol az okozott kár többszöröse is lehet a kitermelhető fák értékeinél. Ilyenkor

ugyanis évekre kiesik a terület a gyümölcs-termesztésből, mely tovább növeli a kár értékét. Éppen ezért sok esetben a tulajdonosok maguk hajlandóak lennének egy „védelmi” rendszerért rendelkezésre állási díjat fizetni, ahonnan érkező információk alapján jelezhető a falopás kezdete és megelőzhető a károkozás. A „hivatalos” forrásból származó adatok óvatos becslésen alapulnak, hiszen a magasán becsült illegális fakitermelés adat kínosan érinthetne egyes intézményeket. A kormányok hatékony jogalkalmazással és jelentős büntetési tételekkel próbálják elejét venni az illegális fakitermelésnek. Az ilyen helyzetekben azonban megnőhet a vesztegetés és a korrupció lehetősége. A környezetvédelmi civil szervezetek viszont hajlamosak riasztó becslési adatokat közzé tenni, ezzel is hangsúlyozva a tudatos erdővédelem és a szigorúbb védelmi intézkedések kialakítására. [119]

Több száz milliárd USD kárt okoz a világon a különböző területeket sújtó pusztító erdőtűz, melyek évről-évre egyre nagyobb területet emésztenek el. Az erdőtüzek kialakulásának okait tekintve lehet emberi tevékenységből (kifejezetten gyakori, az esetek túlnyomó többsége gondatlanságból) származik, de okolható a globális klímaváltozás is, mely nem csak a tűzkárok számát, gyakoriságát növeli, hanem a kialakult tüzek terjedési sebességét is. A forró nyarak, a csapadékhiányos időszakok növekedése, a hőségnapok, a szárazabb éghajlat fele tolódás, mind-mind olyan tényező, amitől a tűzkárok súlyosbodnak. Az oltás nehezebb, emiatt a károsított terület nagyobb, és így a kár is hatványozódik. Az erdőtüzek következtében nemcsak az elégett bioszféra értéke jelenti a gazdasági kárt, hanem egyes ipari ágazatok, mint a papírgyártás és a parafatermelés is óriási veszteségeket könyvelhet el a katasztrófa miatt. A tüzek sok esetben szállítási útvonalakat vágnak el, otthonokat tesznek tönkre és több száz négyzetkilométernyi területen hagynak csak hamut maguk után. [119]

Olyan jelzőrendszert lenne célszerű tehát kialakítani az erdővédelemben, mely érzékelői révén lokális információkat képes gyűjteni és továbbítani a hálózaton keresztül a számítógépes rendszerközpontokba. A megoldásból származtatható információk segítségével olyan lehetőségekhez jutunk az erdővédelem, a szabályozott és illegális fakitermelés, a tüzek keletkezése, az illegális behajtás, a kitermelt fa nyomkövetése tekintetében, melyekre korábban nem - vagy csak korlátozott módon – volt képes a szakma. A rendszer „valós-idejű” adatok produkálásával biztosítja, hogy a védett területen történő tevékenységekről a kiszolgáló személyzet, a rendőrség, vagy a tűzoltóság információval rendelkezzen. [119] Az információ birtokában pedig a megfelelő személyzet lépéseket tehet az erdő és a környezet védelmében, mielőtt a károk komoly méreteket öltenek. Az értekezésben megfogalmazott követelményeknek és kialakítási szempontoknak megfelelő rendszer kifejlesztése azt jelenti,

hogy a jelenleg alkalmazott technológia szinten létrehozott intelligens decentralizált és holonikus rendszerek áttekintése, átalakítása, megújítása válik szükségessé.

A decentralizált intelligens rendszerek (DIAS) és a holonikus intelligens rendszerek (HIS) a fejlett technológiai rendszerek két típusa, amelyek az elosztott intelligencia elvein alapulnak. A DIAS-t úgy tervezték, hogy egymással összekapcsolt ágensek hálózataként működjön, amely a helyi információk és feltételek alapján képes döntéseket hozni és cselekedni, míg a HIS-t úgy tervezték, hogy hierarchikus és moduláris módon működjön, olyan önálló autonóm egységekkel, úgynevezett holonokkal, amelyek nagyobb rendszerekké kombinálhatók. Az egyes ágensek vagy modulok autonóm módon működhetnek, és helyi információk alapján hozhatnak döntéseket, ugyanakkor képesek kommunikálni és együttműködni a rendszer más ágenseivel vagy moduljaival. Ez lehetővé teszi, hogy a rendszer intelligens viselkedést mutasson, amelyben a rendszer egészének viselkedése az egyes ágensek vagy modulok közötti kölcsönhatásokból alakul ki. A holonikus decentralizált intelligens rendszerek fejlesztése számos előnnyel jár a hagyományos centralizált rendszerekkel szemben, amelyek a szervezés és irányítás hierarchikus és felülről-lefelé irányuló megközelítésén alapulnak. Bár ez a két rendszer a szervezés és az irányítás tekintetében eltérő megközelítést alkalmaz, egyre inkább a holonikus decentralizált intelligens rendszerek fejlesztése felé mutat a trend.

A BVR koncepciója a moduláris és decentralizált intelligens és holonikus rendszerek kombinációjának létrehozása ötletén alapul, mely ötvözi mindkét megközelítés előnyeit. Egyik fő előnye, hogy képes komplex és dinamikus környezetben működni. Azáltal, hogy lehetővé teszi az egyes jelzőegységek autonóm működését, melynek segítségével a rendszer gyorsabban reagál és könnyebben alkalmazkodik a változó körülményekhez. Ez teszi alkalmassá arra, hogy javítsa az erdővédelem hatékonyságát, a védelmi költségek csökkentését és a jelzések megbízhatóságát. A BVR másik előnye, hogy könnyebben méretezhető, mint a hagyományos centralizált rendszerek. A jelzőegységek hozzáadásával vagy eltávolításával a rendszer könnyen bővíthető, vagy szűkíthető, így tud alkalmazkodni a változó igényekhez és követelményekhez.

A BVR jellemzője, hogy a jelzőegységek és a jelző- és kommunikációs egységek közötti hatékony kommunikációs és koordinációs mechanizmusok kerültek kifejlesztésre. A hatékony működés érdekében a rendszernek képesnek kell lennie a valós idejű kommunikációra és az érzékelők által mért értékek különböző ellenőrzési eljárások által történő verifikálás koordinálására, ami robusztus és megbízható kommunikációs protokollok alkalmazását igényli.

Ehhez hatékony ellenőrzési és döntéshozatali mechanizmusok kerültek kifejlesztésre. A hatékony döntéshozatalhoz a rendszer-elemeknek képesnek kell lenniük arra, hogy a helyi környezetükből származó információkat integrálják a magasabb szintű információkkal és célokkal. Ehhez olyan kifinomult vezérlő és döntéshozatali algoritmusok kerültek kifejlesztésre, amelyek képesek kezelni az összetett és dinamikus környezetet.

A BVR-ben a rendszer szintű komplex intelligencia és végrehajtási mechanizmus (jelzés verifikációs eljárások, kommunikációs és döntéshozatali algoritmusok) a hatékonyabb feldolgozási teljesítmény érdekében a rendszer-elemek között van elosztva. Ez nemcsak a működési és adat- biztonság követelménye miatt került kialakításra, hanem energiahatékonysági megfontolások is szerepet játszottak. Az osztott intelligenciának ez a megközelítése számos előnnyel jár, többek között a nagyobb skálázhatósággal, jobb hibatűréssel és jobb adatbiztonsággal.

A BVR az intelligens holonikus rendszerektől származtatott jellemzője, hogy átmeneti hierarchikus struktúrát alkalmaz a komplexitás jobb kezelése érdekében. A rendszerben az egyes jelzőegységek egymásba ágyazott csoportokba szerveződnek, és minden csoport egy-egy újabb rendszer-elemet alkot. Minden jelzőegység egyszerre része egy nagyobb csoportnak és egy önálló egész, saját belső struktúrával és feldolgozási képességekkel. Az eredmény egy olyan rendszer, amely rugalmasabb, alkalmazkodóbb és érzékenyebb, mint egy hagyományos központosított rendszer, ugyanakkor kezelhető és könnyen áttekinthető.

A BVR telepítése gondos tervezést igényel, valamint a mögöttes technológiák és a rendszer felhasználóinak igényeinek mély megértését. Az első lépés a rendszert alkotó funkcionális egységek, vagy modulok azonosítása, majd funkcionális vagy működési jellemzőik alapján a jelzőegységek összeállítása. Ez kihívást jelentő feladat lehet, mivel az optimális jelzőegység struktúra a rendszer egyedi követelményeitől függ. A jelzőegységek meghatározása után a következő lépés a koordinációs protokollok kialakítása. Itt jön a képbe a BVR átmeneti hierarchikus felépítése. Minden jelzőegység felelős a saját belső feldolgozásáért és döntés hozataláért, de kommunikál az átmenetileg magasabb hierarchia szinten besorolt jelzőegységgel is. Ez lehetővé teszi a rendszer számára, hogy dinamikusan alkalmazkodjon a környezet, vagy a követelmények változásaihoz, miközben a rendszer általános koherenciája és konzisztenciája megmarad. A BVR másik fontos aspektusa az önszerveződés fogalma. Egy decentralizált rendszerben minden egyes csomópont, vagy eszköz felelős a saját feldolgozásáért és döntés hozataláért. A BVR-ben ez a felelősség akár több jelzőegység között is felosztásra

kerülhet. Ez azonban nem jelenti azt, hogy a rendszer ne lenne teljesen decentralizált, vagy hogy az egyes jelzőegységek ne lennének teljesen függetlenek.

A BVR egyik legfontosabb tulajdonsága a skálázhatóság és a változó követelményekhez való alkalmazkodás képessége. A rendszer növekedésével új jelzőegységek, jelző- és kommunikációs egységek adhatók a hálózathoz, a meglévő rendszer-elemek pedig átstrukturálhatók, vagy lecserélhetők. Ez lehetővé teszi, hogy a rendszer könnyedén alkalmazkodjon a környezet, vagy a követelmények változásaihoz anélkül, hogy teljes újra tervezést vagy átalakítást igényelne.

A XXI. század harmadik évtizede a mesterséges intelligencia (MI) algoritmusok kutatásának és fejlesztésének “aranykorát” hozta el. Az MI algoritmusok lehetővé teszik olyan jelzőegységek kifejlesztését, amelyek képesek tanulni és alkalmazkodni a környezetükhöz, így idővel hatékonyabbá és eredményesebbé válnak. Ezen intelligens rendszer-elemek a BVR architektúrában történő kombinálásával olyan rendszerek hozhatók létre, amelyek mind egyéni, mind rendszerszinten képesek tanulni és alkalmazkodni.

A BVR kialakításának módszere olyan komplex megoldást honosít meg az erdő- és természetvédelemben, melynek segítségével azonnali információkat kaphatunk, ha egy jármű fordul be a védett területre, vagy illegális fakitermelés kezdődik, és ugyanígy az engedély nélküli vagy spontán keletkező tüzek jelzéséről is. Ilyen információk birtokában a megfelelő felügyeleti személyzet pontos lépéseket tehet, hogy megakadályozza az erdő és a környezet súlyos károsodását még annak bekövetkezése előtt. A védelmi rendszer erdőgazdálkodásban és természetvédelemben, fakitermelésben, fafelhasználásban alkalmazható, ugyanakkor az erdőgazdálkodásban alkalmazott felügyelő személyzet által végrehajtott járőrözésnél lényegesen pontosabban és széleskörűbben, a kamerával, vagy műholdakkal történő azonosításnál lényegesen megbízhatóbban, az időjárás körülményeitől függetlenül a nap 24 órájában automatikusan működik. A védelmi rendszer működése az elkövetők számára rejtve marad, a felszerelés minden darabja kitűnően álcázható. A hálózati elemek könnyen telepíthetők, felhasználhatók és az okozható kár töredékébe kerülnek. Az álcázásnak köszönhetően pedig nem eredményezi a környezet sérülését és az elkövetők számára nehezebb a hatástalanítása. [119]

7 Irodalmi hivatkozások listája/ Irodalomjegyzék

- [1] J. Hansen et al., „Global temperature change,” *Proceedings of the National Academy of Sciences*, pp. 14288-14293., 26.09.2006.
- [2] J. T. Houghton et al., „Contribution of WGI to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change,” *Climate Change 2001: The Scientific Basis*, 2001.
- [3] J. Petit, J. Jouzel és D. Raynaud, „Climate and Atmospheric History of the Past 420,000 years from the Vostok Ice Core, Antarctica,” *Nature*, szám 399, pp. 429-436, 1999.
- [4] R. J. Cicerone és S. Nurse, „Climate change. Evidence and causes,” *The Royal Society and US National Academy of Sciences*, 27.02.2014.
- [5] L. O. Mearns, C. Rosenzweig és R. Goldberg, „Mean and variance change in climate scenarios: methods, agricultural applications, and measures of uncertainty,” *Climatic Change*, kötet 35, pp. 367-396, 1997.
- [6] S. Sun és J. Hansen, „Climate Simulations for 1951–2050 with a Coupled Atmosphere–Ocean Model,” *NASA Goddard Institute for Space Studies*, 2003.
- [7] E. A. Barnes, J. Slingo és T. Woollings, „A methodology for the comparison of blocking climatologies across indices, models and climate scenarios,” *Clim Dyn (2012)*, kötet 38, pp. 246-248, 2011.
- [8] R. Mihály, „Globális éghajlatváltozás interaktív és komplex forgatókönyveinek modellezése és elemzése,” *Jövőtanulmányok*, kötet 25, 2011.
- [9] K. Molnárné Barna és T. Molnár, „A globális felmelegedésről,” *DETEUROPE - The Central-European Journal of regional development and tourism*, kötet 7, szám1, pp. 95-109, 2015.
- [10] O. M. Szolgálat, „Évi középhőmérsékleti adatok 1901-,” [Online]. Available: https://met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/eghajlati_visszatekinto/elmult_evек_idojarasa/main.php?no=2&ful=bevezetes. [Hozzáférés dátuma: 10 01 2022].

- [11] M. D. Z. A. E. D. W. Chen Zhou, „Greater committed warming after accounting for the pattern effect,” *Nature Climate Change*, kötet 11, pp. 132-136, 05 01 2021.
- [12] M. Zelinka és D. Andrew et al., „Paying for emissions we’ve already released,” 04 01 2021. [Online]. Available: <https://www.llnl.gov/news/paying-emissions-weve-already-released>. [Hozzáférés dátuma: 04 01 2021].
- [13] H. László, „Gázok a légkörben,” Országos Meteorológiai Szolgálat, [Online]. Available: https://www.met.hu/doc/rendezvenyek/metnapok-2012/05_Haszpra.pdf. [Hozzáférés dátuma: 05 01 2021].
- [14] E. Parlament, „Üvegházhatású gázok kibocsátása az EU-ban (infografika),” Európai Parlament, 2018. [Online]. Available: <https://www.europarl.europa.eu/news/hu/headlines/society/20180301STO98928/uveghazhatasu-gazok-kibocsatas-a-eu-ban-infografika>. [Hozzáférés dátuma: 05 01 2021].
- [15] „Globális erdőhelyzet,” [Online]. Available: <https://108.hu/globalis-erdohelyzet>. [Hozzáférés dátuma: 07 06 2021].
- [16] K. P. szerk., „A magyar erdőgazdálkodás,” *Magyar Erdők*, pp. 9-17, 02 2019.
- [17] I. Erdélyi, „Az erdők szerepe életünkben,” *National Geographic*, 10 05 2017.
- [18] P. József, „Nagymegbízhatóságú Bioszféra védelmi rendszer kialakítása,” in *XXXIX. Kandó Konferencia*, Budapest, 2023.
- [19] K. A. Papp József, „Bioszféra védelmi rendszer kialakításának módszere”. Szabadalom száma: P1300560, 2013.
- [20] R. A. Butler, „Mongabay.com,” 23 07 2020. [Online]. Available: <https://rainforests.mongabay.com/deforestation/>. [Hozzáférés dátuma: 15 01 2021].
- [21] C. J. A. A. Y. Z. P. A. C. A. K. M. A.-K. M. .. & B. S. Murray, „Global burden of 87 risk factors in 204 countries and territories, 1990–2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019,” *The lancet*, kötet 396, szám 10258, pp. 1223-1249, 202.

- [22] A. A. A. Alkhatib, „A Review on Forest Fire detection Techniques,” *International Journal of Distributed Sensor Networks*, p. 12, 05 03 2014.
- [23] D. Guggenheim, „An Inconvenient Truth,” *Directed by Davis Guggenheim about former United States Vice President Al Gore's campaign [Documentary]*, 2000.
- [24] S. C. et.al., WWF living forests report: chapter 5, Saving forests at risk 2015, Svájc: World Wide Fund of Nature, 2015.
- [25] U. Sándor, *Komplex villamos rendszerek biztonságtechnikai kérdései, Doktori (Phd) értekezés*, Budapest: Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, 2009.
- [26] E. Unió, 2006. [Online]. Available: <https://ec.europa.eu/environment/archives/forests/ffocus.htm>. [Hozzáférés dátuma: 03 01 2021].
- [27] M. McGrath, „BBC News,” BBC Corp., 18 12 2020. [Online]. Available: <https://www.bbc.com/news/science-environment-55350185>. [Hozzáférés dátuma: 16 01 2021].
- [28] G. R. T. Leda N. Kobziar, „Science,” 370. [Online]. Available: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.abe8116>. [Hozzáférés dátuma: 17 01 2021].
- [29] G. R. T. Leda N. Kobziar, „Wildfire smoke, a potential infectious agent,” *Science*, kötet 370, szám 6523, pp. 1408-1410, 2020.12.18 12 2020.
- [30] U. N. E. Programme, „UNEP Frontiers 2016 report emerging issues of environmental concern,” UNEP, [Online]. Available: https://wesr.unep.org/media/docs/assessments/UNEP_Frontiers_2016_report_emerging_issues_of_environmental_concern.pdf. [Hozzáférés dátuma: 15 11 2017].
- [31] D. K. Péter, „StartUpdate,” [Online]. Available: <http://startupdate.hu/a-fejjel-lefele-modell/>. [Hozzáférés dátuma: 23 05 2016].
- [32] „Megoldás Most,” [Online]. Available: <http://megoldasmost.hu/top-5-lean-tevhit/>. [Hozzáférés dátuma: 23 05 2016].

- [33] D. B. Imre, Kutatásmódszertani alapismeretek, Pécs: Pécsi Tudományegyetem Egészségtudományi Kar, 2015.
- [34] J. K. Bittó Zsófia, „Innovatív Generáció,” [Online]. Available: <https://innovativgeneracio.blog.hu/2014/03/21/validalas>. [Hozzáférés dátuma: 23 05 2014].
- [35] T. I. János, Környezetetika, Szeged: SZTE, BTK, Filozófia tanszék, 2013.
- [36] V. Gábor, Helyünk a bioszférában, Budapest: TypoTex, 2001.
- [37] U. István, Bevezetés a környezettudományba, Biológiai vonatkozások, Kolozsvár: Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem Természettudományi és Művészeti Kar, 2007.
- [38] P. G. Moser Miklós, A környezetvédelem alapjai, Budapest: Nemzeti Tankönyvkiadó, 2006.
- [39] M. Szabvány, *MSZ EN 50126:2018; Vasúti alkalmazások. A megbízhatóság, az üzemkészség, a karbantarthatóság és a biztonság (RAMS) előírása és bizonyítása*, International Electrotechnical Commission, 2018.
- [40] D. G. László, Természet- és tájvédelem, Egyetemi tankönyv szerk., Veszprém: Pannon Egyetem - Környezetmérnöki Kar, 2012.
- [41] C. o. t. E. Union, „Protection of the community's forests against fire. Council regulation (EEC) no 2158/92,” *Official Journal of the European Union*, kötet 35 (L 217), pp. 3-7, 1992.
- [42] B. Iván, A tűzvizsgálat alapjai, Budapest: Fővárosi Tűzoltóparancsnokság, 2006.
- [43] S. A. Pervaze, B. F. Lucas és P. Kezee, „International Illegal Logging: Background and Issues,” *In Focus*, 2019.02.26.
- [44] „Erdőtüzek: Hogyan kezel egy égető kérdést a LIFE,” Magyar Fejlesztési Központ, [Online]. Available: <https://mfk.gov.hu/erdotuzek-hogyan-kezel-egy-egeto-kerdest-a-life.html>. [Hozzáférés dátuma: 16 02 2021].

- [45] C. S. T. D. o. F. a. F. Protection, „Mosquito Fire,” Department of Forestry and Fire Protection, 2022. [Online]. Available: <https://www.fire.ca.gov/incidents/2022/9/6/mosquito-fire/>. [Hozzáférés dátuma: 06 02 2023].
- [46] M. Reinke, „LA NACION,” Miembro de GDA. Grupo de Diarios América, [Online]. Available: <https://www.lanacion.com.ar/economia/campo/denuncian-que-los-incendios-son-intencionales-y-hacen-patrullajes-para-evitar-mas-focos-nid18022022/>. [Hozzáférés dátuma: 16 02 2023].
- [47] R. M., H. A., és T. A., „Forest Fire Detection, Prediction and Monitoring in Bhutan,” [Online]. Available: https://www.academia.edu/8132930/Forest_Fire_Detection_Prediction_and_Monitoring_in. [Hozzáférés dátuma: 01 05 2021].
- [48] L. Bryan, „Fire danger, fire risk, fire threat-mapping methods,” in *EARSel, Int. Workshop on Remote Sensing and GIS Application to Forst Fire Management*, Ghent, Belgium, 2003.
- [49] J. Mika, „A globális felmelegedés regionális sajátosságai a Kárpát-medencében,” *Időjárás*, kötet XIIC. évfolyam, pp. 178-189, 1988.
- [50] A. Bussay, „Az erdőtűz meteorológus szemmel,” *Léggör*, kötet XL. évfolyam 2. szám, pp. 15-17, 1995.
- [51] Á. Restás, „Robot reconnaissance Aircraft,” in *UAVnet 9th. Meeting*, Amszterdam, Hollandia, 2004.
- [52] E. Kührt és a. et, „Autonomous Early Warning System for Forest Fires Tested in Brandenburg (Germany),” *International Forest Fire News*, kötet 22, pp. 84-90, 200.
- [53] D. Viegas és a. et, „Gestosa fire spread experiments,” in *Forest Fire Research & Wildland Fire Safety*, Rotterdam, Hollandia, Millpress, 2002.
- [54] Á. Restás, „Szendrő - type Integrated Vegetation Fire management - based on remote sensing modules, Wildfire Management Program from Hungary,” in *5th. International*

Workshop on Remote Sensing and GIS Application to Forest Fire Management, EARSeL Forest Fire SIG Meeting, Zaragoza, Spanyolország, 2005.

- [55] C. Fernandes és F. Linari, „Manual del Extintor de Explosión,” in *AIFEMA*, Granada, Spanyolország, 2004.
- [56] Á. Restás és a. et, „Wildfire Management at Aggtelek National Park, Hungary Integrated Vegetation Fire Management.,” in *IV. simposio Internacional sobre el Manejo Sostenible de los Recursos Forestales I Taller Internacional sobre manejo del Fuego*, Pinar del Río, Cuba, 2006.
- [57] D. Caballero és a. et, „Role of Internet in the decision-making sequence for wildland fire management in Europe: the E-FIS service,” in *Forest Fire Research & Wildland Fire Safety*, Rotterdam, Hollandia, Millpress, 2002.
- [58] Á. Restás, D. Nagy és S. Rózsa, „Wildland Fire Decision Support System in Aggtelek National Park,” in *2nd. Fire Behaviour and Fuel Management Conference*, Destin, Egyesült Államok, 2007.
- [59] C. Csaba, *Tűzjelző rendszerek. Amit a tűzjelzőkről tudni érdemes.*, Budapest: Florian Press Kiadó, 2001.
- [60] R. Ágoston, *Az erdőtüzek légi felderítésének és oltásának kutatás-fejlesztése Doktori (PhD) értekezés*, Budapest: Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, 2008.
- [61] *57/2005. (XI. 30) BM rendelet a Riasztási és Segítségnyújtási Tervről, a hivatásos önkormányzati és az önkéntes tűzoltóságok működési területéről, valamint a tűzoltóságok vonulásaival kapcsolatos költségek megtérítéséről.*, 2005.
- [62] F. István, *Valószínűségszámítás és statisztika*, Debrecen: Debreceni egyetem, 2009.
- [63] T. Dániel, P. József és D. S. György, „Az intelligens vasúti rendszer megvalósításának elméleti és technológiai háttere,” in *Báthory-Brassai Konferencia, Óbudai Egyetem*, Budapest, 2015.
- [64] J. Ferenc, *Nagymegbízhatóságú folyamatirányító berendezés rendszertechnikai kialakítása; Egyetemi Doktori Disszertáció*, Budapest: BME, 1986.

- [65] T. D. és S. Gy., „I2 - Intelligent Infrastructure,” in *University of Economics in Bratislava*, Bratislava, 2015.
- [66] K. L. Bodnár László, „Erdőtűz megelőzési módszerek erdészeti megoldásai,” *Hadmérnök*, kötet 2, pp. 117-125, 07 2018.
- [67] S. Kaulfuss, „Waldwissen.net,” Forest Risk and Crisis Management Network Forestry Research, [Online]. Available: <https://www.waldwissen.net/de/waldwirtschaft/schadensmanagement/waldbrand/waldbauliche-waldbrandvorbeugung>. [Hozzáférés dátuma: 02 10 2021].
- [68] D. S. Zoltán, „Őr és járőrszolgálat ellátása I. A szolgálati feladatellátás szabályai,” NSZFI, Budapest, 2008.
- [69] D. S. Gotthilf, „A védett objektumon belüli járőrszolgálat ellátása alapesetben,” NSZFI, 2008.
- [70] T. Luckhurst, „Fire lookouts: The US Forest Service lookouts watching for fires,” BBC Corp., [Online]. Available: <https://www.bbc.com/news/world-us-canada-57626403>. [Hozzáférés dátuma: 12 11 2021].
- [71] „bitepito.hu,” [Online]. Available: <https://bitepito.hu/rejtveny/index.php?searchinput=heliogr%C3%A1f>. [Hozzáférés dátuma: 20 05 2022].
- [72] „simpsoncity.com,” [Online]. Available: <https://www.simpsoncity.com/hiking/firelookouts.html>. [Hozzáférés dátuma: 15 01 2021].
- [73] „hikingsdcounty.com,” [Online]. Available: <https://hikingsdcounty.com/los-pinos-peak>. [Hozzáférés dátuma: 15 01 2021].
- [74] „firelookout.com,” [Online]. Available: <https://www.firelookout.com/sd/lakotapeak.html>. [Hozzáférés dátuma: 15 01 2021].
- [75] „fotospot.com,” [Online]. Available: <https://fotospot.com/attractions/south-dakota/harney-peak-lookout-tower>. [Hozzáférés dátuma: 15 01 2021].

- [76] „palmspringslife.com,” [Online]. Available: <https://www.palmspringslife.com/tahquitz-canyon-to-the-peak/>. [Hozzáférés dátuma: 15 01 2021].
- [77] „Parks and Wildlife Service,” [Online]. Available: <https://exploreparks.dbca.wa.gov.au/site/gloucester-tree>. [Hozzáférés dátuma: 15 01 2021].
- [78] N. I. centrum, *Detection Synthesis of Good Practices*, Zvolen, Slovakia: EUFOFINET Project, 2014.
- [79] G. Hough, „Vision Systems for Wide Area Surveillance: Forest-,” *Wild-fire*, 2007.
- [80] P. E. J. H. S. Mathews, „Evaluation of Three Systems,” Bushfire Cooperative Research Centre, Australia, 2010.
- [81] „Urafire is a software for fire forest early detection,” Uratek, 2013. [Online]. Available: <http://www.uratek.com/applications.php?5..> [Hozzáférés dátuma: 11 05 2022].
- [82] P. Guillemant és J. Vicente, „Real-time identification of smoke images by clustering motions on a fractal curve with a temporal embedding method,” *Optical Engineering*, kötet 40, szám 4, 2001.
- [83] „Forest Fire Finder,” NGNS, 2013. [Online]. Available: <http://www.ngns-is.com/>. [Hozzáférés dátuma: 12 01 2023].
- [84] S. Matthews, A. Sullivan, J. Gould, R. Hurley, P. Ellis és J. Larmour, „Evaluation of Three Wildfire Smoke Detection Systems,” in *Bushfire CRC*, Ausztrália, 2010.
- [85] „Fire Hawk ForestWatch,” ALASIA Marketing, 2013. [Online]. Available: <http://www.firehawk.co.za/>. [Hozzáférés dátuma: 19 11 2022].
- [86] „An Early Warning System for Forest Fires, successfully in the global use,” FireWatch, 2013. [Online]. Available: <http://www.fire-watch.de/system->. [Hozzáférés dátuma: 08 06 2022].
- [87] F. A. P. Limited, „Australian National FireWatch Early Bushfire Detection Network Stage 2 Trial Proposal,” szeptember 2010. [Online]. Available:

<http://firewatchaustralia.com/wp-content/uploads/2020/03/FireWatch-Stage2-Trial-Proposal.pdf>. [Hozzáférés dátuma: 05 08 2020].

- [88] P. Arun, „An investigation over UAV based framework for forest fire monitoring and prediction in Bhutan,” India, 2014.
- [89] C. J. Tucker és A. Anyamba, „Historical Perspectives on AVHRR NDVI and Vegetation Drought Monitoring,” in *Goddard Space Flight Center Technical Report*, SP-351 , USA, 2011, pp. 309-345.
- [90] NASA, „MODIS Wep page,” NASA, [Online]. Available: <http://modis.gsfc.nasa.gov>. [Hozzáférés dátuma: 25 02 2017].
- [91] M. R. a. A. Himanshu, „Study and Comparation of Various Image Edge Detection Techniques,” *International Journal of Image Processing (IJIP)*, kötet 1, szám 3.
- [92] I. K. O. U. Y.E. Aslan, „A framework for use of wireless sensor networks in forest fire detection and monitoring,” *Computers, Environment and Urban Systems Journal*, kötet 36., szám 6., pp. 614-625, 2012.
- [93] H. A. N.Sazak, „The importance of Using wireless Sensor Networks for Forest Fire Sening and Detection in Turkey,” in *5th International Advanced technologies Symposium*, May 13-15, Karabut, Turkey, 2009.
- [94] Y. H. J. K. B. Son, „A Design and Implementation of Forest-Fires Surveillance System based on Wireless Sensor Networks for South Korea Mountains,” *International Journal of Computer Science and Network Security*, köte t6, szám 9, pp. 124-130, 2006.
- [95] K. Pripuzic, H. Belani és M. Vukovic, „Early Forest Fire Detection with Sensor Networks: Sliding Window Skylines Approach,” *Knowledge-Based Intelligent Information and Engineering Systems*, pp. 725-732, 2008.
- [96] J. S. e. G. X. S. F. M. Antoine-Santoni, „Performance of a Protected Wireless Sensor Network in a Fire. Analysis on Fire spread and Data Transmission,” *Sensors*, kötet 9, szám 8, pp. 5878-5893, 2009.

- [97] D. Doolin és N. Sitar, „Wireless sensors for wildfire monitoring,” in *Proc. SPIE 5765, Smart Structures and Materials*, Kanada, 2005.
- [98] R. O. R. T. P. P. L. Bernardo, „A Fire Monitoring Application for Scattered Wireless Sensor Networks - A peer-to-Peer Cross-layering Approach,” in *Proceedings of the International Conference on Wireless Information Networks and Systems*, Barcelona, Spain, 2007.
- [99] M. Bahrepour, N. Meratnia és P. Havings, „Automatic Fire Detection: A Survey from Wireless Sensor Network Perspective,” *Journal of the Atmospheric Sciences*, 2008.
- [100] M. H. A. Khadivi, „Fire Detection Using Wireless Sensor Networks,” in *SENSAPPEAL, LNICST 29*, 2010.
- [101] J. Zhang, W. Li, N. Han és J. Kan, „Forest fire detection system based on a Zigbee wireless sensor network,” *Frontiers of Forestry in China (Journal)*, kötet 3, szám 3, pp. 369-374, 2008.
- [102] M. B. M. Hefeeda, „Forest Fire Modeling and Early Detection using wireless Sensor Networks,” *Adhoc & Sensor Wireless Networks*, kötet 7, szám 3/4, pp. 169-224, 2009.
- [103] K. I. G. K. S. B. B. Kosucu, „FireSenseTB: a wireless sensor networks testbed for forest fire detection,” *Proceedings of the 2009 International Conference on Wireless Communications and Mobile Computing: Connecting the World Wirelessly*, 2009.
- [104] T. Celik, „Fast Efficient Method for Fire Detection Using Image Processing,” *ETRI Journal*, kötet 32, szám 6, pp. 881-890, 2010.
- [105] J. M. G. F. Reinhard Bischoff, „Wireless Sensor Network Platforms,” *Encyclopedia of Structural Health Monitoring Systems and System Design Sensor/Actuator Network Configuration*, 2009.
- [106] A. B. N. C. G. M. M. Z. F. Rosi, „Landslide Monitoring with Sensor Networks: Experiences and Lessons Learnt from a Real-World Deployment.,” *International Journal of Sensor Networks*, kötet 10, szám 3, pp. 111-122, 2011.

- [107] V. V. M. B. M. Ď. M. P. M. Harvanová, „Detection of Wood Logging Based on Sound Recognition Using Zigbee Sensor Network.,” in *Proceedings of International Conference on Design and Architectures for Signal and Image Processing*, Svájc, 2011.
- [108] S. R. T. Soisoonthorn, „Deforestation detection algorithm for wireless sensor networks,” 2007. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/251846103_Deforestation_detection_algorithm_for_wireless_sensor_networks. [Hozzáférés dátuma: 25 11 2018].
- [109] V. Miklós, „24.hu,” 21 11 2015. [Online]. Available: <https://24.hu/tudomany/2015/11/21/itt-egy-madar-ami-tokeletesen-utanozza-a-lancfuresz-es-az-autoriaszto-vagy-epp-emberek-hangjat/#>. [Hozzáférés dátuma: 21 09 2021].
- [110] B. S. Gnyegyenko, *A megbízhatóságelmélet matematikai módszerei*, Budapest: Műszaki Könyvkiadó, 1970.
- [111] D. F. H. J. S. A. T. J. G. V. B. W. Z. BÁNLAKI PÁL, *Járműgyártási folyamatok diagnosztikája*, Budapest: Akadémiai kiadó, 2019.
- [112] E. Dubrova, *Fault-Tolerant Design*, New York: Springer New York, NY, 2013.
- [113] F. C. Gärtner, „Fundamentals of fault-tolerant distributed computing in asynchronous environments,” *ACM Computing Surveys*, kötet 31, szám 1, pp. 1-26, 1999.
- [114] D. P. László, *Karbantartás elmélet*, Debrecen: Debreceni Egyetem, 2002.
- [115] M. Klára, „Markov-láncok modelljének matematikai háttere,” in *Markov-Modellek Elmélet, Becslés és társadalomtudományi alkalmazásaok*, Budapest, ELTE Regionális tudományi tanszék, 2008, pp. 151-189.
- [116] H. N. S. L. Kechar Bouabdellah, „Using Wireless Sensor Networks for Reliable Forest Fires Detection; In: The 3rd International Conference on Sustainable Energy Information Technology (SEIT 2013),” USA, 2013.
- [117] „Fire in Europe,” [Online]. Available: <https://www.planetoscope.com/forets/281-.html>. [Hozzáférés dátuma: 08 03 2022].

- [118] Y. X. a. b. J. G. a. L. S. a. d. J. G. c. Yahui Che a d, „Evaluation of the AVHRR DeepBlue aerosol optical depth dataset over mainland China,” *The ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 11 09 2018.
- [119] K. A. W. P. W. T. Papp József, „Rádiófrekvenciás azonosításon alapuló jelzőberendezés az erdőgazdálkodásban”. Szabadalom száma: 4138, 23 01 2012.
- [120] G. Gordos és P. Laborczi, „Ambiens intelligencia alkalmazások – követelmények az infokommunikációs hálózatokkal szemben.” *Magyar Tudomány*, kötet 7, p. 910, 2007.
- [121] J. Kollár, „A kiterjesztett elme mint holonikus rendszer (Koestler és a kognitív tudomány)” ELTE, Budapest, 2008.
- [122] J. Papp, D. Tokody és F. Flamini, „From traditional manufacturing and automation systems to holonic intelligent systems,” *Procedia Manufacturing*, kötet 22, pp. 931-935, 2019.
- [123] L. Bakos, „Holonikus gyártórendszerek néhány elméleti és gyakorlati alkalmazásai.” in *Erdélyi Múzeum Egyesület*, Kolozsvár, 2003.
- [124] J. P. L. B. I. F. F. Daniel Tokody, „Complex, Resilient and Smart Systems,” in *Resilience of Cyber-Physical Systems: From Risk Modelling to Threat Counteraction Cham.*, Netherland, Springer Netherlands, 2019, pp. 3-24.
- [125] J. Papp, „Embedded Control System with Shared Logic for Railroad Transport,” *NNORAIL MAGAZIN*, Budapest, kötet 1, pp. 40-44, 2016.
- [126] C. S. A. -. k. Z. Alliance, „Connectivity Standards Alliance,” [Online]. Available: <https://csa-iot.org/about/>. [Hozzáférés dátuma: 31 05 2021].
- [127] D. H. Jenő, Az erdők tűz elleni védelme, nagy kiterjedésű erdő- és vegetációtüzek Oltása, Kaposvár: Somogy Megyei Katasztrófavédelmi Igazgatóság, 2011.
- [128] T. P. C.E. Van Wagner, Equations and FORTRAN program for the Canadian Forest Fire Weather Index system, Ottawa: Government of Canada, The Canadian Foretry Service, 1985.

- [129] K. Finkenzerler, RFID Handbook 3rd edition, ISBN: 978-0-470-69506-7, Chichester, West Sussex: Wiley, 2010.
- [130] „Global Forest Watch,” [Online]. Available: <https://www.globalforestwatch.org/dashboards/global/?category=fires>. [Hozzáférés dátuma: 21 03 2023].
- [131] B. Kovács és R. Vida, „A Zigbee technológia,” *Híradástechnika*, kötet 58, pp. 9-12, 2004.
- [132] L. Csurgai-Horváth, Á. Danitz és R. I. , „Méréssel támogatott hálózattervezés ZigBee hálózaton,” *Híradástechnika*, kötet 6, pp. 9-14, 2010.
- [133] K. Bányai, Z. Mándy és I. Prof Dr. Dudás, „Egy holonikus gyártórendszer struktúrája,” *Debreceni Műszaki Közlemények*, kötet 169, 2010.
- [134] J. Harsten, „BLUETOOTH – The universal radio interface for ad hoc, wireless,” *Ericsson Review*, kötet 3, 1998.
- [135] P. G. L. H. J. G. M. N. B. H. V. B. Ed Callaway, „Home networking with IEEE 802.15.4: A developing standard for low-rate wireless personal area networks,” *IEEE Communication Magazine*, kötet 8, pp. 70-77, 08 2002.
- [136] S. R. M. Mahlke, „Energy Supply Considerations for Self-sustaining Wireless Sensor Networks,” *Proceedings of IEEE Second European Workshop on Wireless Sensor Networks*, pp. 397-399, 2005.
- [137] D. T. S. H. Lisa Langer, „Fire danger warning communication in New Zealand: Summary of a study of Rural Fire Authority communications in Northland,” *Fire Technology Transfer Note*, kötet 38, 2009.
- [138] „Madárbarát kert,” Zalanatura Természetvédelmi Egyesület, [Online]. Available: https://zalanatura.5mp.eu/web.php?a=zalanatura&o=LRavVB4_P0. [Hozzáférés dátuma: 13 04 2015].
- [139] D. Pozar, Microwave and RF Design of Wireless Systems, USA: John Wiley & Sons, Inc., 2001.

[140] L. a. t. Z. E. T. Göpfert, „A Fully-Integrated 900MHz CMOS RF Transceiver Including Digital Baseband for IEEE 802.15.4,” *ZigBee Application*, kötet 17, szám 2, pp. 283-292, 2006.

8 Publikációk

8.1 A tézispontokhoz kapcsolódó tudományos közlemények

- [K1] **Papp József**, Kocsis András: „Bioszféra védelmi rendszer kialakításának módszere”. Szabadalom száma: P1300560, 2013.
- [K2] **Papp József**, Kocsis András, Wolf Péter, Wolf Tibor: „Rádiófrekvenciás azonosításon alapuló jelzőberendezés az erdőgazdálkodásban”. Szabadalom száma: 4138, 23 01 2012.
- [K3] **J. Papp**, D. Tokody és F. Flamini, „From traditional manufacturing and automation systems to holonic intelligent systems,” *Procedia Manufacturing*, kötet 22, pp. 931-935, 2019.
- [K4] **J. Papp**, „Embedded Control System with Shared Logic for Railroad Transport,” *INNORAIL MAGAZIN, Budapest*, kötet 1, pp. 40-44, 2016.
- [K5] T. Dániel, **P. József** és D. S. György, „Az intelligens vasúti rendszer megvalósításának elméleti és technológiai háttere” in Báthory-Brassai Konferencia, *Óbudai Egyetem*, Budapest, pp. 335-348 2015.
- [K6] **P. József**, „Nagymegbízhatóságú Bioszféra védelmi rendszer kialakítása,” in XXXIX. *Kandó Konferencia*, Budapest, 2023.
- [K7] **Jozsef Papp**. L. B. I. F. F. Daniel Tokody, „Complex, Resilient and Smart Systems,” in *Resilience of Cyber-Physical Systems: From Risk Modelling to Threat Counteraction Cham.*, Netherland, Springer Netherlands, 2019, pp. 3-24.