

Nagymegbízhatóságú Bioszféra védelmi rendszer kialakítása

Papp József

Óbudai Egyetem Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar Műszerttechnikai és Automatizálási Tanszék, Tavaszmező utca 17., 1084, Budapest, Magyarország, papp.jozsef@uni-obuda.hu

Abstract: A XXI. századi erdővédelemben a gazdasági és környezeti hatások eredményeit megszüntető technológiákkal szemben egyre inkább növekszik a megelőzés súlya. Felelős erdővédelemlről akkor beszélhetünk, ha a jelentős károkat okozó hatások megjelenése, bekövetkezése előtt képesek vagyunk azokat jelezni. Olyan jelzőrendszert lenne célszerű 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 rendszert úgy célszerű létrehozni, 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 rendszer kialakítás legfőbb szempontja tehát, 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 élődörős védelem (rendőrség, tűzoltóság, erdészeti járőr, katasztrófavédelem).

Keywords: Bioszféra; védelem; RFID; Zigbee; illegális fakitermelés; erdőtűz; füstérzékelés

1 Bevezetés

Az elmúlt két évtizedben az erdőtüzek számának és az illegális fakitermelés volumenének markáns növekedése volt észlelhető. Az országok világszerte elkötelezték magukat azon erőfeszítések mellett, hogy előre jelezzék és megelőzzék ezen pusztító eseményeket. Fontos tudni, hogy a földön bekövetkező erdőtüzek évente mintegy 4-6 milliárd tonna széndioxid kibocsátásáért felelősek és ez az érték megközelítőleg a teljes emberiség által termelt széndioxid mennyiség 25%-át teszi ki. [1][2][3][4] A több milliárd tonna üvegházhatást okozó gáz kivonásához a légkörből elengedhetetlen a Föld erdővel borított területeinek megerősítése, amely

magában foglalja a meglévő erdők védelmét és új erdők telepítését. Mivel az erdők kulcsszerepet játszanak a bioszféra működésében, ezért kritikus fontosságú, hogy megóvjuk őket és továbbiakat ültessünk. Sajnálatos módon jelenleg mind a legális (fakitermelés), mind az illegális (falopás) tevékenységek által pusztítjuk erdőinket, ráadásul a természeti katasztrófák, mint például az erdőtüzek, tovább nehezítik az erdővédelmi erőfeszítéseket.

Képzelnék el, hogy ha képesek lennénk előrejelezni és csökkenteni a földön bekövetkező erdőtüzek hatásait, ezzel részben támogatva az éghajlatváltozás melegedési periódusának lassulását. Ehhez megbízható technológiai megoldások alkalmazása lenne elengedhetetlen. Ezek a rendszerek - élő és élettelen elemek kombinációja - képesek lennének nemcsak az erdőtüzeket, hanem számos más katasztrófaeseményt is jelezni. Az erdőtüzek problémája önmagában is elegendő indok lenne egy megbízható kültéri jelzőrendszer kifejlesztésére és használatára, különösen, ha figyelembe vesszük az illegális fakitermelések és falopások káros hatásait is. Ezen körülmények között a Földön összességében minden percben 48 futballpálya méretű erdőterület tűnik el. Az említett jelenségek azért következhetnek be, mert a jelenleg alkalmazott technológia - beleértve az erdővédelmi kamera rendszereket, hatósági járőröket és műholdas megfigyelést is, amennyiben alkalmazzák - által biztosított riasztások túl későn érkeznek a felügyeleti szervekhez. A kulcsinformáció itt az, hogy a jelzés "túl későn érkezik". Tehát olyan megbízható megoldásokra van szükség, amelyek időben értesítenek, lehetővé téve a környezeti katasztrófa megállítását még azelőtt, hogy teljesen kifejlődjön. Ehhez azonban megbízható rendszerekre van szükségünk, amelyek nemcsak működésbiztosak, hanem megbízható jelzéseket is biztosítanak. Azaz olyan rendszerekre, amelyek nagy megbízhatóságú, intelligens, széleskörű szolgáltatásokat nyújtanak, amelyek segítik az üzemeltetés biztonságát, és biztosítják a jelzés megbízhatóságát és gazdaságosságát. Ebben az esetben a jelzés megbízhatósága a rendszer döntő tényezőjévé válik, nemcsak nagy területű erdők esetében, hanem gyümölcsfák és kultúrnövények termesztésére használt területeken is. [5][6]

A "jelzés megbízhatósága" kifejezés rendkívül kritikus, mivel a téves jelzések kezelése további erőforrásokat igényelnek, amelyek kivonulásokat vonhatnak el azokról a területekről, ahol valóban bekövetkezik a katasztrófa. A megbízható jelzési rendszereknek egy további, rendkívül fontos tulajdonsággal kell rendelkezniük: a "biztos" jelzésnek a lehető leghamarabb elérhetővé kell válnia a megfelelő szolgálatok számára. Ellenkező esetben a beavatkozás már későn történik, és a környezeti pusztulás csak nagyon nehezen, vagy egyáltalán nem állítható meg.

A szándékos károkozások hatékony kockázatsökkentéséhez elengedhetetlen a komplex és integrált védelmi rendszer kialakítása. A komplex védelem egy piramisszerű rendszer, amely egymásra épülő összetevőkből áll, és célja a kockázatok előfordulási valószínűségének csökkentése, valamint a bekövetkező kockázati események káros következményeinek minimálisra csökkentése. Az

integrált biztonságtechnikai rendszerek pedig gazdaságosabban, hatékonyabban és egyszerűbben biztosítják a felügyelt területek védelmét, emellett számos járulékos előnnyel rendelkeznek. Az igazi integrált rendszer koncepciója, ahol az egyes alrendszerek valóban integrált módon működnek együtt, sajnos jelenleg még ritkán valósulnak meg. Ennek megvalósítása azonban kiemelkedő fontosságú, mivel a szorosan együttműködő alrendszerek lehetővé teszik az összetett veszélyek hatékonyabb kezelését és a biztonsági rendszer teljesítményének optimalizálását. [5][6]

2 Célok és igények

A modern technológia alkalmazásával felépülő felügyeleti rendszerek, melyeket bioszféra megfigyelésre alkalmaznak, általában magas értékkel és/vagy nagy teljesítménnyel rendelkeznek, ennek következtében karbantartásuk és az esetleges jelzésekre történő reagálásuk költséges. Ebben az összefüggésben érthető módon magas megbízhatósági követelményeket támasztunk velük szemben, hogy ne vezessenek téves vagy hibás működésből eredő bioszféra és élettér károsodáshoz. A téves működés lehet fizikai jelenségek értelmezési hibája a környezetben, vagy az alkatrészek hibája, karbantartás hiánya miatt.

Célszerű olyan rendszert kialakítani, amelyből származó információk - például az eldőlt és mozgó fák, tűz keletkezése, illetéktelen behatolás, illegális fakitermelés kezdete, katasztrófa környezeti jelenségek kialakulása - gyorsan eljutnak a felelős szervezethez. A rendszer tervezése során fontos szempont, hogy az információk a bioszféra változásáról a rendszer elemeinek kiesése vagy fizikai megsemmisülése esetén is eljuthassanak a helyszínre érkező élőerős védelemhez (rendőrség, tűzoltóság, erdészeti járőr, katasztrófavédelem). A kültéri védelmi rendszer szenzorokat tartalmazó egységei, melyeket "mote"-oknak nevezünk, autonóm módon működnek, saját tápellátással és önvédelmi mechanizmussal rendelkeznek. A hálózati kialakításuk "ad-hoc mesh" hálózatot jelent, melynek lényege, hogy az egyes rendszer-elemek automatikusan szerveződnek hálózatba, biztosítva a hálózat folyamatos működését terepi viszonyok között is, még rendszer-elemek fizikai meghibásodása vagy megsemmisülése esetén is. A megmaradt rendszer-elemek továbbra is fenntartják a hálózat működését, és az érzékelők méréseit, jelzéseiket továbbítják a felügyeleti számítógépes rendszerközpontokba, vagy előre tárolt mobil telefonszámra. A "mote"-ok egymással és a felügyeleti számítógéppel egyenrangú hálózati elemekként kommunikálnak. Az adatok vezeték nélküli továbbítása a könnyű telepíthetőség és az álcázás érdekében történik.

3 A rendszer kialakításának kontextusa

- Az állapotér mérő módszerek kiemelkedő fontosságú szerepet játszanak a kültéri bioszféra védelmi rendszerek megbízhatóságának analízisében és összehasonlításában. A homogén Markov-modell alkalmazása révén lehetőség nyílik a rendszerek hatékony értékelésére és összehasonlítására, elősegítve ezzel a megbízhatóság továbbfejlesztését.
- A jelenleg, erősen centralizált bioszféra védelmi rendszerek, amelyek a humán identifikáción alapulnak, lassú felderítést eredményeznek a katasztrófa helyzetek kialakulása során, ami az emberi közreműködésből adódó késlekedés miatt következik be. A decentralizált rendszerek, különösen az osztott intelligencia alapú megközelítések, ilyen szempontból korszerűbb és hatékonyabb megoldást kínálnak.
- A bioszféra degradációjának kockázata szorosan összefügg az adott terület népsűrűségével a kültéri védelmi rendszerek szemszögéből. Ahol magas népsűrűségű területeken a katasztrófák valószínűbben bekövetkeznek, a védelmi rendszereknek alkalmazkodniuk kell ehhez a kockázati tényezőhöz.
- Az osztott intelligenciájú és decentralizált kültéri bioszféra védelmi rendszer Valós Idejű adatok előállításával forradalmian új lehetőségeket teremt az azonnali és hiteles információ elérésére. Ez a funkcionalitás kiemelkedő hatékonyságot biztosít a katasztrófa esetek kezelésében, lehetővé téve a gyors és pontos reagálást.
- Az osztott intelligenciájú és decentralizált rendszer kialakítása holonikus rendszert eredményez, amely egy rugalmas és hatékony struktúrát hoz létre. A holarchikus megközelítés lehetővé teszi a feladatok átruházását, erősítve ezzel a rendszer működésbiztonságát.
- A keresztverifikációs eljárás alkalmazása, amely az együttes tűzjellemzők értékelését jelenti, jelentős mértékben növelheti a kültéri bioszféra védelmi rendszer jelzéscinek megbízhatóságát. Az összetett értékelés révén a rendszer képes pontosabb és megbízhatóbb információkat szolgáltatni a környezeti veszélyekről. A kültéri bioszféra védelmi rendszer érzékelése a keresztverifikációs csoport döntési eljárása révén területi alapokon nyugszik, ami hatékonyabbá teszi a rendszert a területen zajló események pontos és megbízható észlelésében. Ezáltal a rendszer alkalmasabb a gyors reagálásra és a hatékony kármegelőzésre.

4 Rendszer architektúra

Az erdőtüzek pontos kiváltó okainak meghatározása rendkívül bonyolult feladat, gyakran több tényező járul hozzá a tűz kialakulásához. A kiváltó ok azonosítása általában nehezen megvalósítható, mivel a tűz keletkezésekor, vagy a tűzoltás folyamán - számos esetben - elvesznek azok a nyomok és bizonyítékok, amelyek segítenének az okok feltárásában.

Az erdőtüzek kialakulásának okait tekintve gyakran emberi tevékenységből származnak, különféle gondatlansági tényezők miatt. Ugyanakkor a globális klímaváltozás is felelős lehet a tűzkárok növekedéséért és gyakoriságáért, továbbá befolyásolhatja a kialakult tüzek terjedési sebességét. A melegebb nyarak, csapadékhiányos időszakok növekedése, a hőségnapok száma és a szárazabb éghajlati viszonyok mind olyan tényezők, amelyek súlyosbíthatják a tűzkárokat. Ennek eredményeként az oltás nehezebbé válik, ami a károsított terület növekedéséhez és a kár hatványozódásához vezet.

Statisztikai adatok elemzésével és az illegális fakitermelés és erdőtüzek vizsgálatával igazolható, hogy ezek a degradációs folyamatok – például az illegális falopás vagy fakitermelés és az erdőtüzek – a hatékony beavatkozáshoz szükséges időkereten túl érik el a beavatkozást biztosító szerveket. Az adatok alapján, az adott népsűrűségű területek figyelembevételével, az emberek által jelzett degradációkat 90%-ban emberi bejelentések alapján azonosítják, majd csak ezt követően kezdik meg a beavatkozást. A késői beavatkozás következménye, hogy az elhárítás határfoka csökken, és a kárérték megnövekszik, ami a kárérték-görbén is megfigyelhető.

Konstrukciós szempontból a rendszer törzsrészét alkotó jelzőegységek (SD) olyan egységek, amelyek egyrészt moduláris felépítésűek, másrészt pedig maguk is részei egy nagyobb, összetett rendszernek. Ezek a stabil részrendszer elemek lehetővé teszik a komplex struktúrák könnyed létrehozását, mivel magasabb rendű egységek is létrejöhetnek az alapelemek kombinálásával. A bioszféra védelmi rendszer ily módon kialakuló struktúrája nem szorul mereven hierarchikus struktúrára; inkább plasztikus, (részben) holonikus rendszer, ami azt jelenti, hogy az egyes jelzőegységek feladatokat is átruházhatnak egymásra, erősítve ezzel a rendszer működési biztonságát. Ezen struktúrák kialakításakor az a törekvés kerül előtérbe, hogy a teljesen autonóm, laza hálózatok gyors alkalmazkodóképességét ötvözzék a klasszikus hierarchikus rendszerek stabilitásával és hatékonyságával. Ezt az újszerű modellt, amely a holonikus és a klasszikus hierarchia elveit ötvözi, holarchiának nevezik. Az ilyen rendszerek sokkal közelebb állnak a természetes rendszerekhez és számos tudományágból átvett tapasztalaton alapulnak.[7][8]

A bioszféra védelmi rendszer felépítésében és működésében tehát a holonikus rendszer szemlélet jelenik meg az alkalmazási kritériumok teljesítésének kulcsfeltételeként. A holonikus rendszer elemei a holonok, amelyek autonóm és egyben kooperatív egységei a rendszernek. Ezek az egységek képesek átalakítani,

szállítani, raktározni és információt feldolgozni. Az autonóm egységek előre meghatározott stratégiákat követnek, melyek tartalmazzák az eseményekhez, vagyis a mérési értékekhez előre meghatározott algoritmusokat. Ezek az egységek együttműködnek, megalkotva egy közös tervet, amely alapján cselekszenek. A holonok belső algoritmusai révén önütemezésre, önszabályozásra, önbeállításra és önjavításra képesek. Kooperáló egységekként pedig erősségük a többi holonnal való kommunikáció, a közös célok meghatározása és elérése terén mutatják meg.

5 A rendszerben alkalmazott megoldások a jelzés megbízhatóságának növelése céljából

Az eszközök a méréseket előre meghatározott időpontokban hajtják végre, amelyeket a berendezések tárolnak. Amennyiben a mért érték megközelíti (a közlés mértéke szintén állítható és a berendezésekben tárolt érték) a korábban rögzített küszöbértéket, a rendszer - a beállítások alapján - előjelzési üzenetet küldhet a felügyeleti számítógépes rendszerközpontba vagy egy előre tárolt mobiltelefonszámra. Figyelembe véve, hogy az eszközök autonóm módon működnek, és csak akkor kommunikálnak más rendszerelemekkel, ha a feladatuk azt megkívánja, az előjelzésről való azonnali értesítés küldése nem mindig szükséges. A küszöbérték elérésekor a berendezés mindig jelzésverifikációs eljárást futtat. Ez azt jelenti, hogy a kritikus érték elérésekor nem azonnal küld riasztást (a riasztás jelzés különböző az előjelzéstől), hanem előre beállított idő (jelzés verifikációs idő) múlva újra elvégzi a mérést. Ha a kritikus állapot továbbra is fennáll, akkor a berendezés riasztási állapotba lesz. Erről az állapotról értesítést küld a felügyeleti számítógépes rendszerközpontba vagy egy előre tárolt mobiltelefonszámra. A jelzés verifikációs eljárás segítségével az átmeneti, rövid ideig tartó zavarok okozta hatásokat lehet kiszűrni, csökkentve ezzel a téves riasztások számát. A berendezés ilyenkor riasztási állapotban van, de nincs rendszer szintű riasztás. A korlátozott kommunikációs hálózat lehetővé teszi a jelzés verifikációját, vagyis a megbízható jelzést. A jelzés verifikáció ebben az esetben nem csak az önállóan működő egységek között történik, hanem több más egység között is. Továbbá, nem csak ugyanazon fizikai mennyiség mérését végzi el több jelzőegység, hanem a jelzést kiváltó fizikai jelenség más mérhető hatásait is vizsgálja (más tűzjellemzőt), vagyis keresztverifikációs eljárást alkalmaz.

A keresztverifikáció fogalmáról akkor beszélünk, ha egy esemény vagy folyamat (például tűzgyulladás) fizikai jellemzőinek mérésére alkalmazott küszöbértéket meghaladó érték után, a verifikációs idő eltelte után nem ugyanazt a fizikai jellemzőt méri újra (verifikáció), hanem más, az adott eseményt vagy folyamatot jellemző értéket vizsgálata folyik, amely szintén meghaladja a küszöbértéket. Ezt a folyamatot keresztverifikációs eljárásnak nevezzük. Ezen eljárás biztosítja, hogy a pontatlan vagy hibás jelzések ne kerüljenek továbbításra a

felügyeleti szervek felé, ami a jelzés megbízhatóságát garantálja. Amennyiben az azonos területen lévő berendezések ugyanakkor, vagy rövid időn belül jelzést küldenek, akkor rendszer szintű riasztást generálnak a felügyeleti számítógép felé. Így a bioszféra védelmi rendszer egy összehangolt jelzési konfigurációt alkalmaz. A jelzőegységek folyamatosan, időzített algoritmus alapján monitorozzák a környezetüket. Ha a környezeti zavaró hatások mértéke meghalad egy bizonyos küszöbértéket, a berendezés automatikusan érzéketlenebb állapotba kapcsol, vagyis a funkció aktiválásakor paraméterezhető időeltolódással emeli a küszöbértéket. Amikor a zavaró hatások megszűnnek, újra visszaáll az eredeti érzékenységi szintre (eredeti küszöbérték). Ezt az adaptív érzékenység változtatási funkcióját a jelzőegységekben kerül alkalmazásra. Az elrendezés lehetővé teszi, hogy az algoritmusok alapján a jelzőegységek öntanuló módon beállítsák a küszöbértékeket. Ezt az önbeálló előjelzés funkciójának nevezzük, amely az érzékelő környezetében hosszú ideig mért értékeken alapulva automatikusan állítja be az érzékelőhöz rendelt küszöbértéket.

Tűz esetén a nyílt térben megjelenő tűzjellemzők, mint például a füst és az infravörös sugárzás, szabadon terjednek, így ezek pontszerű mérése kihívást jelent, és nyílt tűz esetén nem biztosít hiteles riasztást. A rendszer berendezései, amikor az általuk mért érték eléri a küszöbértéket, nemcsak jelzést verifikálnak, hanem keresztverifikáció révén más, hasonló berendezésektől lekérdezik az azonos vagy más tűzjellemző értékeket. Az értékek összehasonlításával megbizonyosodnak arról, hogy ténylegesen tűz van-e a területen. Ugyanezen elven, ha előre meghatározott objektumok, például fák, eltűnnek vagy megjelennek, lekérdezik a környezetükben működő berendezéseket annak érdekében, hogy ellenőrizzék, észlelték-e az eltűnt transzpondert. Az algoritmus eredményeképpen a rendszer berendezéseinek csoportja dönt, amely területszinten határozza meg a tűzjellemzők nagyobb területen történő megjelenését, valamint a mozgó transzponderek megjelenését és eltűnését, nem csak pontszerűen. A verifikációs csoport döntésének köszönhetően a riasztás hitelessége növekszik, és a téves riasztások számát csökkenti. A központi számítógép nem szükséges a csoport döntéshez, mivel a berendezések egymással kommunikálnak saját protokoll szerint. Az értesítés csak az eredményről érkezik a központnak. Az algoritmus tárolása a berendezésekben elengedhetetlen a csoport döntéshez, ami intelligenciát biztosít számukra. Minden döntést és mért érték hitelesítést az eszközök végrehajtanak. A berendezések közötti kommunikáció központi szerver nélkül valósul meg, a mért értékek megosztása és a riasztási üzenet hitelességének garantálása érdekében, titkosított protokollon keresztül.

Ezen szempontok alapján a berendezésnek autonóm működésűnek kell lennie, melyek azonos hardver- és szoftver felépítésűek laza kapcsolatokon alapuló hálózatba integrálódnak. Ennek a kialakításnak az üzleti előnye, hogy az azonos jelzőegységek tömeggyártása, tárolása és karbantartása egyszerűbb. Sajnálatos módon azonban hátránya, hogy nagy mennyiségű egységet igényel.

Az erdővédelemben alkalmazandó optimális jelzőrendszert olyan módon kell kialakítani, hogy az érzékelők lokalizált információkat képesek legyenek gyűjteni és azokat a hálózaton keresztül továbbítani a számítógépes rendszerközpontokba. Ezen megoldás által származtatott adatok lehetőséget teremtenek az erdővédelem, a szabályozott és illegális fakitermelés, a tüzek keletkezése, az illegális behajtás, valamint a kitermelt fa nyomkövetése terén olyan funkciókra, amelyekre korábban a szakma csak korlátozott mértékben, vagy egyáltalán nem volt képes. A rendszer valós idejű adatokat generálva biztosítja, hogy a védett területeken zajló eseményekről a szolgálatban álló személyzet, a rendőrség vagy a tűzoltóság azonnal értesüljön. Ezen információk birtokában a megfelelő személyzet időben lépéseket tehet az erdő és a környezet hatékony védelméért, megelőzve ezzel a károk súlyos növekedését. A rendszer kifejlesztése, amely megfelel az értekezésben megfogalmazott követelményeknek és kialakítási szempontoknak, azt jelenti, hogy az intelligens decentralizált és holonikus rendszerek jelenlegi technológiai szintjének áttekintése, átalakítása és megújítása válik szükségessé.

A BVR (Bioszféra Védelmi Rendszer) koncepciója az intelligens és holonikus rendszerek moduláris és decentralizált kombinációján alapul. Ez az elképzelés összeegyezteti mindkét megközelítés előnyeit, elsősorban a komplex és dinamikus környezetek hatékony kezelésére való képességet hangsúlyozza. Az autonóm működés lehetővé teszi az egyes jelzőegységek gyors reakcióját és könnyű alkalmazkodását a változó körülményekhez, ezáltal növelve az erdővédelem hatékonyságát, csökkentve a védelmi költségeket és javítva a jelzések megbízhatóságát. A BVR másik előnye a könnyű méretezhetőség, amely lehetővé teszi a rendszer egyszerű bővítését vagy szűkítését az aktuális igények és követelmények szerint.

A BVR egyedi jellemzője a jelzőegységek és a jelző- és kommunikációs egységek közötti hatékony kommunikációs és koordinációs mechanizmusok kidolgozása. A rendszer hatékony működéséhez elengedhetetlen a valós idejű kommunikáció és az érzékelők méréseinek ellenőrzése különböző verifikációs eljárásokkal, ami erős és megbízható kommunikációs protokollokat követel meg. Ennek érdekében hatékony ellenőrzési és döntéshozatali mechanizmusok kerültek kifejlesztésre, amelyek megfelelnek a komplex és dinamikus környezet kihívásainak.

A BVR-ben a rendszer szintű intelligencia és végrehajtási mechanizmusok (jelzés verifikációs eljárások, kommunikációs és döntéshozatali algoritmusok) elosztottak a rendszer-elemek között, hogy optimalizálják a feldolgozási teljesítményt. Ez az elosztott intelligencia nemcsak a működési és adatbiztonsági követelmények miatt van jelen, hanem az energiahatékonyság szempontjából is. Az ilyen megközelítés számos előnnyel jár, beleértve a nagyobb skálázhatóságot, jobb hibatűrést és erősebb adatbiztonságot. A BVR koncepciója olyan átmeneti hierarchikus struktúrát alkalmaz, amely a decentralizált intelligens rendszerek előnyeit ötvözi a komplexitás hatékonyabb kezelése érdekében. A rendszerben az egyes jelzőegységek egymásba ágyazott csoportokba szerveződnek, létrehozva egy

rugalmas és érzékeny rendszert, amely könnyen alkalmazkodik a változó körülményekhez, ugyanakkor kezelhető és áttekinthető marad. A BVR implementációja gondos tervezést igényel, amely magában foglalja a rendszert alkotó funkcionális egységek vagy modulok azonosítását, valamint a jelzőegységek összeállítását. Az optimális jelzőegység struktúra meghatározása kihívások elé állhat, mivel az egyedi rendszerkövetelményektől függ. A koordinációs protokollok kialakítása során a BVR átmeneti hierarchikus felépítése játszik szerepet, lehetővé téve az egyes jelzőegységek közötti dinamikus kommunikációt. A rendszer másik fontos aspektusa az önszerveződés fogalma, ahol a rendszerben minden jelzőegység felelős a saját döntéseiért és feldolgozási feladataiért. Ez nem jelenti azt, hogy a rendszer teljesen decentralizált lenne vagy hogy az egyes jelzőegységek teljesen függetlenek lennének egymástól. A megoldás kiemelkedő tulajdonságai közé tartozik a skálázhatóság és a változó követelményekhez való alkalmazkodás képessége. A rendszer bővíthető és átstrukturálható, így könnyen alkalmazkodik a környezet vagy követelmények változásaihoz anélkül, hogy teljeskörű újra tervezést igényelne.

A XXI. század harmadik évtizede a mesterséges intelligencia (MI) algoritmusok "aranykorát" hozta el, és az MI algoritmusok integrációja lehetővé teszi a BVR architektúrájában olyan intelligens rendszer elemek kialakítását, amelyek tanulnak és alkalmazkodnak a környezethez, növelve ezáltal hatékonyságukat és eredményességüket az idő előrehaladtával.

Összefoglalás

A bioszféra védelmi rendszer koncepciója forradalmasítja az erdő- és természetvédelmi megközelítést, biztosítva a védett területekre történő jármű behatolások, illegális fakitermelés kezdetének és tüzesetek spontán keletkezésének azonnali észlelését. Az ilyen információk birtokában a megfelelő felügyeleti személyzet hatékonyan léphet fel, megakadályozva az erdő és a környezet súlyos károsodását még azok bekövetkezése előtt. A rendszer nemcsak az erdőgazdálkodásban és a természetvédelemben, hanem fakitermelésben és fafelhasználásban is alkalmazható. A felügyelő személyzet járőrözéséhez képest sokkal pontosabban és széleskörűbben, a kamera és műholdas megfigyelésekhez képest megbízhatóbban, függetlenül az időjárási körülményektől, automatikusan működik a nap 24 órájában. A rendszer működése rejtett marad az elkövetők számára, minden elem kiválóan álcázható. A hálózati elemek könnyen telepíthetők és felhasználhatók, ráadásul a beruházási összeg az okozott kár töredéke. Az álcázás révén a környezet nem sérül, és az elkövetők számára nehezebb a rendszer elemek hatástalanítása.

References

- [1] R. A. Butler, „Mongabay.com,” 23 07 2020. [Online]. Available: <https://rainforests.mongabay.com/deforestation/>. [Hozzáférés dátuma: 15 10 2023].

- [2] „Youtube.com,” [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=XjlCP4ZTJEw>. [Hozzáférés dátuma: 24 04 2023]
- [3] A. A. A. Alkhatib, „A Review on Forest Fire detection Techniques,” *International Journal of Distributed Sensor Networks*, p. 12, 05 03 2014.
- [4] D. Guggenheim, „An Inconvenient Truth,” *Directed by Davis Guggenheim about former United States Vice President Al Gore's campaign [Documentary]*, 2000.
- [5] S. C. et.al., WWF living forests report: chapter 5, Saving forests at risk 2015, Svájc: World Wide Fund of Nature, 2015.
- [6] U. Sándor, *Komplex villamos rendszerek biztonságtechnikai kérdései*, Budapest: Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, 2009.
- [7] J. Kollár, „A kiterjesztett elme mint holonikus rendszer (Koestler és a kognitív tudomány”.
- [8] J. Papp, D. Tokody és F. Flamini, „From traditional manufacturing and automation systems to holonic intelligent systems,” *Procedia Manufacturing*, %1. kötet22, pp. 931-935, 2019.