

Drón alapú úthálózat vizsgáló rendszer megvalósíthatósága

Szilágyi Dávid*, Szirczák Dávid**, Rohács Dániel***, Fendrik Ármin****

- * Repüléstudományi és Hajózási tanszék, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Budapest, (e-mail: dszilagyimail@edu.bme.hu)
** Repüléstudományi és Hajózási tanszék, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Budapest, (e-mail: szirczak.david@kjk.bme.hu)
*** Repüléstudományi és Hajózási tanszék, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Budapest, (e-mail: rohacs.daniel@kjk.bme.hu)
**** Mould Tech Systems, Zalaegerszeg, Magyarország, (e-mail: armin.fendrik@mouldtech.hu)}

Absztrakt: A drónok alkalmazása adatgyűjtés céljából mára már elterjedt gyakorlatnak számít számos iparágban. Az útfelületről drónnal való adatgyűjtés technológiai szempontból igazoltan megvalósítható feladat. Egy drónalapú úthálózat vizsgáló rendszer megvalósíthatóságának értékelésekor azonban mérlegelni kell egyéb szempontokat is. Ebben a cikkben ennek a rendszernek az üzleti szempontból való megtérülését és a kapcsolatos üzleti modelleket, főtevékenységeket vizsgáljuk, illetve a potenciális közúti, légi forgalom és az itteni akadályokkal való konfliktusok elkerülésének potenciális módjait. A vizsgálat egy török-magyar együttműködés keretében, a két országban jellemző viszonyok figyelembevételével készült. A projekt célja, hogy a megtérülés és kiépítés kérdéseinek, problémáinak vizsgálata mellett prototípus szinten demonstrálja is a rendszer működését. Az üzleti modelleket tekintve a drónok által gyűjtött adat feldolgozott formában, szolgáltatás jelleggel való kínálása került ki legjobb opcióként a felmérés szerint. A felmerülő konfliktusok kezelésére pedig egy webalapú szolgáltatás kerül fejlesztésre a projekt keretében, ami képes lesz minden kooperatív drón és akár földi jármű, valamint akadályok között konfliktusok kezelésére.

1. BEVEZETÉS

A drónok használata adatgyűjtés illetve felvételek készítése céljából már egy bevett gyakorlatnak számít. Ennek a filmek, reklámok készítése mellett ez egyik leggyakoribb alkalmazása a különböző típusú létesítmények, infrastruktúra megfigyelése, vizsgálata, ellenőrzése. Ennek a legjobb példái az építőipar, ahol építési területek feltérképezését, vagy karbantartás során ellenőrzést végeznek (Tkác és Mésáros, 2019, Fan és Saadeghvaziri, 2019), és a közlekedési alkalmazások. Csak a közlekedés területén rengeteg alkalmazási példát találhatunk, például autós forgalomról (Kumar et. al, 2021) vagy akár biciklis és gyalogos forgalomról (Kim, (2020) való adatgyűjtés, útfelület (Leonardi, et. al, 2018) vagy vasút Flammini et. al, 2016) megfigyelése, illetve egyéb áruszállítási és forgalommenedzsment alkalmazások (Cvitanić, 2020). A rendelkezésre álló számos kutatás alapján kijelenthető, hogy technológiailag nincsen akadálya drón alapú monitoring szolgáltatás kiépítésének, és a megvalósíthatóság inkább a gazdasági és operációs kérdéseken múlik, mint a költséghatékonyság és környezettel, illetve egyéb járművekkel való konfliktusok kezelése. Költséget tekintve a fő szempont, hogy a földi járművekkel való adatgyűjtéshez képest olcsóbban vagy jobb minőségben kell a drónos hálózatnak adatot szolgáltatni, hogy versenyképes legyen. Az utakról jelenleg is rendszeresen gyűjtene adatot, leginkább a

karbantartás ütemezése miatt, hogy kiderüljön mely szakaszok szorulnak felújításra. Az ekkor gyűjtött adatok nagy része drónplatformról is begyűjthető, így ezeknek az ellenőrzéseknek egy részét drónos is végezhetnék. A konfliktuskezelést tekintve a drónos forgalom menedzselése sok problémát vet fel (Sándor, Z, 2019), és jelenleg még nem megoldott, ezért szükséges a drónhálózat megvalósíthatósága kapcsán ezzel is foglalkozni. Továbbá a működés során szükséges figyelembe venni az adott régióban érvényes vonatkozó jogszabályokat (Fedorko et. al ,2018) ez tovább növeli konfliktuskezelés bonyolultságát.

2. A KONCEPCIÓ BEMUTATÁSA

A projekt tárgya egy drónokkal történő úthálózat vizsgáló rendszer megvalósíthatóságának prototípus szinten történő igazolása. A koncepció alapja, hogy drónok az úthálózat egyes pontjain célszerűen elhelyezett dokkolóállomásokról üzemelve, az úttest felett repülve akadályoktól függően 10-15 m magasságból, legalább HD minőségben periodikusan készítenek felvételt az útfelületről és az azon található járművekről, tárgyakról, akadályokról. Az így készített felvételek egy geoinformációs (GIS – Geographical Information System) rendszerbe kerülnek integrálásra, így felvételek helye, az egyes útszakaszok állapotának időbeli változása, és értékelésük eredményeinek megjelenítése könnyen és kényelmesen hozzáférhető. Ezekhez a drónok által összegyűjtött felvételekhez egy szoftveres algoritmus kerül

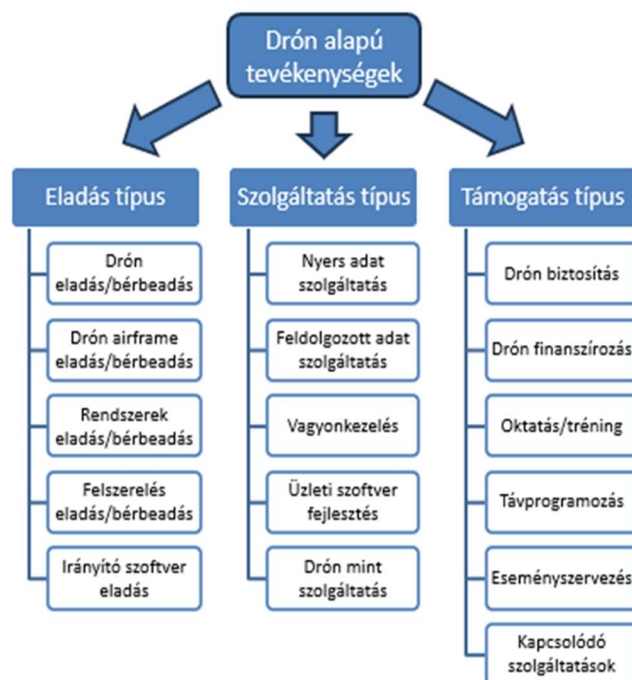
kifejlesztésre, amelyre egy felvételeket automatikusan elemző, és veszélyt jelentő tárgyakat, veszélyes útfelületállapotot, akadályokat detektáló szolgáltatást lehet alapozni. Ilyen akadályok lehetnek az úttesten kövek, törmelék, idegen tárgyak, időjárási körülmények miatti veszélyes útfelület, például jegesedés, sár, vízfolyás, illetve az útfelület sérülései, mint például repedések, kátyúk, és egyéb úthibák. A drón alapú adatgyűjtésnek számos előnye van a gépjárműves adatgyűjtéssel szemben: a közúti forgalomtól való relatív elkülönítése miatt forgalomról és útminőségtől függetlenül megbízhatóan végrehajtható, egy egységjármű kisebb költséggel beszerezhető és üzemeltethető, és az autonóm üzemeltetés is könnyebben megoldható, kisebb kockázattal. Vannak azonban hátrányai is, a fel-leszálláshoz, és a drónok üzemeltetéséhez a dokkolóállomásokat ki kell építeni, az úthálózattól való nagyobb távolság miatt jobb szenzorokra van szükség és érzékenyebbek az időjárásra. A szolgáltatásnak számos előnye lehet: a karbantartók által periodikusan végzett útállapot ellenőrzést megkönnyítheti, az időjárásból származó veszélyes útfelületállapotok, pl. jég, hótorlás megszüntetésének szükségességét gyorsan felmérhetjük, az üzemeltetők válaszüzeje lecsökkenhet, illetve az úton közlekedő gépjárművek vezetői, akár autonóm járművek is adatokat kaphatnak az úttest állapotáról tetszőleges előrebetített távolságra, biztonságosabbá téve a közlekedést. A koncepció két aspektusával foglalkozunk a cikkben: a koncepció üzleti modelljeinek lehetőségeiről és értékteremtő tevékenységeiről, valamint a drónok operáció során felmerülő légi és földi járművekkel, akadályokkal való konfliktusaival.

3. ÜZLETI MODELLEK

Az üzleti modell javasolásához, azaz hogy milyen formában értékesíthető a koncepció a piacon, milyen értékteremtő tevékenységeket tudna biztosítani, először összegyűjtésre kerültek a projektrésztvevők ötletei. Ezek három kategóriába lettek sorolva:

- Eladás típus: ahol a drónt, vagy annak egy részét, tartozékát vagy rendszerét áruljuk vagy bérbe adjuk
- Szolgáltatás típus: Ahol a drónnal végezhető feladatot, vagy a drónnal összegyűjtött információt, adatok kínáljuk eladásra
- Támogatás típus: Ahol valamilyen kapcsolódó szolgáltatást - mint például képzés, drón távprogramozása, vagy biztosítás - kínálunk

Ezek a tevékenységek felsorolva és rendszerezve az 1. ábrán láthatók.

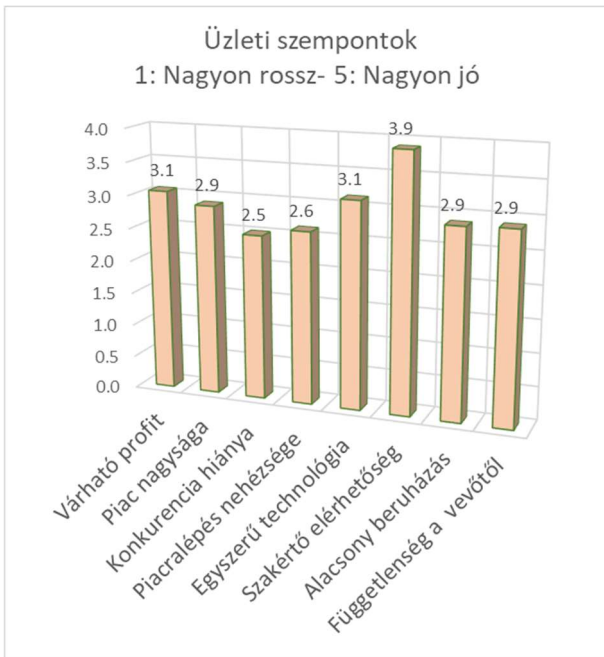


1. ábra: A definiált drón alapú tevékenységek

A sorrend eldöntéséhez és az egyes tevékenységek értékeléséhez egy kérdőívet töltöttünk ki a projektrésztvevőkkel, ahol 1 – től 5-ig értékelték az egyes tevékenységeket az alábbi szempontok alapján:

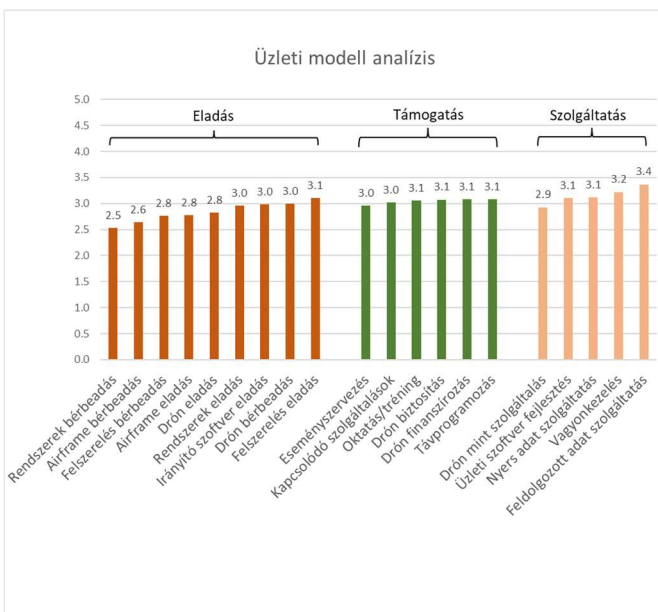
- Várható profit
- Piac nagysága
- Konkurencia hiánya
- Piacralépés nehézsége
- Egyszerű technológia
- Szakértő elérhetőség
- Alacsony beruházás

Az egyes tevékenységek pontszámát a szempontok átlagpontszáma adta, egyenlő súllyal véve figyelembe őket. Az 1-es pontszám a nagyon előnytelen, az 5-ös a nagyon jó értékelést jelöli. Az értékelést a résztvevők a magyar, illetve a török piacra vonatkozóan végezték. Az egyes szempontok átlagpontszámai némi betekintést adnak abba, hogy mely szempontok az erősségei és gyengeségei a koncepciónak, ez látható a 2. ábrán.



2. ábra: Az üzleti szempontok átlagértékei

Az ábrán látható, hogy a legnagyobb erősségnek a speciális technológia elérhetőségét tartották a résztvevők. Az egyszerű technológia és a várható profittal második helyen megosztva követi ezt, de ezeket más csak gyengébben előnyösnek ítélték a résztvevők. A legnagyobb gyengeségként a konkurencia hiányát jelölték meg, azaz egyrészt a földi járművekkel való verseny, másrészt a egyéb drónos cégekkel való potenciális verseny miatt. Ehhez szorosan kötődik a piacralépés nehézsége, amit második leggyengébb pontként végzett. Az egyes üzleti modellek pontszámait a 3. ábrán láthatjuk.



3. ábra: Az egyes üzleti modellek pontszámait

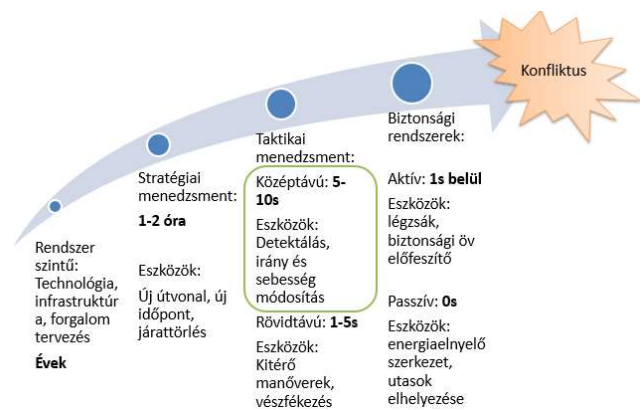
Itt egyértelműen látszik, hogy a szolgáltatás típusú tevékenységek teljesítettek e legjobban, az eladás típusúak pedig a legrosszabbul. Ennek oka, hogy a résztvevők szerint drónok eladásával bármilyen formában nagyon sok hasonló piaci szereplővel kellene versenyezni. A támogatás típusú tevékenységek a középmezőnyben végeztek, a legtöbb jó kiegészítő tevékenységnek tartották őket egy szolgáltatás típusú főtevékenység mellé. A legjobbnak egyértelműen a feldolgozott adat, mint szolgáltatás biztosítását ítélték, ugyanis ez a felhasználók széles körében értékesíthető, felhasználható lehet. Erre a legnépszerűbb javaslat egy szolgáltatás szinten útminőség értékelés és esetleges akadályok, veszélyekre való figyelmeztetés továbbítása a felhasználónak, például navigációba integrálva, és a karbantartáshoz, útfelújítás beütemezéséhez szükséges ellenőrzések elvégzése az útszakasz üzemeltetőjének.

4. KONFLIKTUSKEZELÉS

A drónok az üzem során több közlekedési résztvevővel vagy akadállyal kerülhetnek konfliktusba. Ezek lehetnek:

- Másik jármű
- Tiltott vagy korlátozott légtér vagy útszakasz
- Akadály
- Környezet

Ezeket több módon, szinten próbálhatjuk elkerülni, vagy hatásukat minimalizálni, ezt foglalja össze a 4. ábra.



4. ábra: A konfliktuskezelés szintjei

Ahogy az ábra szemlélteti, a egészen az évek távlatában való infrastruktúra tervezés, forgalomirányítás módjaitól a passzív, közvetlen a konfliktus során az ütközést tompító eszközökig számos szinten módunkban áll a konfliktusok kezelésére, illetve minimalizálásukra. Ennek a projektnek a keretében a középtávú, 5-10 másodperccel a potenciális baleset, incidens előtt a konfliktushelyzet detektálása, illetve a kezelése a kitűzött cél. Mivel a hagyományos légiforgalmi irányításnak nincs kapacitása ilyen kisebb drónok konfliktusainak a kezelésére is, egy webalapú konfliktuskezelő szolgáltatás

kerül kifejlesztésre erre a célra, ami képes a csatlakozott felhasználók és az adatbázisban tárolt akadályok, lezárt légterek között konfliktushelyzetek megoldására. A rendszerrel szemben támasztott követelmények az alábbiak:

- Nagy teljesítmény: képes legyen autonóm módon sok résztvevő kezelésére, ~10s előrevetítéssel
- Technológia független: gyártók széles körével kompatibilisen képes kommunikálni
- Résztvevők széles körének képes a konfliktusait kezelni: mind forgó és merevszárnyas drónok, ballonok, tereptárgyak, korlátozott légtér definíciók integrálhatók
- Nincs kontroller fejlesztés: a konfliktuskezelő rendszer csak utasítást ad a konfliktus elkerülésére, például megállás vagy kitérés, minden jármű maga hajtja végre azokat
- Moduláris megoldás: lehetővé teszi, hogy a több típusú és a későbbiekben új egyéb felhasználót integráljuk a rendszerbe, rájuk szabott specifikus kommunikációs interfész kialakításával
- xITL eszközök: XITL (X in the loop) eszközökkel legyen kompatibilis a tesztelés megkönnyítésére
- Konfliktusdetektáló és kezelő algoritmusok fejlesztethetők, cserélhetőek legyenek a későbbiekben

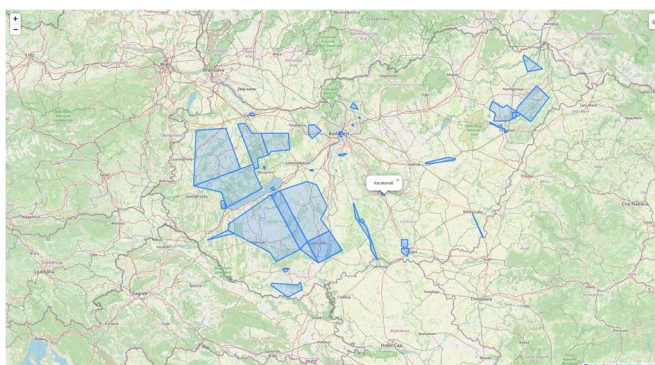
A konfliktuskezelő rendszer prototípusa már kifejlesztésre és tesztelésre került. A rendszer a python alapú django web keretrendszerben van fejlesztve. Mivel ez egy szinkron rendszer, a párhuzamos feladatok (konfliktushelyzetek) kezelésére a Celery megosztott feladatkezelő került integrálásra. Az alkalmazás egy PostgreSQL adatbázisban tárolja az adatokat, és a RabbitMQ üzenetkezelő interfész segítségével menedzselni a feladatokat. A prototípus rendszerben a konfliktushelyzetek detektálása páronkénti dinamikus vetített konfliktuszónák metszésének ellenőrzésével történik.

A dinamikus vetített konfliktuszóna lényege, hogy a jármű pozíciója és sebessége, pályája alapján meghatározzuk azt a zónát, ahol az elkövetkezendő 10 másodpercben lehet, ez lesz a konfliktuszónája. Ha egy másik jármű, vagy akadálynak a zónája metszi a járművét, akkor konfliktushelyzetet detektál a rendszer. A felhasználók konfliktuszónáinak reprezentációja a prototípus webes felületén a 5. ábrán látható. A járművekhez szintén hozzárendelésre kerül egy abszolút prioritás, ami a jármű manőverezőképességétől függ.



5. ábra: A felhasználók konfliktuszónájának reprezentációja

A konfliktusok megoldása a prototípus esetén a stop and go algoritmussal történik, aminek a lényege, hogy az alacsonyabb prioritású jármű stop parancsot kap. A parancsot kapott jármű csökkenti a sebességét, illetve megáll, mindaddig amíg konfliktusban van. Ez a megközelítés teljesen vagy kis szögben szemben találkozás esetén, nem oldaná meg a konfliktust, így ekkor az alacsonyabb prioritású jármű egy elkerülő manőverre is kap utasítást. A rendszer egyik új funkció, ami jelenleg fejlesztés alatt áll, a légtérfelhasználási adatok beimportálása, és ezeknek a geofence objektumoknak a konfliktuskezelésbe való importálása. Az objektumok beolvasása a HungaroControl által közzétett adatokból már működőképes, de az objektumokkal való konfliktuskezelés még nem tesztelt. A beolvasott adatok eseti légtérket tartalmazó reprezentációja az 6. ábrán látható.



6. ábra: Magyarország eseti légtérfelhasználások beolvasása

A prototípus a Zalazone tesztpályán sikeresen tesztelésre került, ahol egy földi jármű és egy drón közötti konfliktus megoldása volt demonstrálva, ennek a képei láthatók a 7. ábrán. A teszt során alkalmazott eszközök egy X-500 drón fejlesztőkészlet a légi jármű oldalról, és egy PX4 in a box eszköz a földi járműre erősítve. A PX4 in a box a drónhoz hasonlóan Pixhawk hardvert használ repülésirányító szoftverként, de csak a legszükségesebb szenzorok vannak benne, hogy telemetriaadatot tudjon szolgáltatni, és bármilyen eszközre felszerelhető legyen. A parancsok MAVLink üzenetekként voltak közvetítve a drónnak a teszt során.



7. ábra: fent a teszt setup, lent az X500 drón, illetve az autóra erősített PX4-in a box kommunikációs eszköz látható (Szirocák és Rohács, 2021)

Az egyik legfontosabb hátralévő lépés az akadályok és lezárt vagy korlátozott légtérdefiníciók létrehozása a rendszer adatbázisába, és a konfliktuskezelőrendszerbe való integrálásuk.

5. ÖSSZEFOGLALÁS

Összefoglalva, a drónalapú úthálózat vizsgáló rendszert üzleti szempontból megvalósíthatónak tartották a projektrészvevők. Főtevékenységként egy olyan szolgáltatás létrehozását javasolták, ahol a drónhálózat által összegyűjtött útfelület információt feldolgozott formában, útminőség értékelésként valamint az útesten található veszélyes körülményekre való értesítés formájában kínáljuk az út felhasználóinak és üzemeltetőinek. A drónok üzemelés közbeni konfliktusainak kezelésére egy web alapú szolgáltatás került fejlesztésre, ami képes az egyes járművek közötti konfliktusok kezelésére. Következő lépésként az egyes magas akadályok, illetve légtérdefiníciók kerülnek integrálásra a konfliktuskezelő rendszerbe, és az ezekkel való konfliktusok megoldásainak szimulációs illetve valós környezetben való tesztjeit végezzük el. Szintén célkitűzés, hogy a konfliktuskezelő algoritmust továbbfejlesztve a több járműves konfliktusok kezelését javítsuk, és tovább optimalizáljuk a konfliktuskezelő hatékonyságát, csökkentve a járművek konfliktuskezelő parancsok végrehajtásával töltött idejét.

A 2020-1.2.4-TÉT-IPARI-2021-00013 számú projekt a Kulturális és Innovációs Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a 2020-1.2.4-TÉT-IPARI-TR pályázati program finanszírozásában valósult meg.

FELHASZNÁLT IRODALOM

Cvitanic, D. (2020, September). Drone applications in transportation. In 2020 5th international conference on smart and sustainable technologies (SpliTech) (pp. 1-4). IEEE.

Tkáč, M., & Mésároš, P. (2019). Utilizing drone technology in the civil engineering. Selected Scientific Papers-Journal of Civil Engineering, 14(1), 27-37.

Fan, J., & Saadeghvaziri, M. A. (2019). Applications of drones in infrastructures: Challenges and opportunities. International Journal of Mechanical and Mechatronics Engineering, 13(10), 649-655.

Kumar, A., Krishnamurthi, R., Nayyar, A., Luhach, A. K., Khan, M. S., & Singh, A. (2021). A novel Software-Defined Drone Network (SDDN)-based collision avoidance strategies for on-road traffic monitoring and management. Vehicular Communications, 28, 100313.

Flammini, F., Pragliola, C., & Smarra, G. (2016, November). Railway infrastructure monitoring by drones. In 2016 International Conference on Electrical Systems for Aircraft, Railway, Ship Propulsion and Road Vehicles & International Transportation Electrification Conference (ESARS-ITEC) (pp. 1-6). IEEE.

Kim, D. (2020). Pedestrian and bicycle volume data collection using drone technology. Journal of urban technology, 27(2), 45-60.

Leonardi, G., Barrile, V., Palamara, R., Suraci, F., & Candela, G. (2018). Road Degradation Survey Through Images by Drone. Smart Innovation, Systems and Technologies, 222-228. doi:10.1007/978-3-319-92102-0_24

Sándor, Z. (2019). Challenges caused by the unmanned aerial vehicle in the air traffic management. Periodica polytechnica transportation engineering, 47(2), 96-105.

Fedorko, G., Žofčinová, V., & Molnár, V. (2018). Legal aspects concerning use of drones in the conditions of the slovak republic within the sphere of intra-logistics. Periodica Polytechnica Transportation Engineering, 46(4), 179-184.

Szirocák, D., Rohács, D. (2021). Automated Conflict Management Framework Development for Autonomous Aerial and Ground Vehicles. Energies, 14(24), 8344. <https://doi.org/10.3390/en1424834>