

Beltéri drónok hatékony használata

Effective usage of indoor drones

Dr. CSERVENÁK Ákos¹ egyetemi adjunktus

Dr. VERES Péter² egyetemi adjunktus

Prof. Dr. ILLÉS Béla³ egyetemi tanár

¹cservenak.akos@uni-miskolc.hu, ²altveres@uni-miskolc.hu, ³altilles@uni-miskolc.hu

^{1,2,3}Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki és Informatikai Kar, Logisztikai Intézet

HU-3515 Miskolc, Egyetemváros, Tel: +36-46-565-111, <http://geik.uni-miskolc.hu/intezetek/LOG/index.php>

Abstract

The usage of drones was highly increased for entertainment, transportation and media purposes in the last years. Tremendous improvements are being made in this scientific field to reduce the weight of the devices, to increase the amount of stored energy relative to the weight, to make more efficient propellers, bodies and motors to increase the flight time. This study approaches energy use from elsewhere: with proper planning of the drones' routes, the usable amount of energy can be increased. This approach can be also used in industry purposed drones, like the nowadays highlighted indoor drones, whose purpose are to do simple logistic tasks inside manufacturing and logistics areas. In this paper these drones will be presented, extended with a new energy use model.

Keywords: indoor drone, route planning, energy usage

Kivonat

A drónok használata az elmúlt években nagymértékben megnőtt a szórakoztatás, a közlekedés és a média területén. Ezen a tudományterületen óriási fejlesztések folynak az eszközök súlyának csökkentése, a súlyhoz viszonyított tárolt energia mennyiségének növelése, hatékonyabb légcsavarok, testek és motorok gyártása, valamint a repülési idő növelése érdekében. Ez a tanulmány máshonnan közelíti meg az energiafelhasználást: a drónok útvonalának megfelelő tervezésével növelhető a felhasználható energiamennyiség. Ez a megközelítés ipari célú drónoknál is alkalmazható, például a mostanában kiemelt beltéri drónoknál, amelyek célja egyszerű logisztikai feladatok elvégzése a gyártás logisztikai tereken belül. Ebben a tanulmányban ezeket a drónokat mutatjuk be, egy új energiafelhasználási modellel kibővítvé.

Kulcsszavak: beltéri drón, útvonaltervezés, energiafelhasználás

1. BEVEZETÉS

Bármilyen repülésre képes állat egyik legfontosabb feladata, hogy a repüléshez szükséges felhasznált energiát a minimumra csökkentse, amennyiben a repülési képessége szükséges a fennmaradásához. Ez nincs másképp az emberek által épített eszközök területén sem. Sok módja van az energia effektív felhasználásának, melyek túlnyomó részben műszaki területhez tartoznak: mint a gépészeti, anyagtudományi, formatervezési, energetikai, elektrotechnikai és IT megoldások. Ezek mind közvetlenül az eszközt próbálják meg jobba tenni. Az Ipar 4.0 meghirdetésével a szállítás módja is változik, ezek közé sorolható a pilóta nélküli repülő szállító eszközök megjelenése [1]-[3]. Ezen eszközöket rövid áttekintő jelleggel a 2. fejezet részletezi. Logisztikai és áruszállító drónokat már több vállalat is alkalmaz, ezen kommissiózó drónok sajátosságait a 3. fejezet írja le.

Emellett azonban lehetnek szervezési és kiegészítő finomhangolások, amelyek az elvégzett feladatra szánt időt és energiát próbálják meg csökkenteni. Ilyen például egy útvonaltervezési feladat, amely több paramétert is figyelembe vesz: távolságot, méretet, tömeget, légellenállást, energiafelhasználást, töltőhelyeket, más egységek mozgását, stb. Ezek közül a bemutatott modellben kettővel, a távolsággal és az energiafelhasználással foglalkozik a 4. fejezet.

2. DRÓNOK FAJTÁI

A drónok repülő robotok, amelyek pilóta nélküli légi járműveket is tartalmaznak (UAV: Unmanned Aerial Vehicle) [4]. Amennyiben ezek a légi járművek automatikusan irányítottak, akkor az AGV (Automated Guided Vehicle) csoportjába is besorolható.

A drónok csoportosítására a szakirodalomban több felosztás is található. Ezek közül az egyik a [5] irodalomban bemutatott felosztás, amely a méretet, repülési távolságot és képességeket együttesen kezeli. Tömeg szerint is fel lehet osztani a drónokat, ezekből több csoportosítás található. A szállítható tömeg részben összekapcsolható a repülési távolság tartományokkal is.

Az alak szerint is lehetséges több felosztás, ezek közül legelterjedtebbek: szárnyal rendelkező repülőgépek, helikopterek, és forgó rotorral rendelkező repülő járművek.

Kisebb pilóta nélküli repülőgépek és helikopterek manapság még inkább a modellezésben fordulnak elő, amelyek hobbicélra szolgálnak, pusztán a kezelő szórakoztatása céljából a reptetés által. Nagy méretben azonban már katonai vagy életmentő célokat is szolgálhatnak az ilyen repülő szerkezetek.

A forgó rotorral rendelkező repülő járművek ezzel szemben már egyre inkább nem csak hobbi vagy modellezés céljából, hanem további profi alkalmazásokra is alkalmas, például katonai, felderítő, mentő, videókészítő, mezőgazdasági, térképészeti stb. célokból is [4].

Ezek közül a legelterjedtebb a quadkopter (lásd 1. ábra [6]), annak megbízhatósága, egyszerűbb szabályozhatósága miatt. A hétköznapi ember a drón alatt legtöbbször ezt a kivitelét érti.



1. ábra. *Forgó rotorral rendelkező drónok legelterjedtebb kivitele – Quadkopter [6]*

A fent említett rotorral rendelkező drónokon kívül még előfordulnak a bio-drónok is, amelyek például egy rovar alakját veszi fel.

A drónokat méretüktől és felhasználástól függően beltérben és/vagy kültérben használják. A beltérben elsősorban a mikro- vagy attól kisebb (5kg alatti tömegű) légi járművek alkalmasak. Ennek oka, hogy a beltérben a plafon és falak miatt korlátozottabb a bejárható tér, valamint kültérben a szél ezeket a járműveket jobban befolyásolja. A normál vagy attól nagyobb méretű drónokat viszont inkább kültérben használják az előbb említett okok miatt.

A drónokat manapság már logisztikai célból is alkalmazzák [7]-[9] melyekre különböző aktív és passzív megfogó és tartószerkezetek erősítenek, hogy képesek legyenek emberi mértékhez képest kis-közepes méretű anyagokat megfogni, szállítani és lehelyezni biztonságosan.

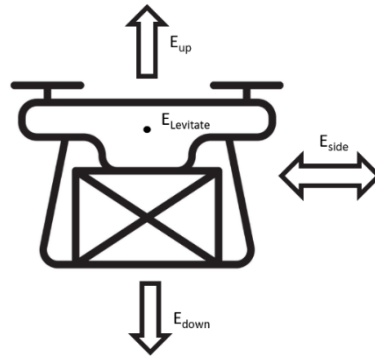
3. KOMISSIÓZÓ DRÓN

3.1. Komissiózó Drón útvonaltervezési sajátosságai

Mint az a bevezetésben szerepelt, amennyiben egy drónnak több helyre kell egy útvonal alatt eljutnia, az már útvonaloptimalizálási problémává válik. A gyakorlatban még csak nagyon ritkán látunk olyat, hogy egy drón több különálló dolgot szállítana több különböző helyre, általában a direkt szállítás az elterjedt. Azonban már fejlesztik és tesztelik a nagyobb hatótávolságú és több dolog megfogására alkalmas komissiózó drónokat, például az A2Z vállalat elosztó quadcoptere [10], amelyek jelen kutatás fő fókuszpontjai. Ezekre a drónokra is igaz, hogy a feladatukat a lehető legkevesebb energiafelhasználás mellett legyenek képesek elvégezni, ugyanis a kevesebb energiafelhasználás és jobb tervezéssel kevesebb idő telik el a drónok töltésével, így kevesebb eszköz képes elvégezni több feladatot.

3.2. Komissiózó Drón útvonaltervezési modellje

A drónoknak a mozgása 3D térben történik, ellentétben a földi járművekkel, amelyeket 2D térben szokás vizsgálni, néha kiegészítve domborzati viszonyokkal. A szárazföldi járműveknél az energiafelhasználást segíti, hogy szilárd felület van alattuk, amely miatt az egyhelyben állás nem vesz fel különösebb energiát. Ez nem igaz a repülő egységekre, ugyanis náluk az egyhelyben állás (amennyiben lehetséges) a gravitáció leküzdését jelenti, szignifikáns energiát kell felhasználniuk, hogy ne zuhanjanak le. Emellett minden mozgás, amelyet különböző irányokba tesz a repülni képes eszköz különböző mennyiségű energiát igényel. Ennek a pontos szabályozása az elektrotechnika és IT feladata, amelyekből nagyjából meg lehet határozni, hogy különböző mozgások mennyi energiát emésztnek fel.



2. ábra. Drón energia felhasználása

Jelen esetben négy különböző állapotot írhatunk le, ahogy a 2. ábrán is látható az energiamennyiségekből: lebegés ($E_{Levitate}$), emelkedés (E_{Up}), süllyedés (E_{Down}) és oldalazás (E_{Side}) bármely irányba, amely merőleges két egymás mellett lévő rotorra (quadcopter esetén).

Amennyiben a lebegést vesszük alapul, azaz $E_{Levitate}$ energiaszintje 100%, akkor az összes többi energiát ki lehet fejezni egy szorzóval (n_{EX}), amelyeknek a mérését már más kutatók elvégezték [11]:

$$\frac{E_{Up}}{E_{Levitate}} = n_{EU} \approx 1.8 \quad ; \quad \frac{E_{Down}}{E_{Levitate}} = n_{ED} \approx 0,75 \quad ; \quad \frac{E_{Side}}{E_{Levitate}} = n_{ES} \approx 1,15 \quad (1)$$

Amennyiben lehet, az önálló vezérlésű drónok két kijelölt pont között a lehető legrövidebb távolság szerint haladnak, amelyet légvonalnak hívunk és mind 2D-ben, mind 3D-ben a Pithagorasz-tétellel tudjuk a legegyszerűbben kiszámolni. Jelen esetben is ez a teendő, azonban a távolságoknál figyelembe kell venni az energiafelhasználást, vagyis az előbb meghatározott szorzótényezőket a megfelelő irányoknak megfelelően, amellyel úgy kalkulál tovább egy optimalizáló algoritmus, mintha a távolságok megnövekedtek volna:

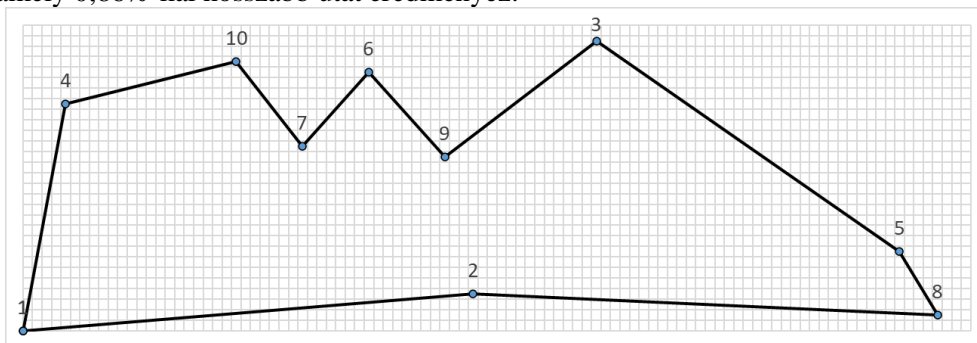
$$L_{energie} = \sqrt{\left((X_n^{coord.} - X_{n-1}^{coord.}) \cdot n_{ES} \right)^2 + \left((Y_n^{coord.} - Y_{n-1}^{coord.}) \cdot n_{ES} \right)^2 + \left((Z_n^{coord.} - Z_{n-1}^{coord.}) \cdot n_{EV} \right)^2} \quad (2)$$

$$n_{EV} = \begin{cases} n_{ED}, & \text{if } (Z_n^{coord.} - Z_{n-1}^{coord.}) \geq 0 \\ n_{EU}, & \text{if } (Z_n^{coord.} - Z_{n-1}^{coord.}) < 0 \end{cases} \quad (3)$$

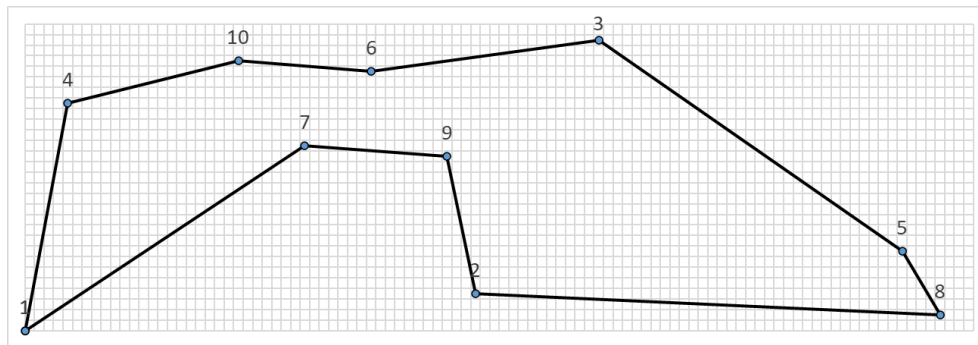
4. ESETTANULMÁNY AZ ÚTVONAL TERVEZÉSRE

A következő elméleti esettanulmány az előző alfejezetben elkészített modell működését mutatja be, ahol egy raktárnak egyetlen sorát vesszük alapul. Ezzel 2D térrésszé (fel-le/jobbra-balra) csökkentettük a 3D teret a könnyebb megértés és tesztelés érdekében. Az esettanulmányban az elvégzendő feladatban egy kiindulópont (bal alsó sarok; 0,0 pont) és 9 felkeresendő pont szerepel egy speciális rácshálón, amely a raktárt, és azok termékelhelyezési pontjait reprezentálja. A raktár mérete: 30 sor magas és 100 oszlop széles, ahol egy tárolási hely 15x15cm helyet foglal el.

A 3. ábrán az optimális útvonal látható, amely csak a légvonalbeli távolságot veszi figyelembe az energiafelhasználás figyelembevétele nélkül. Az összesített távolság ebben az esetben 34.9922 m. Az 4. ábrán látható, amint az energiafelhasználást figyelembe vevő útvonal ugyanezzel a számítási móddal kicsit több, 35.2935 m, amely 0,86%-kal hosszabb utat eredményez.



3. ábra. Útvonalszámítás eredménye energiafelhasználás figyelembevétele nélkül



4. ábra. Útvonalszámítás eredménye energiafelhasználás figyelembevételével

Amennyiben az energiafelhasználást is nézzük az előre meghatározott súlyokkal és a (4) és (5) képlettel a 3. ábrán szereplő útvonal 41.3683 m(E), míg a 4. ábrán szereplő útvonal 41.2853 m(E) tesz ki. Ezzel a 4. ábrán szereplő útvonal 0,2%-kal jobb energiafelhasználást tud felmutatni. Ez bár első látásra nem tűnik soknak, amennyiben a direkcionális energiasúlyok (n_{EX}) növekednek, a hatásuk egyre nagyobb eltérést generál az energiafelhasználásban.

5. ÖSSZEFOGLALÁS

Manapság a drónok egyre nagyobb szerepet kapnak a szolgáltatásainkban, mint szállító eszközök. Jelenleg a legtöbb fejlesztés a nyílt terepi alkalmazásokra fókuszál, de a zárt térben történő szállítás is egyre nagyobb hangsúlyt kap. Ennek lehetnek az egyik eredménye a kommissiózó drónok, amelyek árukat szednek össze és terítnek a gyártáson vagy raktáron belül. Mivel a belső távolságok nem annyira nagyok, ezért egy drón több helyre is el tud jutni egy töltéssel, így útvonaltervezést kell igénybe venni. A cikkben bemutatunk egy olyan modellt és elméleti esettanulmányt, amely nem csak a távolságokat veszi figyelembe egy útvonalkalkulációhoz, hanem az irányonként fellépő különböző energiaigényeket is.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS



Mecenatúra

A cikkben bemutatott kutatás az NKFI Hivatal által biztosított Meceatúra Program MEC_R típusú 141067 azonosítószámú pályázat támogatásával valósult meg.

IRODALMI HIVATKOZÁSOK

- [1] Javaid, M., Khan, I.H., Singh, R.P., Rab, S. and Suman, R. *Exploring contributions of drones towards Industry 4.0*, Industrial Robot, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print, 2021. <https://doi.org/10.1108/IR-09-2021-0203>
- [2] Hardai, I.; Illés, B.; Bányai, Á. *View of the opportunities of Industry 4.0*. Advanced Logistic Systems: Theory and Practice, 2021, 14(2), 5-14.
- [3] Fernández-Caramés, T.M.; Blanco-Novoa, O.; Suárez-Albela, M.; Fraga-Lamas, P. *A UAV and Blockchain-Based System for Industry 4.0 Inventory and Traceability Applications*. Proceedings, 2019, 4(1), 26. <https://doi.org/10.3390/ecsa-5-05758>
- [4] Hassanalian, M., Abdelkefi, A. *Classifications, applications, and design challenges of drones: A review*, Progress in Aerospace Sciences, 2017, 91, 99-131. <https://doi.org/10.1016/j.paerosci.2017.04.003>
- [5] Hassanalian, M., Abdelkefi, A., Wei, M., Ziaei-Rad, S. *A novel methodology for wing sizing of bio-inspired flapping wing micro air vehicles: theory and prototype*, Acta Mech, 2016, 228, 1097-1113. <http://dx.doi.org/10.1007/s00707-016-1757-4>
- [6] *DJI Phantom 4 Pro*, <https://www.dji.com/hu/phantom-4-pro>
- [7] Lieret, M., Lukas, J., Nikol, M., Franke, J. *A lightweight, low-cost and self-diagnosing mechatronic jaw gripper for the aerial picking with unmanned aerial vehicles*. Procedia Manufacturing, 2020, 51, 424-430.
- [8] Ibrahimov, R., Tsykunov, E., Shirokun, V., Somov, A., Tsetserukou, D. *DronePick: Object Picking and Delivery Teleoperation with the Drone Controlled by a Wearable Tactile Display*, 2019, 28th IEEE International Conference on Robot and Human Interactive Communication, RO-MAN 2019
- [9] Betti Sorbelli, F., Coro, F., Pinotti, C.M., Shende, A. *Automated picking system employing a drone* Proceedings - 15th Annual International Conference on Distributed Computing in Sensor Systems, DCOSS 2019, 633-640.
- [10] *A2Z Drone Delivery homepage*: <https://www.a2zdronedelivery.com/>
- [11] Juan Z. et.al. *Energy consumption models for delivery drones: A comparison and assessment*. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 2021, 90, <https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102668>