

DRÓN TECHNOLÓGIA ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGEI A KÖZVILÁGÍTÁS FEJLESZTÉSÉBEN

Nagy Róbert

Pannon Egyetem

Villamosmérnöki és Információs Rendszerek Tanszék
Fény- és Színtan Kutatólaboratórium



Közvilágítási Anket



- **Mik a drónok?**
- **Használat / engedélyek**
- **Technikai háttér / biztonság**
- **Felhasználási lehetőségek**
 - **A közvilágításhoz kapcsolódón**
- **Jogi / légtér használat**

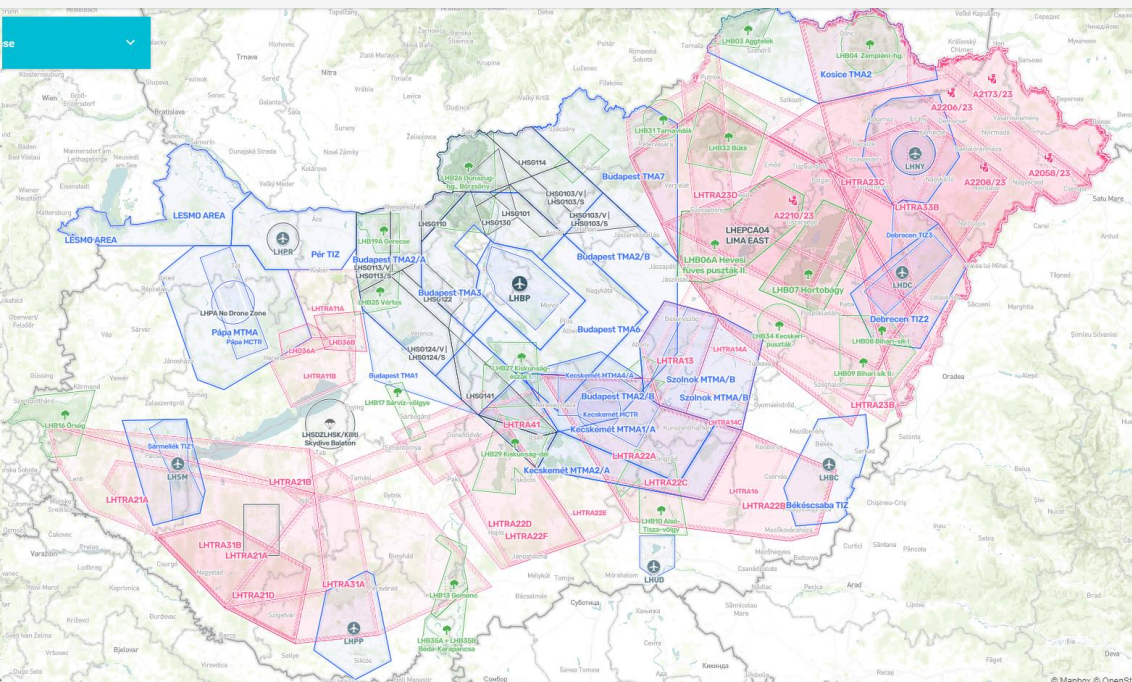
- **Köznyelven drón-ként ismert**
 - Pilóta nélküli jármű-rendszer
 - UAS (Unmanned Aircraft System) polgári
 - UAV (Unmanned Aerial Vehicle) katonai
- **Modell repülőgép**
- **Multirotos:**
 - Quadkopter
 - Hexakopter
 - Octakopter
- **Vezetéssel biztosított**



DRÓN / UAV / UAS

<https://legter.hu/>

- Repülési kategóriák
 - Nyílt kategória **A1 / A3, A2**
 - Speciális kategória:
 - Permetezés
 - **korlátozott légterek**
 - **sztenderd forgatókönyvek**
 - **kockázatelemzés**
 - Engedélyköteles kategória
 - Katonai



- **> 100 000 eladott drón**
- **~ 40000 drón regisztráció kötelező lenne**
- **~ 5000 fő rendelkezik A1/A3 jogosítvánnyal**
- **~ 500 fő rendelkezik A2 jogosítvánnyal**
- **~ 2700 üzembentartó**
 - **~ 6000 regisztrált drón**
- **2022 teljes évben: 52000 regisztrált repülés**

AUTEL EVO II DUAL 640T



- Kamera:
 - ½ inch 48 Mp
 - FOV 79°
 - Hőkamera:
 - 640x 512
 - FOV H33°V26°
 - Gimbal kamera stabilizáció
- Felszálló súly: 1150 g
 - Max felszálló súly: 2000 g
 - Max repülési idő: 38 perc
 - Max repülési hatótáv: 22 km
 - Távirányító max hatótáv: 9 km
 - Pozicionálási pontosság:
 - Vertikális: $\pm 0,1$ m – 0,5 m
 - Horizontális: $\pm 0,3$ m – 1,5 m
 - Omnidirekcionális érzékelő rendszer
 - Működési hőmérséklet tartomány:
 - -10 °C ~ 40 °C

MŰSZEREK CSATLAKOZTATÁSA

3D nyomtatás

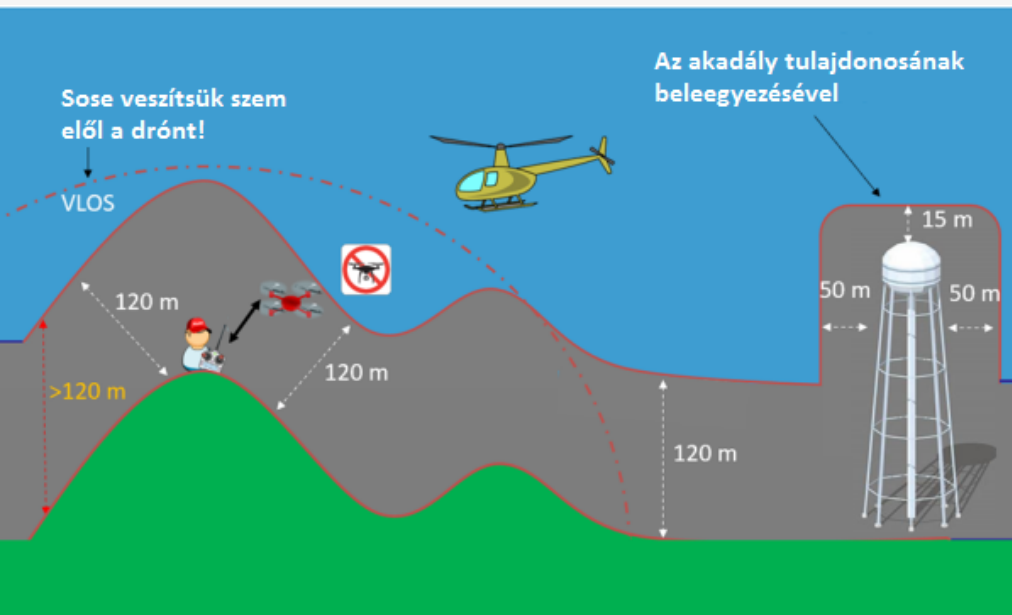
- 850-900 gramm limit



~ 500 g

BIZTONSÁGOS REPÜLÉS

- Felelősségteljes drón pilóta / operátor
- Repülési körülmények
- Drón:
 - szoftveres korlátozások
 - akadály elkerülés
 - kamera alapú
 - ultrahangos
 - lézeres távolságmérés
 - GPS
 - Előre meghatározott útvonalon repülés / automatizálhatóság
 - Kiinduló pontra visszatérés autonóm módon
 - Jogszabályi követelmények megfelel

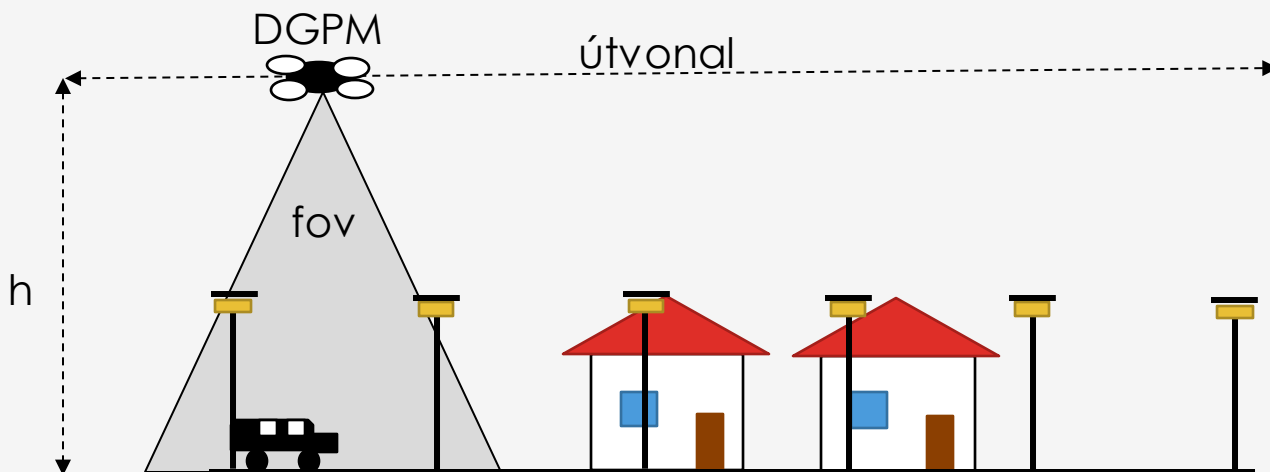


Közvilágítási mérés szempontjából értékelve

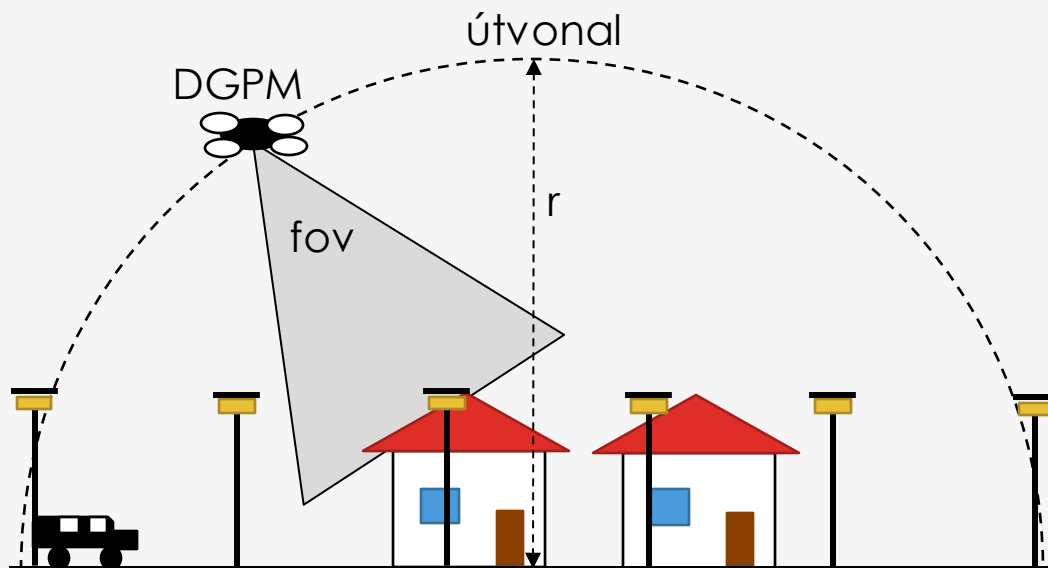
	Műhold	Ballon	Repülőgép	UAS
Működési magasság	Nagyon magas	Magas	Magas/közepes	Alacsony
Kép felbontás	Alacsony/közepes	Közepes/magas	Közepes/magas	Nagyon magas
Vizsgálati irányok/szögek	Fix/Kevés	Fix/Kevés	Kevés	Korlátlan
Íránythatóság	Alacsony	Alacsony	Közepes	Magas
Felkészülési idő	Alacsony	Közepes	Magas	Alacsony
Teljes bekerülési költség	Nagyon magas	Közepes	Magas	Alacsony
Működési költség	Alacsony	Közepes	Magas	Alacsony
Relatív térbeli lefedettség	Nagyon magas	Magas	Közepes	Alacsony

- **Megvilágítás mérés**
- **Fényáram mérés**
 - **Drón goniofotométer (DGPM)**
 - **Bertalan Pizag, Dániel Kacz, Balázs Vince Nagy (BME)**
 - A drone-based photometric measurement platform
 - **Constantinos A. Bouroussis, Frangiskos V. Topalis**
 - The concept of the drone-gonio-photometer
 - **Magdalena Sielachowska, Maciej Zajkowski**
 - Assessment of light pollution in parking lots using a measuring system with a drone
- **Fénysűrűség mérés**
 - **Képi fénysűrűség mérés**
- **Közvilágítás mérése**
- **Fényszennyezés mérése**
- **3D feltérképezés**
 - **LIDAR (lézeres távolság mérés)**
 - **Fotogrammetria (képsorozatból)**

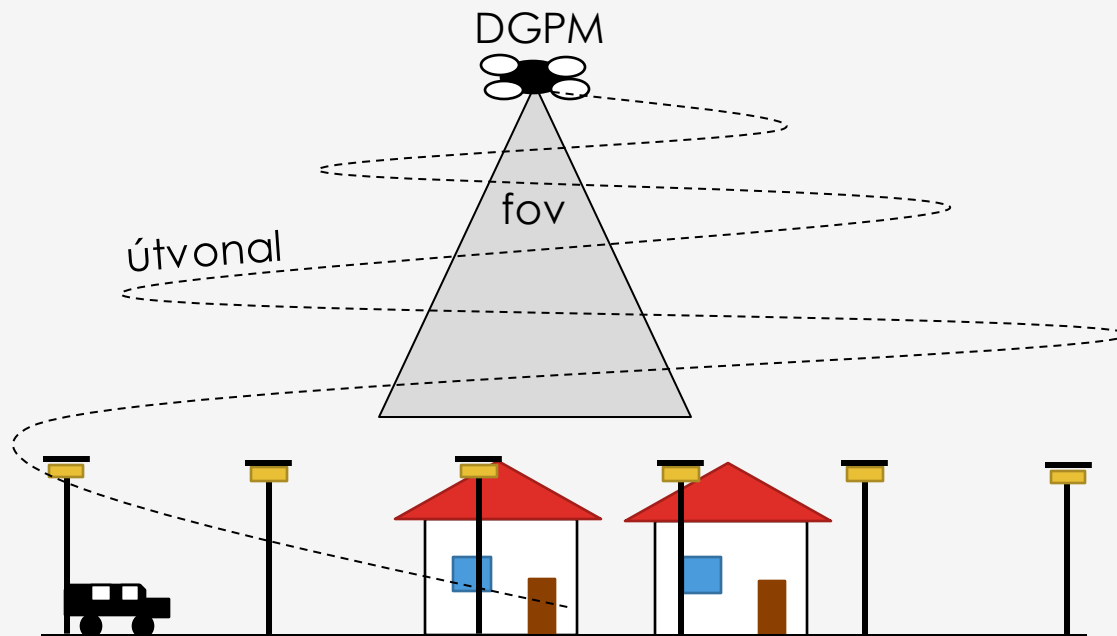
- Adott magasságban
 - vonal
 - terület
- 3D modellek
- Ortofotók (ortografikus vetület)
- Közvilágítás
 - Út fényűrűség
 - Fényűrűség egyenletesség



- Adott pontra fókuszálva
- Köríven
- Felületek reflexiójának vizsgálata



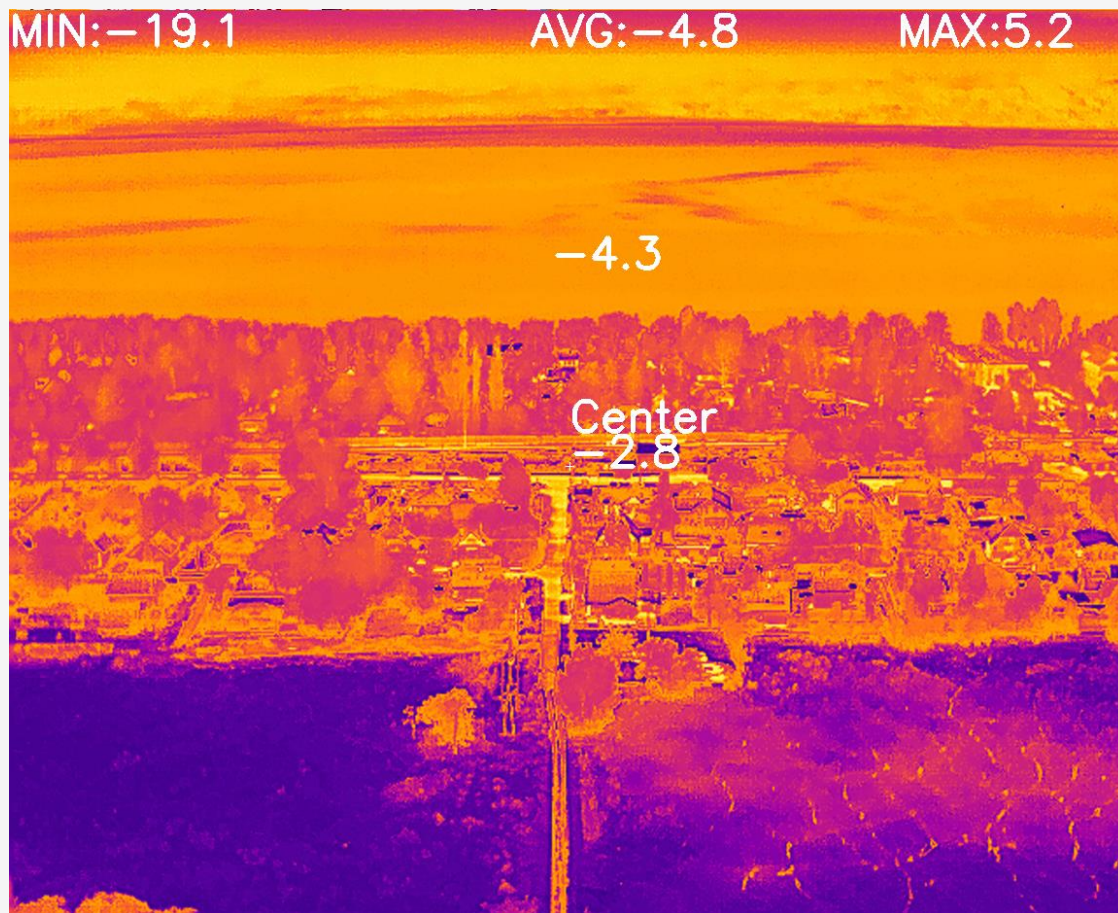
- Spirális mozgás
- Félgömb
- Goniofotometria
 - Fényszennyezés mérés



LÉGI FOTÓZÁS / MÉRÉS

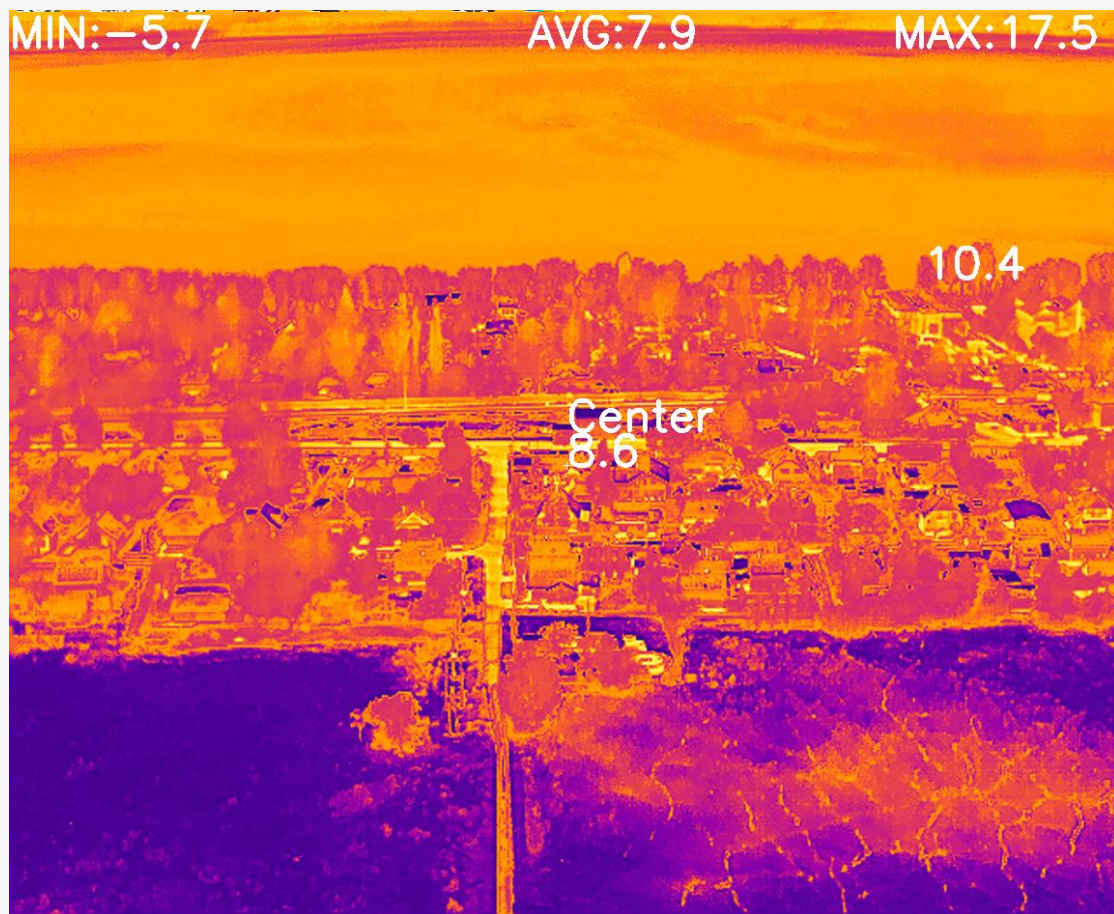


LÉGI FOTÓZÁS / MÉRÉS



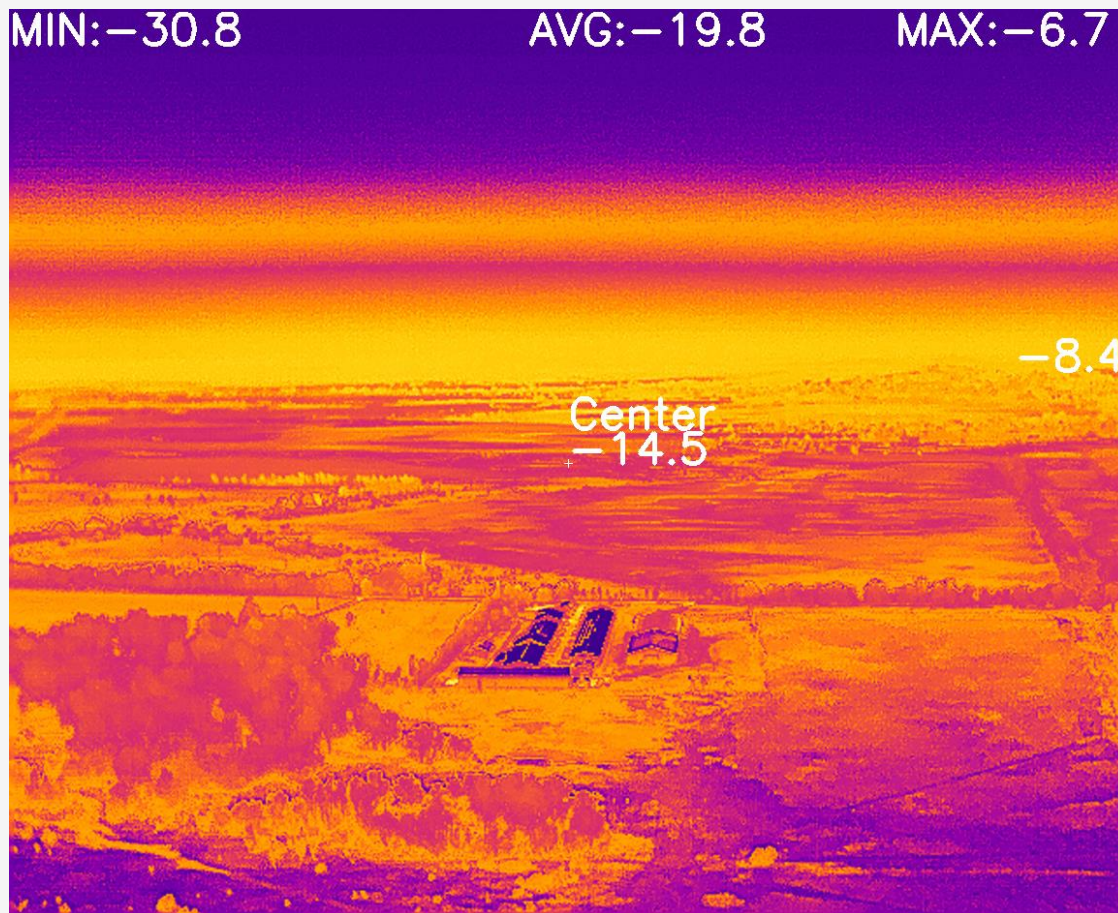
- Hőkamera
- Éjjeli navigáció
- Eltűnt személyek keresése
- Elektromos hibák felderítése
- Termográfia
- Pontosság
- Emisszió korrekció

LÉGI FOTÓZÁS / MÉRÉS



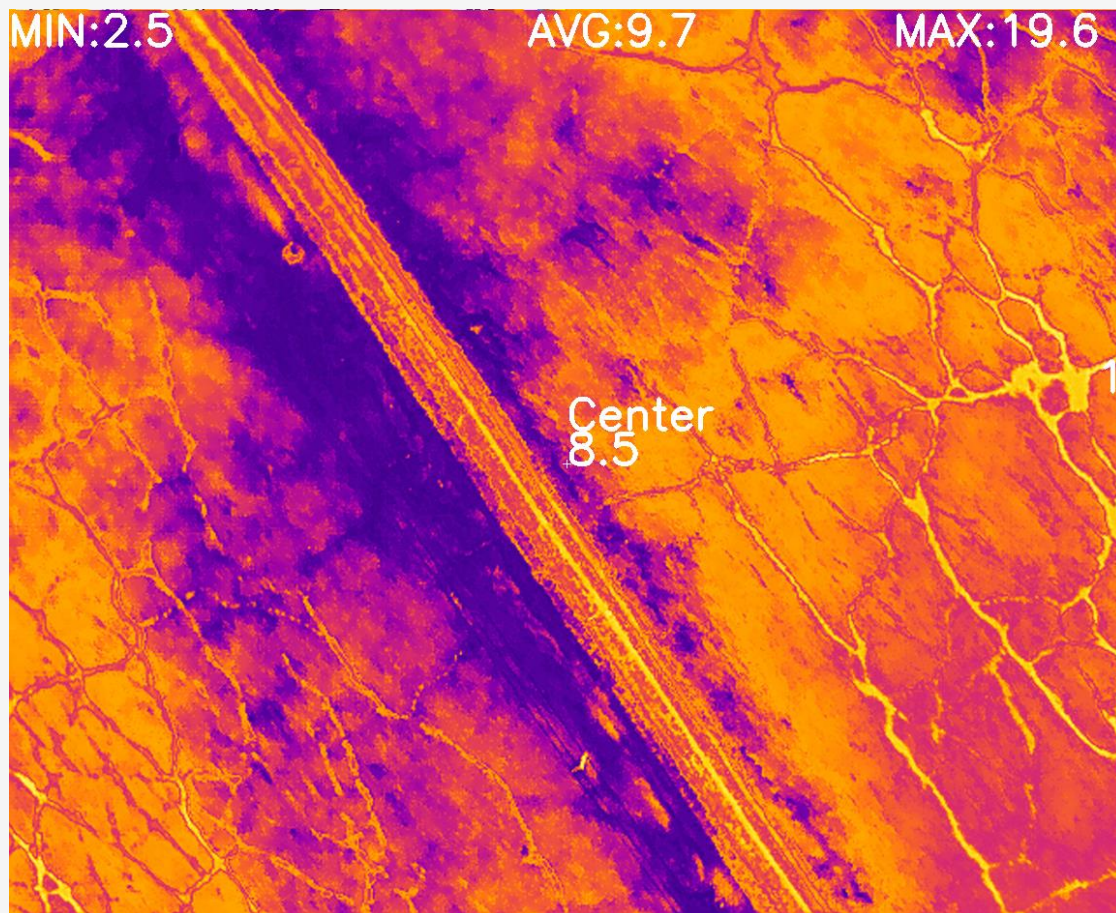
- Hőkamera
- Éjjeli navigáció
- Eltűnt személyek keresése
- Elektromos hibák felderítése
- Termográfia
- Pontosság
- Emisszió korrekció

LÉGI FOTÓZÁS / MÉRÉS



- Hőkamera
- Éjjeli navigáció
- Eltűnt személyek keresése
- Elektromos hibák felderítése
- Termográfia
- Pontosság
- Emisszió korrekció

LÉGI FOTÓZÁS / MÉRÉS

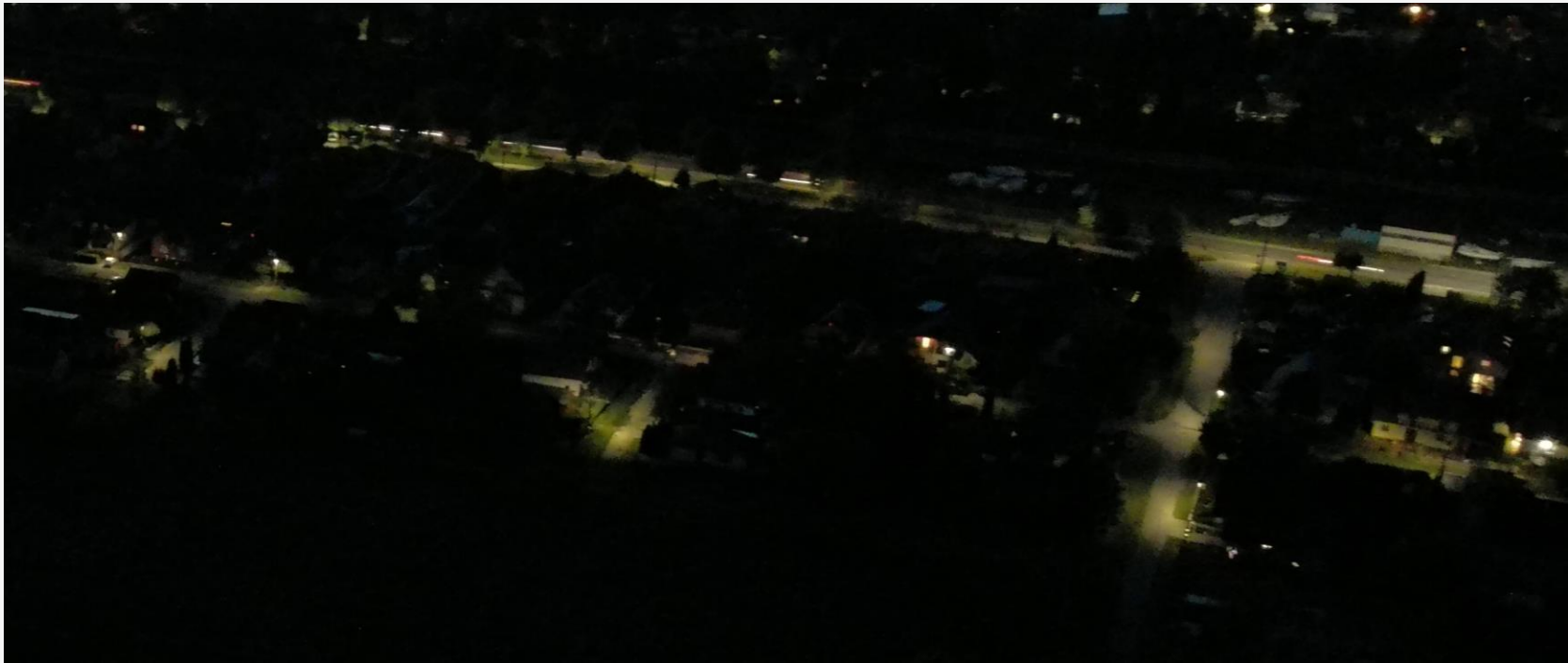


- Hőkamera
- Éjjeli navigáció
- Eltűnt személyek keresése
- Elektromos hibák felderítése
- Termográfia
- Pontosság
- Emisszió korrekció

LÉGI FOTÓZÁS / MÉRÉS

- Blende: f1.8
- Zár idő: 1 s
- ISO 1600

LÉGI FOTÓZÁS / MÉRÉS



LÉGI FOTÓZÁS / MÉRÉS



LÉGI FOTÓZÁS / MÉRÉS



LÉGI FOTÓZÁS / MÉRÉS











- Dedikált fénysűrűségmérő kamera
- Abszolút fénysűrűség cd/m^2
- Pontos mérés
- **Nehéz**
- **Nagy drón szükséges**

$$d = \frac{L_{sph} \cdot s}{U} \frac{cd}{m^2 \cdot \mu s \cdot counts}$$

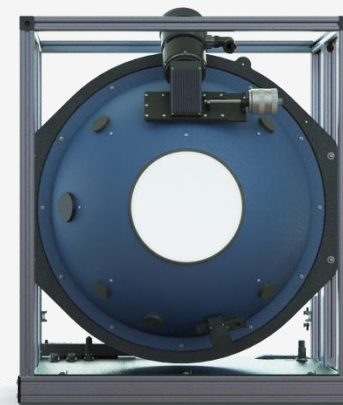
ahol:

- **d**: fényűrűség konverziós faktor
- **s**: integrációs idő (záridő)
- **U**: a sötétáram korrigált teszt régió átlagos szaturációs szintje
- **L_{sph}**: az integrálgömb referencia fényűrűsége

$$F_R = \frac{\int S_A(\lambda) \cdot s(\lambda) \cdot d\lambda \cdot \int S_R(\lambda) \cdot V(\lambda) \cdot d\lambda}{\int S_A(\lambda) \cdot V(\lambda) \cdot d\lambda \cdot \int S_R(\lambda) \cdot s(\lambda) \cdot d\lambda}$$

ahol:

- **F_R**: az R fényforrásra vonatkozó spektrális eltérés korrekciós tényezője
- **S_A(λ)**: kalibráló fényforrás relatív spektruma
- **S_R(λ)**: R fényforrás relatív spektruma
- **s(λ)**: a kalibrálandó rendszer spektrális érzékenysége
- **V(λ)**: CIE 1931 láthatósági függvény / spektrális fényhatásfok függvény

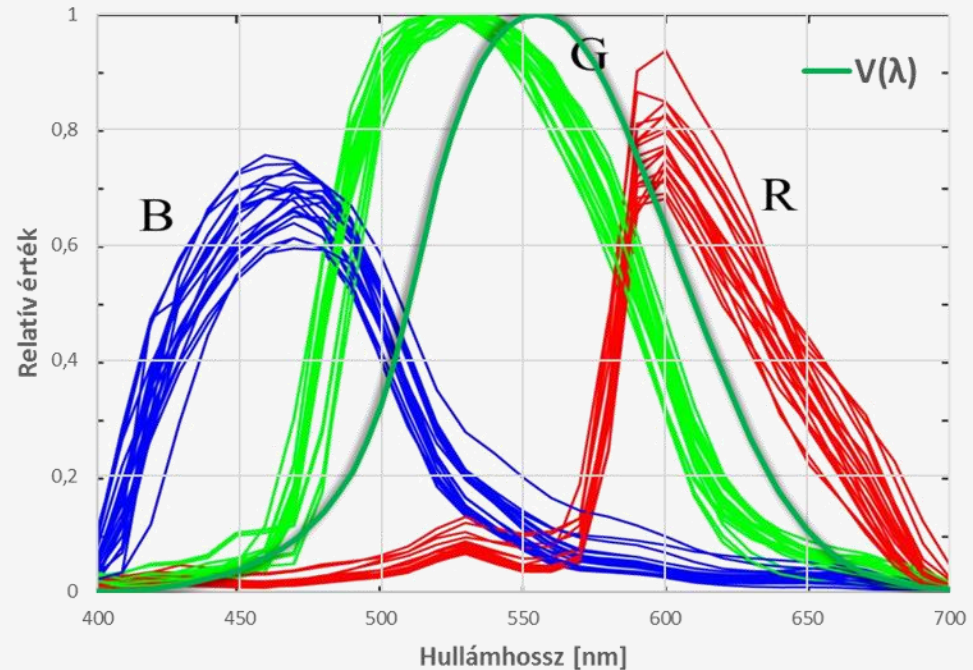


KAMERA KALIBRÁCIÓ

$$L_{(r,c)} = \frac{U_{(r,c)}}{V_{(r,c)}} \frac{d(f_{stop})}{s} F_R$$

ahol:

- **c**: kép c. oszlopa (column)
- **r**: kép r. sora (row)
- **d**: fénysűrűség konverziós faktor (adott blend / rekesz / f_{stop} értékre érvényes)
- **s**: integrációs idő (záridő)
- F_R : az R fényforrásra vonatkozó spektrális eltérés korrekciós tényezője
- $U_{(r,c)}$: az r,c pixel szaturációs szintje
- $V_{(r,c)}$: az r,c pixel peremsötétedés korrekciós faktora
- $L_{(r,c)}$: az r,c pixelhez tartozó fénysűrűség érték



$$\left. \begin{aligned} L &= I \cdot A_{app} \text{ (cd} \cdot \text{m}^{-2}\text{)} \\ A_{app} &= A \cdot \cos(\gamma) \text{ (m}^2\text{)} \end{aligned} \right\} \Rightarrow I_{\gamma} = L_{\gamma} \cdot A \cdot \cos(\gamma) \text{ (cd)}$$

ahol:

- **L:** „A” felület fénysűrűsége
- **I:** „A” felület fényerőssége egy adott irányba
- **L_γ:** egy vizsgált útfelület fénysűrűsége a γ szögből mérve
- **I_γ:** egy vizsgált útfelület fényerőssége a γ irányba sugározva
- **A:** a vizsgált útfelület területe (konstans)
- **A_{app}:** az „A” útfelület látszólagos területe a γ irányból nézve
- **γ:** a gamma megfigyelési szög (γ=180 amikor a DGPM a megfigyelt terület zenitjében van)

- **Drón kiválasztása (2024-től változó EU-s jogszabályoknak megfelelő)**
 - Egyedi szenzorokkal való felszerelése
- **Drón regisztráció**
- **Kötelező felelősség biztosítás**
- **Üzemben tartói regisztráció**
- **Megfelelő kategória jogosítvány megszerzése (úniós)**
- **Mydronspace regisztráció / használat**
- **Légtér engedély / kockázat elemzés (30-45 nap)**
 - 9000 Ft – 50000 Ft



KÖSZÖNÖM A FIGYELMET!

Nagy Róbert

Pannon Egyetem

Villamosmérnöki és Információs Rendszerek Tanszék
Fény- és Színtan Kutatólaboratórium

A kutatás a GINOP_PLUSZ-2.1.1-21-2022-00120 „A körforgásos gazdaság megvalósítását segítő gyors teszt példány készítési módszerek kifejlesztése” projekt támogatásával készült.



Közvilágítási Anket