

Maroš Michalov  
Oddelenie dát  
Hlavné mesto SR Bratislava

# UAV ako nástroj pre pokročilú analýzu dopravného správania v Bratislave



# Drony u nás ...

## DJI MAVIC 2 EA

C2 - MTOW 1,1kg  
Duálny sensor

## DJI MATRICE 300 RTK

C3 - MTOW 9,6kg  
Možnosť integrácie "ľubovlného" senzora

## DJI MINI 4 PRO

C0 - MTOW 249g  
Klasický RGB senzor

## DJI MAVIC 3 M

C2 - MTOW 951g  
Duálny sensor



# Prezentačné médiá

## Zeleň a verejný priestor

Zvýraznite parky, rekreačné zóny a prírodné krásy

## Mestské podujatia a kultúra

Zachyťte dynamiku festivalov a spoločenských akcií

## Rozvoj mesta a projekty

Prezentujte moderné infraštruktúrne projekty



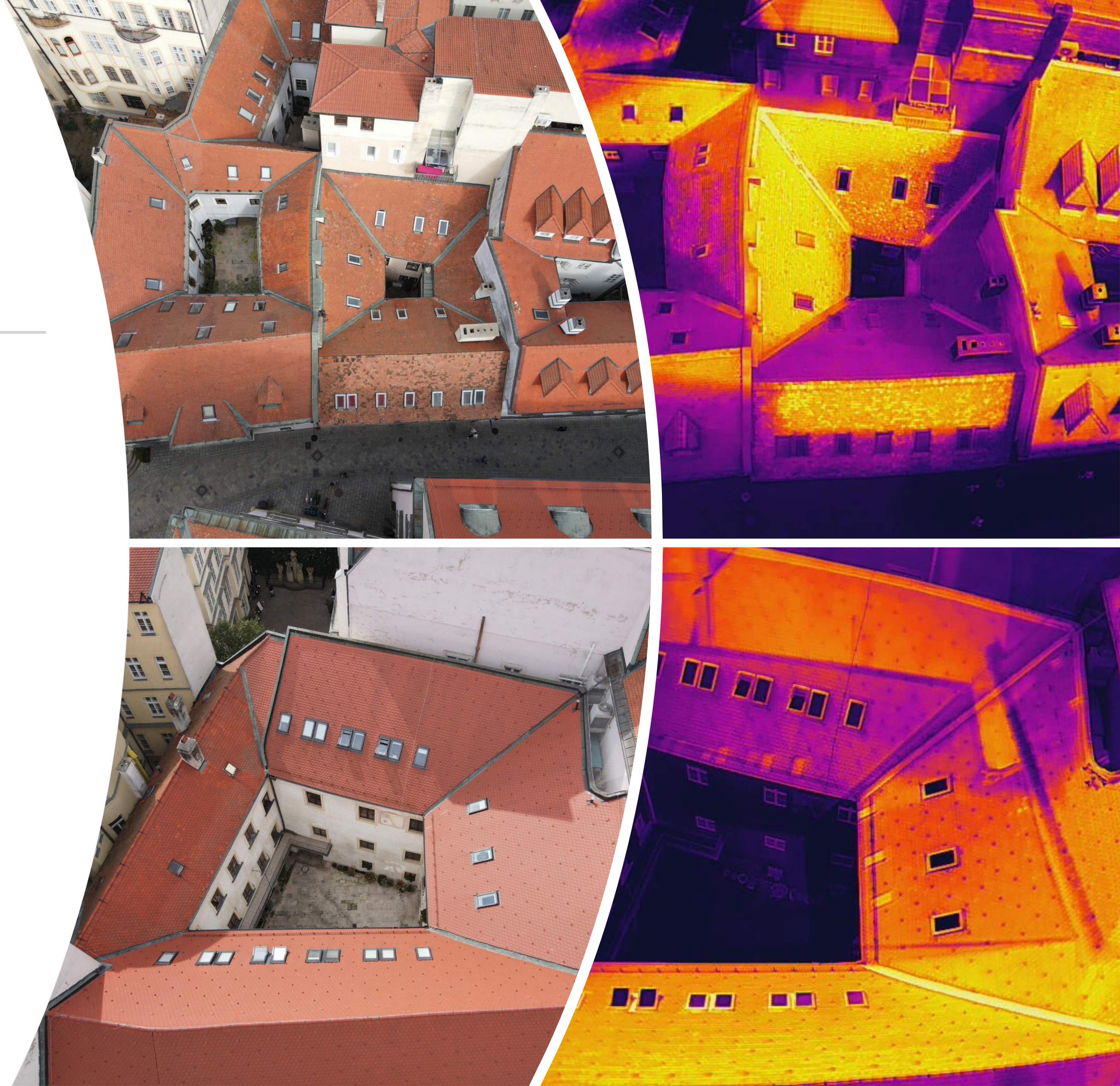
# Monitoring rizikových podujatí

- Spolupráca s mestskou políciou
- Stream hliadkam
  - Letecký prehľad zdieľaný v reálnom čase
- Dohľad pri presunoch veľkých davov
  - Možnosť rýchlej koordinácie davu
  - Vyslanie hliadky pri vzniku rizika
  - Identifikácia rizikových zón
- Nočné termovízne sledovanie pri zníženej viditeľnosti
- Monitoring dopravy a únikových trás
  - Prevencia dopravných kolapsov a usmerňovanie pohybu osôb



# Kontrola stavu infranštruktúry a stavieb

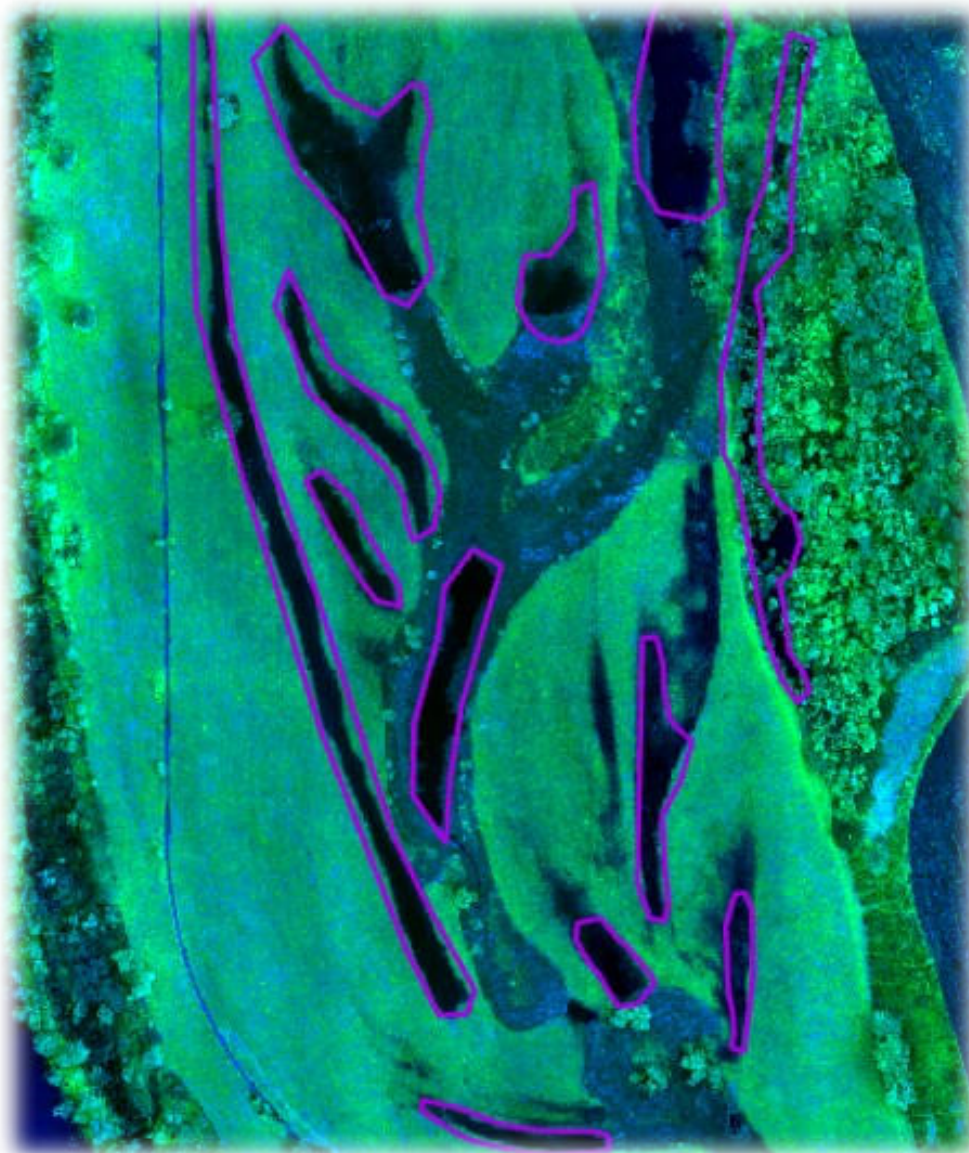
- Presná a efektívna detekcia tepelných  
či záplavových únikov
  - Identifikácia problémových fasád, striech, okien
- Bezpečné a efektívne riešenie
  - Monitoring ťažko aj výškovo dostupných  
objektov
- Termovízne snímky s presným  
vyhodnotením
- Prevencia porúch a úspora energie



# Zber analytických podkladov

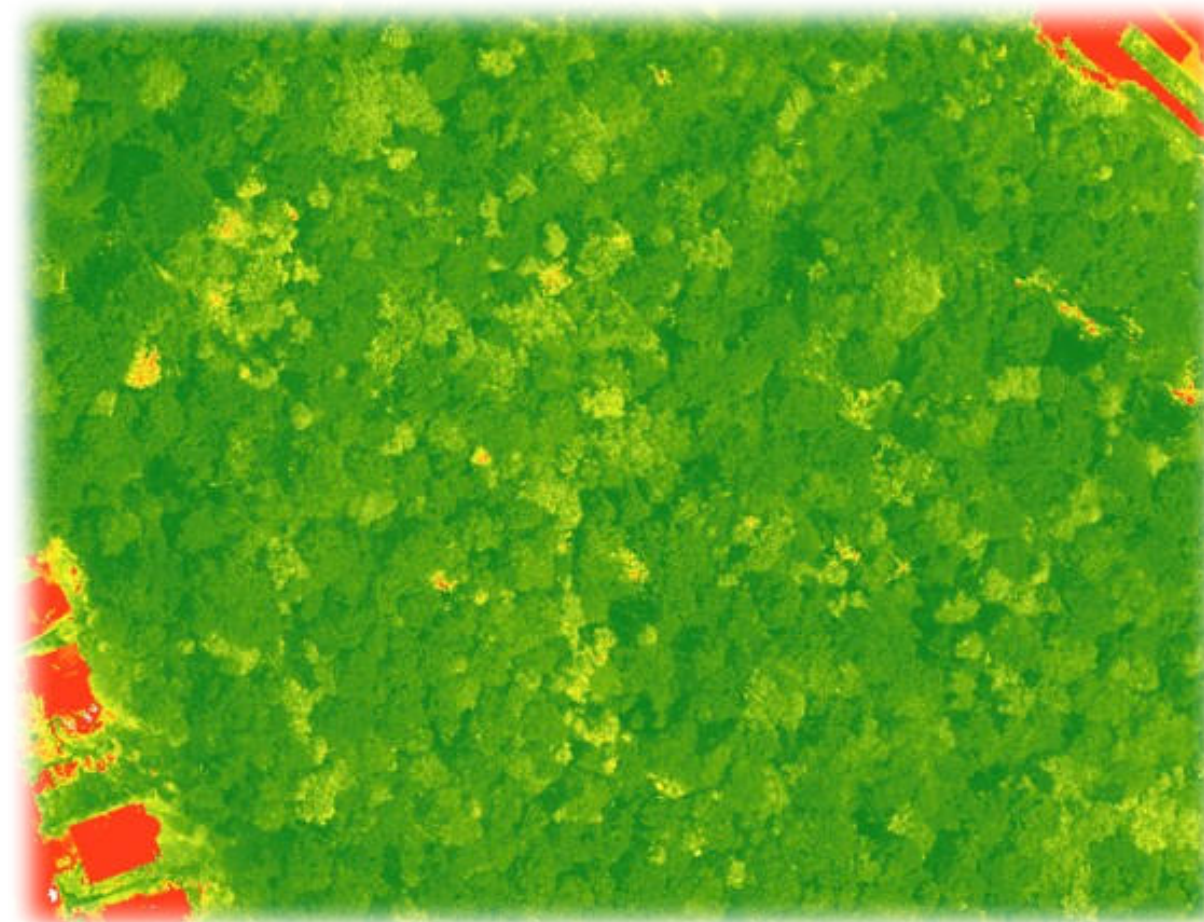
## Bioregulácia komárov

- Lovci komárov – vyhlásenie kalamity
- Zber podkladov pre zásah BTI
- Identifikácia NDVI
- Identifikácia "záplavových polygónov"



## Starostlivosť o dreviny

- Pilotné projekty, Multispektrálna kamera
- Tvorba indexových máp (hlavne NDVI)
- Identifikácia „stresových“ jedincov a problémových korún.

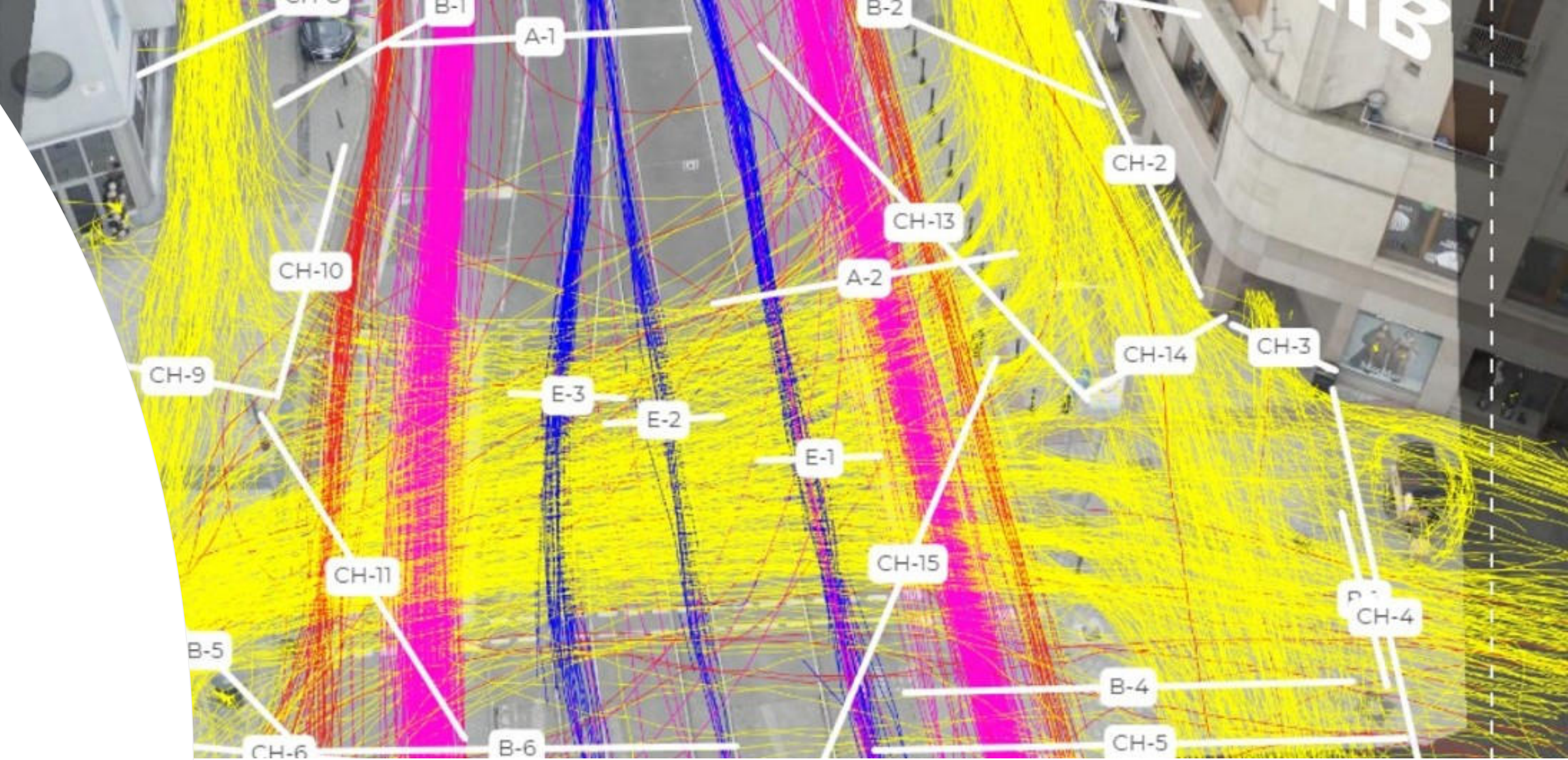


## Tepelné ostrovy

- Tvorba termálnej mapy
- Automatický režim „flight mission“
- PIX4D
- Porovnanie reálnych výsledkov po osadení zelených striech

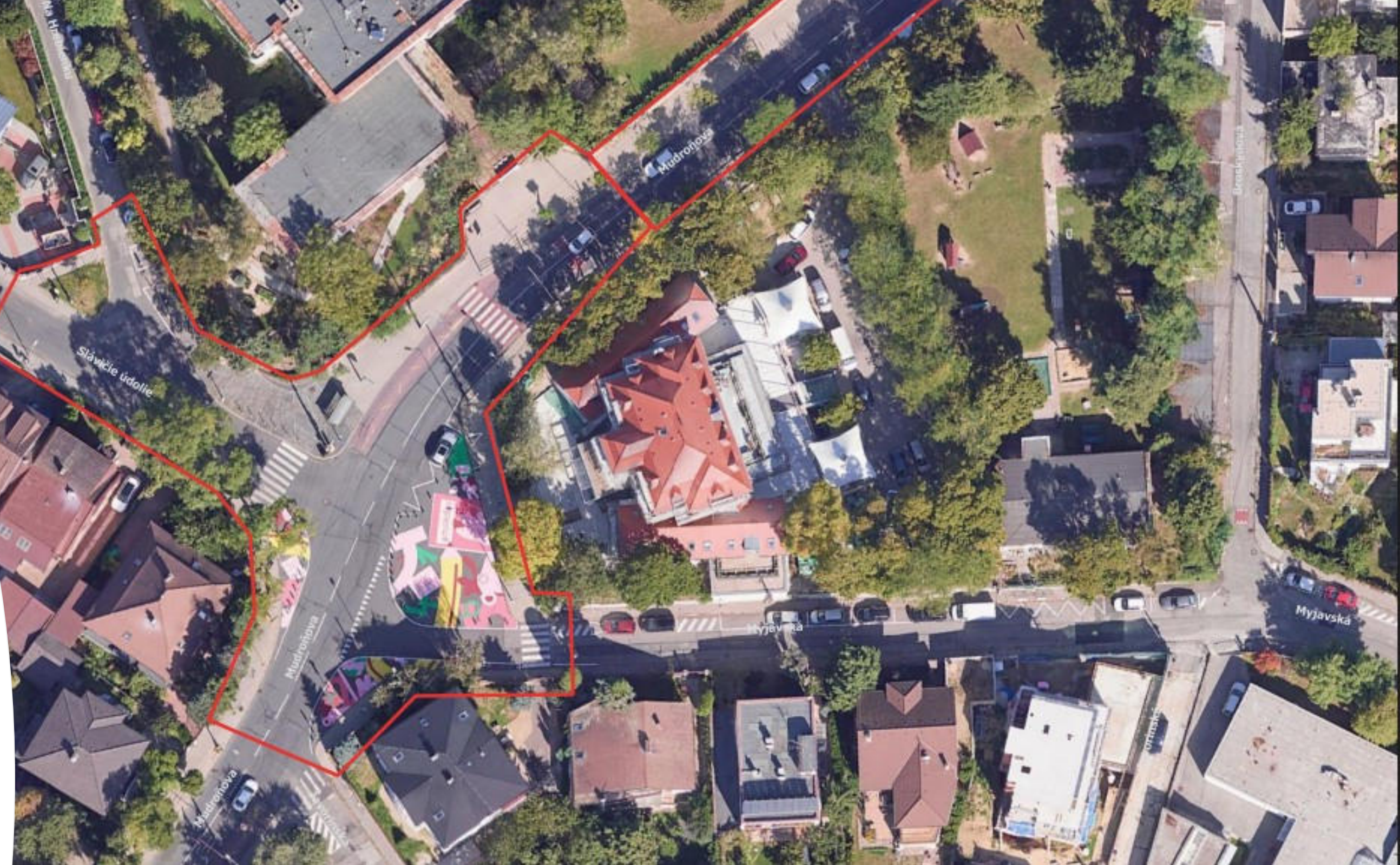


# Monitoring dopravných uzlov



# Zadanie požiadavky

- Využitie služby **Helpdesk** (JitBit)
- Požadovaná dĺžka záznamu
- Screen územia čo je požadované „vidieť“ v zábere



## Dronové zábery Mesto pre deti - evaluácia balík 1

Ahojte,

chceli by sme vás požiadať o dronové zábery pre účely evaluácie intervencií na 3 školách z Mesta pre deti. Detaily posielam nižšie a v prílohe vyznačené územie, ktoré ešte prípadne upresníme. Ďakujeme

ZŠ s MŠ Za kasárňou

- **Dátum:** 18.-27.novembra 2025
- **Čas:** 7:35 - 7:55 (20 minút)

ZŠ Mudroňova

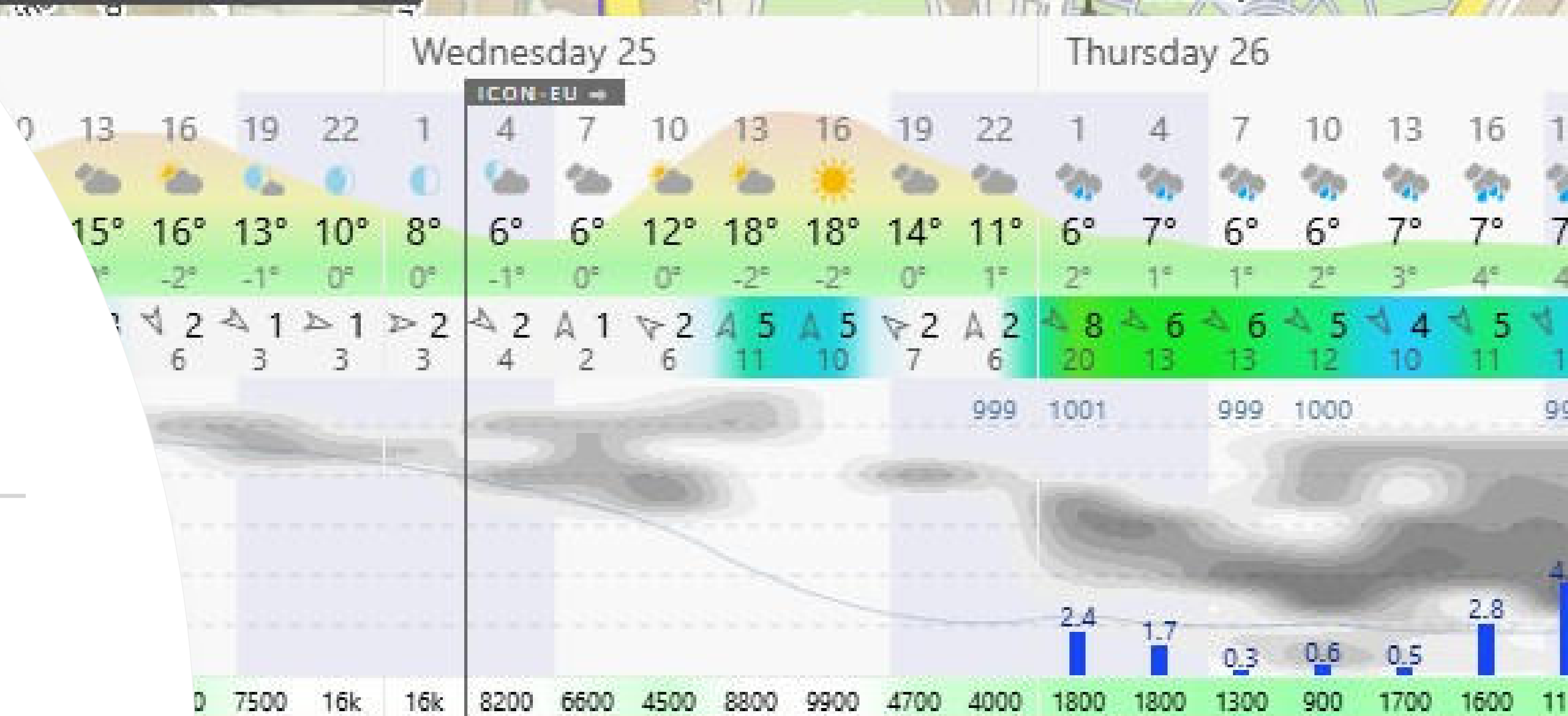
- **Dátum:** 8.-18.decembra 2025
- **Čas:** 7:35 - 7:55 (20 minút)

ZŠ Malokarpatské námestie

- **Dátum:** 8.- 18.decembra 2025
- **Čas:** 7:35 - 7:55 (20 minút)

# Príprava na let

- Predpoved' počasia
- Kontrola súladu (NOTAMy, Geozóny)
- Bežná Logistika (Baterky, Sd-karty atď)



## NOTAM (28 položiek)

Séria:  Letiská/FIRy:  Text:

Zobrazenie:  Triediť podľa:

(C0559/26 NOTAMN  
Q)LZBB/QATCH/IV /NBO/AE/000/135/4908N02017E028  
A)LZTT B)2603231800 C)2603232100  
E)PREVADZKOVY CAS ATS, CTR TATRY A TMA POPRAD ROZSIRENY  
NA 1800-2100.)

(C0558/26 NOTAMN  
Q)LZBB/QFAAH/IV /BO/A/000/999/4904N02014E005  
A)LZTT B)2603231800 C)2603232100  
E)PREVADZKOVY CAS LETISKA ROZSIRENY NA 1800-2100 PRE LETY, KTORE  
ZISKAJU PREDCHADZAJUCI SUHLAS PREVADZKOVATELA LETISKA.)

(C0557/26 NOTAMN  
Q)LZBB/QFFCG/IV /NBO/A/000/999/4904N02014E005  
A)LZTT B)2603230625 C)2603232100  
E)POZIARNA KATEGORIA LETISKA ZNIZENA NA CAT 3.)

# Samotný let

- Dodržiavanie bezpečnosti prevádzky
- VLOS
- Manažment bateriek



# Analýza

Detekcia vozidiel

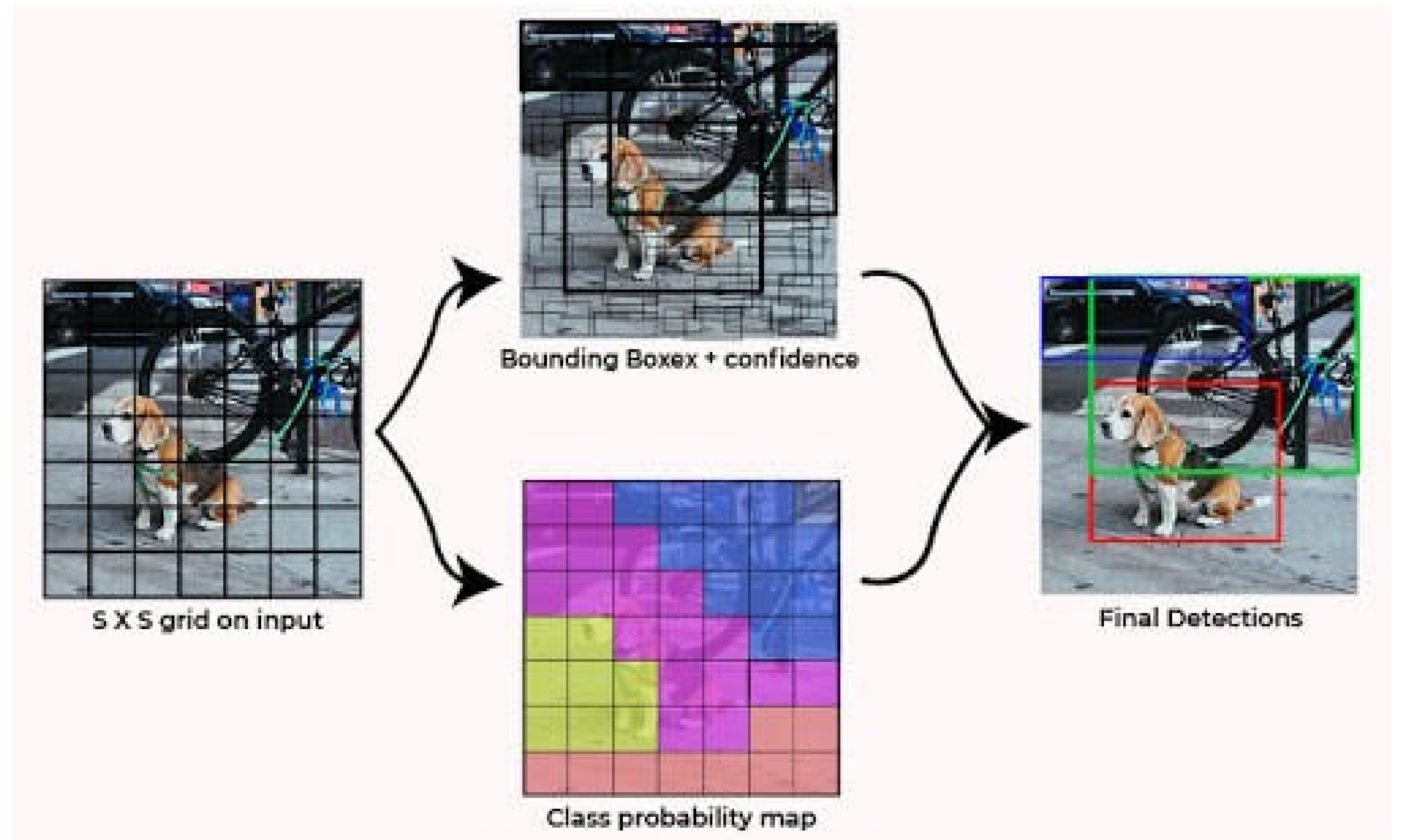
Výpočet rýchlosti vozidiel

Pravdepodobnosť zrážky

Doba zastavenia

# Detekcia vozidiel

Na detekciu vozidiel používame knižnicu **ultralytics**, ktorá využíva algoritmus **YOLO** (You Only Look Once,)



# Detekcia vozidiel

Na detekciu je potrebný model, pričom pre dronové zábery (pohľad zhora z výšky niekoľkých jednotiek až desiatok metrov) používame model natrénovaný na tento účel, volá sa: **Object-Detection-From-Drone-For-Surveillance**.

... notebooks contains the implementations for object detection from drone surveillance. To open the corresponding notebook in your preferred environment and follow the instructions to test the models.

...age below to play-----Detected Video-----



# Detekcia vozidiel

Pôvodný ukázkový skript z dokumentácie knižnice ultralytics bol obohatený o:

- možnosť zakresliť na obrazovke záujmové polygóny a pomenovať ich
- ukladanie celej trasy vozidla od okamihu prvej detekcie až po poslednú snímku, na ktorej sa vozidlo nachádza
- sumárny výpočet počtu vozidiel, ktoré boli prvýkrát detegované v niektorom polygóne a naposledy detegované v inom polygóne, t. j. prešli trasu z jedného polygónu do druhého
- uloženie výstupu s počtami prejdenných vozidiel medzi polygónmi do CSV súboru

... notebooks contains the implementations for object detection from drone surveillance. To open the corresponding notebook in your preferred environment and follow the instructions to test the models.

Image below to play-----Detected Video-----



# Detekcia vozidiel

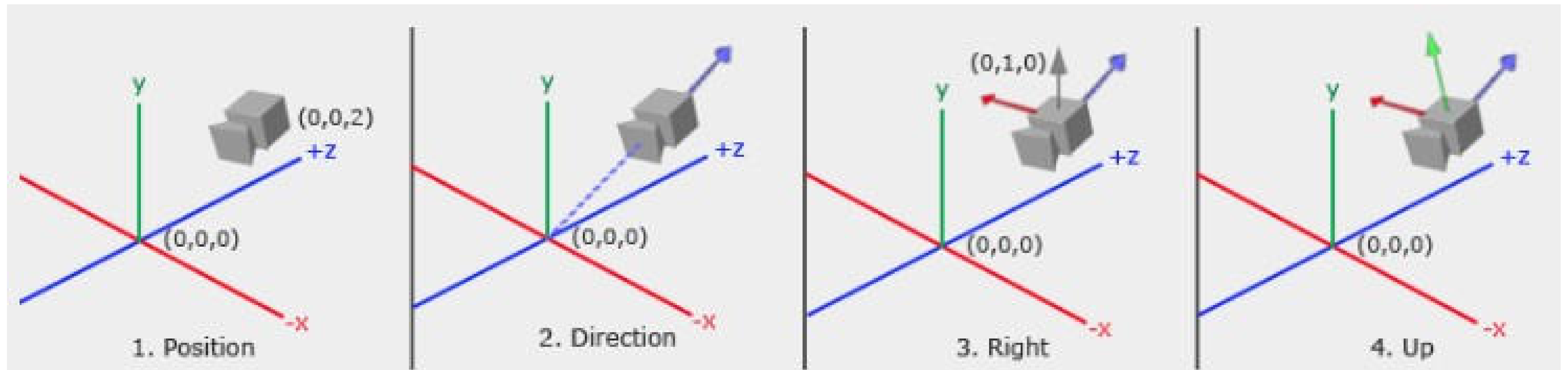
Pôvodný ukázkový skript z dokumentácie knižnice ultralytics bol obohatený o:

- záujmové polygóny,
- ukladanie celej trasy vozidla od,
- sumárny výpočet počtu vozidiel,
- uloženie výstupu s počtami.



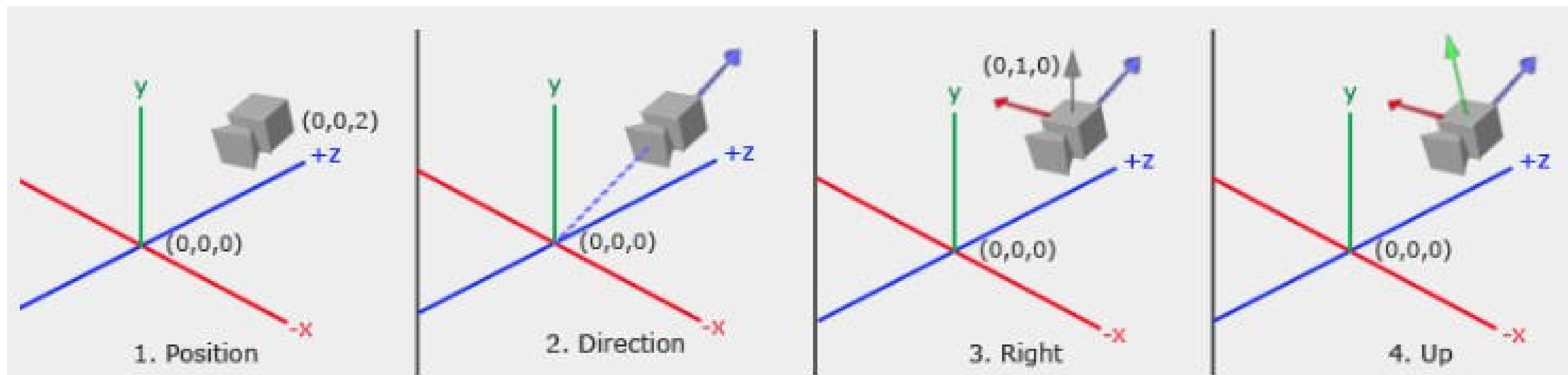
# Výpočet rýchlosti vozidiel

- Pre výpočet rýchlosti vozidiel je potrebné mať zábery snímané smerom kolmo dole
- Bod z dvojrozmerného "plátna" kamery je potrebné transformovať do 3D priestoru, kde sa dá pracovať s reálnymi súradnicami
- Súradnice kamery dronu získavame z metadátového súboru `.srt`.



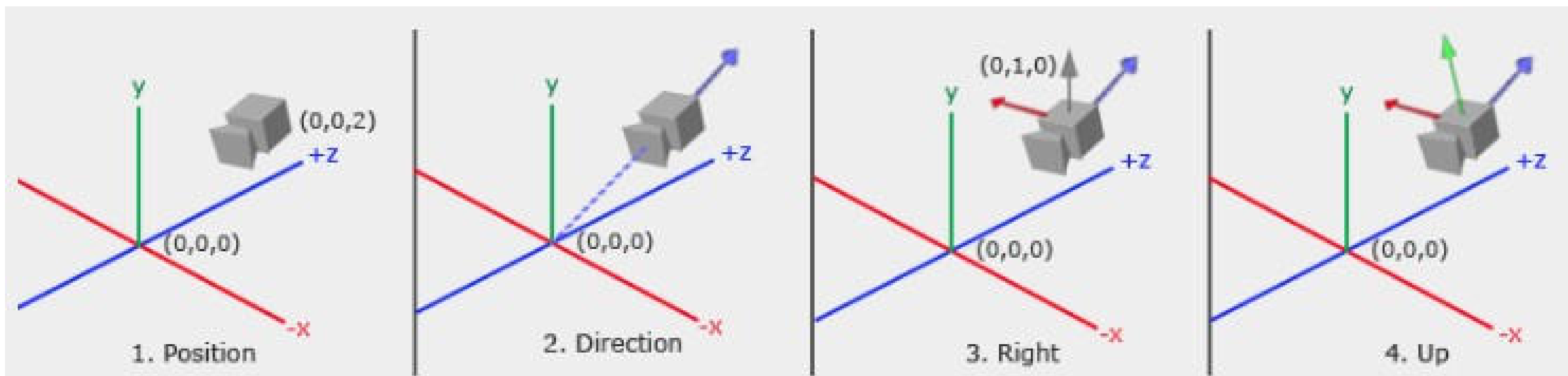
# Výpočet rýchlosti vozidiel

Matica LookAt matrix, transformuje 3D priestor do dvojrozmernej roviny "plátna" z pohľadu kamery; my chceme spätne previesť bod z plátna kamery do 3D priestoru, aby sme zistili jeho reálne súradnice.



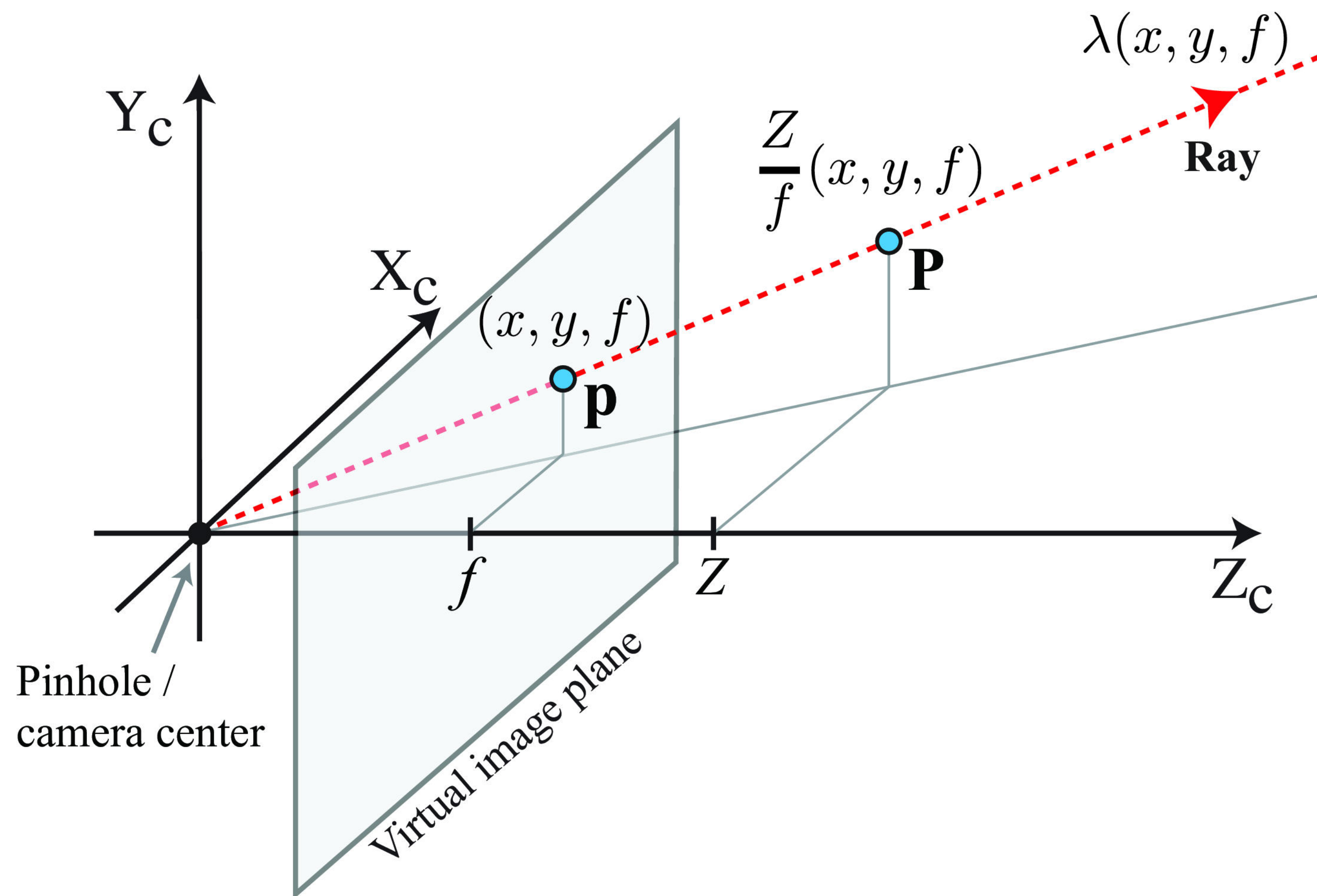
# Výpočet rýchlosti vozidiel

Vstupnými údajmi do transformácie sú GPS súradnice drona (prevedené do súradnicového systému ETRS89), relatívna výška dronu, uhol yaw (azimut) a ohnisková vzdialenosť kamery. Tieto údaje sú pre každú snímku dostupné v telemetrii z drona.



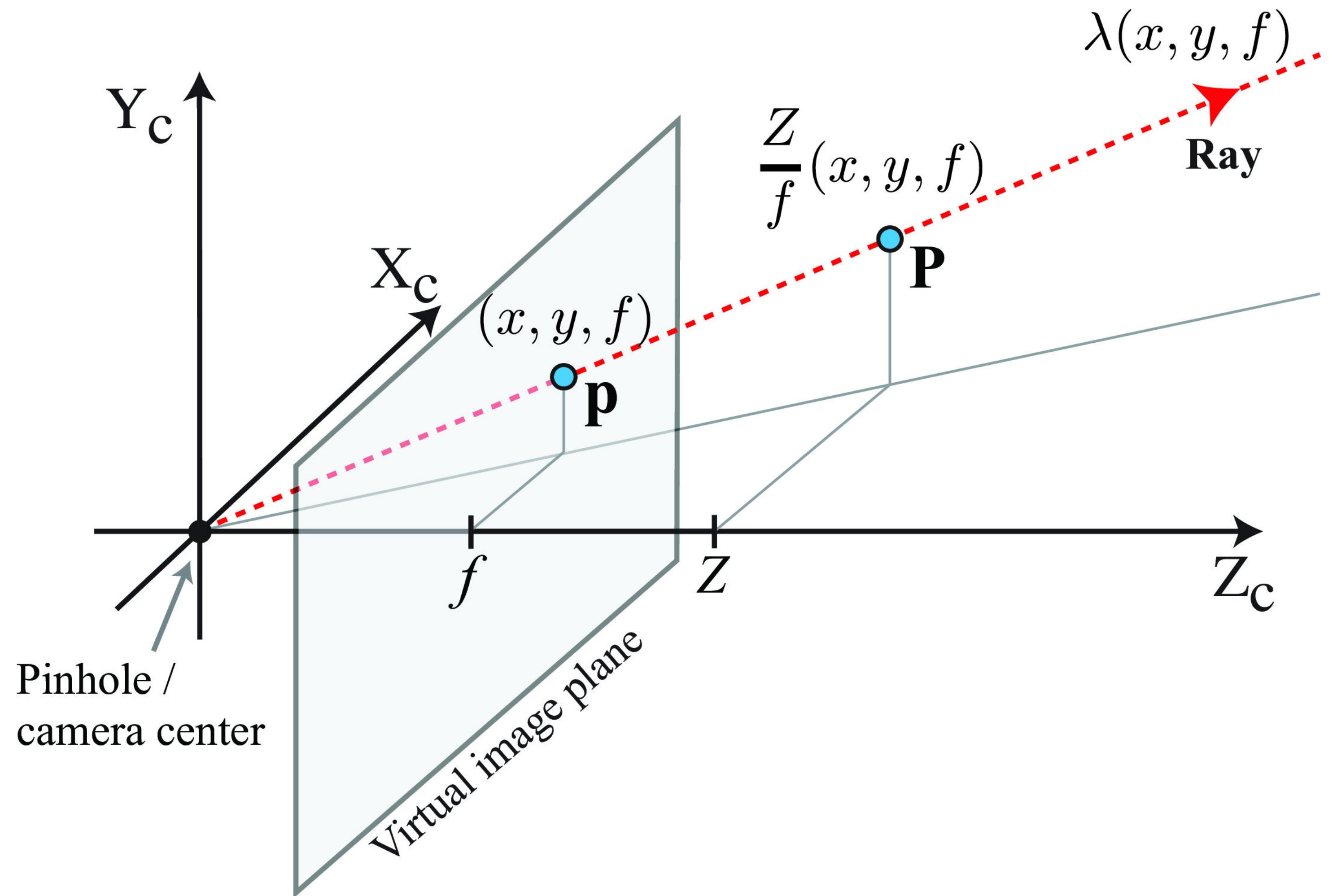
## Výpočet rýchlosti vozidiel

Inverznou transformáciou k LookAt matici môžeme previesť bod z 2D plátna do 3D priestoru, pričom spomedzi nekonečne veľa možností (výsledkom prevodu je priamka) si vyberieme ten bod, ktorého tretia súradnica je nulová, t. j. bod sa nachádza na snímanom povrchu.



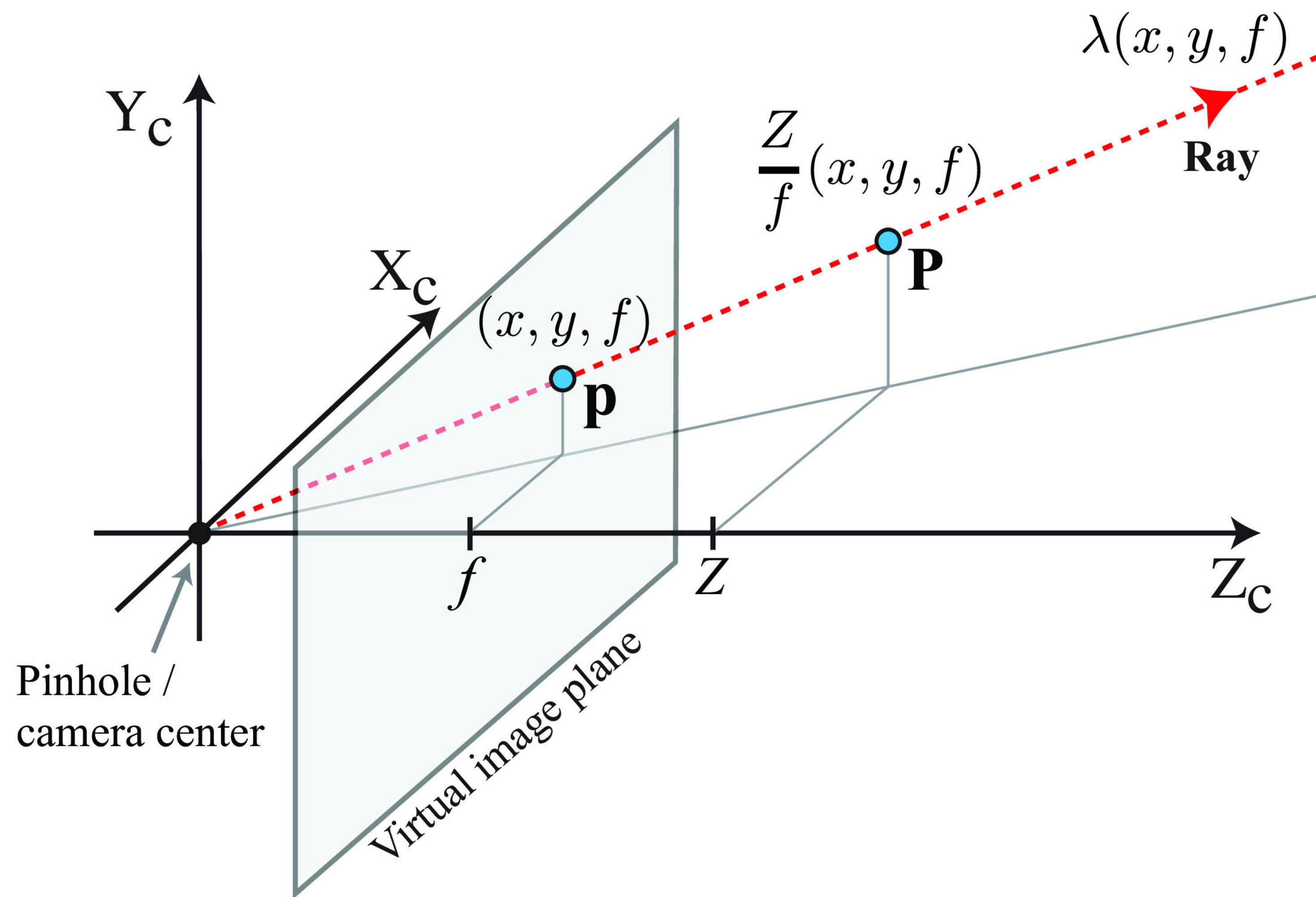
## Výpočet rýchlosti vozidiel

- Všetky výpočty prebiehajú v súradnicovom systéme ETRS89, keďže na výpočty je potrebné použiť pravouhlý súradnicový systém.
- Táto inverzná transformácia sa použije pre každé vozidlo na stred obdĺžnika, ktorým je vozidlo orámované (z detekcie), čím sú získané súradnice vozidla v systéme ETRS89 na danej snímke.



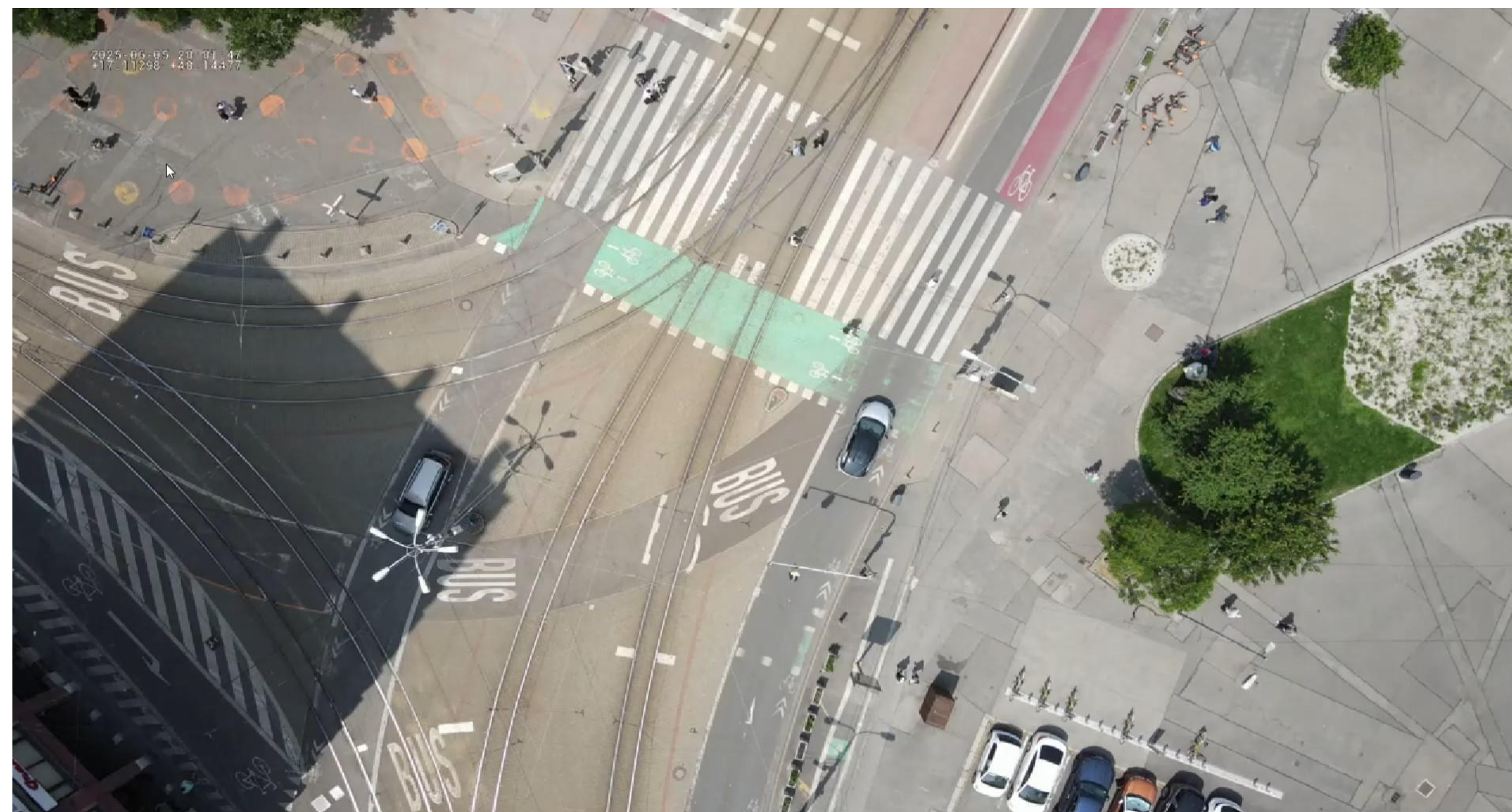
# Výpočet rýchlosti vozidiel

Rýchlosť vozidla je vypočítaná pomocou vzorca  $v=s/t$ , kde  $s$  je dráha vozidla prejdená medzi dvoma snímkami (t. j. euklidovská vzdialenosť vypočítaných súradníc) a  $t$  je čas, ktorý uplynul medzi jednotlivými snímkami (v závislosti od snímkovacej frekvencie videa). Pre zvýšenie presnosti výpočtu sa používajú údaje zo snímok v čase  $T$  a  $T-5$ .



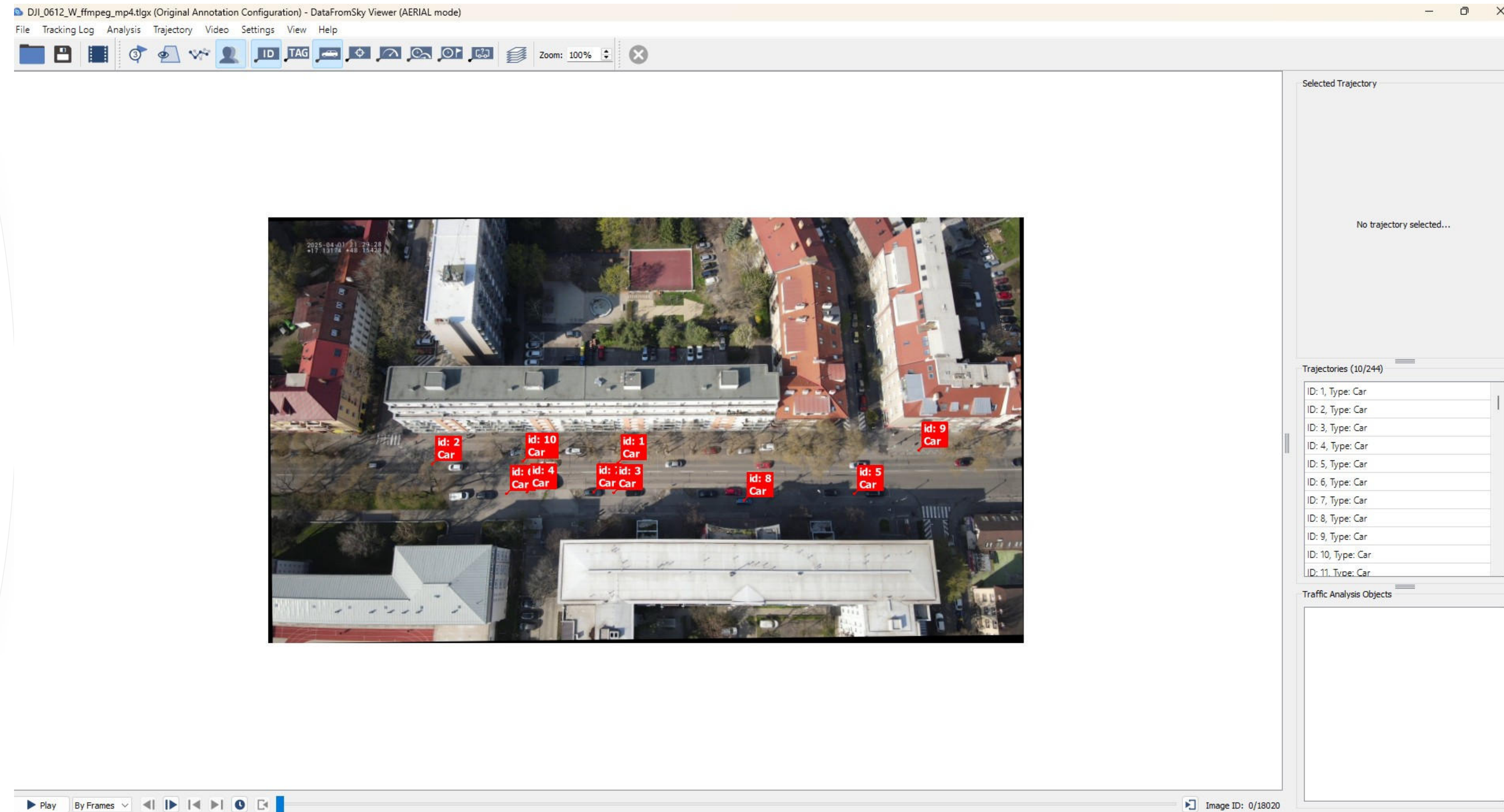
# Výpočet rýchlosti vozidiel

Vypočítaná rýchlosť je zobrazená  
na obrazovke v reálnom čase  
počas behu skriptu



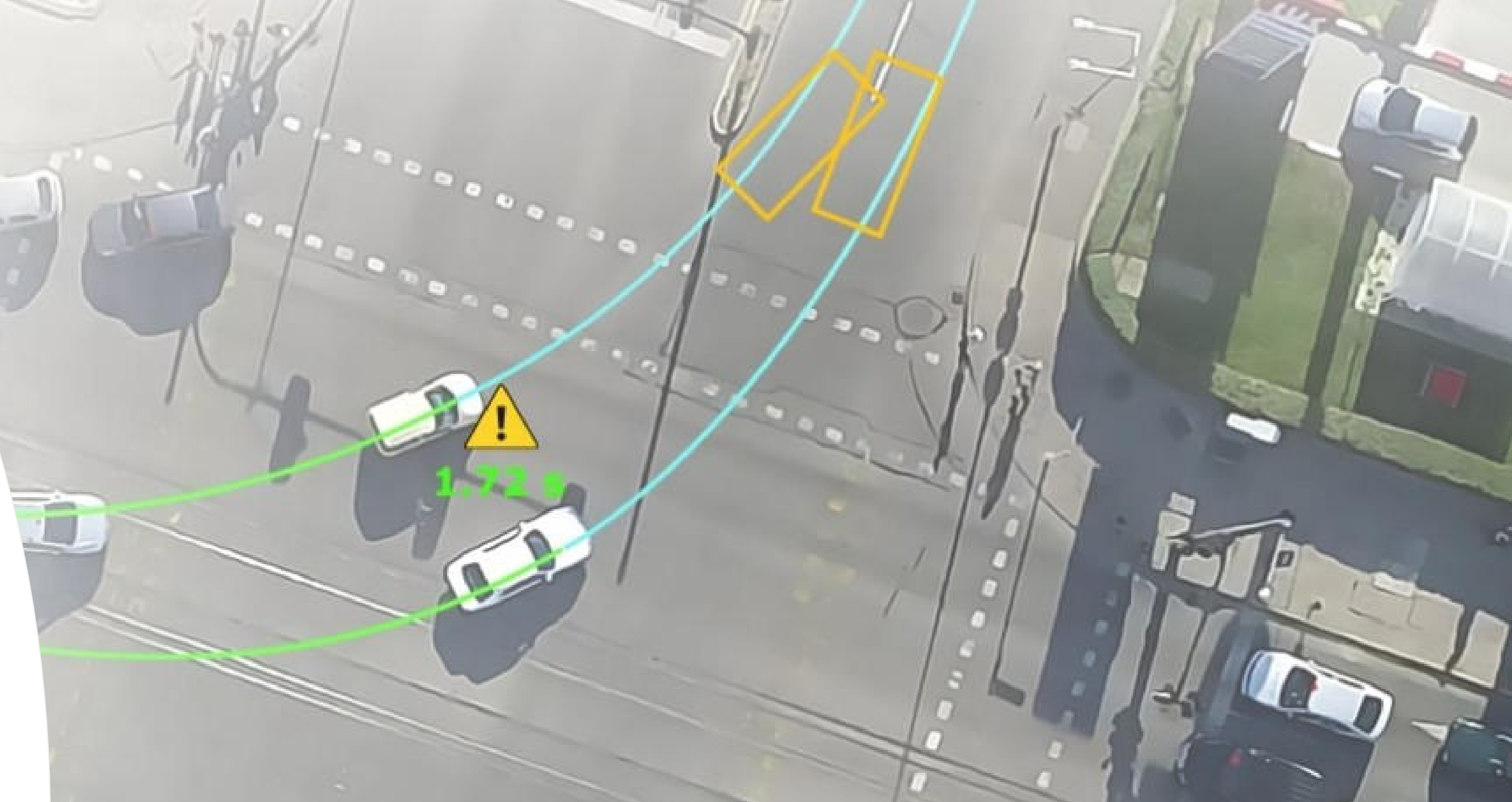
# Pravdepodobnosť zrážky

- Používame softvér 3 strany,
- Nutnosť nahrat' video, na „cloudové spracovanie,
- Potreba „vlícovacích“ bodov v teréne.



# Pravdepodobnosť zrážky

- Sa nepočíta priamo ako jedna jednoduchá hodnota, ale ako súčasť širších indikátorov rizika.
- Trajektórie objektov (autá, chodci, cyklisti)
  - Ich rýchlosti
  - Smer pohybu
  - Konfliktné body

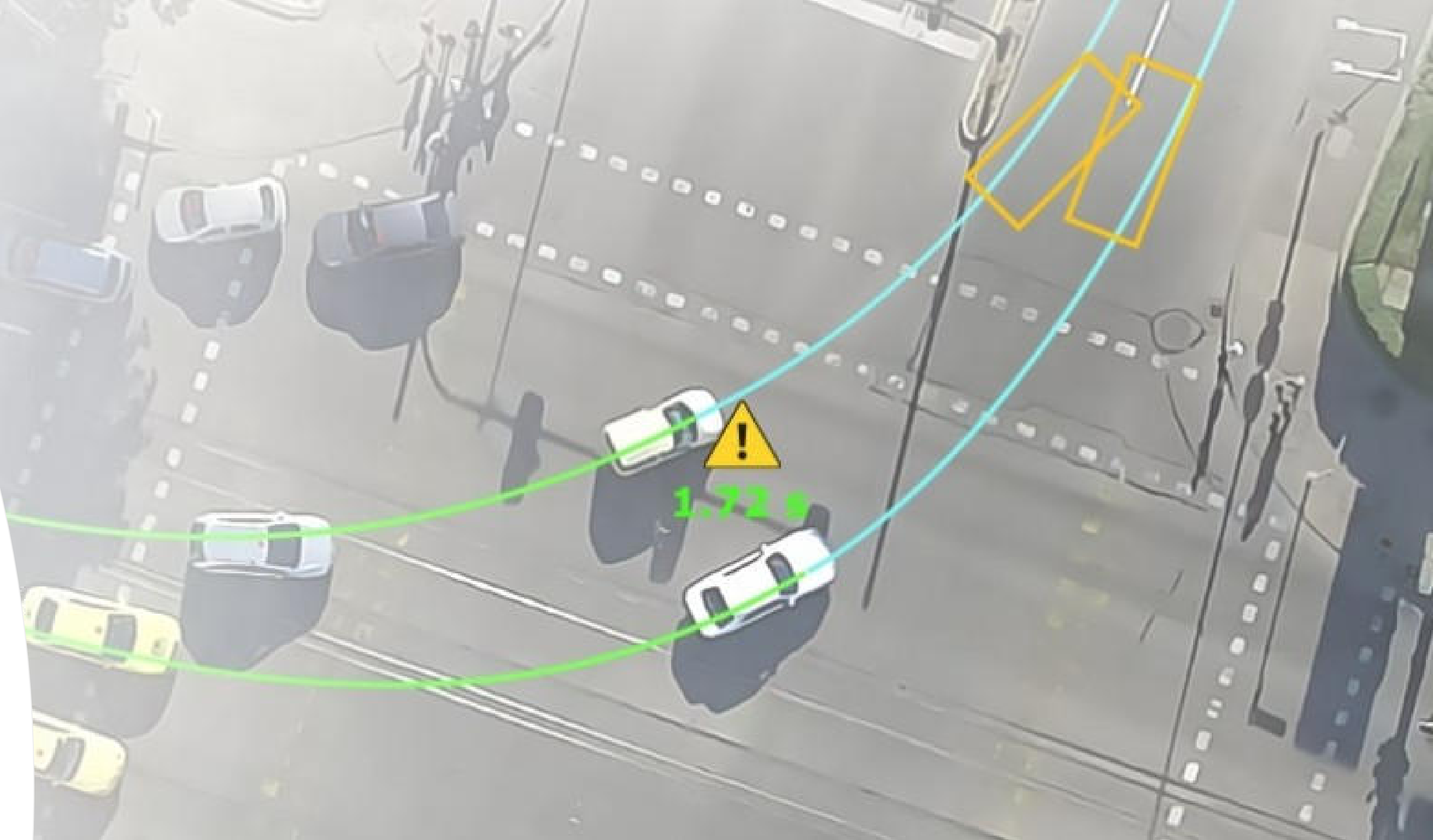


$$TTC = \frac{\textit{distance}}{\textit{relative velocity}}$$

# Pravdepodobnosť zrážky

Interpretácia:

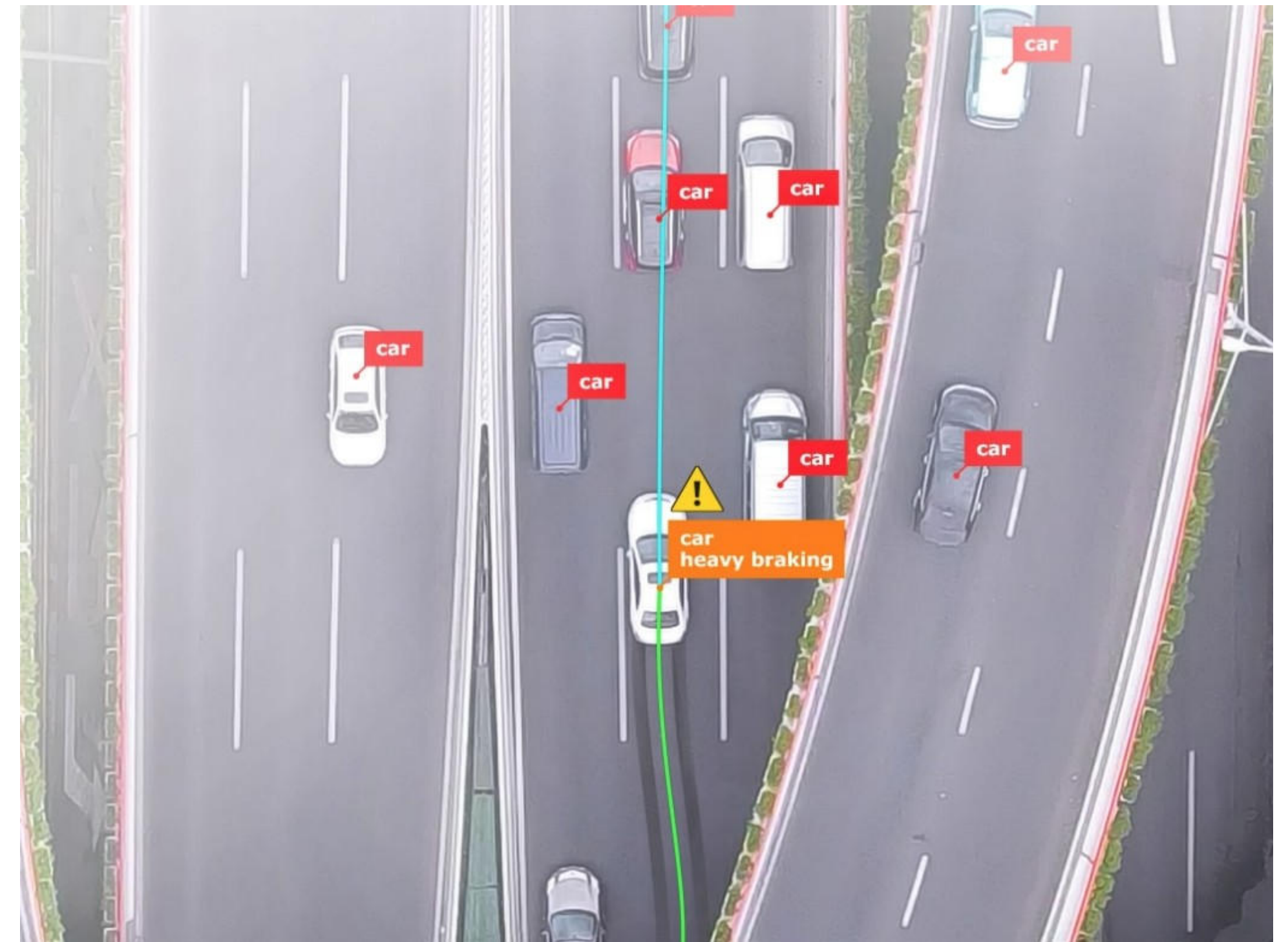
- $TTC < 1.5 \text{ s}$  → vysoké riziko
- $TTC 1.5\text{--}3 \text{ s}$  → stredné riziko
- $TTC > 3 \text{ s}$  → nízke riziko



$$TTC = \frac{\text{distance}}{\text{relative velocity}}$$

# Doba zastavenia

- Tzv DRAC (Deceleration rate to avoid crash)
- aké silné brzdenie musí vozidlo použiť, aby zabránilo zrážke
- nízky DRAC → bezpečná situácia
- vysoký DRAC → vodič musí prudko brzdiť
- $DRAC >$  schopnosť brzdienia auta = kolízia



$$DRAC \sim \frac{(v_{following} - v_{leading})}{time\ to\ collision}$$

# Na čo to využívame?

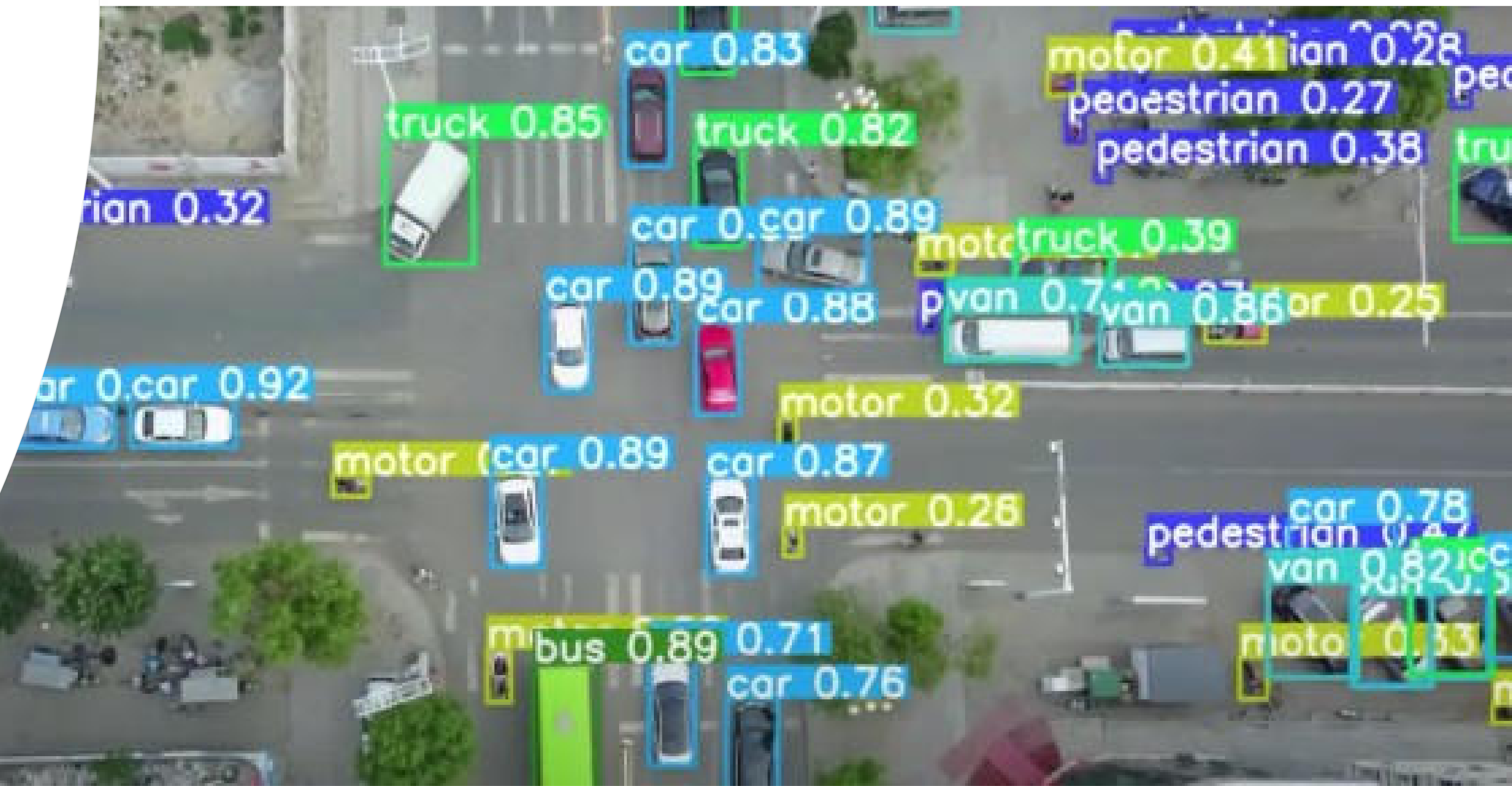
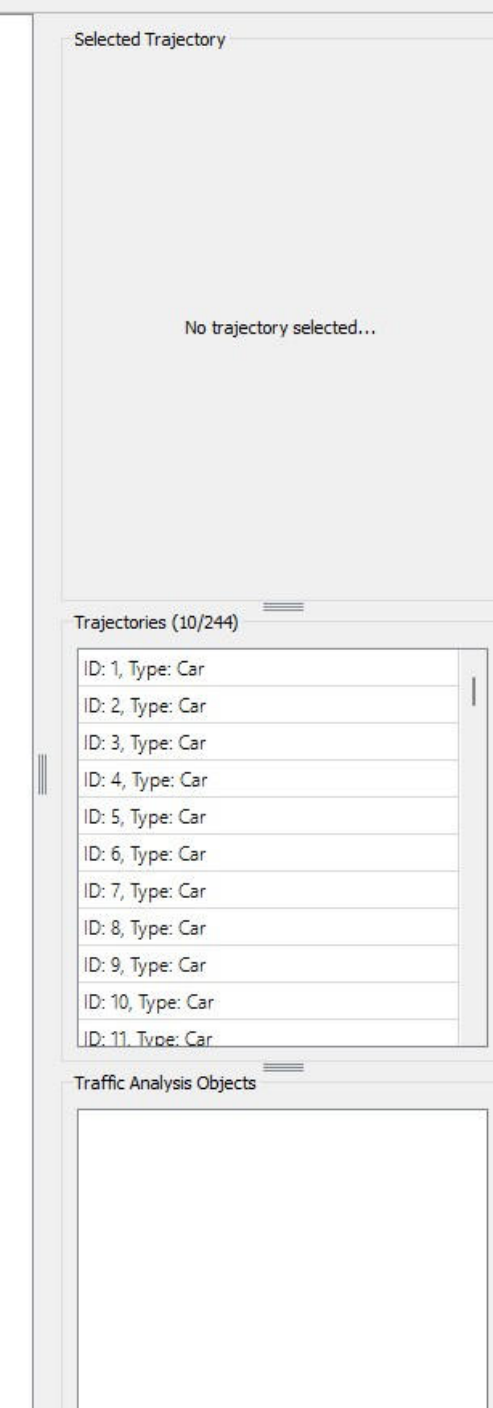
- Monitoring križovatiek (Žabotova x Karpatská)
- Mesto pre deti
- Ad hoc úlohy





# Faktory vplývajúce na kvalitu...

- Rozsah územia vs Výška dronu
- Dĺžka záznamu
- Množstvo „vlícovacích bodov“ vs. Kolmý pohľad
- Ich správne umiestnenie



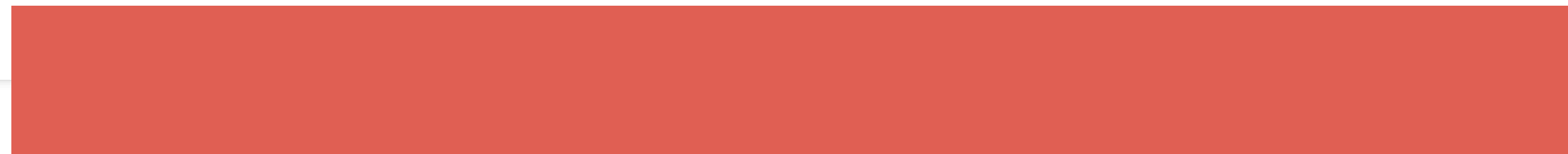
## Vízie do budúcnosti ...

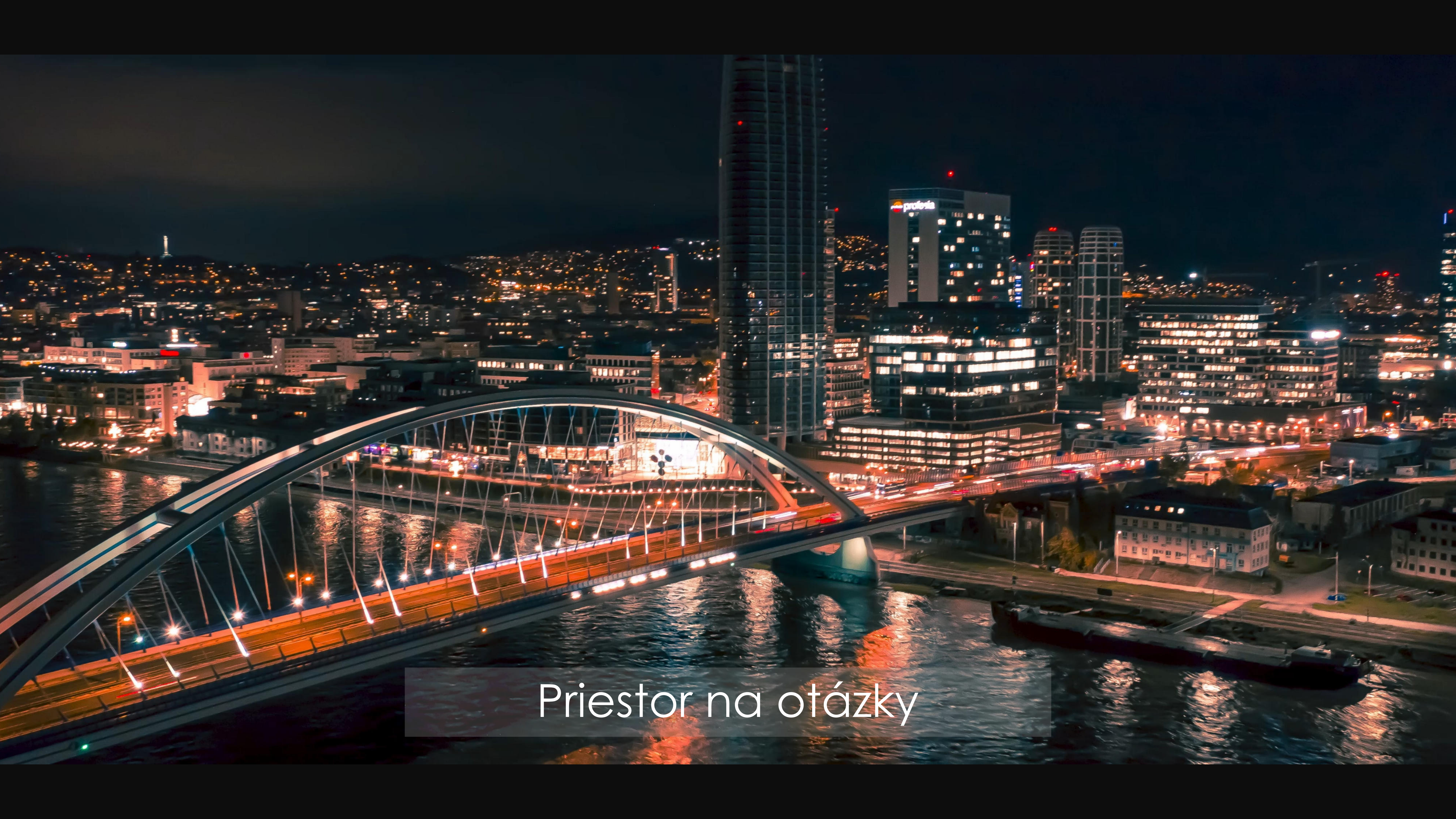
---

Výzvy spojené s integráciou dronov do mestských systémov (mestské kamerové systémy, DJI dock). Cieľom je ukázať, ako môžu drony prispieť k efektívnejšiemu a udržateľnejšiemu fungovaniu moderných miest.



Môžu nám drony ukázať v  
meste o doprave niečo,  
čo inak nevidíme?





Priestor na otázky