

RÝCHLY EVOLUČNÝ ALGORITMUS NA DETEKCIU VOZIDIEL V REÁLNOH ČASE

EVOLUČNÉ ALGORITMY LS

2024/25

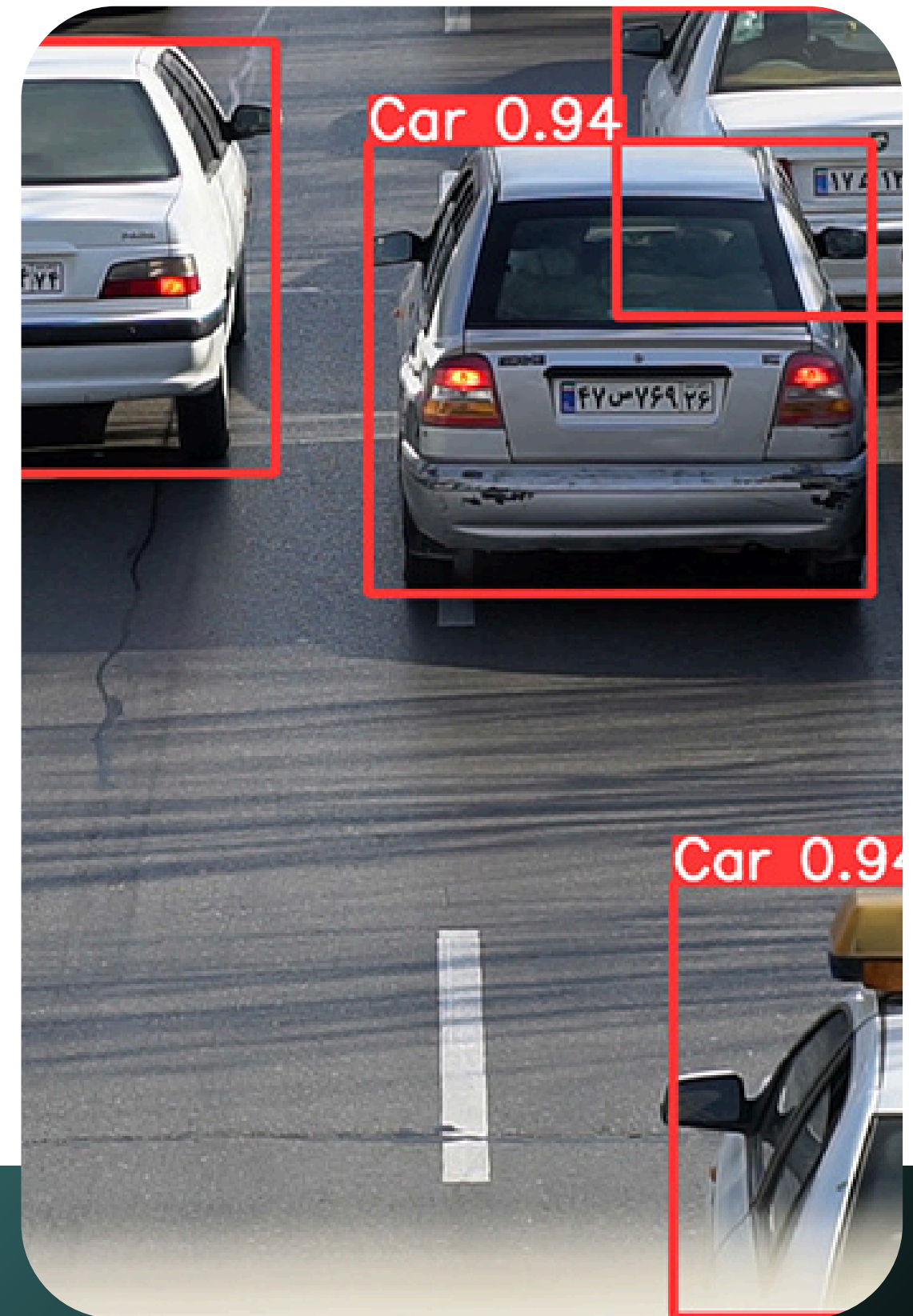
Autori: Vinh Dinh Nguyen, Thuy Tuong Nguyen, Dung Duc Nguyen, Sang Jun Lee, Jae Wook Jeon

Problém Detekcie Vozidiel

Kľúčová úloha: Detekcia vozidiel a odhad ich vzdialenosti.

Výzvy:

- Vozidlá majú rôzny vzhľad.
- Meniace sa podmienky (osvetlenie, počasie, hustota premávky).



Nedostatky Existujúcich Metód

01 Tradičné metódy
(farba, hrany):

Často nespoľahlivé pri zmene podmienok, veľa
falošných detekcií.

02 Stereo vícia:

Výpočtovo náročné, pomalé.

03 Doterajšie Evolučné
Algoritmy:

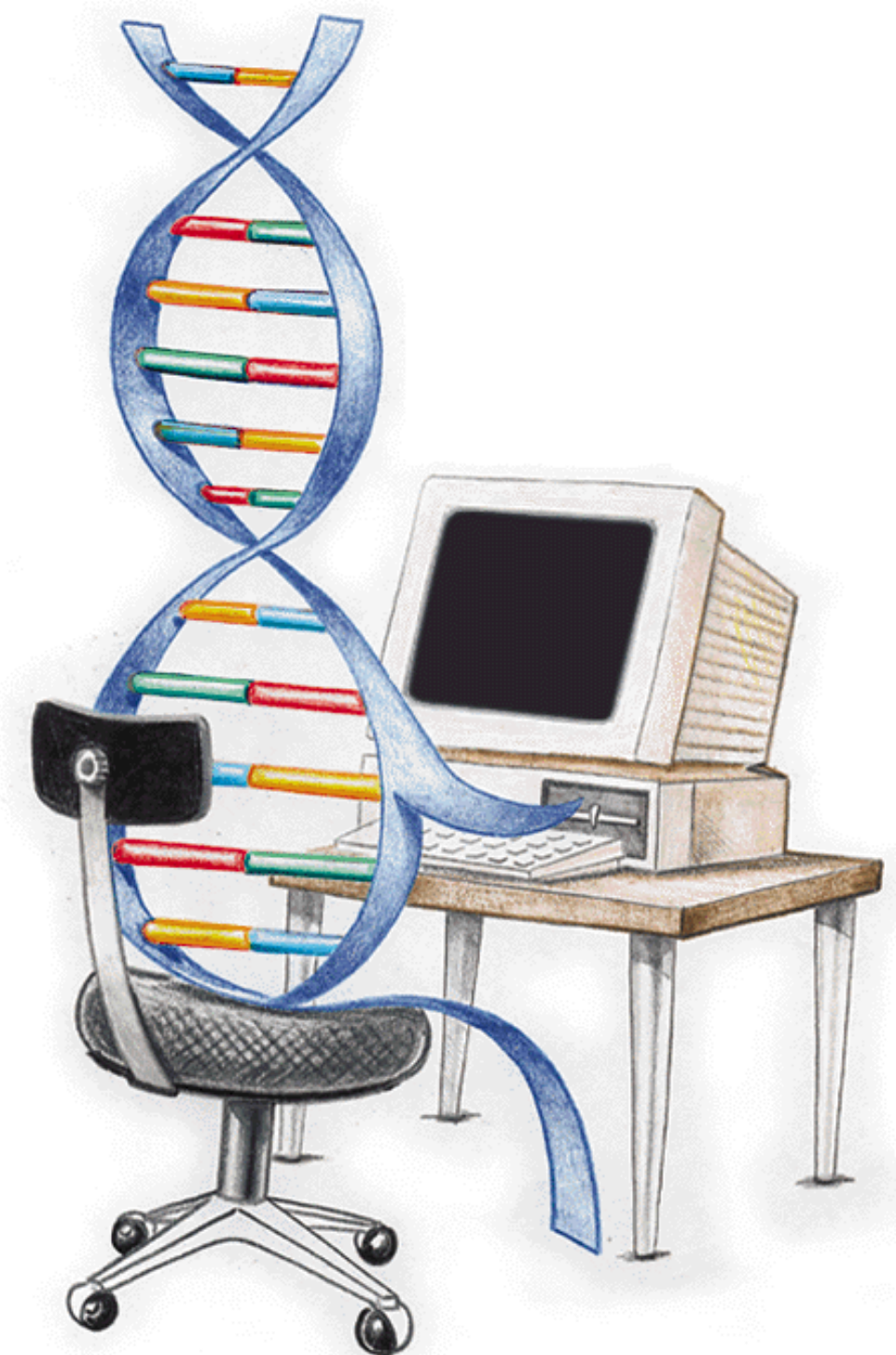
- Pomalé pre reálny čas.
- Funkcie vhodnosti závislé od nestabilných
príznakov (farba, hrany).
- Nedostatočná robustnosť voči šumu
(okolie, cesta).

Navrhnutý EA prístup

Navrhnutý evolučný prístup spája dve technológie, stereo víziu a evolučné algoritmy (SEA).

Tento prístup sa skladá z viacerých procesov:

- Kalibrácia stereo kamier
- Detekcia kandidátov vozidiel na základe SEA
- Obmedzenie priestoru prehľadávania SEA
- SEA v 3-D



Procesy EA prístupu

Kalibrácia kamery

Kalibrácia kamery bola vykonaná offline s použitím šachovnice pod rôznymi uhlami, čím sa určili vnútorné parametre ako ohnisková vzdialenosť. Pre stereo matching systém využíva Census koreláciu implementovanú na FPGA, zvolenú pre jej robustnosť voči šumu a efektívnu hardvérovú implementáciu oproti iným metódam.

Detekcia kandidátov

EA algoritmus najprv definuje chromozóm pre kandidáta a generuje počiatočnú populáciu v záujmovej oblasti (ROI). Každý jedinec je hodnotený navrhnutou funkciou vhodnosti. Turnajová selekcia a kríženie potom vyberajú a generujú silných jedincov pre ďalšiu generáciu. Najsilnejší jedinec na konci predstavuje detekovaný kandidáta.

Obmedzenie priestoru

Pre zrýchlenie EA sa priestor hľadania obmedzuje V-disparity mapou, ktorá odfiltruje irelevantné oblasti ako cesta a obloha. Kandidáti sa tak generujú len na potenciálnych prekážkach (definovaných aj podľa výšky), čo zlepšuje konvergenciu a presnosť algoritmu.

SEA v 3-D

SEA v 3D transformuje obrazové body do reálnych 3D súradníc (X,Y,Z) a zavádza Potenciálny Priestor Prekážok (POS). Táto mriežka (pohľad zhora X,Z) uchováva hustotu 3D bodov prekážok a umožňuje ich lepšie modelovanie, čo môže pomôcť pri riešení zložitých scén.

Detekcia kandidátov

01 Štruktúra jedinca

Štruktúra jedinca je založená na reťazcovej reprezentácii, ktorá je flexibilná a umožňuje ľahké rozšírenie. Každý jedinec má fenotypický tvar obdĺžnika. Jedinec sa skladá zo štyroch génov:

- x-ová a y-ová súradnica ľavého a pravého horného rohu obdĺžnika i-teho jedinca

02 Počiatočná populácia

Počiatočná populácia jedincov je náhodne generovaná v ľavom obraze okolo jeho stredu pomocou Gaussovho rozdelenia. Počiatočná veľkosť jedinca je nastavená na 20x15 pixelov. Následne sa pre každého jedinca hodnotí fitness.

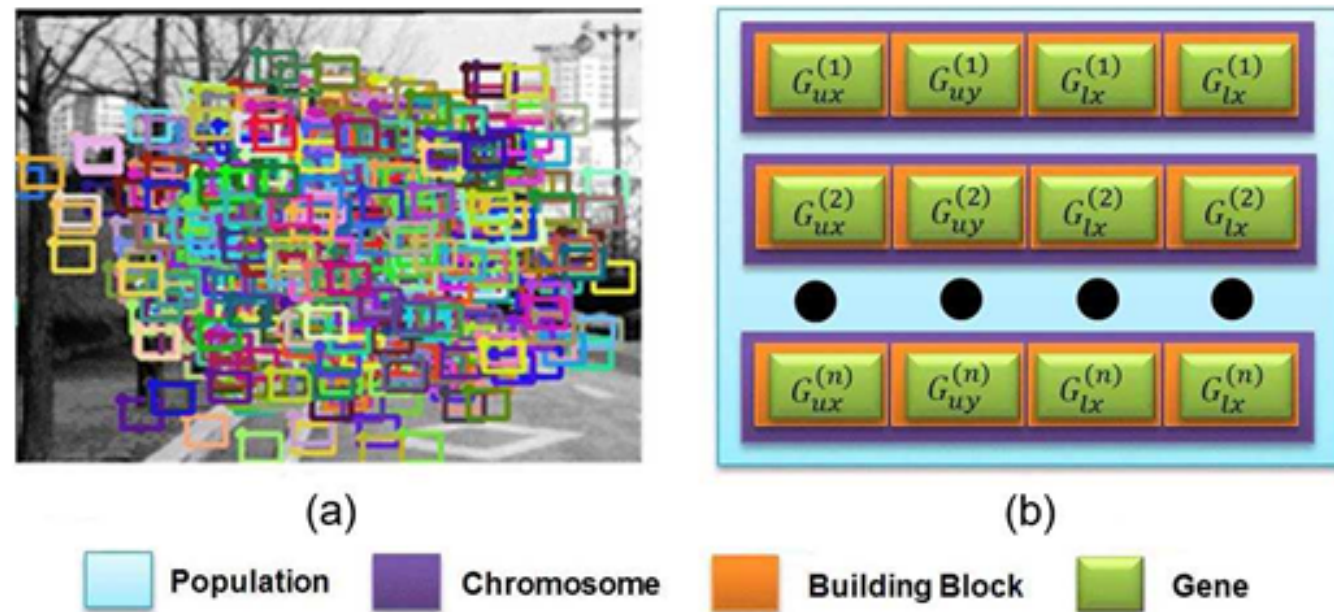
03 Vyhodnotenie vhodnosti

Funkcia vhodnosti hodnotí kvalitu kandidáta kombináciou piatich kľúčových príznakov: homogenity disparity v jeho oblasti (Gde), hustoty hrán pozdĺž jeho štyroch strán (Gl,Gr,Gto,Gb), vzdialenosti od kamery (Gd), relatívnej polohy voči stredu obrazu (Grd) a detekovaného pohybu v jeho oblasti (Gm). Vyššia hodnota fitness je priradená kandidátom, ktorí lepšie zodpovedajú očakávaným vlastnostiam vozidla. Celková fitness je definovaná ako vážená suma týchto príznakov

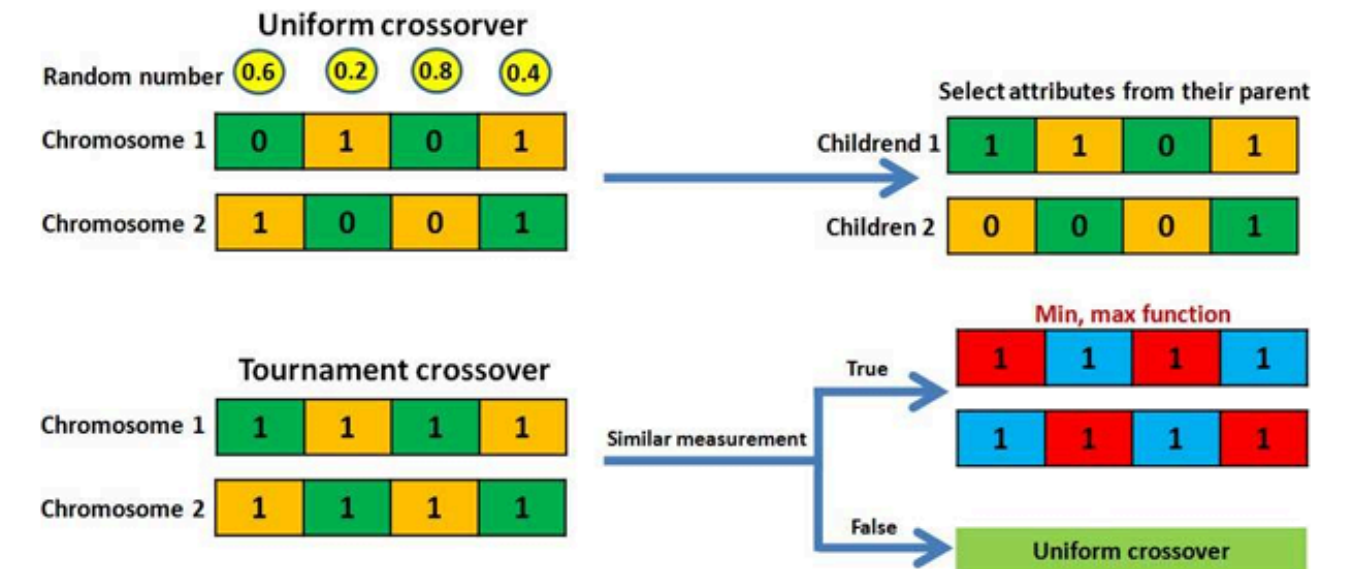
04 Turnajová selekcia a kríženie

Tento typ kríženia vyberie dvoch náhodných rodičov. Ak majú podobnú disparitu, potomkovia vzniknú úpravou súradníc pomocou min/max funkcií, čo vedie k úprave veľkosti/polohy obdĺžnika. Ak majú disparitu rozdielnu, použije sa štandardné uniformné kríženie s pravdepodobnosťou 0.5 na výmenu génov.

Obr. 1. (a) Inicializácia populácie. (b) Štruktúra jedinca



Obr. 2. Uniformné a turnajové kríženie



Obr. 3.

- (a) Pôvodná mapa disparity.
- (b) Mapa disparity V.
- (c) Pôvodná mapa disparity po aplikácii mapy V-disparity.
- (d) Pôvodná mapa disparity po zohľadnení prekážok.
- (e) Inicializovaná populácia s použitím obrazu V-rozdielu.

SEA v 3-D

Transformácia do 3D

- Každý bod (x,y) s disparitou d v obraze je prepočítaný na 3D súradnice (X,Y,Z) v reálnom svete pomocou kalibračných parametrov kamery.

Potenciálny Priestor Prekážok (POS)

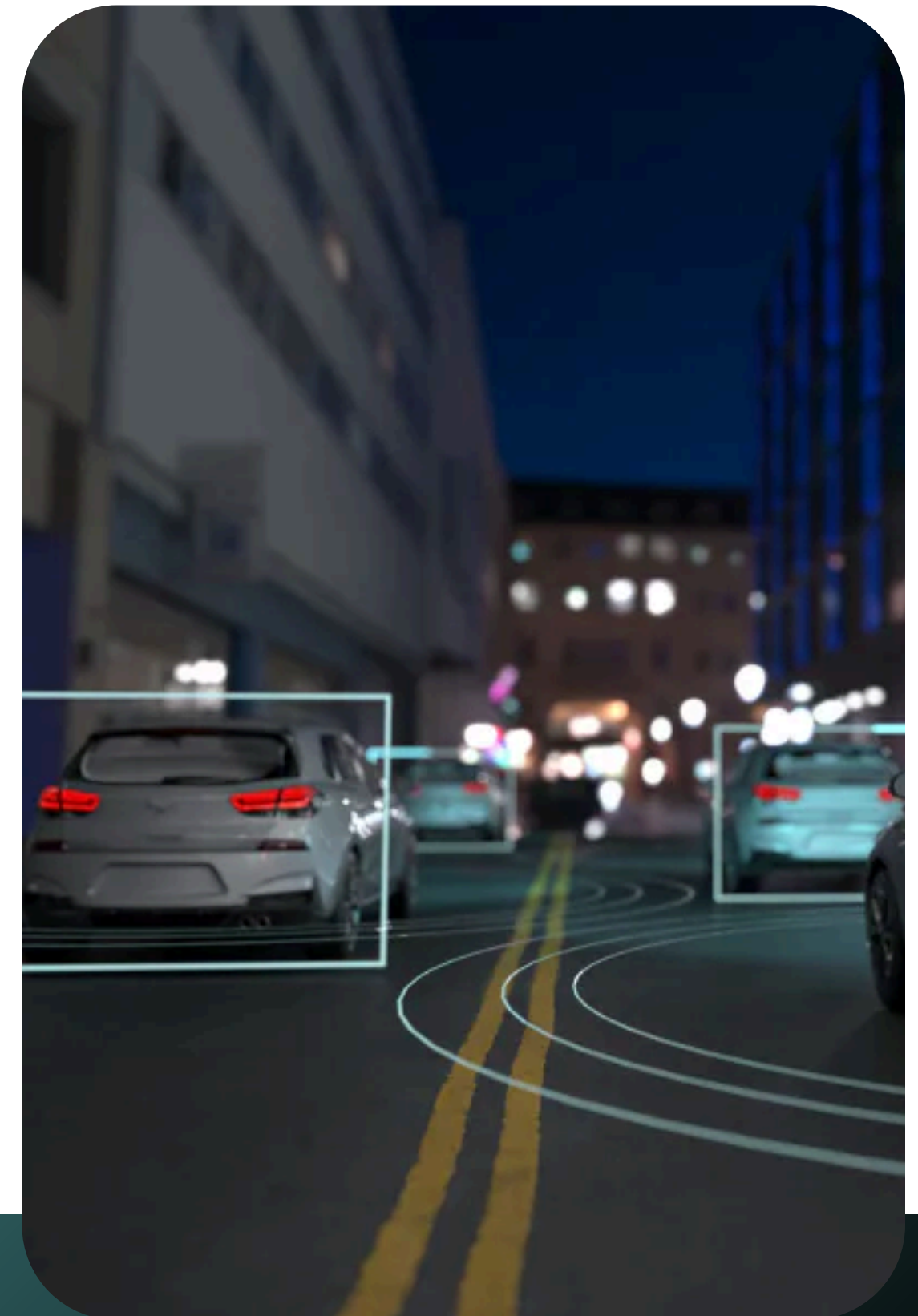
- Predstavuje pohľad zhora na scénu (rozmery X a Z), rozdelený na mriežku (napr. 1×2 metre).
- Každá bunka mriežky v POS uchováva počet 3D bodov prekážok, ktoré do nej spadajú. Vizualizuje hustotu prekážok v priestore.

Úprava Fitness Funkcie

- Pôvodná funkcia vhodnosti je rozšírená o nový člen G_{pos} .
- G_{pos} zvyšuje vhodnosť jedinca, ak jeho 3D projekcia spadá do oblasti s vysokou hustotou bodov v POS.
- Pomáha algoritmu preferovať oblasti, ktoré skutočne zodpovedajú hustým 3D objektom.

Vizualizácia a Odhad Veľkosti

- Po detekcii 2D obdĺžnika je možné odhadnúť jeho reálnu šírku (S_x) a výšku (S_y) pomocou 3D transformácie rohov.
- Dĺžka (S_z) sa odhaduje nájdením najvzdialenejšieho 3D bodu prekážky v smere Z od stredu detekovaného objektu.

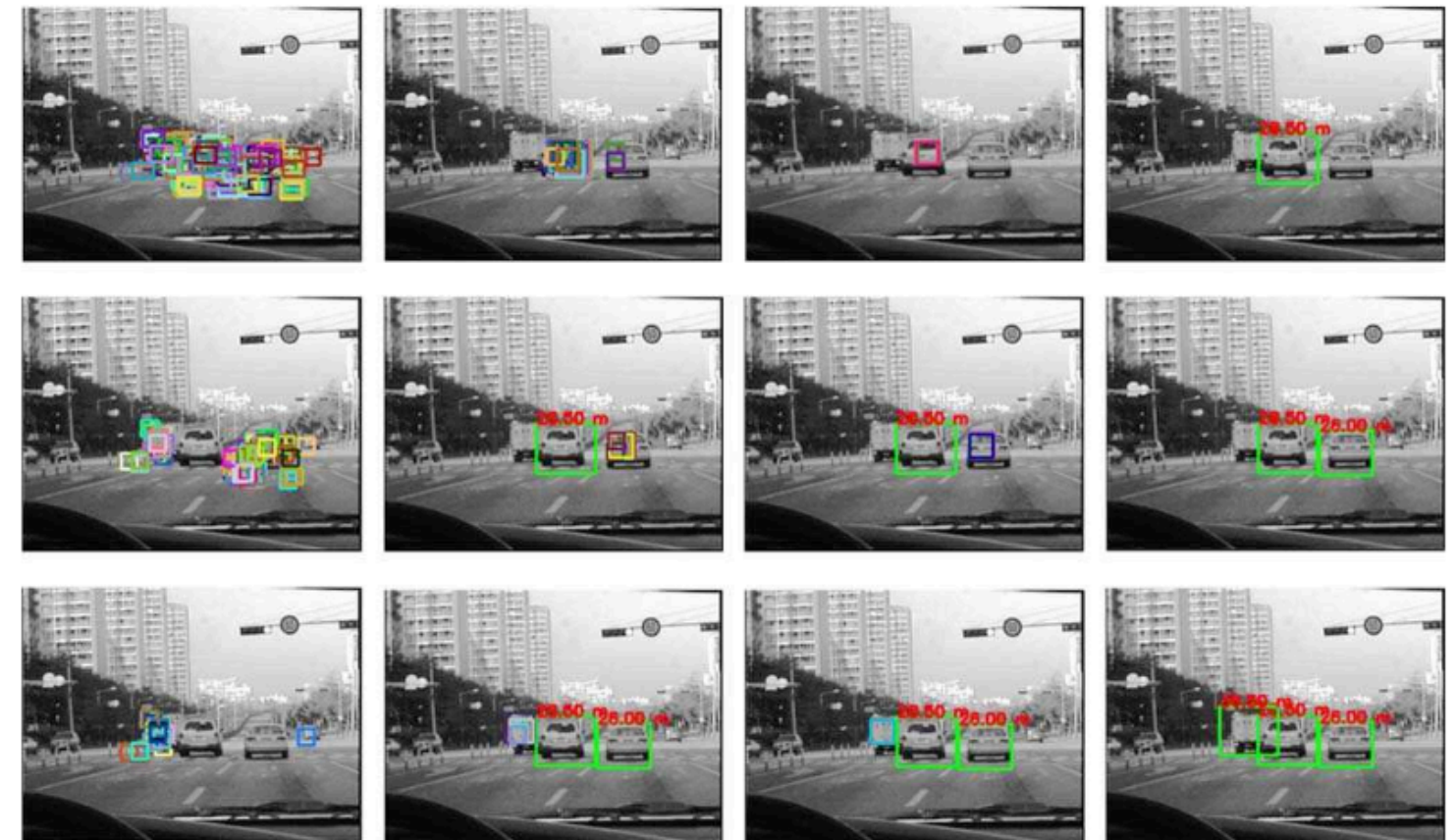


Odhad koeficientov vhodnosti

- Tradičné EA často využívajú heuristiku na odhad vhodnosti
- Kombinácia EA a metódy najmenších štvorcov:
 - Náhodná generácia jedincov v obraze
 - Vytvorenie rovníc na základe funkcií vhodnosti
 - Výpočet váhových konštánt pre páry jedincov
 - Využitie MNŠ na určenie konečných váhových konštánt
- Odhad koeficientov vhodnosti na základe analýzy obrázkov
- Výhoda je automatické prispôsobenie parametrov pre lepší výkon

Detekcia viacerých vozidiel

- EA zvyčajne deteguje iba jedno, vozidlo s najväčšou vhodnosťou
- Navrhnutie vylepšeného EA (turn-back EA), na detekciu viacerých vozidiel
- Postup:
 - Detekcia vozidla s najväčšou vhodnosťou
 - Vratenie sa k prvej generácii
 - Eliminácia jedincov, ktorí súvisia s detegovaným vozidlom
 - Proces sa opakuje na detekciu ďalších vozidiel
- Pre úsporu času sa algoritmus vracia iba k predošlej generácii



Rozšírenie a validácia jedinca

Jedinec nemusí pokrývať celú oblasť
skutočného vozidla. Falošné detekcie

Riešenie:

01 Rozšírenie jedinca

- Rozšírenie v štyroch smeroch na pôvodnom disparitnom obraze
- Riadi sa na základe hodnôt disparity okolitých pixelov
- Zohľadnenie minimálnej a maximálnej detekčnej vzdialenosti systému (10 - 140 m)

02 Validácia jedinca

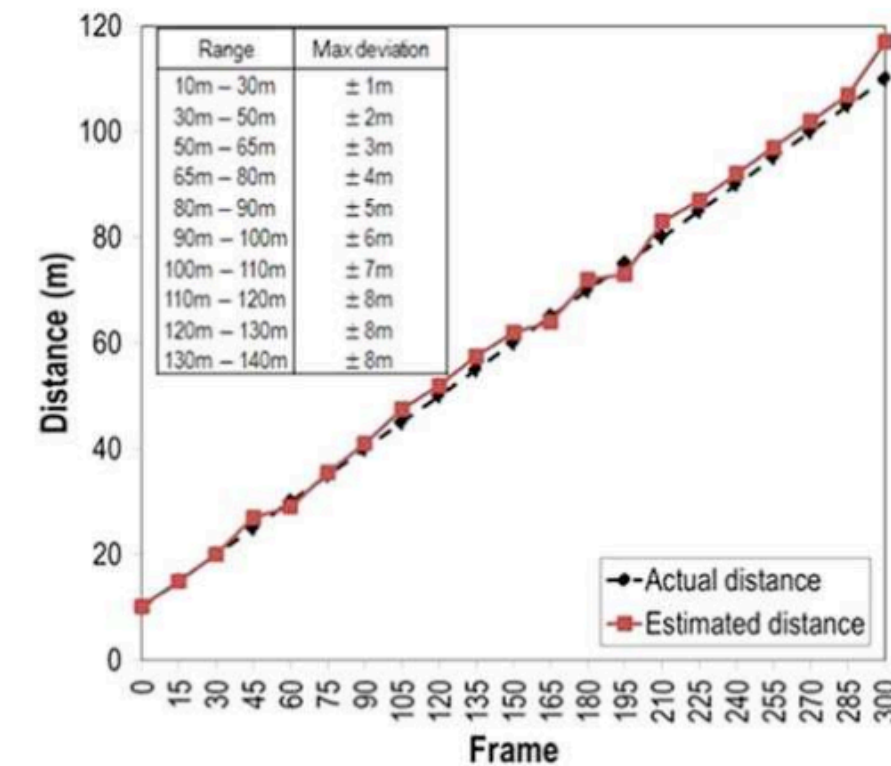
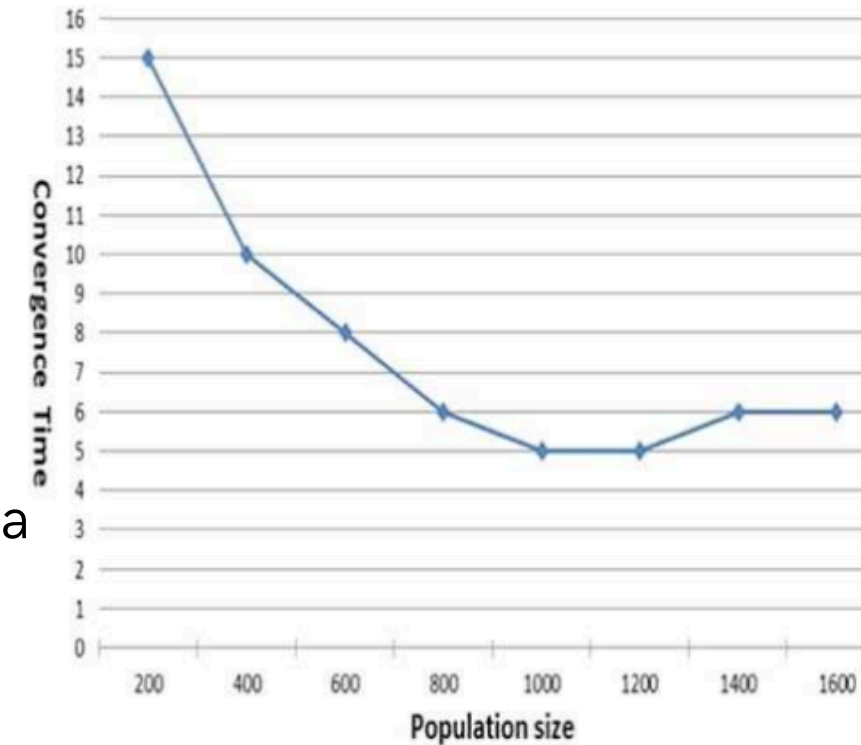
- Odstránenie neplatných kandidátov
- Vykonáva sa na základe informácií o pohybe a vertikálnej disparite
- Kandidát je platný, ak informácie prekračujú prahové hodnoty
- Alternatíva je na základe vzťahu medzi šírkou vozidla v pixeloch a disparitou

Jednoduché sledovanie vozidiel

- Po validovaní vozidla môže byť toto vozidlo sledované v pôvodnom obraze
- Kvôli výpočtovým obmedzeniam sa namiesto zložitých filtrov použil jednoduchší algoritmus
 - Rovnaký ako v prípade detekcie, ale s menšou veľkosťou populácie a priestorom prehľadávania
 - Redukcia priestoru sa určuje na základe polohy vozidla v predchádzajúcom slajde, populácia sa znižuje na polovicu

Čas konvergenzie

- Konvergencia - bod, kedy sa vhodnosť už nemení
- Tento prístup má rýchlejšiu konvergenciu ako štandardné EA
- Prečo rýchlejšia konvergencia?:
 - Obmedzený priestor prehľadávania
 - Viaceré páry jedincov môžu produkovať rovnakého potomka
 - Použitie párovej turnajovej selekcie



Experimentálne výsledky

Detekcia viacerých vozidiel

Navrhnutý evolučný algoritmus umožňuje detekciu viacerých vozidiel. Je časovo efektívnejší pri detekcii viacerých vozidiel.

Rýchla konvergencia

Algoritmus konverguje rýchlejšie ako štandardný evolučný algoritmus vďaka obmedzenému priestoru prehľadávania a kríženiu. Experimentálne bola potvrdená po cca 5 generáciach.

Robustnosť a výkon

Bola dosiahnutá vysoká miera detekcie, aj v náročných podmienkach (zmeny osvetlenia, prekážky), pričom v porovnaní s inými metódami v týchto scenároch často dosiahol lepší výkon.

Praktická aplikácia

Overené pri rýchlostiach vozidla 20-70 km/h a detekčných vzdialenostiach 10-140m.



(a)



(b)



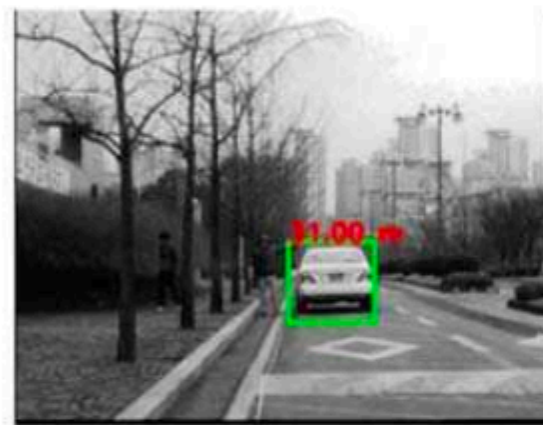
(c)



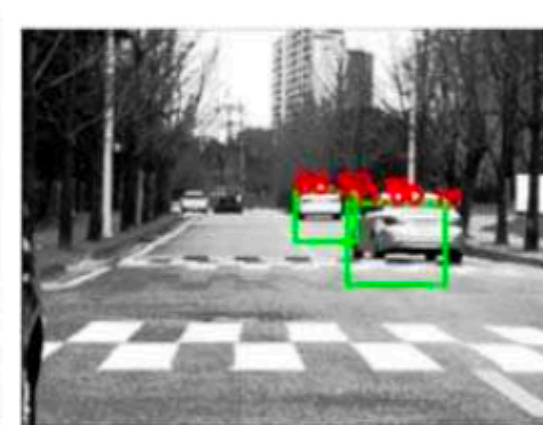
(d)



(e)



(f)



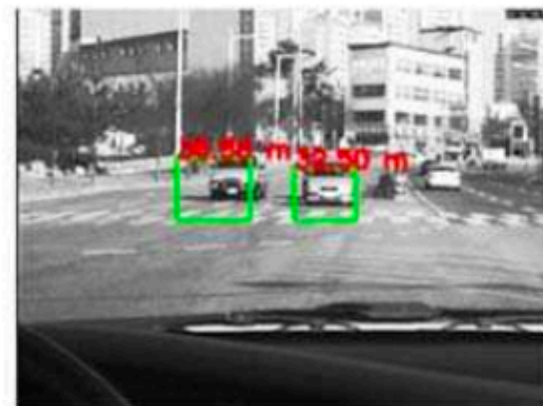
(g)



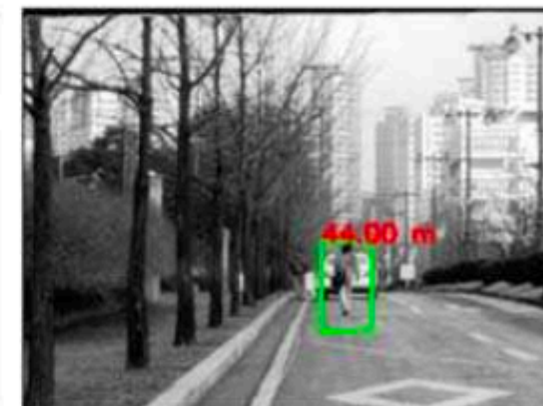
(h)



(i)



(j)



(k)



(l)

Zdroj:

**A Fast Evolutionary Algorithm for Real-Time Vehicle
Detection**

Ďakujeme za pozornost