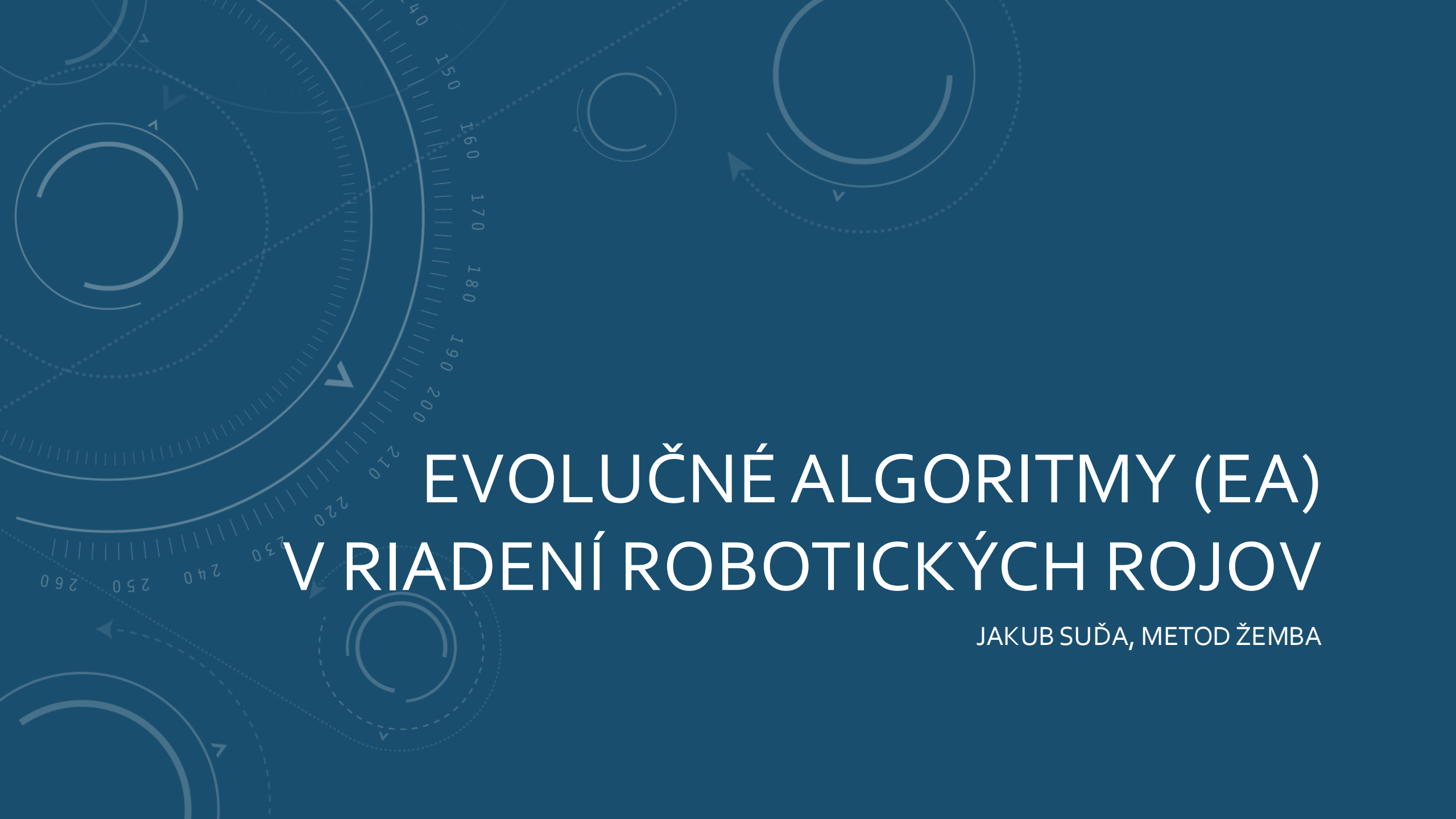




EVOLUČNÉ ALGORITMY (EA) V RIADENÍ ROBOTICKÝCH ROJOV

JAKUB SUĎA, METOD ŽEMBA

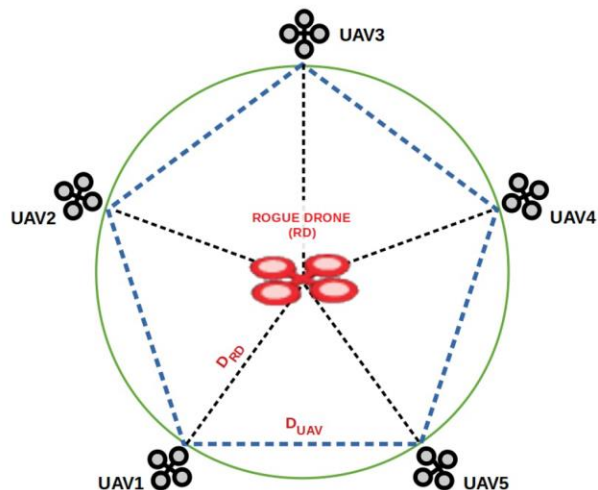
ÚVOD

- An Evolutionary Algorithm to Optimise a Distributed UAV Swarm Formation System (Daniel H. Stolfi Grégoire Danoy, 2022)
- Link - <https://www.mdpi.com/2076-3417/12/20/10218>
- Optimalizácia formácie UAV (dronov)
- Využitie na letiskách

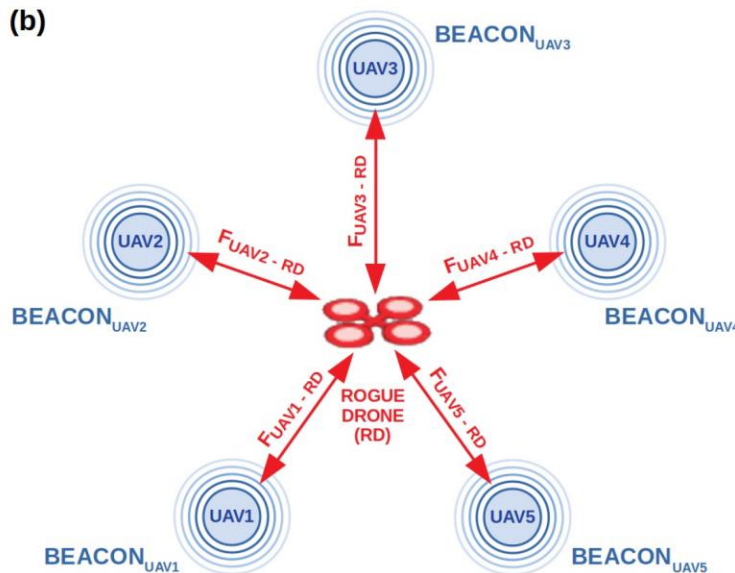
DEFINÍCIA PROBLÉMU

- Cieľ: drony sa majú zoskupiť do sférickej formácie okolo "nepriateľského" drona
- Výzvy: žiaden externý lokalizačný systém (GPS), sledovanie dronov pomocou emitovaných signálov
- Riešenie: každému dronu nastaviť správne parametre

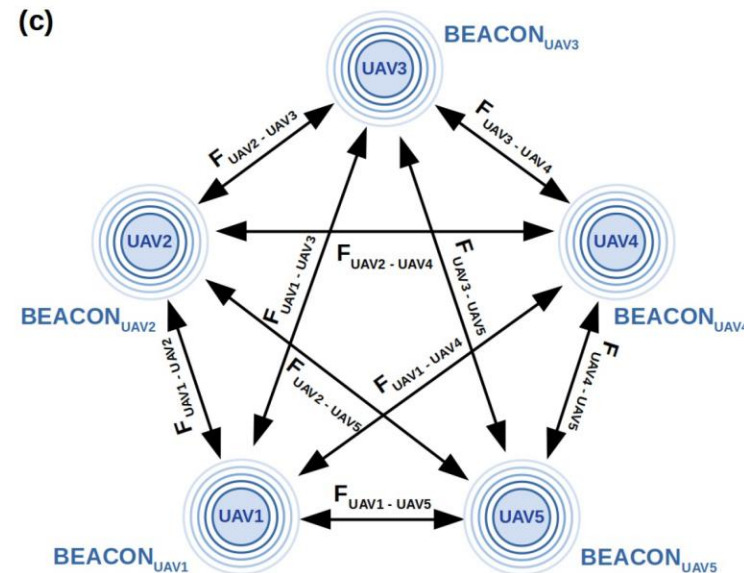
(a)

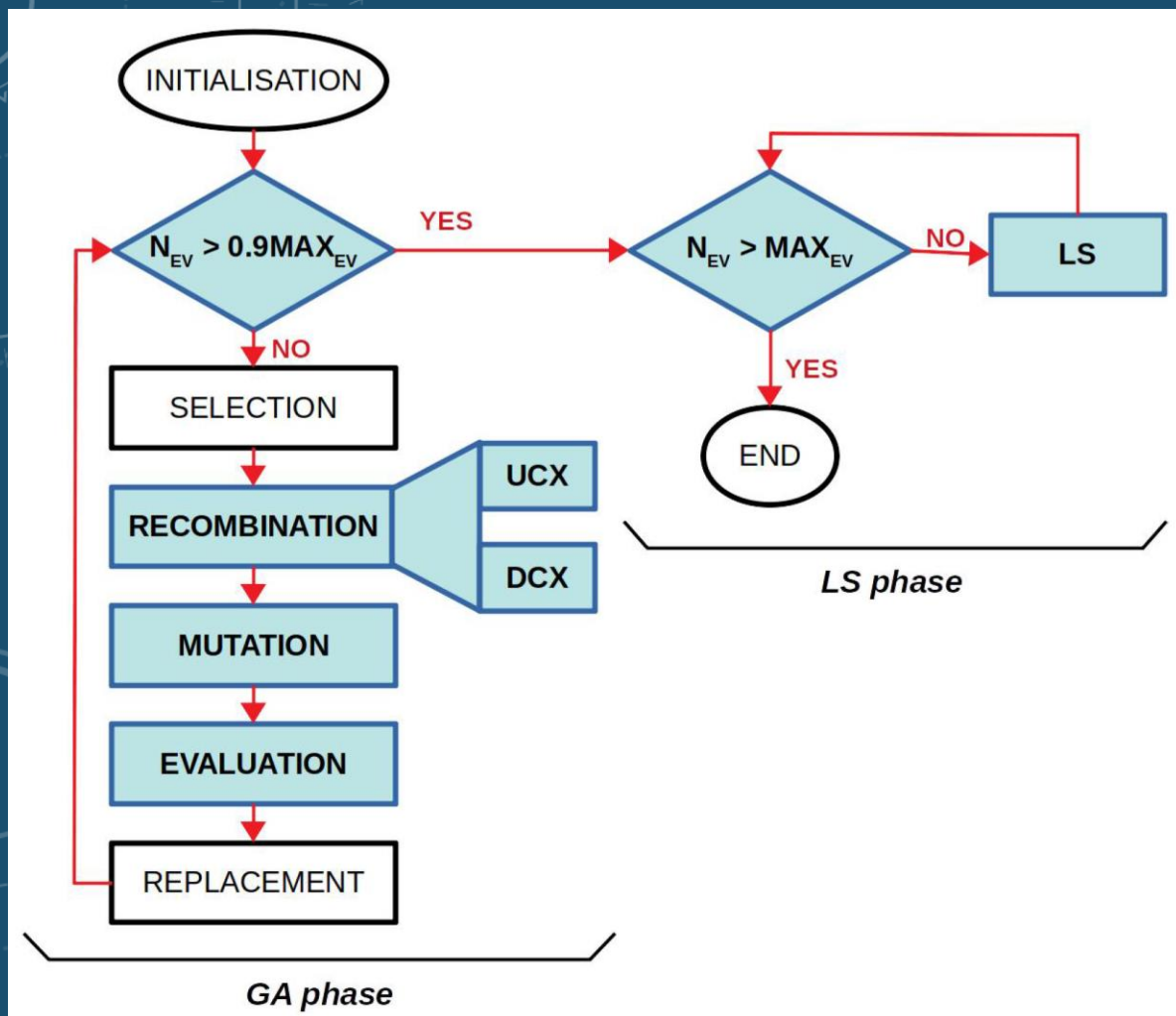


(b)



(c)





RIEŠENIE PROBLÉMU

- Genetický algoritmus (GA): výber, kríženie, mutácia
- Lokálne vyhľadávanie (Hill Climbing) na doladenie najlepšieho riešenia

Odôvodnenia tohto prístupu:

- Vhodný pre problémy s veľkým vyhľadávacím priestorom
- Schopný optimalizovať viac parametrov naraz
- Dobrý kompromis medzi prieskumom (exploration) a využitím (exploitation) riešení

REPREZENTÁCIA RIEŠENIA

- Každý dron má 4 parametre (D_{th} D_{min} F_{RD} Spd)
- Jednotlivé parametre majú ohraničené hodnoty (D_{RD} - požadovaná vzdialenosť od „nepriateľského“ drona)
- Jedno riešenie predstavuje konfiguráciu týchto parametrov pre každý dron v roji.
- Riešenie je reprezentované ako vektor o veľkosti $4 \cdot N$ (N = počet dronov)

Parameter	Name	Value Range
Distance threshold	D_{th}	$\left[\frac{1}{3}D_{RD} - 3D_{RD}\right]$
Minimum distance	D_{min}	$\left[\frac{1}{3}D_{RD} - 3D_{RD}\right]$
Attracting/Repelling force	F_{RD}	$\left[\frac{1}{3}D_{RD} - 3D_{RD}\right]$
Speed	Spd	$[1 - 200]$

FITNESS FUNKCIA

$$F(\vec{x}) = \frac{1}{M} \sum_j^M [Em_j(\vec{x}) + EM_j(\vec{x}) + D_j(\vec{x})]$$

- Cieľom je minimalizovať túto hodnotu
- M – počet hodnotených scenárov (rôzne počiatočné podmienky)
- Em – minimálna chyba dronu v roji vzhľadom k požadovanej vzdialenosti
- EM – maximálna chyba dronu v roji vzhľadom k požadovanej vzdialenosti
- D – rozstup dronov v priestore

SELEKCIA – BINÁRNY TURNAJ

- Z populácie sa náhodne vyberú dve riešenia
- Riešenie s nižšou chybou (hodnotenie ako dobre sa roj dronov usporiadal okolo cieľového objektu) vyhráva
- Víťaz sa stáva rodičom
- Opakuje sa, kým sa nezíska potrebný počet rodičov

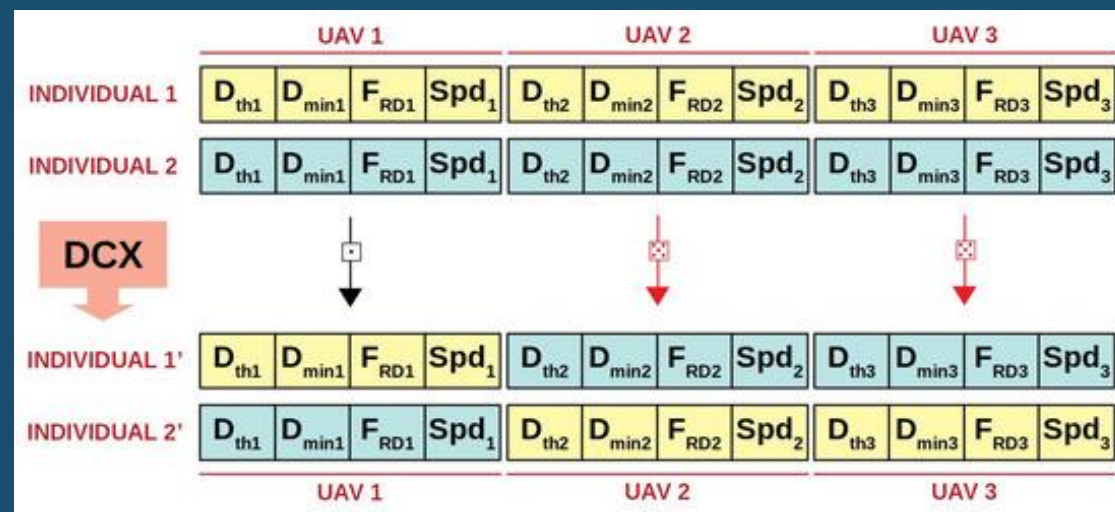
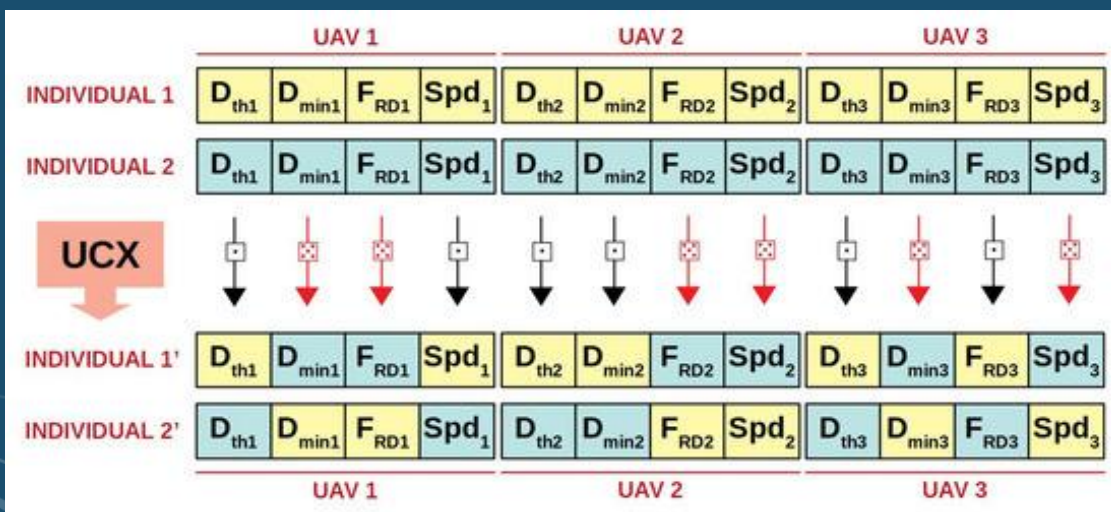
KRÍŽENIE (CROSSOVER)

Uniform Crossover (UCX):

- miešanie jednotlivých parametrov medzi rodičmi

Drone Crossover (DCX):

- miešanie celých blokov parametrov (dron ako celok)



MUTÁCIA A NAHRADENIE

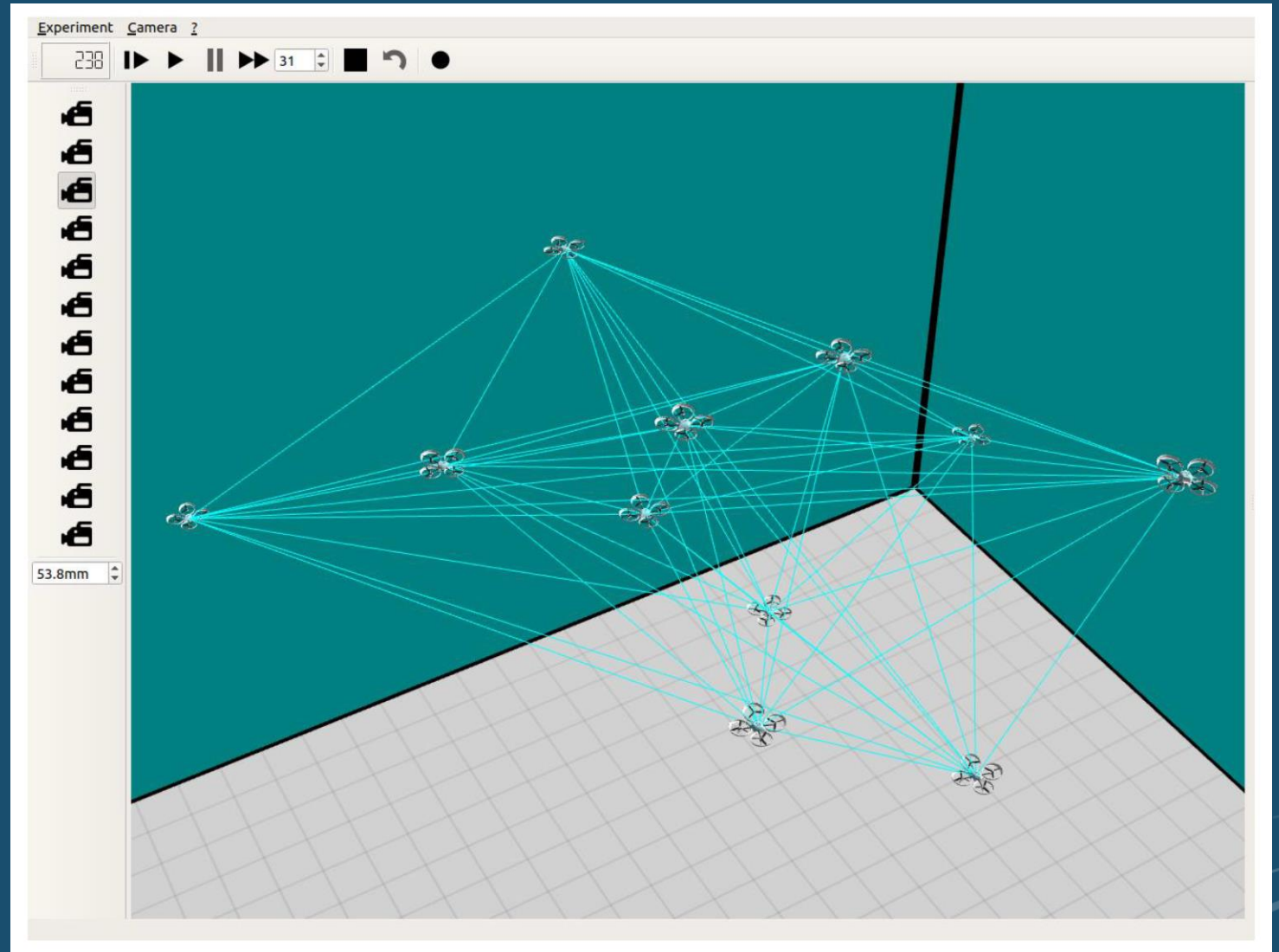
- Použitá bola polynomiálna mutácia
- Pravdepodobnosť mutácie p_m sa prispôbovala počtu dronov -> viac dronov = menšia pravdepodobnosť
- Elitizmus: najlepšie riešenia sa automaticky prenášali do ďalšej generácie

LOKÁLNE VYHĽADÁVANIE (HILL CLIMBING)

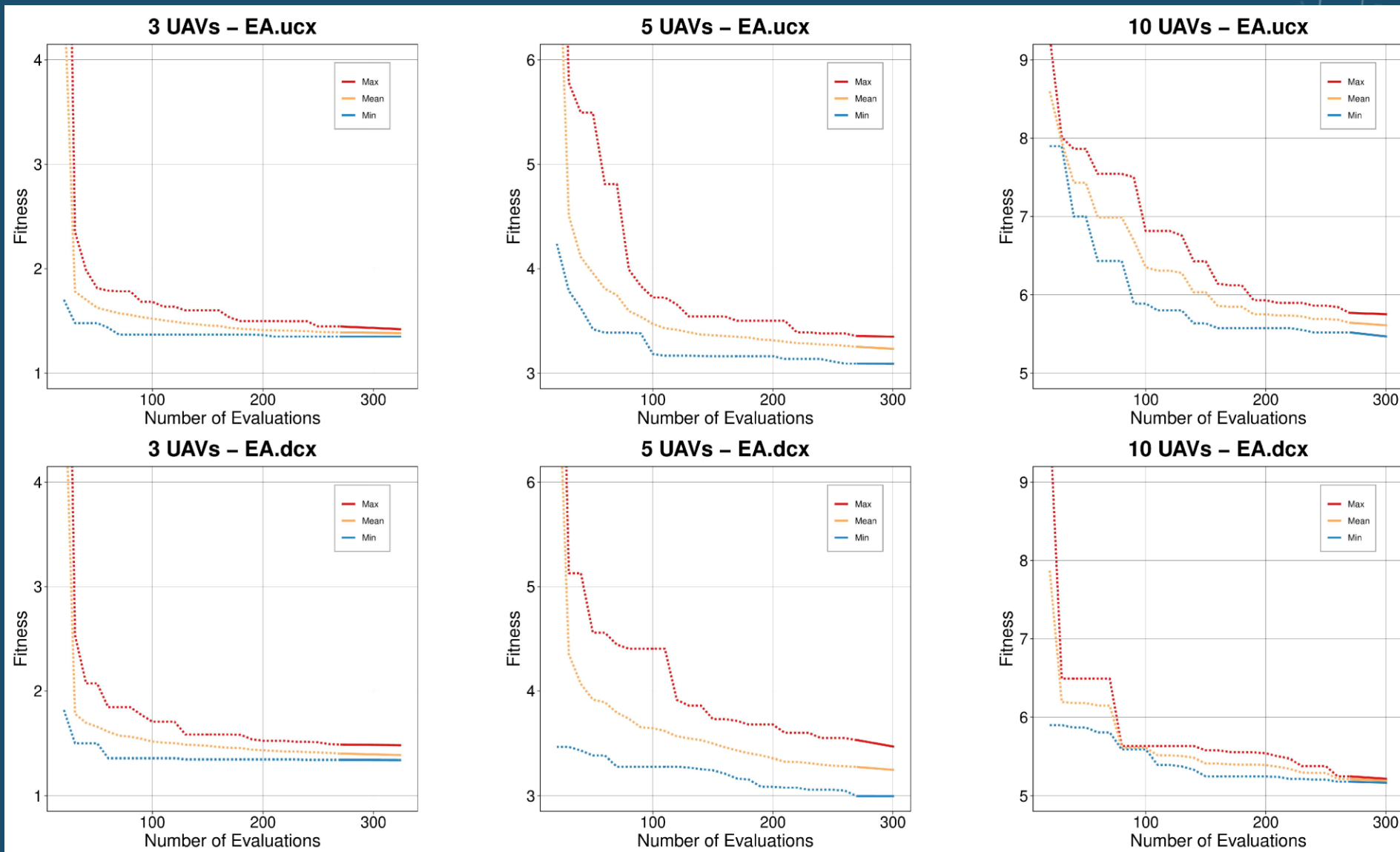
- Po skončení genetického algoritmu sa vezme najlepšie nájdené riešenie a vloží sa do algoritmu
- Prehľadávanie „susedov“ najlepšieho riešenia
- Proces sa opakuje, kým sa nevyčerpajú hodnotenia (30)
- Výsledkom to je vylepšené riešenie, ktoré nahradzuje pôvodné

EXPERIMENTY

- Simulačné prostredie ARGoS
- Testovanie pri 3, 5 a 10 dronoch
- Počet generácii = 300
- Populácia = 20
- Počet potomkov = 10
- P_c = závislá od počtu dronov
- (0.51, 0.19, 0.55)
- P_m = závislá od počtu dronov
- (0.44, 0.15, 0.06)



VYHODNOTENIE



VYHODNOTENIE ($D_{RD} = 5M$, 90 SCENÁROV)

Počet dronov	Algoritmus	Minimum	Priemer	Maximum	Podiel scenárov ($\pm 5\%$)	Podiel scenárov ($\pm 10\%$)
3	RS	5.052	5.063	5.080	100.0 %	100.0 %
	EA.ucx	5.031	5.039	5.045	100.0 %	100.0 %
	EA.dcx	5.005	5.067	5.099	100.0 %	100.0 %
5	RS	4.887	5.018	5.286	56.7 %	100.0 %
	EA.ucx	4.986	5.097	5.286	47.8 %	100.0 %
	EA.dcx	5.001	5.059	5.118	100.0 %	100.0 %
10	RS	4.186	5.053	5.617	0.0 %	0.0 %
	EA.ucx	4.709	5.109	5.683	0.0 %	93.3 %
	EA.dcx	4.768	5.254	5.598	0.0 %	51.1 %