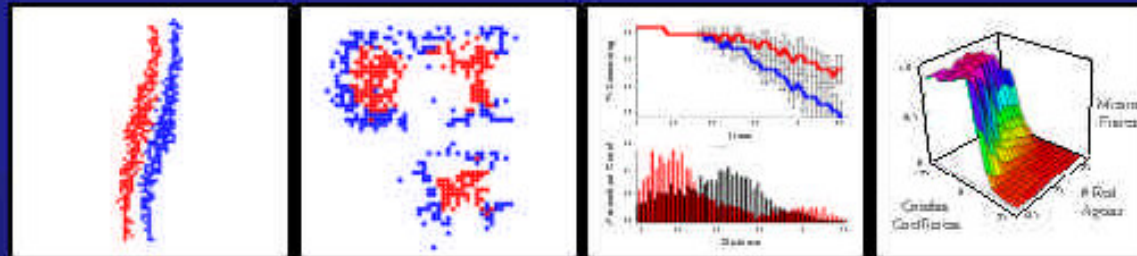


EINSTEIN

Enhanced ISAAC Neural Simulation Toolkit

(ISAAC = Irreducible Semi-Autonomous Adaptive Combat)



An Artificial-Life "Laboratory" for Exploring Self-Organized Emergent Behavior in Land Combat

Peter Kasan, Peter Bartalos

Čo je to EINSTein

- Adaptívny ABM nástroj pozemného boja modelujúci jeho správanie ako komplexného adaptívneho systému
- ABM(Agent–Based Model): model skladajúci sa z diskkrétnej rôznorodej množiny priestorovo distribuovaných individuálnych agentov, pričom každý z nich má charakteristické vlastnosti a pravidlá správania sa

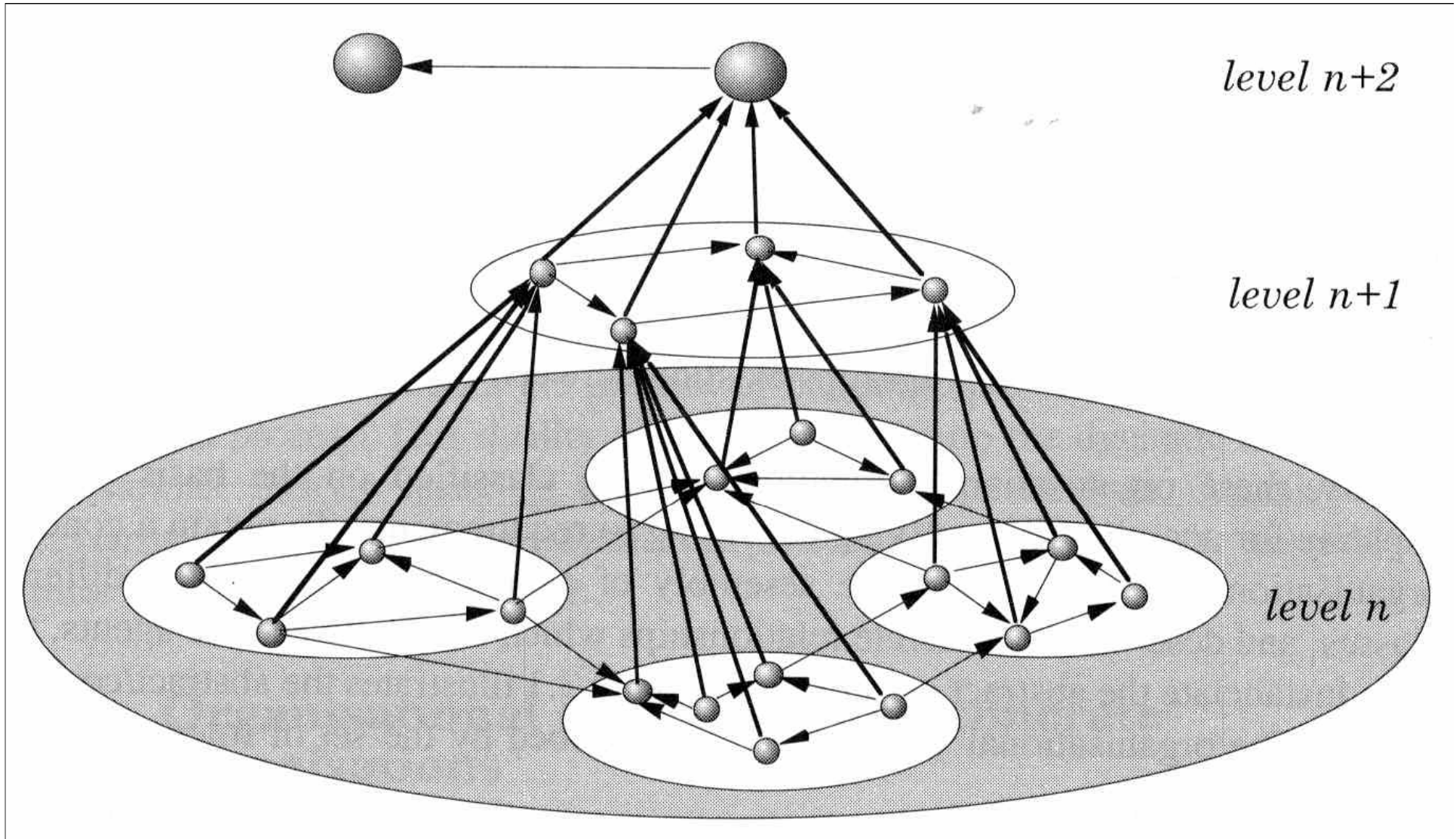
Čo je to EINSTein

- Je prvým systematickým pokusom simulovať pozemný súboj v malej a strednej mierke
- Nástroj na skúmanie vynárajúceho sa (emergent) globálneho správania na základe nízko-úrovňových elementárnych akcií agenta, realizovanými na základe jeho aktuálnych potrieb a cieľov

Pozemný súboj ako komplexný adaptívny systém

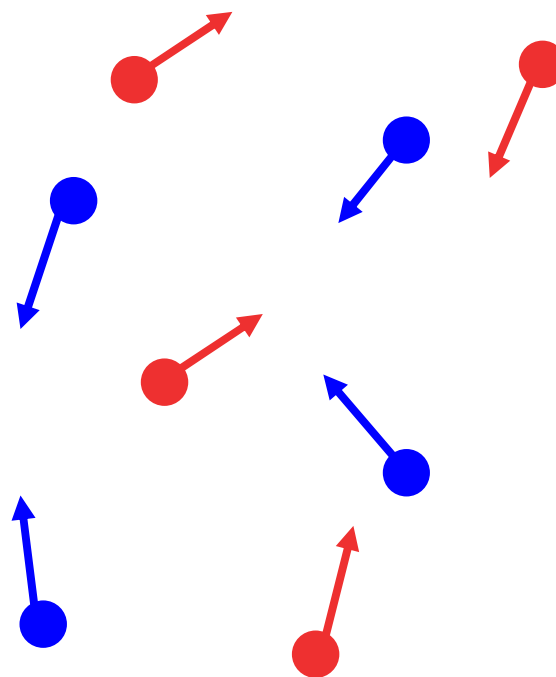
| Všeobecné vlastnosti komplexných systémov | Popis vzťahu k pozemnému súboju |
|---|--|
| Nonlinear Interaction | Bojové skupiny sa skladajú z veľkého počtu nelineárne interagujúcich častí |
| Non-Reductionist | Celkové schopnosti bojovej skupiny niesú jednoduchou agregáciou vlastností jednotlivých individualít |
| Emergence | Globálne vzory správania sa vynárajú na základe sekvencie vnorených taktík a doktríny |
| Hierarchical Structure | Bojové jednotky sú organizované v riadiacej a kontrolnej hierarchii |
| Self-Organization | Lokálne akcie, ktoré sa zdajú chaotické častou spôsobujú správanie v budúcnosti |
| Nonequilibrium Order | Vojenské konflikty sú svojou podstatou často vzdialené od rovnovážneho správania |
| Adaptation | S cieľom prežitia sa musia bojové jednotky prispôbovať meniacemu sa prostrediu |
| Micro:Macro FeedBack | Je tu stála spätná väzba medzi správaním jednotlivca a skupiny |

Emergent Behavior

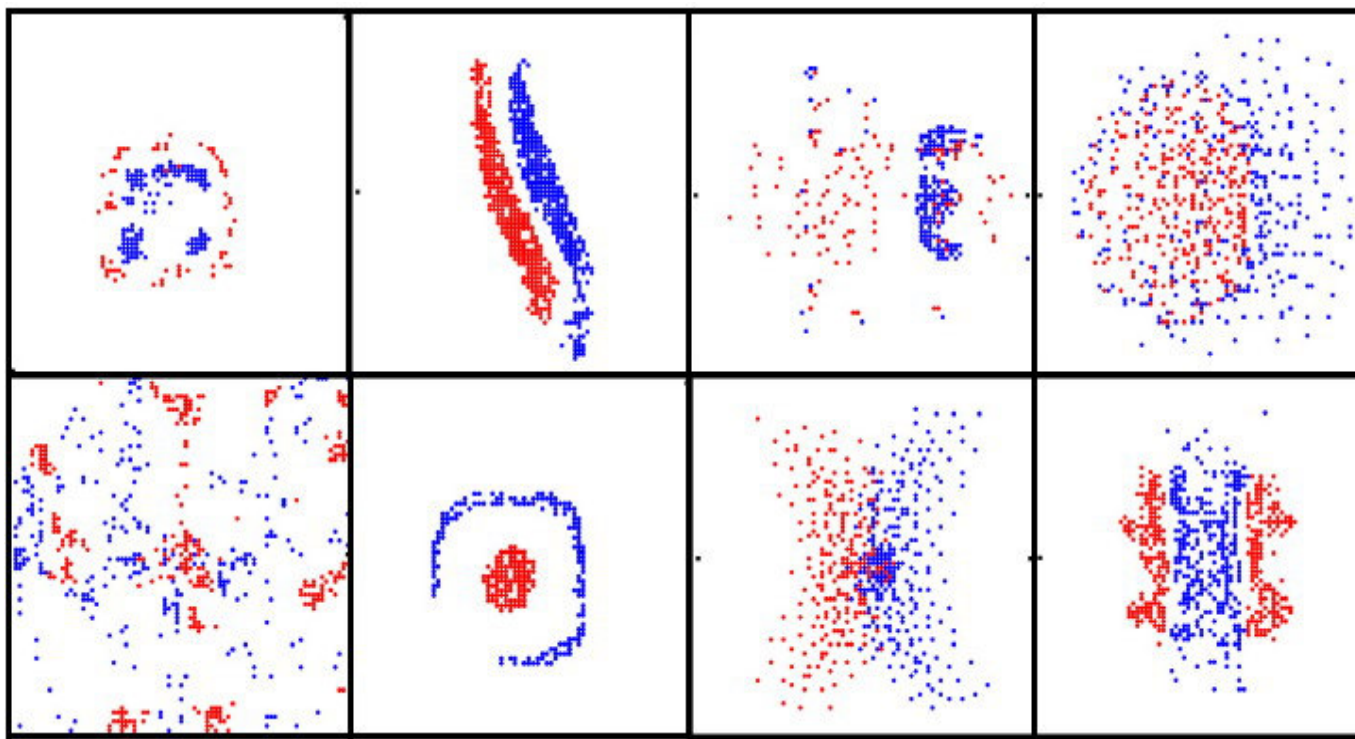


Emergent Behavior (jednotlivci - akcie)

- Pohyb dopredu
- Pohyb dozadu
- Držanie pozície
- Udržiavanie vzdialenosti
- Zdieľanie informácií
- Strieľanie po nepriateľovi
- Držanie sa blízko veliteľa
- Podpora zranených
- ...



Emergent Behavior (global)

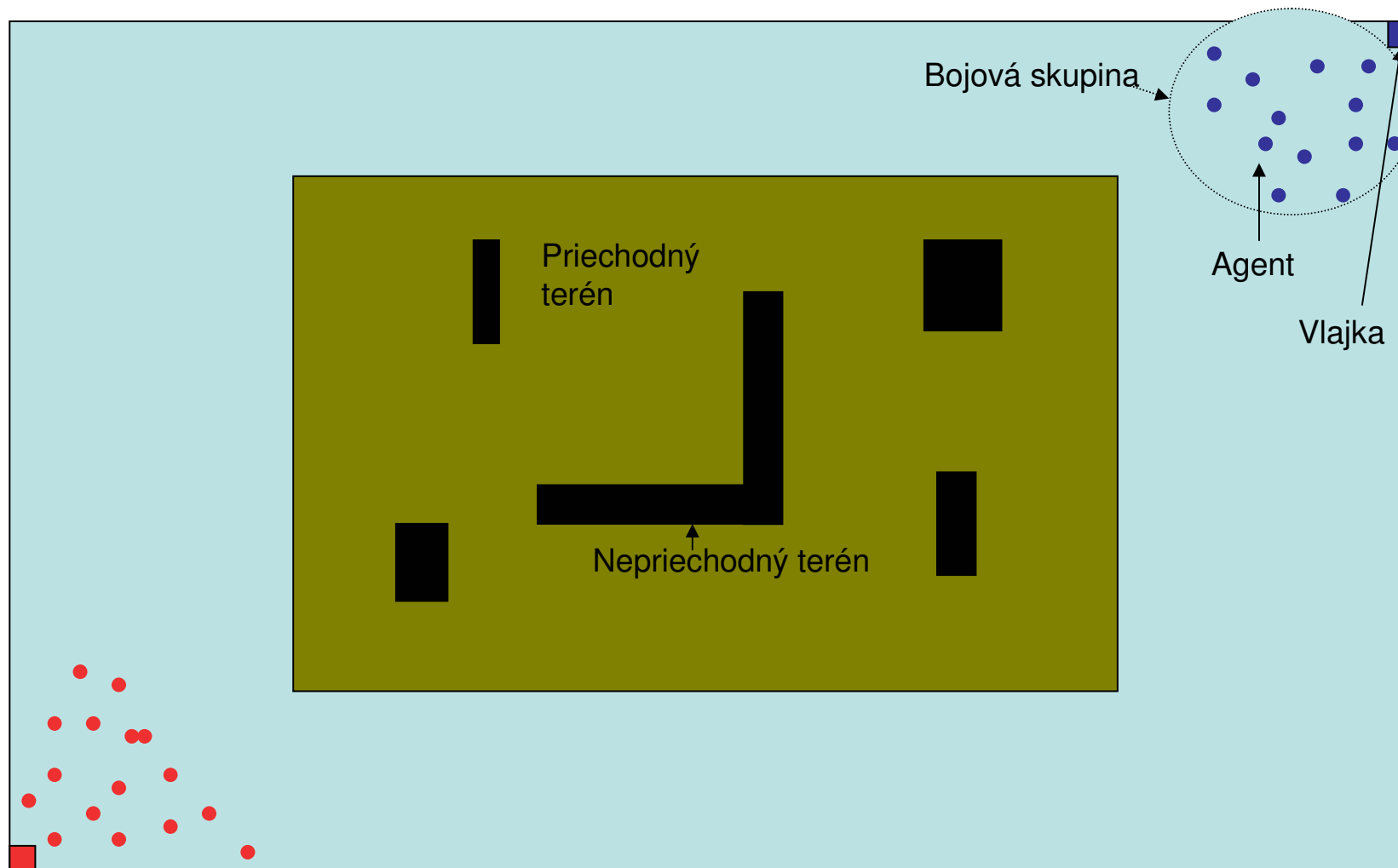


- příklady správaní jednotiek ako celku (frontal attack, local clustering, penetration, ...)

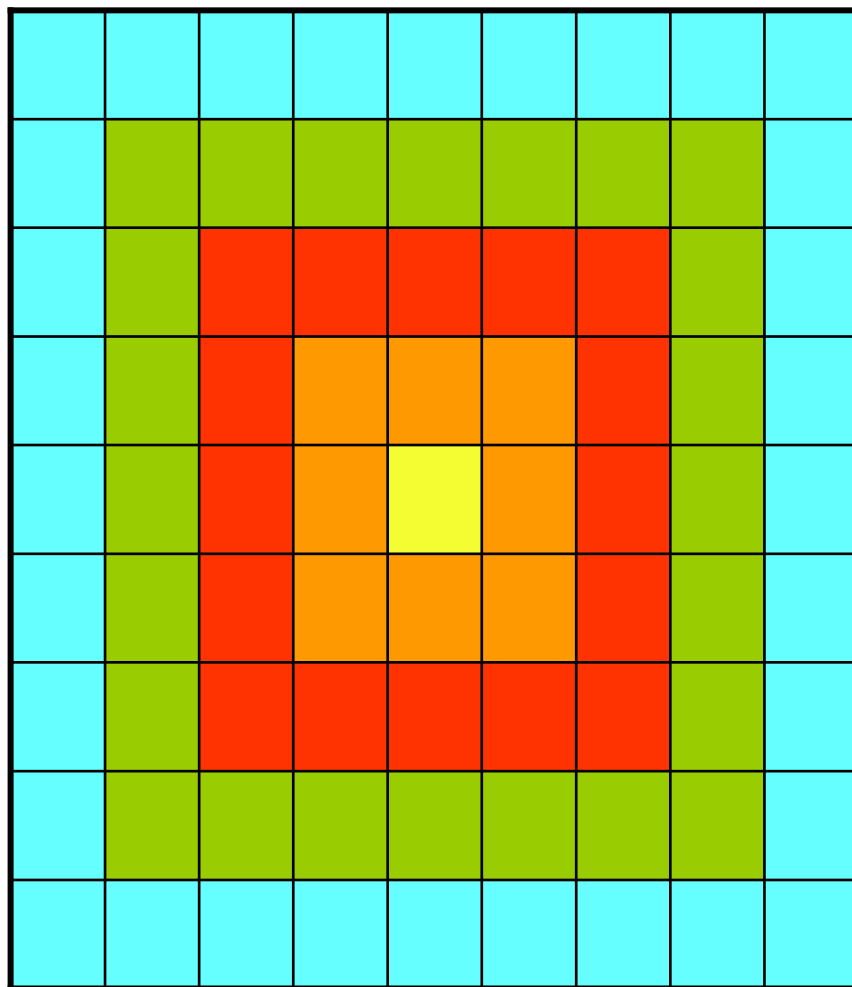
Agent






- základný element – predstavuje elementárnu bojovú jednotku (pešiaka, tank, atď.)
- každý agent má pridelené nasledujúce:
 - *Doktrina* – vnútorná množina pravidiel špecifikujúca ako koná v danom prostredí
 - *Misia* – cieľ riadiaci správanie agenta
 - *Prehľad situácie* – prijímanie podnetov o stave okolitého prostredia
 - *Adaptabilita* – mechanizmus pre zmenu správania a vnútorných pravidiel
- každý agent môže byť v troch stavoch: živý, zranený, vyradený

Dvojdimenzionálne prostredie „Bojisko“



Dosah agenta (informačný, interakčný)



- agent 
- možný pohyb agenta 
- bojový dosah 
- dosah streľby 
- dosah senzorov 

- všetky tieto parametre rozširujú vektor agenta

Vnútorňý stav agenta (personalita)

- personalita – množina vnútorňých parametrov určujúcich ako bude agent reagovať na podnety z okolia
- tieto parametre tvoria základnú časť vektora agenta:

$$\omega = (\omega_{AF}, \omega_{AE}, \omega_{IF}, \dots, \omega_k), -1 \leq \omega_i \leq 1, \sum_i |\omega_i| = 1$$

- medzi základné parametre patria: ω_{AF} , ω_{AE} , ω_{IF} , ω_{IE} , ω_{FF} , ω_{EF}
- ω_{AF} – váha pohybu k/od priateľských agentov
- ω_{AE} – váha pohybu k/od nepriateľských agentov
- ω_{IF} – váha pohybu k/od priateľských agentov
- ω_{IE} – váha pohybu k/od nepriateľských agentov
- ω_{FF} – váha pohybu k/od vlastnej vlajky
- ω_{EF} – váha pohybu k/od nepriateľskej vlajky

Vnútroňný stav agenta (personalita)

- medzi rozširujúce parametre patria: $\omega_7, \omega_8, \omega_9, \dots$
- ω_{HP} – váha pre držanie pozície
- ω_{HF} – váha pre udržiavanie formácie s priateľskými agentami
- ω_{HFO} – váha pre udržiavanie odstupu od prekážok
- ...
- na základe týchto váh sa vypočíta pozícia, na ktorú sa agent presunie a to na základe takejto *penalty funkcie*:

$$Z(B_{xy}) = \frac{1}{\sqrt{2}r_s} \left[\frac{\omega_{AF}}{N_{AF}} \sum_{i \in AF} D_{i, B_{xy}} + \frac{\omega_{AE}}{N_{AE}} \sum_{j \in AE} D_{j, B_{xy}} + \frac{\omega_{IF}}{N_{IF}} \sum_{i \in IF} D_{i, B_{xy}} + \frac{\omega_{IE}}{N_{IE}} \sum_{j \in IE} D_{j, B_{xy}} \right] + \omega_{FF} \frac{D_{FF, B_{xy}}^{new}}{D_{FF, B_{xy}}^{old}} + \omega_{EF} \frac{D_{EF, B_{xy}}^{new}}{D_{EF, B_{xy}}^{old}},$$

- kde r_s je dosah senzorov, $D_{i,j}$ je vzdialenosť medzi elementom i a j , $B_{x,y}$ je (x,y) tá pozícia bojiska, N_x počet elementov typu X .

Vnútroňný stav agenta (personalita)

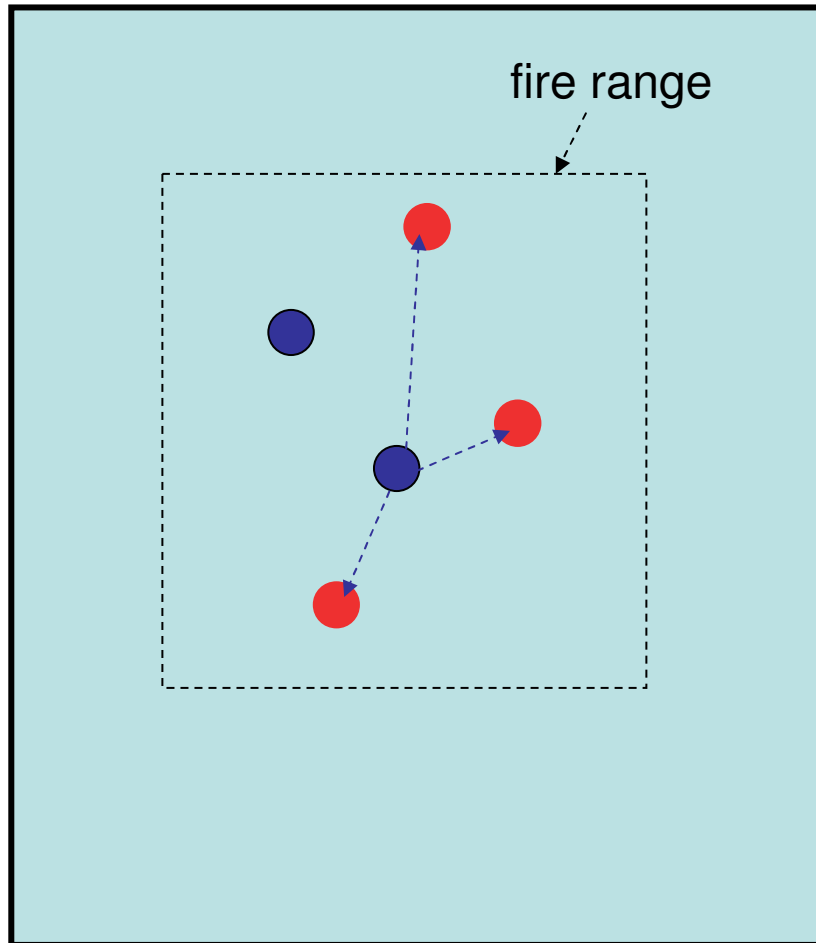
| | | | | |
|--------------|--------------|----------------------------|--------------|--------------|
| $(x-2, y+2)$ | $(x-1, y+2)$ | $(x, y+2)$ | $(x+1, y+2)$ | $(x+2, y+2)$ |
| $(x-2, y+1)$ | $(x-1, y+1)$ | $(x, y+1)$ | $(x+1, y+1)$ | $(x+2, y+1)$ |
| $(x-2, y)$ | $(x-1, y)$ | (x, y) | $(x+1, y)$ | $(x+2, y)$ |
| $(x-2, y-1)$ | $(x-1, y-1)$ | $(x, y-1)$ | $(x+1, y-1)$ | $(x+2, y-1)$ |
| $(x-2, y-2)$ | $(x-1, y-2)$ | $(x, y-2)$ | $(x+1, y-2)$ | $(x+2, y-2)$ |

- bojiško je rozdelené na mriežku t.z. diskkrétne pozície
- obrázok znázorňuje okolie agenta, v ktorom sa počíta penulty funkcia
- počíta sa $Z(B_{x-1,y})$, $Z(B_{x+1,y}), \dots$
- pozícia s najmenšou penulty funkciou bude vybraná ako pozícia v nasledujúcom časovom okamihu

Vnútorňý stav agenta (meta-rules)

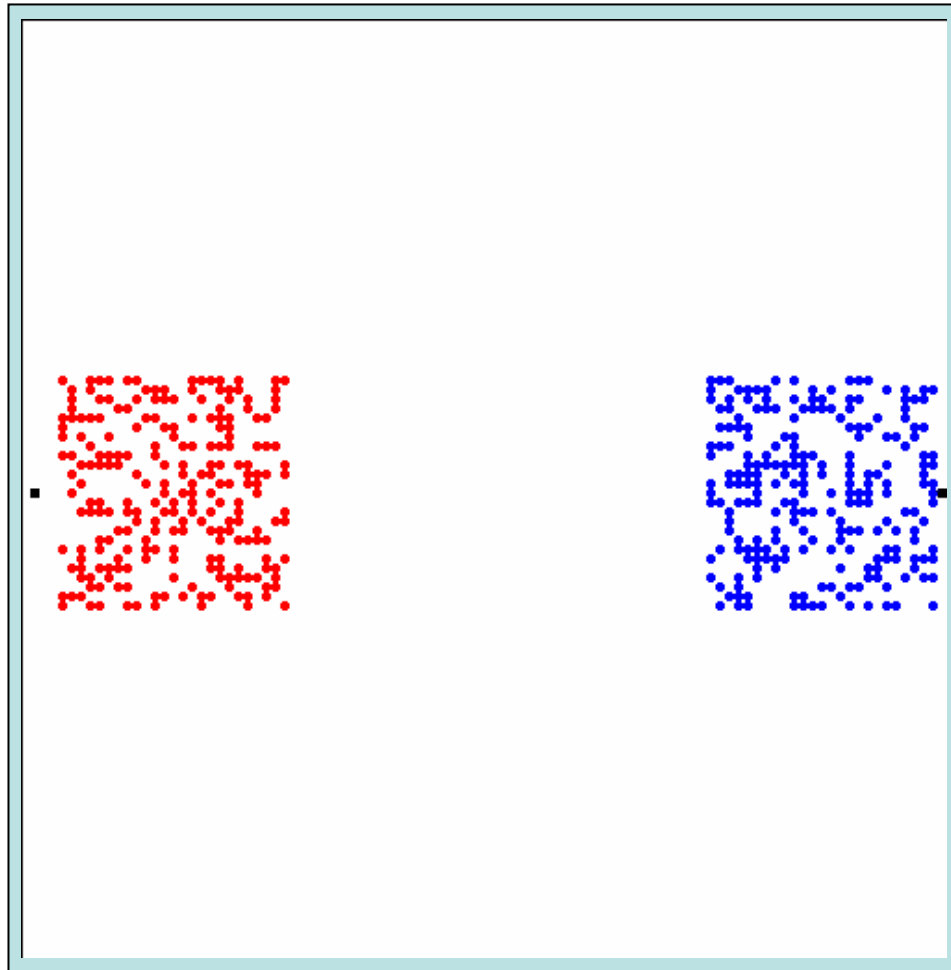
- Vnútorňý stav agenta môže byť rozšírený množinou meta pravidiel, ktoré hovoria ako sa tento stav mení s ohľadom na dynamický kontext prostredia
- Tieto meta pravidlá rozširujú vektor agenta pričom sú definované ako určitý práh či už horný alebo spodný
- Existujú tri základné meta pravidlá a ďalšie rozširujúce. Základné sú:
 - **Advance** – snaha priblížiť sa k nepriateľskej vlajke ak počet priateľských agentov v okolí $\geq \lambda_{\text{Advance}}$
 - **Cluster** – zastavenie snahy priblížiť sa k priateľským agentom ak ich počet $\geq \lambda_{\text{Cluster}}$
 - **Combat** – napadnúť nepriateľského agenta ak počet priateľských agentov – počet nepriateľských agentov $\geq \delta_{\text{Combat}}$
- Napríklad 1 meta pravidlo zabraňuje priateľskému agentovi približovať sa k nepriateľskej vlajke pokiaľ sa nenachádza v jeho dosahu dostatočný počet priateľských agentov
- Ďalšie meta pravidlá sú napríklad: *retreat, pursuit, support, ...*

Útok agenta



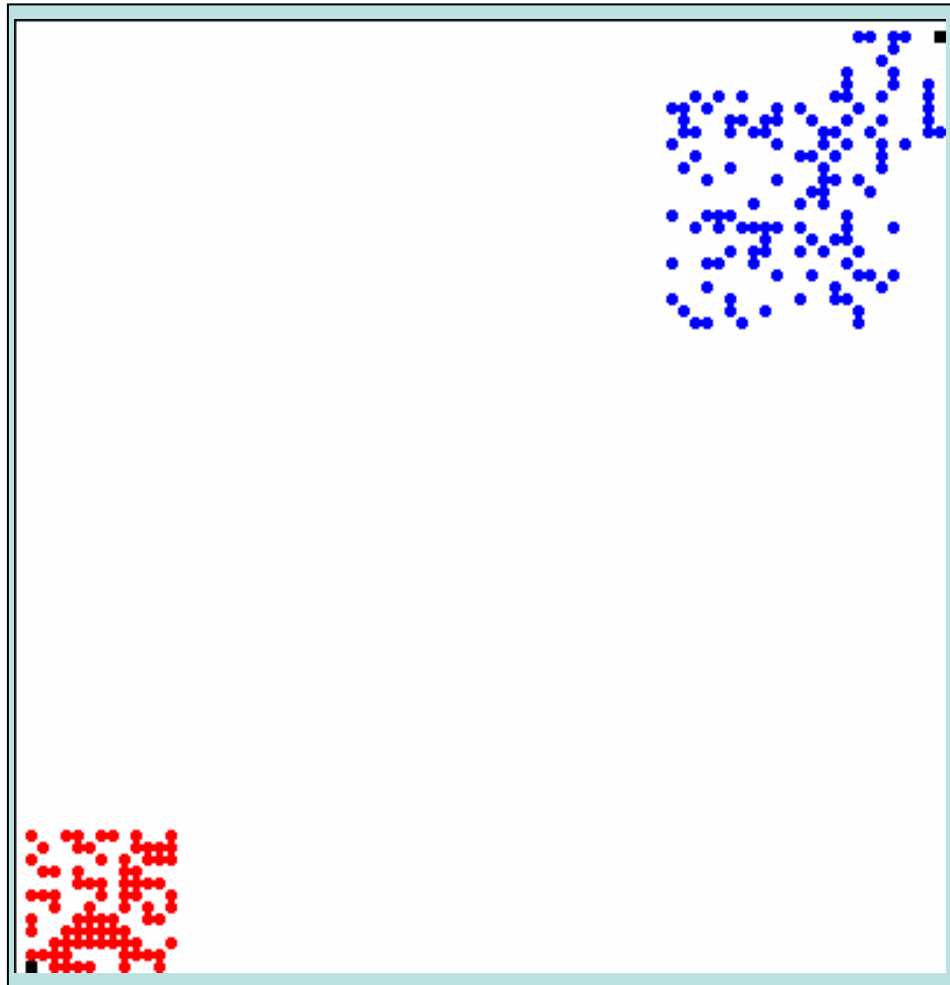
- každý ťah jednotky môže v útočnej fázy vystreliť každý agent v jednotke na niektorého nepriateľského agenta v dosahu
- Ak sa v dosahu nachádza viac nepriateľských agentov vyberá sa náhodne
- Ak je agent trafený nepriateľským nepriateľským agentom je jeho stav degradovaný na zranený alebo vyradený
- pravdepodobnosť zásahu sa nastavuje užívateľom systému

Príklady globálneho správania



- Red \approx Blue
- sensor-range = 5
- fire-range = 3
- movement-range = 1
- $\lambda_{\text{Cluster}} = 4$
- $\delta_{\text{Combat}} = 3$

Príklady globálneho správania

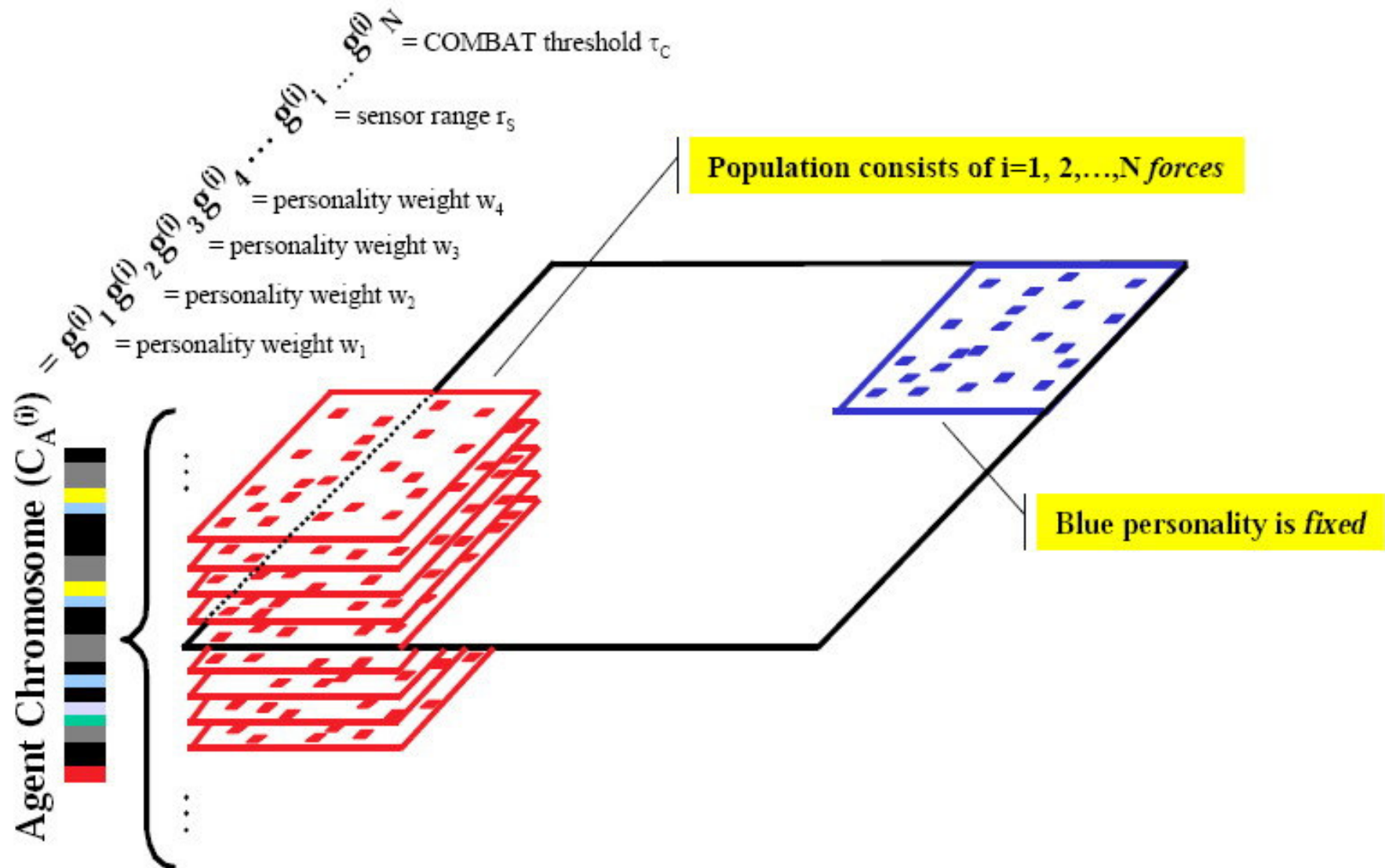


| vlastnosti | red | blue |
|---------------------|-----|------|
| počet | 90 | 125 |
| senzor-r | 5 | 10 |
| fire-r | 3 | 7 |
| move-r | 1 | 2 |
| ω_{AF} | 10 | 0 |
| ω_{AE} | 40 | 99 |
| ω_{IF} | 10 | 0 |
| ω_{IF} | 40 | 99 |
| ω_{FF} | 0 | 0 |
| ω_{EF} | 50 | 0 |
| $\lambda_{Advance}$ | 3 | NA |
| $\lambda_{Cluster}$ | 3 | 12 |
| δ_{Combat} | 0 | -15 |

Run Modes

- *Interactive Mode*
 - bojová simulácia je spúšťaná interaktívne s pevne nastavenou množinou pravidiel
 - vhodné pre skúmanie vynárania globálneho správania („What if“ scenáre)
- *Data Collection Mode*
 - umožňuje viacnásobné spúšťanie tých istých bojových scenárov a výhodnotenie ich výsledku ako celku (priemerovanie rôznych zaujímavých parametrov)
 - každé ďalšie spustenie scenáru má čiastočne odlišný počiatkový stav
- *Genetic Algorithm Mode* ← !!!
 - genetické algoritmy sú používané na tréningovanie (hľadanie) bojovej jednotky, ktorá by čo najlepšie spĺňala ciele (stanovené podmienky misie)
 - v tomto móde sa vyvíja len jedna bojová jednotka pričom druhá ostáva stabilná

Genetic Algorithm Mode



Genetic Algorithm Mode

