

Konkurenčné správanie multi-agentového systému

RNDr. Janka Kočišová

Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach

22. novembra 2010

Motivácia a ciele

Agentový prekryvový model

Výsledky

Záver: prekryvový model

Motivácia

- ▶ rastové procesy a ich matematické modely vykazujú isté podobnosti v rôznych oblastiach
- ▶ pomerne široká aplikovateľnosť navrhovaného rastového modelu
- ▶ optimalizácia je prirodzeným nástrojom evolúcie, a teda bežne pozorovaná – taxia u buniek, či prieskum trhu pre obchodníka

Ciele

- ▶ navrhnúť rastový model na agentovej paradigme
- ▶ objasniť štatistické vlastnosti navrhovaného rastového modelu
 - ▶ identifikácia vzájomného správania sa – korelácie agentov pre rôzne hodnoty parametra spätnej väzby
 - ▶ vplyv použitej individuálnej optimalizácie pre rôzne podmienky daného prostredia, v ktorom agenti „žijú“

Motivácia

- ▶ rastové procesy a ich matematické modely vykazujú isté podobnosti v rôznych oblastiach
- ▶ pomerne široká aplikovateľnosť navrhovaného rastového modelu
- ▶ optimalizácia je prirodzeným nástrojom evolúcie, a teda bežne pozorovaná – taxia u buniek, či prieskum trhu pre obchodníka

Ciele

- ▶ navrhnúť rastový model na agentovej paradigme
- ▶ objasniť štatistické vlastnosti navrhovaného rastového modelu
 - ▶ identifikácia vzájomného správania sa – korelácie agentov pre rôzne hodnoty parametra spätnej väzby
 - ▶ vplyv použitej individuálnej optimalizácie pre rôzne podmienky daného prostredia, v ktorom agenti „žijú“

Motivácia

- ▶ rastové procesy a ich matematické modely vykazujú isté podobnosti v rôznych oblastiach
- ▶ pomerne široká aplikovateľnosť navrhovaného rastového modelu
- ▶ optimalizácia je prirodzeným nástrojom evolúcie, a teda bežne pozorovaná – taxia u buniek, či prieskum trhu pre obchodníka

Ciele

- ▶ navrhnuť rastový model na agentovej paradigme
- ▶ objasniť štatistické vlastnosti navrhovaného rastového modelu
 - ▶ identifikácia vzájomného správania sa – korelácie agentov pre rôzne hodnoty parametra spätnej väzby
 - ▶ vplyv použitej individuálnej optimalizácie pre rôzne podmienky daného prostredia, v ktorom agenti „žijú“

Motivácia

- ▶ rastové procesy a ich matematické modely vykazujú isté podobnosti v rôznych oblastiach
- ▶ pomerne široká aplikovateľnosť navrhovaného rastového modelu
- ▶ optimalizácia je prirodzeným nástrojom evolúcie, a teda bežne pozorovaná – taxia u buniek, či prieskum trhu pre obchodníka

Ciele

- ▶ navrhnuť rastový model na agentovej paradigme
- ▶ objasniť štatistické vlastnosti navrhovaného rastového modelu
 - ▶ identifikácia vzájomného správania sa – korelácie agentov pre rôzne hodnoty parametra spätnej väzby
 - ▶ vplyv použitej individuálnej optimalizácie pre rôzne podmienky daného prostredia, v ktorom agenti „žijú“

Motivácia

- ▶ rastové procesy a ich matematické modely vykazujú isté podobnosti v rôznych oblastiach
- ▶ pomerne široká aplikovateľnosť navrhovaného rastového modelu
- ▶ optimalizácia je prirodzeným nástrojom evolúcie, a teda bežne pozorovaná – taxia u buniek, či prieskum trhu pre obchodníka

Ciele

- ▶ navrhnuť rastový model na agentovej paradigme
- ▶ objasniť štatistické vlastnosti navrhovaného rastového modelu
 - ▶ identifikácia vzájomného správania sa – korelácie agentov pre rôzne hodnoty parametra spätnej väzby
 - ▶ vplyv použitej individuálnej optimalizácie pre rôzne podmienky daného prostredia, v ktorom agenti „žijú“

Motivácia

- ▶ rastové procesy a ich matematické modely vykazujú isté podobnosti v rôznych oblastiach
- ▶ pomerne široká aplikovateľnosť navrhovaného rastového modelu
- ▶ optimalizácia je prirodzeným nástrojom evolúcie, a teda bežne pozorovaná – taxia u buniek, či prieskum trhu pre obchodníka

Ciele

- ▶ navrhnuť rastový model na agentovej paradigme
- ▶ objasniť štatistické vlastnosti navrhovaného rastového modelu
 - ▶ identifikácia vzájomného správania sa – korelácie agentov pre rôzne hodnoty parametra spätnej väzby
 - ▶ vplyv použitej individuálnej optimalizácie pre rôzne podmienky daného prostredia, v ktorom agenti „žijú“

Motivácia

- ▶ rastové procesy a ich matematické modely vykazujú isté podobnosti v rôznych oblastiach
- ▶ pomerne široká aplikovateľnosť navrhovaného rastového modelu
- ▶ optimalizácia je prirodzeným nástrojom evolúcie, a teda bežne pozorovaná – taxia u buniek, či prieskum trhu pre obchodníka

Ciele

- ▶ navrhnuť rastový model na agentovej paradigme
- ▶ objasniť štatistické vlastnosti navrhovaného rastového modelu
 - ▶ identifikácia vzájomného správania sa – korelácie agentov pre rôzne hodnoty parametra spätnej väzby
 - ▶ vplyv použitej individuálnej optimalizácie pre rôzne podmienky daného prostredia, v ktorom agenti „žijú“

Stav agenta

Agent — zovšeobecnený pojem pre interagujúcu entitu — kolónia buniek, tumor, obchodník na trhu, ktorá sa správa podľa vopred definovaných pravidiel. Popísaný je:

- ▶ strategickým vektorom \mathbf{S}_i (stratégia – sortiment obchodníka, schopnosť tumoru využiť zdroje):

$$\mathbf{S}_i^{(t)} = \left[S_{i,1}^{(t)}, S_{i,2}^{(t)}, \dots, S_{i,d_s}^{(t)} \right], \quad S_{i,k}^{(t)} \in \langle 0, 1 \rangle, \quad (1)$$

- ▶ „geografickou“ polohou \mathbf{X}_i :

$$\mathbf{X}_i^{(t)} = \left[X_{i,1}^{(t)}, X_{i,2}^{(t)}, \dots, X_{i,d_x}^{(t)} \right], \quad X_{i,l}^{(t)} \in \langle 0, L \rangle. \quad (2)$$

Stav agenta

Agent — zovšeobecnený pojem pre interagujúcu entitu — kolónia buniek, tumor, obchodník na trhu, ktorá sa správa podľa vopred definovaných pravidiel. Popísaný je:

- ▶ strategickým vektorom \mathbf{S}_i (stratégia – sortiment obchodníka, schopnosť tumoru využiť zdroje):

$$\mathbf{S}_i^{(t)} = \left[S_{i,1}^{(t)}, S_{i,2}^{(t)}, \dots, S_{i,d_s}^{(t)} \right], \quad S_{i,k}^{(t)} \in \langle 0, 1 \rangle, \quad (1)$$

- ▶ „geografickou“ polohou \mathbf{X}_i :

$$\mathbf{X}_i^{(t)} = \left[X_{i,1}^{(t)}, X_{i,2}^{(t)}, \dots, X_{i,d_x}^{(t)} \right], \quad X_{i,l}^{(t)} \in \langle 0, L \rangle. \quad (2)$$

Rastový proces

M – „mass“ (tumor – veľkosť, objem; obchodník – majetok)



$$M_i^{(t+1)} = \alpha M_i^{(t)} - \beta \Omega_i^{(t)}, \quad M_i^t \in \langle M_d, M_{up} \rangle \quad (3)$$

$\alpha > 1$, β – parameter spätnej väzby
párové interakcie

$$\Omega_i^{(t)} \equiv \Omega(\mathbf{X}_i^{(t)}, \mathbf{S}_i^{(t)}) = \sum_{i \neq j} J_{i,j}^{(t)} \sum_{k=1}^{d_s} S_{i,k}^{(t)} S_{j,k}^{(t)} \quad (4)$$

váhový faktor

$$J_{i,j}^{(t)} = J \frac{M_i^{(t)} M_j^{(t)}}{\left(\|\mathbf{X}_i^{(t)} - \mathbf{X}_j^{(t)}\|^2 + \epsilon^2 \right)^{\gamma/2}} \quad (5)$$

ϵ konštanta, γ dosah interakcie

Rastový proces

M – „mass“ (tumor – veľkosť, objem; obchodník – majetok)

$$M_i^{(t+1)} = \alpha M_i^{(t)} - \beta \Omega_i^{(t)}, \quad M_i^t \in \langle M_d, M_{up} \rangle \quad (3)$$

$\alpha > 1$, β – parameter spätnej väzby
párové interakcie

$$\Omega_i^{(t)} \equiv \Omega(\mathbf{X}_i^{(t)}, \mathbf{S}_i^{(t)}) = \sum_{i \neq j} J_{i,j}^{(t)} \sum_{k=1}^{d_s} S_{i,k}^{(t)} S_{j,k}^{(t)} \quad (4)$$

váhový faktor

$$J_{i,j}^{(t)} = J \frac{M_i^{(t)} M_j^{(t)}}{\left(\|\mathbf{X}_i^{(t)} - \mathbf{X}_j^{(t)}\|^2 + \epsilon^2 \right)^{\gamma/2}} \quad (5)$$

ϵ konštanta, γ dosah interakcie

Rastový proces

M – „mass“ (tumor – veľkosť, objem; obchodník – majetok)

$$M_i^{(t+1)} = \alpha M_i^{(t)} - \beta \Omega_i^{(t)}, \quad M_i^t \in \langle M_d, M_{up} \rangle \quad (3)$$

$\alpha > 1$, β – pamameter spätnej väzby
párové interakcie

$$\Omega_i^{(t)} \equiv \Omega(\mathbf{x}_i^{(t)}, \mathbf{s}_i^{(t)}) = \sum_{i \neq j} J_{i,j}^{(t)} \sum_{k=1}^{d_s} S_{i,k}^{(t)} S_{j,k}^{(t)} \quad (4)$$

váhový faktor

$$J_{i,j}^{(t)} = J \frac{M_i^{(t)} M_j^{(t)}}{\left(\|\mathbf{x}_i^{(t)} - \mathbf{x}_j^{(t)}\|^2 + \epsilon^2 \right)^{\gamma/2}} \quad (5)$$

ϵ konštanta, γ dosah interakcie

Rastový proces

M – „mass“ (tumor – veľkosť, objem; obchodník – majetok)

$$M_i^{(t+1)} = \alpha M_i^{(t)} - \beta \Omega_i^{(t)}, \quad M_i^t \in \langle M_d, M_{up} \rangle \quad (3)$$

$\alpha > 1$, β – parameter spätnej väzby
párové interakcie

$$\Omega_i^{(t)} \equiv \Omega(\mathbf{x}_i^{(t)}, \mathbf{s}_i^{(t)}) = \sum_{i \neq j} J_{i,j}^{(t)} \sum_{k=1}^{d_s} S_{i,k}^{(t)} S_{j,k}^{(t)} \quad (4)$$

váhový faktor

$$J_{i,j}^{(t)} = J \frac{M_i^{(t)} M_j^{(t)}}{\left(\|\mathbf{x}_i^{(t)} - \mathbf{x}_j^{(t)}\|^2 + \epsilon^2 \right)^{\gamma/2}} \quad (5)$$

ϵ konštanta, γ dosah interakcie

Rastový proces

M – „mass“ (tumor – veľkosť, objem; obchodník – majetok)

$$M_i^{(t+1)} = \alpha M_i^{(t)} - \beta \Omega_i^{(t)}, \quad M_i^t \in \langle M_d, M_{up} \rangle \quad (3)$$

$\alpha > 1$, β – parameter spätnej väzby
párové interakcie

$$\Omega_i^{(t)} \equiv \Omega(\mathbf{x}_i^{(t)}, \mathbf{s}_i^{(t)}) = \sum_{i \neq j} J_{i,j}^{(t)} \sum_{k=1}^{d_s} S_{i,k}^{(t)} S_{j,k}^{(t)} \quad (4)$$

váhový faktor

$$J_{i,j}^{(t)} = J \frac{M_i^{(t)} M_j^{(t)}}{\left(\|\mathbf{x}_i^{(t)} - \mathbf{x}_j^{(t)}\|^2 + \epsilon^2 \right)^{\gamma/2}} \quad (5)$$

ϵ konštanta, γ dosah interakcie

Optimalizačný proces

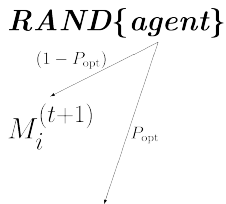
- ▶ ▶ optimalizácia s pravdepodobnosťou P_{opt}
- ▶ pravdepodobnosť P_{ps} rozhodne o optimalizácii:

$$\mathbf{x}_i^{(t+1)} = \hat{H}(\mathbf{x}_i^{(t)}, N_H, \delta_x^{(t)})$$

alebo

$$\mathbf{s}_i^{(t+1)} = \hat{H}(\mathbf{s}_i^{(t)}, N_H, \delta_s^{(t)})$$

- ▶ pravdepodobnosť P_{big}
- $\delta_x^{(t)} \in \{\delta_{x_1}, \delta_{x_2}; \delta_{x_1} > \delta_{x_2}\}$,
- $\delta_s^{(t)} \in \{\delta_{s_1}, \delta_{s_2}; \delta_{s_1} > \delta_{s_2}\}$.



Optimalizačný proces

- ▶ optimalizácia s pravdepodobnosťou P_{opt}
- ▶ pravdepodobnosť P_{ps} rozhodne o optimalizácii:

$$\mathbf{x}_i^{(t+1)} = \hat{H}(\mathbf{x}_i^{(t)}, N_{\text{H}}, \delta_x^{(t)})$$

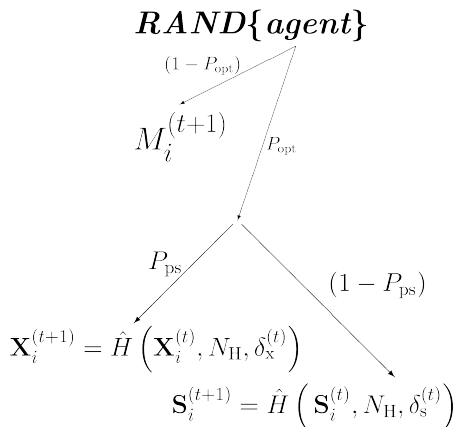
alebo

$$\mathbf{s}_i^{(t+1)} = \hat{H}(\mathbf{s}_i^{(t)}, N_{\text{H}}, \delta_s^{(t)})$$

- ▶ pravdepodobnosť P_{big}

$$\delta_x^{(t)} \in \{\delta_{x_1}, \delta_{x_2}; \delta_{x_1} > \delta_{x_2}\},$$

$$\delta_s^{(t)} \in \{\delta_{s_1}, \delta_{s_2}; \delta_{s_1} > \delta_{s_2}\}.$$



Optimalizačný proces

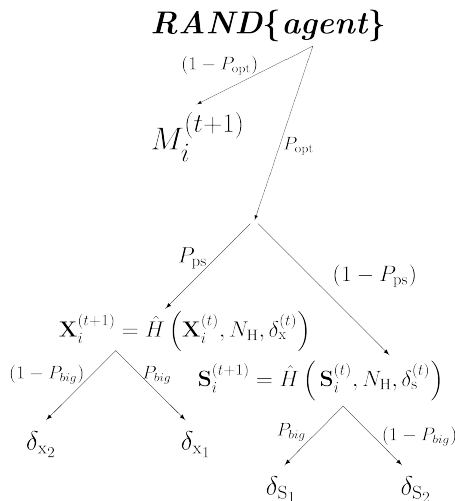
- ▶ optimalizácia s pravdepodobnosťou P_{opt}
- ▶ pravdepodobnosť P_{ps} rozhodne o optimalizácii:

$$\mathbf{x}_i^{(t+1)} = \hat{H}(\mathbf{x}_i^{(t)}, N_H, \delta_x^{(t)})$$

alebo

$$\mathbf{s}_i^{(t+1)} = \hat{H}(\mathbf{s}_i^{(t)}, N_H, \delta_s^{(t)})$$

- ▶ pravdepodobnosť P_{big}
 $\delta_x^{(t)} \in \{\delta_{x_1}, \delta_{x_2}; \delta_{x_1} > \delta_{x_2}\}$,
 $\delta_s^{(t)} \in \{\delta_{s_1}, \delta_{s_2}; \delta_{s_1} > \delta_{s_2}\}$.



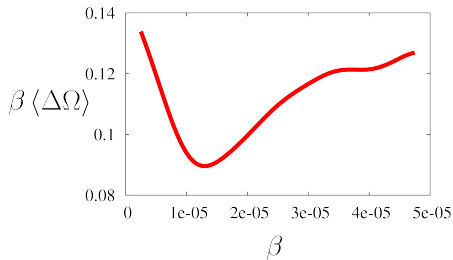
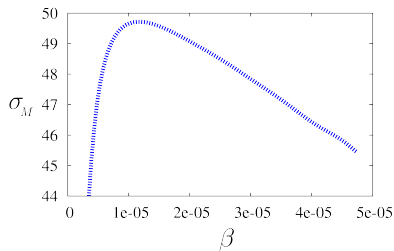
$$\mathbf{x}_{i,(n)}^{(t)} = \hat{H}_{\text{sub}} \left(\mathbf{x}_{i,(n-1)}^{(t)}, \delta_x^{(t)} \right) \quad n = 1, \dots, N_H, \quad (6)$$

$$X_{i,k,(n)}^{(t),\text{trial}} = X_{i,k,(n-1)}^{(t)} + \delta_x^{(t)} \left(2\xi_{i,k,(n-1)}^{(t)} - 1 \right), \quad (7)$$

Identifikácia fáz

$$\blacktriangleright \sigma_M^2 = \langle M^2 \rangle - \langle M \rangle^2$$

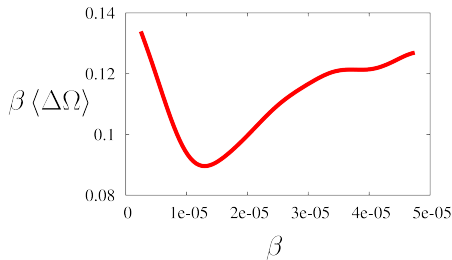
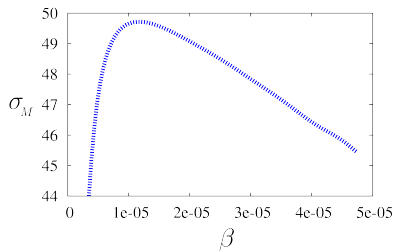
$$\blacktriangleright \Delta\Omega_i^{(t)} = \Omega(\mathbf{X}_{i,(N_H)}^{(t)}, \mathbf{S}_i^{(t)}) - \Omega(\mathbf{X}_{i,(0)}^{(t)}, \mathbf{S}_i^{(t)})$$



$$\beta_c \approx 1.2 \times 10^{-5}$$

Identifikácia fáz

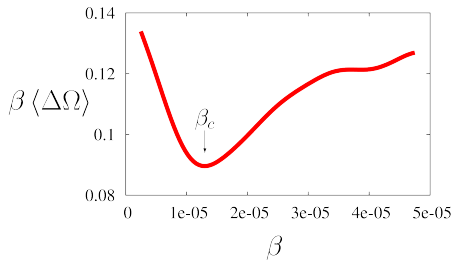
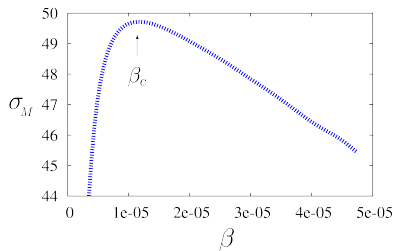
- ▶ $\sigma_M^2 = \langle M^2 \rangle - \langle M \rangle^2$
- ▶ $\Delta\Omega_i^{(t)} = \Omega(\mathbf{x}_{i,(N_H)}^{(t)}, \mathbf{s}_i^{(t)}) - \Omega(\mathbf{x}_{i,(0)}^{(t)}, \mathbf{s}_i^{(t)})$



$$\beta_c \approx 1.2 \times 10^{-5}$$

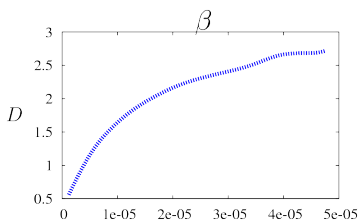
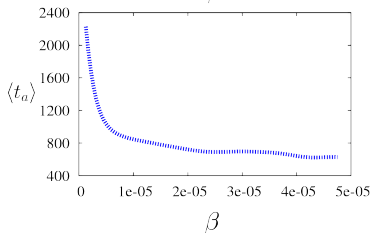
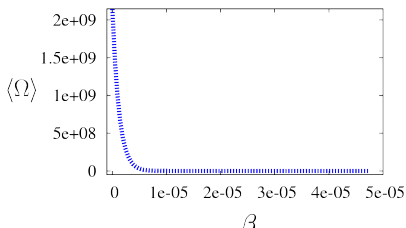
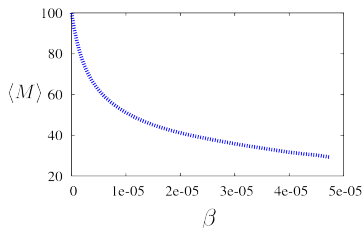
Identifikácia fáz

- ▶ $\sigma_M^2 = \langle M^2 \rangle - \langle M \rangle^2$
- ▶ $\Delta\Omega_i^{(t)} = \Omega(\mathbf{x}_{i,(N_H)}^{(t)}, \mathbf{s}_i^{(t)}) - \Omega(\mathbf{x}_{i,(0)}^{(t)}, \mathbf{s}_i^{(t)})$

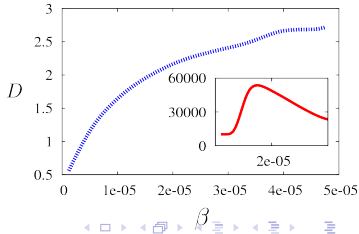
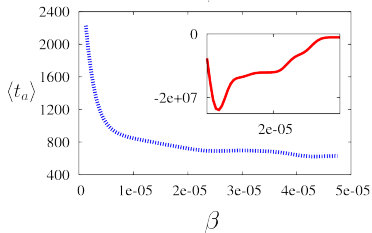
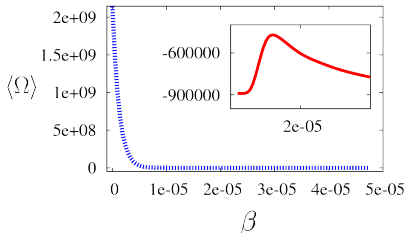
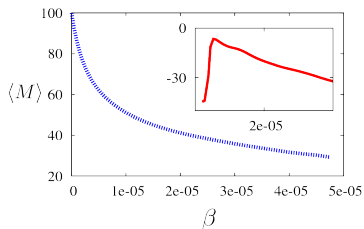



$$\beta_c \approx 1.2 \times 10^{-5}$$

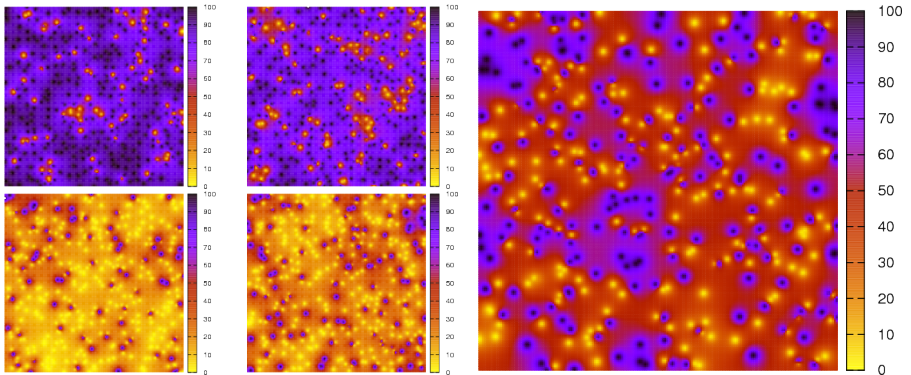
$$\langle Q \rangle = \frac{1}{N\tau} \sum_i^N \sum_j^\tau Q_i^j, \quad Q = \{M, t_a, \Omega\}, \quad D = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \langle \| \mathbf{x}_i^{(t+\tau)} - \mathbf{x}_i^{(t)} \|^2 \rangle_{(\tau)}$$



$$\langle Q \rangle = \frac{1}{N\tau} \sum_i^N \sum_j^\tau Q_i^j, \quad Q = \{M, t_a, \Omega\}, \quad D = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \langle \| \mathbf{X}_i^{(t+\tau)} - \mathbf{X}_i^{(t)} \|^2 \rangle_{(\tau)}$$

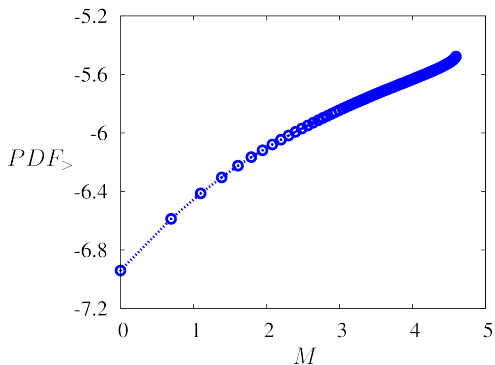


Snapshot v smere  pre $\beta = \beta_c/10; \beta_c/5; \beta_c; 5\beta_c; 10\beta_c$.



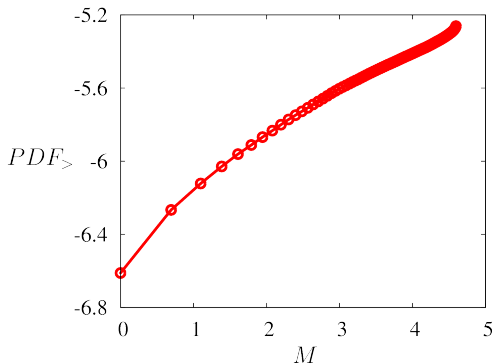
CDF (cumulative distribution function)

- ▶ LCP: $\beta = \beta_c/10$
- ▶ C: $\beta \approx \beta_c$
- ▶ HCP: $\beta = 10\beta_c$
- ▶ $\nu_{\text{eff}}(M, \delta M)$



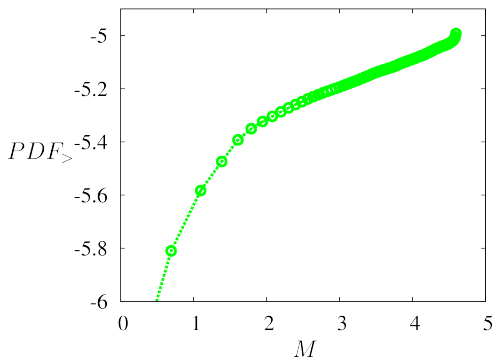
CDF (cumulative distribution function)

- ▶ LCP: $\beta = \beta_c/10$
- ▶ C: $\beta \approx \beta_c$
- ▶ HCP: $\beta = 10\beta_c$
- ▶ $\nu_{\text{eff}}(M, \delta M)$



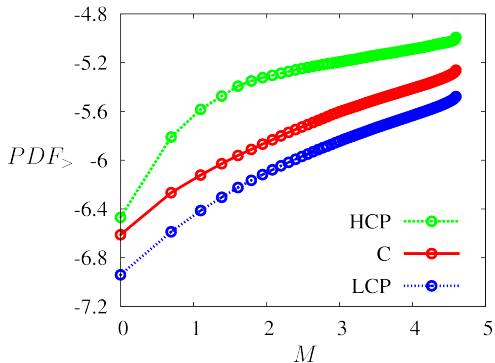
CDF (cumulative distribution function)

- ▶ LCP: $\beta = \beta_c/10$
- ▶ C: $\beta \approx \beta_c$
- ▶ HCP: $\beta = 10\beta_c$
- ▶ $\nu_{\text{eff}}(M, \delta M)$



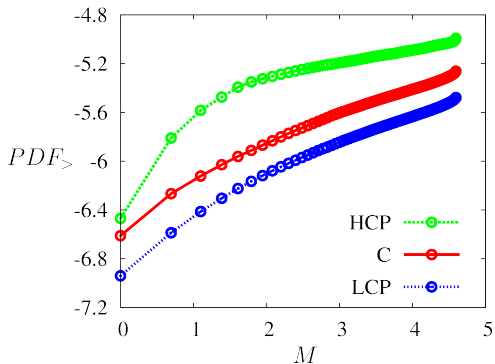
CDF (cumulative distribution function)

- ▶ LCP: $\beta = \beta_c/10$
- ▶ C: $\beta \approx \beta_c$
- ▶ HCP: $\beta = 10\beta_c$
- ▶ $\nu_{\text{eff}}(M, \delta M)$



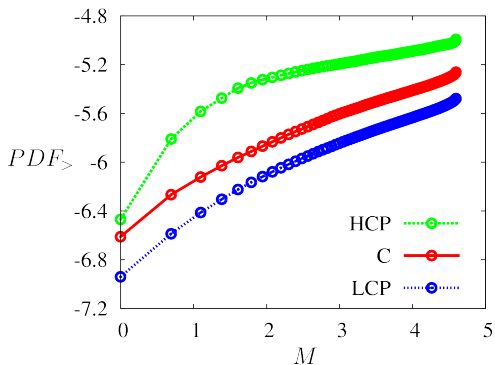
CDF (cumulative distribution function)

- ▶ LCP: $\beta = \beta_c/10$
- ▶ C: $\beta \approx \beta_c$
- ▶ HCP: $\beta = 10\beta_c$
- ▶ $\nu_{\text{eff}}(M, \delta M)$



CDF (cumulative distribution function)

- ▶ LCP: $\beta = \beta_c/10$
- ▶ C: $\beta \approx \beta_c$
- ▶ HCP: $\beta = 10\beta_c$
- ▶ $\nu_{\text{eff}}(M, \delta M)$



CDF (cumulative distribution function)

▶ LCP: $\beta = \beta_c/10$

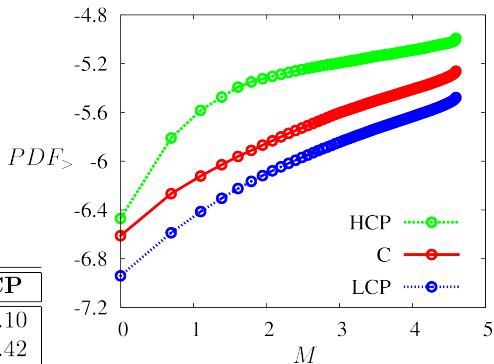
▶ C: $\beta \approx \beta_c$

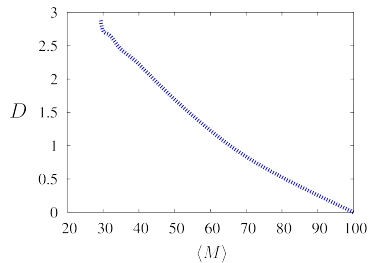
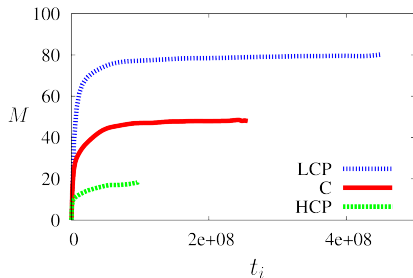
▶ HCP: $\beta = 10\beta_c$

▶ $\nu_{\text{eff}}(M, \delta M)$

▶

	LCP	C	HCP
ν_{eff}^{\min}	~ 0.20	~ 0.20	~ 0.10
ν_{eff}^{\max}	~ 0.38	~ 0.31	~ 0.42





- ▶ štúdium aspektu individuálnej optimalizácie v navrhovanom agentovom modeli s kompetitívno - konkurenčným správaním
- ▶ budúce ciele:
 - ▶ uvažovať všeobecnejšie tvary hlavne geografického priestoru (napríklad podľa geografických máp)
 - ▶ riešiť problematiku okrajových podmienok
 - ▶ navrhnúť sieťový model popisujúci interakcie medzi agentmi
 - ▶ nerovnomernosť zdrojov
 - ▶ inverzné úlohy - ako nastaviť parametre modelu tak, aby model vykazoval vopred požadované správanie

- ▶ štúdium aspektu individuálnej optimalizácie v navrhovanom agentovom modeli s kompetitívno - konkurenčným správaním
- ▶ budúce ciele:
 - ▶ uvažovať všeobecnejšie tvary hlavne geografického priestoru (napríklad podľa geografických máp)
 - ▶ riešiť problematiku okrajových podmienok
 - ▶ navrhnúť sieťový model popisujúci interakcie medzi agentmi
 - ▶ nerovnomernosť zdrojov
 - ▶ inverzné úlohy - ako nastaviť parametre modelu tak, aby model vykazoval vopred požadované správanie

- ▶ štúdium aspektu individuálnej optimalizácie v navrhovanom agentovom modeli s kompetitívno - konkurenčným správaním
- ▶ budúce ciele:
 - ▶ uvažovať všeobecnejšie tvary hlavne geografického priestoru (napríklad podľa geografických máp)
 - ▶ riešiť problematiku okrajových podmienok
 - ▶ navrhnúť sieťový model popisujúci interakcie medzi agentmi
 - ▶ nerovnomernosť zdrojov
 - ▶ inverzné úlohy - ako nastaviť parametre modelu tak, aby model vykazoval vopred požadované správanie

- ▶ štúdium aspektu individuálnej optimalizácie v navrhovanom agentovom modeli s kompetitívno - konkurenčným správaním
- ▶ budúce ciele:
 - ▶ uvažovať všeobecnejšie tvary hlavne geografického priestoru (napríklad podľa geografických máp)
 - ▶ riešiť problematiku okrajových podmienok
 - ▶ navrhnúť sieťový model popisujúci interakcie medzi agentmi
 - ▶ nerovnomernosť zdrojov
 - ▶ inverzné úlohy - ako nastaviť parametre modelu tak, aby model vykazoval vopred požadované správanie

- ▶ štúdium aspektu individuálnej optimalizácie v navrhovanom agentovom modeli s kompetitívno - konkurenčným správaním
- ▶ budúce ciele:
 - ▶ uvažovať všeobecnejšie tvary hlavne geografického priestoru (napríklad podľa geografických máp)
 - ▶ riešiť problematiku okrajových podmienok
 - ▶ navrhnúť sieťový model popisujúci interakcie medzi agentmi
 - ▶ nerovnomernosť zdrojov
 - ▶ inverzné úlohy - ako nastaviť parametre modelu tak, aby model vykazoval vopred požadované správanie

- ▶ štúdium aspektu individuálnej optimalizácie v navrhovanom agentovom modeli s kompetitívno - konkurenčným správaním
- ▶ budúce ciele:
 - ▶ uvažovať všeobecnejšie tvary hlavne geografického priestoru (napríklad podľa geografických máp)
 - ▶ riešiť problematiku okrajových podmienok
 - ▶ navrhnúť sieťový model popisujúci interakcie medzi agentmi
 - ▶ nerovnomernosť zdrojov
 - ▶ inverzné úlohy - ako nastaviť parametre modelu tak, aby model vykazoval vopred požadované správanie

- ▶ štúdium aspektu individuálnej optimalizácie v navrhovanom agentovom modeli s kompetitívno - konkurenčným správaním
- ▶ budúce ciele:
 - ▶ uvažovať všeobecnejšie tvary hlavne geografického priestoru (napríklad podľa geografických máp)
 - ▶ riešiť problematiku okrajových podmienok
 - ▶ navrhnúť sieťový model popisujúci interakcie medzi agentmi
 - ▶ nerovnomernosť zdrojov
 - ▶ inverzné úlohy - ako nastaviť parametre modelu tak, aby model vykazoval vopred požadované správanie

Ďakujem za pozornosť