

# SkyBat: model swarmového správania inšpirovaný prírodou

Ivana Budinská, Tomáš Kasanický, Ján Zelenka

Ústav informatiky Slovenskej akadémie vied

Dúbravská cesta 9, 845 07 Bratislava

{budinska, [zelenka](mailto:zelenka@savba.sk)}@savba.sk, tomas.kasanicky@gmail.com

## Abstrakt

Počítačový model SkyBat vznikol na základe pozorovania skupiny netopierov typu *Nyctalus leisteri* v rámci spolupráce s výskumníkmi z Ústavu ekológie lesa SAV. Model bol vytvorený s cieľom čo najpresnejšie kopírovať správanie netopierov v prírode a vytvoriť simulačné prostredie, v ktorom môžu biológovia overovať hypotézy o mechanizmoch swarmového správania. Dalším cieľom vytvorenia modelu SkyBat je overenie jeho vlastností s cieľom aplikovať ich pre iné vedné oblasti (napr. swarm robotika). K jedinečným vlastnostiam tohto modelu patrí schopnosť nájsť riešenie v ohraničenom čase, decentralizovane, rýchlo a efektívne rozhodovať v dynamicky sa meniacom prostredí a schopnosť vyhodnocovať kvalitu nájdeneho riešenia.

## 1 Úvod

V roku 2010 publikoval Xi-She Yang (Yang, 2010) algoritmus založený na správaní netopierov, jediných lietajúcich cicavcov na svete. Svoj algoritmus založil hlavne na modelovaní echolokácie, ktorá slúži netopierom na orientovanie sa v priestore. Od čias prvého publikovania netopierieho algoritmu sa v literatúre objavil rad ďalších podobných algoritmov, ktoré našli uplatnenie v rôznych oblastiach od optimalizácie, cez klasifikáciu, spracovanie obrazu, dolovanie dát až po swarm robotiku. Práve vlastnosť echolokácie robí algoritmus vhodným pre aplikácie v robotike, kde sa využíva pri vyhýbaní sa prekážkam a na zabránenie vzniku kolízií. Väčšina publikovaných algoritmov sa zameriava na simuláciu jedincov a ich správania. Náš algoritmus sa orientuje na správanie skupiny ako celku (Zelenka, 2019).

Nedostatky predchádzajúcich modelov sú predovšetkým v ich nepresnom zrkadlení správania reálnych netopierov. Model SkyBat vychádza z pozorovania fission-fusion dynamiky u stromových netopierov typu *Nyctalus leisteri*. Aby sme sa vyhlí prílišnému zovšeobecňovaniu a nepresnému modelovaniu, spolupracujeme na integrovanom výskume pod vedením biológov z Ústavu ekológie lesa SAV. Základné smery výskumu sú: (i) Výskum správania stromových netopierov *Nyctalus leisteri*. (ii) Tvorba počítačového simulačného modelu s cieľom

podporiť biologický výskum a umožniť biológom lepšie pochopiť mechanizmus swarmového správania a overovať hypotézy a mechanizmy swarmovania. (iii) Tvorba algoritmu na základe zovšeobecnenia pozorovaní s cieľom vyvinúť metódu pre koordináciu skupiny agentov. (iv) Výskum a vývoj technológie na zaznamenávanie pohybu netopierov typu *Nyctalus leisteri* (napr. ultraľahké snímače GPS).

## 2 Opis agentového modelu

Simulačný model bol vytvorený na základe prác L. Naďa a P. Kaňucha (2013 a 2015). Základom je dynamika známa v biológii ako "fission-fusion". Ide o také správanie skupiny jedincov, kedy sa striedajú dva funkčné módy. V prvom móde sa skupina úplne dezintegruje a jedinci samostatne lovia, resp. zháňajú potravu. V druhom móde sa skupina zhromažďuje na jednom, vopred neurčenom mieste, aby tam prečkala obdobie odpočinku. V tomto období sú jednotlivce ľahko zraniteľné a skupiny im poskytujú dostatočné bezpečie. Doba jedného a druhého módu je obvykle daná striedaním dňa a noci. Skupina začína vyhľadávať spoločné útočisko a zhromažďovať sa, v určitom čase, ktorý nie je dopredu známy. V skupine nie je dané, ktorý jedinec, alebo jedinci, sú zodpovední za nájdenie vhodného útočiska a za zvolanie skupiny. V modeli založenom na pozorovaní stromových netopierov boli zohľadnené viaceré skutočnosti. Stromové netopiere menia často dutiny, v ktorých prečkajú deň, aby zabránili šíreniu chorôb a parazitov, aby znížili riziko napadnutia predátormi a aby mali vhodné a bezpečné prostredie aj pre svoje mladé. Netopier, ktorý po tom, ako získa dostatok potravy, začína hľadať vhodné miesto na prečkanie dňa. Ak nájde vhodnú dutinu, začína signalizovať ostatným netopierom, ktorí môžu, ale nemusia na jeho signál odpovedať. Signalizovanie je pre jedinca energeticky náročný proces, preto ho môže vykonávať len určitú krátku dobu. Ak sa mu nepodarí prilákať dostatok netopierov, opúšťa dutinu. Množstvo netopierov, ktoré majú tendenciu reagovať na signalizáciu a uberať sa k dutine stúpa s postupujúcim časom. V čase krátko pred svitaním je nutné, aby všetky netopiere boli v dutine. Z publikovaných biologických pozorovaní sme prevzali také charakteristiky, ako rýchlosť pohybu/letu agenta, vzdialenosť, do ktorej lietajú počas lovenia, čas

signalizovania agenta a dosah signalizácie. Ďalšie parametre simulácie sú dané prostredím, v ktorom stromové netopiere *Nyctalus lesteri* žijú. V našom modeli sme použili pravidelný tvar prostredia rozdelený na štvorce. Dutiny v ňom boli rozmiestnené náhodne. Na začiatku simulácie sme nastavili inicializačné hodnoty pre kvalitu dutín. Kvalita dutín sa v priebehu simulácie mení, podobne ako v prírode. Dutiny, ktoré boli použité, stratia na kvalite a ich kvalita neskôr pomaly narastá. Kvalita dutiny závisí aj od jej umiestnenia, t.j. aby sa v blízkosti nenachádzali nebezpečné objekty a aby poskytovala čo najväčšiu ochranu pred predátormi. Rovnako dôležitá je aj veľkosť dutiny.

Pre skupinu netopierov je podstatné, aby v procese hľadania novej dutiny sústavne vyhodnocovala výhody a nevýhody jednotlivých dutín a v danom časovom intervale našla čo najvhodnejšiu dutinu pre prečkanie do dňa.

Trvanie simulácie je stanovené na 8 hodín - obvyklá doba noci, počas ktorej netopiere operujú v priestore. Simulácia je rozdelená na tri časti: i) zháňanie potravy, lov, ii) hľadanie dutiny a signalizovanie, iii) briedzenie (posledných 300 sek. simulačného cyklu).

### 3 Simulačné experimenty

Na začiatku simulácie agenti vychádzajú z jednej dutiny a v priebehu prvej fázy sa pohybujú náhodne a nezávisle. Po ukončení tejto periódy sú agenti rozmiestnené v priestore a začínajú hľadať vhodné dutiny, t.j. začínajú interagovať s dutinami v prostredí. Agent vyberie náhodne dutinu v rámci svojej operačnej oblasti - v dosahu svojich senzoričných možností a pohybuje sa smerom k nej. Následne vyhodnotí jej kvalitu a v prípade, že hodnota kvality je nad prahovou hodnotou, začne signalizovať. Takýmto spôsobom začína signalizovať niekoľko agentov - netopierov. Ostatné netopiere v dosahu vnímania sú priťahované k dutinám, ktoré majú signalizujúceho agenta. Agent po príchode do dutiny začína tiež signalizovať. Avšak, ako už bolo spomenuté, doba signalizovania je obmedzená. V simulácii je nastavená na základe pozorovania biológov. Ak v určitom čase v dutine nie je dostatok netopierov, prítomné netopiere ju opúšťajú a hľadajú nové útočisko rovnakým mechanizmom.

Čas  $t_{attract}$ , počas ktorého je signalizujúci agent ochotný vyslať signál a priťahovať ostatných agentov do dutiny, sa počíta podľa rovnice:

$$t_{attract} = HR + NB + 100/TTS \text{ [s]} \quad (1)$$

kde  $HR$  je výška v metroch, v ktorej sa dutina nachádza,  $NB$  je počet netopierov v dutine a  $TTS$  je čas do svitania (ukončenia simulácie). Agent sa rozhoduje, či investuje energiu do signalizovania na základe vnútorného merania času  $t_{attract}$ . Ak sa agent rozhodne ďalej signalizovať a priťahovať ďalších agentov do dutiny, dĺžka bonusového času pre

priťahovanie ostatných agentov závisí od aktuálneho počtu agentov v dutine a počíta sa podľa nasledujúceho vzťahu:

$$t_{attract} - \text{bonus} = t_{test} * NB \text{ [s]} \quad (2)$$

kde  $t_{test}$  je koeficient vyjadrujúci závislosť dĺžky priťahovania od počtu signalizujúcich netopierov.

Experimenty sme vyhodnocovali jednak z hľadiska podobnosti swarmového správania a reálneho správania netopierov a jednak z hľadiska výpočtovej náročnosti.

### 4 Záver

Predstavený model SkyBat má niektoré jedinečné vlastnosti, ktoré sa ukazujú byť vhodné pre použitie napr. v swarm robotike. Model ukazuje efektívny mechanizmus pohybu skupiny z jedného miesta do druhého bez vodcu, schopnosť skupiny nachádzať a vyhodnocovať špecifické miesta (dutiny) v neznámom prostredí a schopnosť uskutočňovať rýchle a efektívne decentralizované rozhodovanie v meniacom sa prostredí. Predstavený model je flexibilný a škálovateľný. Je nezávislý na zmene počtu členov skupiny.

### Pod'akovanie

Tento príspevok vznikol za podpory grantovej agentúry APVV v rámci grantovej úlohy APVV -17-0116.

### Literatúra

- Yang, X.S. (2010). A new metaheuristic bat-inspired algorithm. *J.R. Gonzales et al., eds. Nature Inspired Cooperative Strategies for Optimization. Studies in Computational Intelligence*. Berlin, 284, Springer, 6574.
- Nad'o, L. a Kaňuch, P. (2013). Dawn swarming in tree-dwelling bats an unexplored behaviour. *Acta Chiropterologica*, 15:387392.
- Nad'o, L. a Kaňuch, P. (2015). Swarming behaviour associated with group cohesion in tree-dwelling bats. *Behavioural Processes*. 120:8086.
- Zelenka, J., Kasanický T., Budinská I., Nad'o L., Kaňuch P. (2019) SkyBat: A swarmrobotic model inspired by fission-fusion behaviour of bats. *Mechanisms and Machine Science: Advances in Service and Industrial Robotics*. RAAD 2018, Cham, Switzerland: Springer International Publishing AG, vol 67, pp. 521-528, ISSN 2211-0984.