

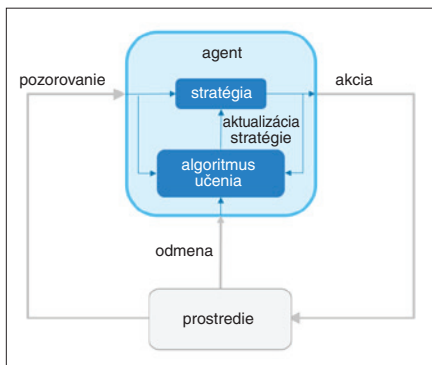
# Návrh riadiacich systémov metódou Reinforcement Learning

Umelá inteligencia už dlhšiu dobu mení náš pohľad na návrh algoritmov v rôznych oblastiach priemyslu. Medzi prvými sa vyvíjali algoritmy strojového učenia. V oblasti spracovania obrazu a signálov sa následne vďaka výborným výsledkom dostali do popredia konvolučné neurónové siete. Poslednou oblasťou, do ktorej umelá inteligencia preniká, je riadenie. Výpočtové prostredie Matlab spoločnosti MathWorks tu ponúka samostatnú nadstavbu *Reinforcement Learning Toolbox*.

Tradičný návrh regulačných obvodov využíva spätnú väzbu zo systému na stanovenie regulačnej odchýlky medzi želanou hodnotou a aktuálnym stavom systému. Na základe regulačnej odchýlky regulátor určí akčný zásah tak, aby sa systém dostal do požadovaného stavu. Hoci tradičná teória riadiacich systémov poskytuje niekoľko spoľahlivých metód

počas úlohy. Použitie metódy Reinforcement Learning typicky spočíva v nasledujúcich krokoch: vytvorenie prostredia, definícia odmeny, vytvorenie agenta, trénovanie agenta a nasadenie stratégie (obr. 2).

Prostredie môže byť skutočné fyzikálne prostredie (napr. hardvér), alebo simulačný model. Využitie reálneho prostredia pri metódach pokus–omyl by nemuselo dopadnúť najlepšie, hlavne pri extrémnych prípadoch, preto sa často využívajú simulačné prostredia. Okrem rizika poškodenia hardvéru simulácie môžu bežať rýchlejšie a dokonca paralelne. Pokiaľ sa užívateľ snaží nahradiť tradičné riadenie, je možné, že model prostredia už dokonca má. S využitím výpočtového prostredia Matlab a jeho nadstavby Simulink už má k dispozícii nie-



Obr. 1. Schéma metódy Reinforcement Learning

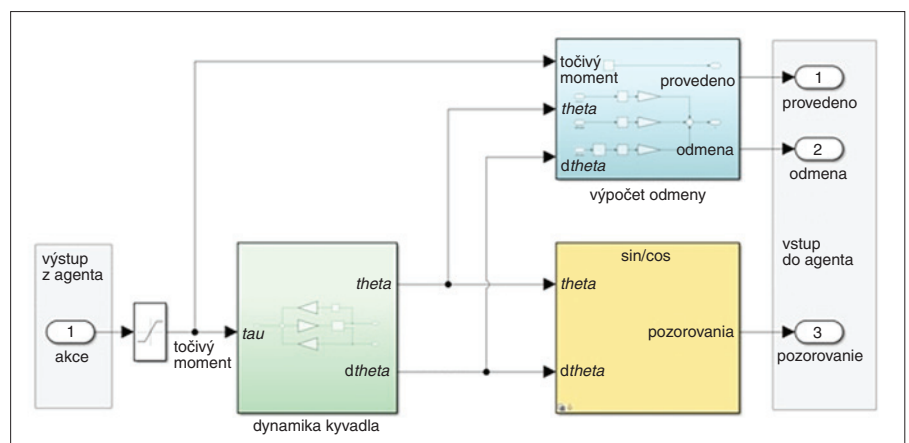
návrhu regulátorov, nárastom zložitosti systému nemusí byť jednoduché regulátor navrhnuť. Zložitým systémom je myslený systém, ktorý nemožno ľahko popísať, je vysoko nelineárny, obsahuje veľa stavov alebo na jeho riadenie treba niekoľko interagujúcich vnorených slučiek.

## Princíp metódy

Riešením spomenutých problémov môže byť metóda Reinforcement Learning (obr. 1). Metóda je súčasťou strojového učenia, avšak namiesto statických dát využíva dynamické prostredie. Cieľom je nájsť akcie, ktoré vedú na optimálne správanie sa natrénovaním agenta. Agent obsahuje stratégiu (aproximačnú funkciu), ktorá prijíma pozorovania (stavy systému, vstupy) a mapuje ich na akcie (výstupy). Okrem stratégie obsahuje agent učiaci sa algoritmus. Prostredie generuje pre agenta odmenu a určuje mieru úspešnosti akcie vzhľadom na splnenie cieľa úlohy. Učiaci algoritmus neustále aktualizuje parametre stratégie na základe akcií, pozorovaní a odmien. Cieľom algoritmu učenia je teda nájsť optimálnu stratégiu, ktorá maximalizuje kumulatívnu odmenu získanú



Obr. 2. Kroky pri využití metódy Reinforcement Learning

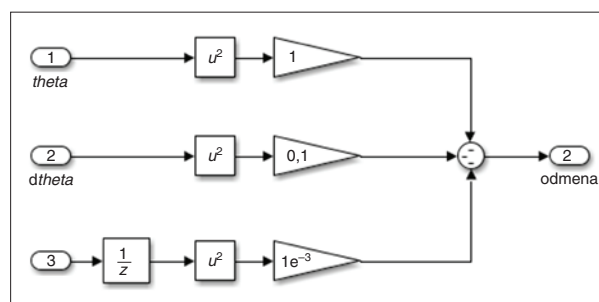


Obr. 3. Ilustrácia modelu prostredia pro Reinforcement Learning v programu Simulink: inverzné kyvadlo

## Vytvorenie prostredia

Na natrénovanie agenta treba prostredie. Oproti tradičnému riadeniu je prostredie všetko okrem agenta. Ako prvé je teda potrebné stanoviť, ako bude reprezentované prostredie.

koľko možností, ako prostredie vytvoriť. Napríklad môže modelovať dynamiku vozidla alebo lietadla vstavanými blokmi, využiť modul Simscape na modelovanie fyzikálnych komponentov či aproximovať dynamiku na základe dát pomocou identifikácie parametrov (obr. 3).

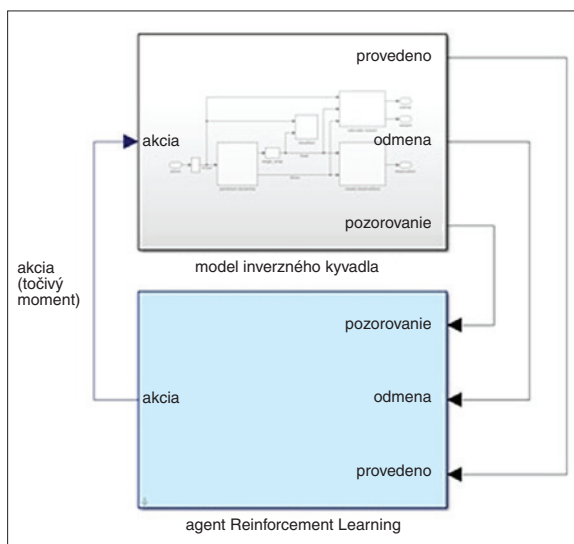


Obr. 4. Příklad funkcie odmeňovania pre trénovací algoritmus

## Definícia odmeňovania

Po vytvorení prostredia je potrebné si uvedomiť, čo má agent robiť a ako ho odmeniť. Preto je potrebné vytvoriť funkciu odmeňovania, aby trénovací algoritmus vedel, kedy sa stratégia zlepšuje. Výstupom odmeňovacej funkcie je číslo (skalár), ktoré re-

prezentuje vhodnosť akcie v aktuálnom stave. Všeobecne funkcia vracia pozitívnu odmenu, keď je vhodné agenta podporiť v akcii, a naopak negatívnu odmenu (pokutu) pri potrebe agenta od akcie odradiť. Reinforcement learning nekladie obmedzenia na tvorbu funkcie, avšak jej návrh vzhľadom na požadovaný cieľ je jedna z najzložitejších úloh celej metódy. Inžinieri môžu využiť pri tvorbe funkcie znalosti systému, ale či je funkcia zvolená správne, môžu zistiť až po niekoľkých iteráciách tréningovania. V prostrediach Matlab a Simulink možno vytvoriť odmeňovanie ako funkciu, popr. subsystém (obr. 4).



Obr. 5. Zapojenie agenta s modelom prostredia

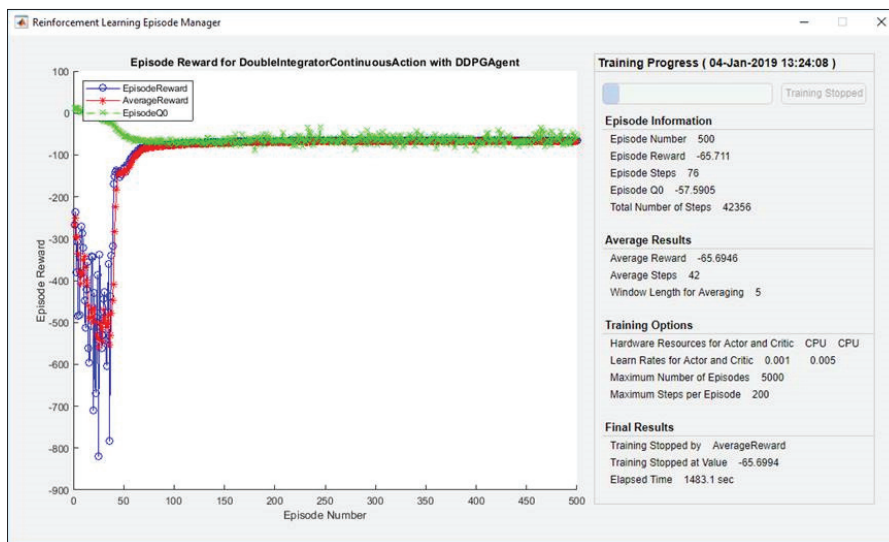
ďalších. Prostredie Simulink obsahuje samostatný blok pre agenta (obr. 5). Okrem vstavaných algoritmov možno vytvoriť vlastného agenta, popr. importovať model pomocou štandardného formátu ONNX (Open Neural Network Exchange).

### Tréningovanie a jeho akcelerácia

Pokiaľ sú vytvorené všetky súčasti metódy, možno pristúpiť k tréningovaniu. Metóda Reinforcement Learning vyžaduje k natréningovaniu schopnej stratégie veľa dát a vo väčšine prípadov i veľa simulácií. V tom pomôžu paralelné výpočty. Tréningovanie neurónových sietí možno realizovať aj na grafickom procesore (GPU). Funkcia *train* poskytuje modul *Reinforcement Learning Episode Manager*, pomocou ktorého je možné sledovať tréningový proces vizuálne (obr. 6).

### Vytvorenie agenta

Po vytvorení prostredia a definícii odmeňovania sa zvyčajne prechádza k vytvoreniu agenta. Agent sa skladá zo stratégie a učiaceho algoritmu, ktorý sa snaží nájsť optimálnu stratégiu. Stratégia je funkcia, ktoré prijíma pozorovania z prostredia a vracia akcie. Existuje niekoľko spôsobov, ako takúto funkciu reprezentovať, ale najčastejšie sa používajú tabuľky, polynómy alebo neurónové siete. Veľkú popularitu si v súčasnosti získali neurónové siete, vrátane konvolučných neurónových sietí. Učiaci algoritmus môže mať niekoľko podôb, ale veľkú popularitu majú agenti typu *actor-critic*. Prostredie Matlab ponúka niekoľko vstavaných algoritmov pre agentov, ako sú *Deep Q-Network (DQN)*, *Advantage Actor Critic (A2C)*, *Deep Deterministic Policy Gradients (DDPG)* a mnoho



Obr. 6. Grafická vizualizácia tréningového procesu (zdroj: prostredie Reinforcement Learning Episode Manager)

# MATLAB® & SIMULINK®

NOVÁ VERZE  
**R2020b**

UAV TOOLBOX ROADRUNNER SCENE BUILDER LIDAR TOOLBOX

VYLEPŠENÁ GRAFIKA A TVORBA GRAFICKÝCH APLIKACÍ

SIMULINK ONLINE – SIMULUJTE V PROHLÍŽEČI, BEZ INSTALACE

[www.humusoft.cz/R2020b](http://www.humusoft.cz/R2020b)

**HUMUSOFT®**

Humusoft s.r.o.  
Pobřežní 20, Praha 8

E-mail: [info@humusoft.cz](mailto:info@humusoft.cz)  
Tel: +420 284 011 730

## Nasadenie stratégie

Posledním krokem při použití metody Reinforcement Learning je nasadenie strategie na cílové zařízení, podobně jako by to bylo u klasického řízení. Ak by bola väčšina učenia realizovaná simulačne, je niekedy potrebné pokračovať v učení aj po nasadení. Simulačné prostredie nemusí dokonale modelovať reálny svet, ktorý sa navyše môže časom meniť. Preto je dobré nasadiť aj učiaci sa algoritmus. Takto je možné zapnúť alebo vypnúť učenie podľa potreby. Stratégie sa v prostredí Matlab dajú konvertovať na optimalizovaný kód C/C++ alebo kód CUDA.

Navyše je možné nasadiť stratégie ako zdieľané knižnice v jazykoch, ako je .NET, Java alebo Python.

## Ako začať?

Metóda Reinforcement Learning obsahuje niekoľko častí, ktoré nemusí byť pre začiatočníkov s touto metódou jednoduché zostrojif. Spoločnosť MathWorks pripravila k nástrojii Reinforcement Learning Toolbox rozsiahlu dokumentáciu. Dokumentácia je členená na kapitoly podľa jednotlivých častí metódy, v ktorých sa užívateľ vie jednoducho orientovať. Okrem dokumentácie sú k dispozícií

modely prostredí v nástrojoch Matlab a Simulink, ktoré možno využiť na testovanie rôznych typov agentov. Referenčné príklady užívateľa prevedú kompletným návrhom v rôznych oblastiach vrátane robotiky a autonómneho riadenia áut. Okrem dokumentácie a príkladov je k dispozícií séria videí na stránke spoločnosti MathWorks (<https://www.mathworks.com/videos/series/reinforcement-learning.html>) jako a aj články popisujúce jednotlivé súčasti metódy detailnejšie (<https://www.mathworks.com/campaigns/offers/reinforcement-learning-with-matlab-ebook.html>).

Michal Blaho, Humusoft s. r. o.

# Veletrh Automatica 2020 byl zrušen

Veletrh Automatica, který se měl konat v Mnichově od 8. do 11. prosince 2020, byl zrušen.

Je to rozhodnutí, které není neočekávané. Současný vývoj počtu nakažených je velmi nepříznivý nejen v České republice, ale i v sousedním Německu a v celé Evropě. S tím jsou spojena zpřísňující se opatření ohledně cestování. Proto se pořadatel, společnost Messe München, v těsné spolupráci s koncepčním partnerem, sdružením VDMA Robotics + Automation, a dozorčím výborem veletrhu rozhodl akci zcela zrušit.

Když bylo v březnu přijato rozhodnutí veletrhu plánovaný původně na léto přesunout na prosinec, počítal pořadatel s tím, že udělá vše pro to, aby byl veletrh pro vystavovatele i návštěvníky bezpečný. Při současném vývoji epidemie je ale nutné plány opět změnit. Rostoucí počet nakažených vyvolává omezení cestování v EU i ve světě. Německé i mezinárodní firmy navíc vydávají interní záka-

zy služebních cest. Není pravděpodobné, že by se situace v dohledné době zlepšila, spíše naopak. Veletrhu by se proto mohl zúčastnit jen zlomek původně plánovaného počtu návštěvníků. Z toho důvodu by ani vystavovatelé ve velké většině nepovažovali svou účast za efektivní a pravděpodobně by ji zrušili.

Falk Senger, ředitel Messe München, rozhodnutí komentoval: „Veletrh potřebuje účastníky. Ovšem vzhledem k omezením cestování by příliš mnoho našich vystavovatelů a návštěvníků letos do Mnichova nemohlo přijet. Proto jsme se nakonec rozhodli veletrh Automatica zrušit.“

Patrick Schwarzkopf, ředitel sekce Robotics + Automation sdružení VDMA, jeho slova potvrdil: „Původní rozhodnutí přesunout termín veletrhu Automatica bylo správné. Vnější podmínky se však v poslední době prudce zhoršily, takže bylo nutné situaci přehodnotit.“

Veletrh Automatica se koná v periodě dvou let. Pořadatelé se rozhodli tuto periodu

dozdrzet, takže příští veletrh Automatica bude až v roce 2022, konkrétně 21. až 24. června.

Protože obnova průmyslu není bez veletrhů možná, pořadatel nyní připravuje nový formát akce, která by se mohla uskutečnit příští rok v létě, bude-li již situace o něco příznivější. Nepůjde o náhradu veletrhu virtuálními fórem, protože zástupci průmyslových firem musí mít možnost potkávat se osobně a virtuální fóra skutečný veletrh nenahradí; přesto bude mít akce větší podíl digitálního obsahu. Půjde o jakýsi „veletrh před veletrhem“ – podrobnosti budou následovat zkrátko.

Automatica také posiluje svou digitální nabídku a chce představit část doprovodného programu plánovaného na prosinec ve virtuální podobě. Příkladem může být Mezinárodní sympozium o robotice. Detaily budou k dispozici v příštích týdnech.

[Tisková zpráva Messe München, 28. 9. 2020.]

(Bk)

## ► Nový Matlab R2020b

Společnost Humusoft s. r. o., výhradní zástupce firmy MathWorks®, předního výrobce nástrojů pro technické výpočty, modelování a simulace, uvádí na trh České republiky a Slovenska nové vydání výpočetního, vývojového a simulačního prostředí Matlab R2020b.

Základní modul Matlab přináší nové typy grafů a možnosti jejich úprav. Tvůrci grafických aplikací mají nově k dispozici efektivní nástroje k zobrazování a slučování změn. Prostředí Simulink lze v rámci služby *Simulink Online* využívat prostřednic-

tím webového prohlížeče a nástroj Stateflow Activity Profiler pomáhá analyzovat využitelnost stavů a přechodů. Analýza nástrojem *Stiffness Impact Analysis Tool* pomůže nalézt ty části modelu, jejichž řešení je numericky náročné. Grafická aplikace *Experiment Manager App* ulehčí správu experimentů v oboru konvolučních neuronových sítí a funkce *AutoML* pomůže při výběru nejlepšího modelu strojového učení a jeho trénování.

Vedle uvedených vylepšení zahrnuje vydání Matlab R2020b také zcela nové produkty: – *Deep Learning HDL Toolbox* k prototypování a zavádění algoritmů konvolučních sítí na FPGA a SoC,

- *Lidar Toolbox* pro navrhování, analýzu a ověřování zařízení s lidarem,
- *UAV Toolbox* k navrhování, simulaci a zavádění aplikací v oblasti bezpilotních létajících prostředků,
- skupinu produktů *RoadRunner* k tvorbě 3D scén určených k simulacím autonomního řízení.

Současně Matlab R2020b obsahuje další vylepšení v oblastech návrhu architektury programových systémů nebo generování a ověřování kódu. Podrobnější informace o nové verzi R2020b a všech novinkách lze nalézt na adrese <http://www.humusoft.cz/matlab/new-release/>. (mb)