

IV109 Modelování a simulace

Náměty na projekty

Radek Pelánek

Náměty je nutno dospecifikovat, vybrat z nich konkrétní problém, formulovat jasně účel modelu — tato činnost je součástí projektu. Většina námětů je zpracovatelná s pomocí nástroje NetLogo. V některých případech je vhodnější použít nástroje pro systémovou dynamiku (např. Stella, Vensim) nebo obecný programovací jazyk.

Projekty jsou rozříděny do kategorií, u každé kategorie jsou uvedeny typické charakteristiky projektů spadajících pod danou kategorii.

Variace na téma „epidemie“

Všechna následující témata (i přes svou rozmanitost) lze modelovat pomocí vhodného rozšíření základních modelů epidemií (SIS, SIR, SIRS). Důraz projektu by měl být na jasné pojmenování a modelování aspektů specifických pro konkrétní téma a na důkladné provedení analýz (typická studovaná otázka: „Které parametry modelu mají nejvyšší vliv na to, zda se epidemie rozšíří?“). Zejména v případech, kdy vytvořený model je jen mírným rozšířením základních modelů, je důležité, aby projekt obsahoval důkladné analýzy.

Rozšířené modely epidemie Rozšiřte základní model epidemie SIR o některé z následujících prvků: inkubační doba, začlenění populační dynamiky, průběh epidemie na „ostrovech“ (v prostředí, kde je populace rozdělena na několik částí, v rámci kterých je intenzivní kontakt mezi členy populace, kdežto mezi jednotlivými částmi je jen omezený kontakt). Analyzujte dopad těchto rozšíření na šíření epidemie.

Zásahy proti epidemiím Analyzujte a vzájemně porovnejte různé způsoby zásahu proti epidemii (stačí v rámci základního SIR modelu): plošné očkování, cílené očkování, karanténa nemocných, eliminace nemocných, preventivní eliminace potenciálně nakažených.

Opatření proti šíření (covid-19) Pomocí abstraktního modelu zachyťte některá z opatření zaváděných v průběhu epidemie covid-19 (např. zavírání škol a obchodů, povinnost nosit roušky, omezení pohybu). Možná dílčí témata k prozkoumání: vliv časování opatření (kdy začne a skončí jejich platnost, jak velký rozdíl na šíření epidemie udělá zpoždění jednoho týdne), vliv nedodržování opatření (co se stane, pokud část populace opatření nedodrží).

Strategie očkování (covid-19) Pomocí abstraktního modelu prozkoumejte některé z otázek souvisejících s postupem očkování u epidemie covid-19, například: V jakém pořadí je vhodné populaci očkovat? Jaký může mít dopad, když část populace očkování odmítne? Při jaké míře rizika (vedlejších efektů) je stále očkování výhodné? Za jakých okolností může být

pro „bohatou“ zemi výhodné (pro zjednodušení to berme čistě egoisticky) poskytnout část očkování sousední „chudé“ zemi?

Drogy Vytvořte model ilustrující šíření užívání drog ve společnosti. Zaměřte se například na efektivitu různých opatření proti šíření drog (např. plošná preventivní osvětová kampaň, plošná odvykací kampaň, cílené zatýkání dealerů, asistence závislým) nebo na vliv společenského uspořádání na rozšíření drog (relativně homogenní společnost versus výrazně sociálně diferencovaná společnost).

Přijetí nových technologií Lidé mají k novým technologiím různé postoje: někteří se nadšeně vrhají do všeho nového, většina si počká, až se nová věc osvědčí a pak teprve si ji pořídí a někteří tvrdohlavě zůstávají u starých osvědčených technologiích, jak dlouho to jen jde. Vytvořte model ilustrující šíření nových technologií ve společnosti, který bude ilustrovat vliv různých typů lidí. Zkoumejte také například vliv topologie sociální sítě (pravidelná mřížka versus komplexní síť) nebo vliv a zacílení reklamy (plošná reklama versus cílená reklama na určitou skupinu).

Šíření inovací, módy Vytvořte model zachycující šíření technické inovace nebo módního trendu, případně dva soutěžících inovací (módních trendů). Pomocí modelu analyzujte například efekt reklamy, vliv různých typů lidí (např. nadšenci, konzervativci, upovídání extroverti) nebo topologie sociální sítě na průběh šíření inovace (trendu).

Formace názorů Názory lidí jsou do velké míry ovlivněny názory lidí v jejich okolí. Vytvořte model formování názorů, ve kterém je počet možných názorů omezen na malé množství a ve kterém je zohledněn vliv okolí. Uvažte různé možnosti „okolí“ (pravidelná mřížka, náhodný graf, malý svět, bezškálovitá síť) a analyzujte vliv volby okolí na chování modelu. Rozšíření: uvažte různé typy lidí (tvrdohlavec, dobrý řečník) a jejich vliv na chování modelu.

Zombie *Toto téma se každoročně samovolně objevovalo, takže jsem usoudil, že bude lepší, když ho přidám do seznamu a připojím usměrňující komentář.* Modelování zombií (typicky zasazeno do nějakého apokalyptického scénáře zahrnujícího konec světa) většinou vede na variaci či rozšíření modelování epidemií. Protože v tomto případě je obzvláště nemožné posoudit, zda je model „správně“, je důležité nenechat se strhnout k modelování detailů (efektivita různých zbraní pro boj se zombiemi), ale soustředit se na abstraktní úrovni pouze na určitý aspekt problému a ten důkladně analyzovat. Může být vhodné se na téma dívat pohledem „autora“ (vývojář hry, autor knihy), který se snaží „vytvořit zajímavou apokalypsu“.

Standardní projekty

Tato kategorie námětů představuje nejtypičtější projekty. Je u nich určeno poměrně jasné téma (ke kterému je vhodné si dohledat doplňující informace). Není ale vždy jasný účel modelu a není úplně jasné, jak problém modelovat. Tyto věci jsou klíčovou částí projektu – musíte upřesnit účel a studovaný problém, zvolit vhodný model (především vhodnou úroveň abstrakce, aby byl projekt současně zvládnutelný a zajímavý). Sestavení rozumného modelu

není triviální, ale je bez větších obtíží zvládnutelné (témata byla úspěšně řešena v minulých letech).

Tragédie obecní pastviny Tragédie obecní pastviny (Hardin, 1986) je modelová situace, kdy na společné pastvině pase ovce řada farmářů. Pokud dojde k překročení limitu pastviny (příliš mnoho ovcí), dojde ke kolapsu (pastvina se nestíhá obnovovat). Protože však pastvina nikomu nepatří (je obecní) a každý s farmářů se snaží mít co nejvíce oveček, dojde ke kolapsu i přesto, že je to pro všechny zúčastněné nevýhodné. Tento modelový scénář se vztahuje na mnoho reálných situací, např. mezinárodní politiku a znečištění nebo rybolov. Vytvořte model této situace. Pokuste se navrhnout různá opatření (např. zákazy, kvóty, daně), která mohou pomoci situaci zlepšit. Opatření začleňte do modelu a vyhodnoťte pomocí simulace.

Trvale udržitelný rybolov Konkrétním případem konceptu tragédie obecní pastviny může být rybolov. Vytvořte dvourozměrný model rybolovu a analyzujte na tomto modelu vliv různých strategií rybolovu (omezení na počty lodí, zakázané oblasti rybolovu, kvóty na úlovek). Při analýze se zaměřte na dlouhodobou udržitelnost a na srovnání dlouhodobých a krátkodobých zisků.

Požáry V amerických národních parcích se jistou dobu systematicky snažili hasit všechny požáry (s dobrým úmyslem pomoci přírodě). Tato politika měla za následek kumulaci velkého množství suchého dřeva a následně obrovské požáry. Vytvořte zjednodušený model této situace a pomocí modelu proveďte analýzu různých přístupů k hašení požárů (např. nehasit žádné, hasit vše, hasit pouze pokud překročí určitou mez).

Modelování davu Vytvořte model ilustrující chování davu lidí v prostorech s úzkými průchody (např. přestupní stanice metra, fotbalový stadion, evakuace z hořícího domu). Pokuste se vytvořit co nejjednodušší pravidla chování jednotlivců, která povedou k co nejvěrohodnějšímu chování na úrovni davu. Pro zvolená pravidla vyzkoušejte několik podobných způsobů uspořádání prostoru (např. umístění průchodů, šířka chodeb) a analyzujte vliv uspořádání prostoru na chování davu (např. čas, za který se prostor vyprázdní).

Mikrosimulace dopravy Vytvořte model simulující konkrétní dopravní situaci (série křižovatek, kruhový objezd, mimoúrovňová křižovatka). Pomocí simulace porovnejte různé možnosti realizace křižovatky a vyhodnoťte, která je nejvýhodnější. Pokuste se najít a na modelu ilustrovat situaci, kdy neintuitivní opatření vede ke zlepšení dopravní situace (např. omezení rychlosti vedoucí k zvýšení celkové efektivity).

Populační dynamika dvou konkurentů Vytvořte model populační dynamiky dvou druhů které si nepřímou konkurují, tj. nedochází mezi nimi k predaci, pouze se živí například stejným zdrojem. Pomocí modelu ilustrujte různé scénáře, ke kterým může dojít (vyhynutí jednoho druhu, ustanovení stabilní rovnováhy). Přidejte do modelu společného predátora a pomocí modelu ilustrujte, jak za této situace může vyhubení predátora vést k poklesu stavu kořisti.

Horní hranice lesa Navrhněte model ilustrující následující jev: „Přestože klima se mění s nadmořskou výškou zcela plynule, horní hranice lesa bývá v horách často nápadně ostrá. Je to tím, že les sám vytváří celkově stabilnější mikroklima, což zpětně podporuje zmlazování

stromků, a stín porostu zároveň znemožňuje existenci světlomilných druhů horských holí. Naopak drsné klima holí znemožňuje růst stromů a tím udržuje druhy světlomilné. V rámci každého prostředí tedy existuje zpětná vazba mezi klimatem a vegetací, kdy klima podporuje určitou vegetaci a vegetace ovlivňuje mikroklima.“ (Storch, Mihulka, Úvod do současné ekologie, 2000).

Biodiverzita ostrovů Zjednodušeně řečeno biodiverzita území je počet druhů žijících na tomto území. Biodiverzita ostrovů závisí zejména na následujících parametrech: klimatické podmínky na ostrově, diverzita prostředí, velikost ostrova a vzdálenost ostrova od pevniny. Navrhněte model s využitím agentů (agenti představují zvířata či rostliny různých druhů), který názorně ilustruje závislost diverzity na uvedených parametrech (nemusí být zohledněny všechny parametry).

Bitva Vytvořte model bitvy dvou armád. V modelu se můžete zaměřit na efektivnost zbraní, využití terénu (např. bránění hradu), využití různých typů jednotek, shlukování a vytváření formací, vývoj morálky a dezerce podle situace. Vyberte si konkrétní prostředí (např. Římané vs Galové, středověk, lodní bitva), ale vyvarujte se snahy o přílišnou věrnost, soustřeďte se na modelování dílčího faktoru na abstraktní úrovni.

Náročnější témata

Tato témata jsou podobná jako předchozí kategorie, jsou však náročnější v tom, že jsou více „otevřená“ (příp. obzvláště komplexní či vyžadující studium literatury) a je u nich těžší pojmenovat konkrétní modelovaný problém a sestavit model na vhodné úrovni abstrakce. U těchto témat (ještě více než u jiných) toleruji i „neúspěšný výstup“, pokud v projektu bude dobře zdokumentován smysluplný proces modelování (jednotlivé iterace modelu, jejich nevýhody a podobně).

Analýza počítačové či deskové hry Vyberte si vhodnou deskovou či počítačovou hru (spíše pro více hráčů). Abstraktním modelem vyjádřete její ústřední princip a pomocí modelu analyzujte např. různé strategie. V minulých letech byly projekty tohoto typu např. analýza strategií u hry Magic: The Gathering a analýza počáteční pozice u hry Divoké kmeny. Klíčovým prvkem tohoto typu projektu je soustředit se pouze na klíčové prvky dané hry (nepokoušet se modelovat hru příliš detailně).

Vznik měst Navrhněte model ilustrující proces vzniku měst. Vznik měst ovlivňuje mnoho faktorů, nicméně pro účel modelu se omezte pouze na jeden z nich, např. vliv krajiny, vztah mezi vznikem měst a cest, nebo souvislosti mezi obchodem a vznikem měst.

Obchody Zamyslete se nad tím, jak jsou ve městě rozloženy obchody (např. podobné obchody často bývají u sebe, na kraji města je řada velkých hypermarketů). Pokuste se identifikovat faktory, které ovlivňují polohu obchodů. Najděte zpětné vazby. Navrhněte model ilustrující nejdůležitější faktory a zpětné vazby. Zamyslete se nad tím, jak moc je současné

rozmístění obchodů výhodné z pohledu společnosti jako celku a zkuste navrhnout (a na modelu ilustrovat) opatření, která by mohla vést k vyšší efektivitě z pohledu společnosti (např. omezení nebo naopak uvolnění regulace).

Cena ropy Ropa je klíčovou surovinou současné civilizace a cena ropy je tedy jedním z indikátorů stavu velmi komplexního systému. Vytvořit realistický model pro cenu ropy by bylo velmi náročné, pro účel projektu si tedy vyberte jeden z aspektů ovlivňujících cenu ropy a ten namodelujte. Může jít například o vliv katastrof (přírodních pohrom, válek) na cenu v krátkodobém horizontu, vliv organizace OPEC a jejích regulačních opatření ve střednědobém horizontu, o obousměrný vztah ekonomického růstu a ceny ropy, nebo o vliv neobnovitelnosti a tedy konečnosti zdroje na vývoj ceny v dlouhodobém horizontu.

Bankovní krize Vytvořte model základních mechanismů některé z bankovních krizí. Např. krize amerického trhu s hypotékami v letech 2007-2008 byla způsobena propletenými zpětnými vazbami mezi rizikovými hypotékami, rostoucí úrokovou mírou, neschopností klientů splácet a klesající cenou nemovitostí vlivem přebytku nabídky. Jinou situací vhodnou k modelování je „bank run“.

Stádo Vytvořte model pasoucího se stáda. Stádo by se mělo držet pohromadě a současně by se mělo postupně přesouvat na méně vypasenou plochu. Možná rozšíření: složitější terén (neúrodná půda, svah), reakce stáda na útok dravce (vlk), hlídací pes.

Voda a stromy Vytvořte model ilustrující vliv stromů na koloběh vody – stromy vodu zadržují a tak zpomalují koloběh vody. Možné variace na téma: jednoduchý systémový model, dvourozměrný model znázorňující krajinu (každé pole má svou nadmořskou výšku), začlenění efektu eroze, vliv stromu na mikroklima (vypařování vody, formace mraků).

Sociální hmyz Sociální hmyz (např. mravenci, včely) je typickým příkladem decentralizovaného samo-organizujícího se systému. Najděte v literatuře popis konkrétního chování vybraného druhu (např. sběr potravy, stavba hnízda, rojení) a vytvořte zjednodušený model tohoto chování.

Sukcese Sukcese je vývoj společenstva, spočívající v postupném a jednosměrném nahrazení populací určitých druhů populacemi jiných druhů. Příkladem sukcese je například zarůstání pole, které zůstane ležet ladem. Nejdříve na něm začnou růst jednoleté byliny, později keře, pak pionýrské druhy stromů a po mnoha letech bude na místě původního pole les. Vytvořte model ilustrující průběh sukcese.

K-stratégové a r-stratégové Zjednodušeně řečeno K-stratégové mají málo potomků, investují do nich hodně energie, žijí dlouho a daří se jim ve stabilním prostředí, kdežto r-stratégové mají hodně potomků, investují do nich málo energie, žijí krátce a daří se jim v proměnném prostředí. Najděte si více informací o těchto pojmech a vytvořte model, který bude ilustrovat K-strategii, r-strategii a rozdíly mezi nimi.

Model růstu Celý organismus vzniká z jedné buňky, buňky vznikají lokálním dělením, všechny nesou stejnou genetickou informaci – a přesto vzniká mnohobuněčný organismus, ve kterém jsou buňky značně rozlišené a mají svou speciální funkci. K tomu dochází díky mezibuněčným signálům a působení prostředí. Najděte si více podkladových informací, nejlépe

konkrétní informace k růstu u jednoduchého organismu (např. *E. coli*). Vytvořte abstraktní model růstu, který bude ilustrovat hlavní principy.

Evoluce

Bonusová sekce: Tato témata jsou určena hlavně pro ty, kdo mají zájem vyzkoušet si modelování evoluce. K jejich realizaci je vhodné využít některý z běžných programovacích jazyků. Jde o netypická témata, protože důraz je u nich často spíše na implementaci a analýzu než na samotný proces „modelování“. Vybírejte si pouze pokud máte o ten směr vážný zájem.

Robot – sběr plechovek Variace na příklad zmíněný na přednášce. Robot se pohybuje v čtvercové mřížce, na některých polích jsou plechovky, které má posbírat, případně zdi, díry, apd. Vytvořte genetický algoritmus, který bude vytvářet navigační kód pro robota (tak aby posbíral co nejvíce plechovek).

Piráti Pro hádanku s piráty, kterou jsme rozebírali na přednášce, vytvořte model, ve kterém budou strategie pirátů vznikat pomocí genetického algoritmu nebo klasifikačního systému. Tento projekt je vhodné realizovat v obecném programovacím jazyku.

Evoluce pohybu Definujte jednoduchý abstraktní model pohybového aparátu, např. plavání či pohyb po rovné podložce, kde tělo je série kloubů pospojovaná pevnými, přímými kostmi. Dále definujte pravidla popisující pohyb a pomocí genetického algoritmu se pokuste z náhodných pravidel vyvinout pravidla schopná co nejrychlejšího pohybu. Tento projekt je vhodné realizovat v obecném programovacím jazyku.

Koevoluce, mimikry, symbióza Inspirujte se konkrétními příklady koevoluce, mimikrů či symbiózy v přírodě a vytvořte abstraktní model, který bude ilustrovat některý z těchto jevů – cílem by neměla být co největší realističnost vzhledem k určitému příkladu, ale dobré ilustrování základních principů, na kterých tyto jevy fungují.