

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
Fakulta informačních technologií

MODELOVÁNÍ A SIMULACE

2019/2020

Projekt

Hraboši

Jakub Sadílek (xsadil07)

Adam Sedláček (xsedla1e)

Brno, 9. prosince 2019

Obsah

1. ÚVOD A MOTIVACE.....	3
1.1 Zadání	3
1.2 Práce.....	3
1.3 Motivace.....	3
2. SHNUTÍ RELEVANTNÍCH FAKTŮ, ZDROJE INFORMACÍ.....	3
2.1 Důvěryhodnost získaných informací	3
2.2 Znalosti	3
2.2.1 Hraboši	3
2.2.2 Pole.....	4
2.2.3 Protiopatření.....	5
2.2.3.1 Káně lesní	5
2.2.3.2 Kultivace půdy	5
2.2.3.3 Jedy	5
2.3 Zdroje.....	5
2.4 Výběr technologií	6
3. KONCEPCE.....	6
4. ARCHITEKTURA SIMULAČNÍHO MODELU	6
5. SIMULACE	8
5.1 Spuštění programu	8
6. ZÁVĚR.....	9

1. Úvod a motivace

1.1 Zadání

Naším úkolem bylo prostudovat průběh populací hraboše polního a metody jejich regulací, následně implementovat simulaci jenž vyvrcholí v jejich přemnožení a následně demonstrovat možná protipatření v modelu celulárních automatů. Jelikož přemnožení hrabošů je opakující se problém a dosud nejsou známy žádné okolnosti, o kterých by se dalo říct, že právě ony způsobují tuto populační explozi.

1.2 Práce

Velkou část naší práce ne-li většinu jsme hledali a sbírali všemožné informace o hraboších, jejich životu a prostředí, ve kterém se pohybují. Abychom mohli hraboše co nejlépe predikovat, museli jsme také zjistit něco o poli, na kterém se pohybují a simulovat ho taktéž, jelikož právě množství potravy na poli udává největší pravděpodobnost výskytu hraboše. Taktéž jsme museli zjistit informace o množství konzumované potravy, jejich predátorech, jak se s nimi momentálně vypořádají zemědělci, jak se přirozeně hraboš brání proti nástrahám, jejich reprodukci, úmrtnosti a celkově o vše o cyklu jejich života.

1.3 Motivace

Oba jsme si s nadšením vybrali tohle téma, protože se nám líbila praktičnost zadání, jelikož s hraboši je poměrně snadné se setkat i v reálném životě. Také se nám líbil model celulárních automatů, se kterým jsme oba doposud neměli žádnou příležitost si ho prakticky vyzkoušet, abychom v tom viděli takový potenciál jako v tomhle projektu.

2. Shrnutí relevantních faktů, zdroje informací

2.1 Důvěryhodnost získaných informací

Informace jsme se snažili čerpat s vědeckých článků, které se opírají o reálně naměřená data a taktéž z přírodovědných vysokých škol. Občasné jsme využili novinářské články, které se podle všeobecného přehledu zdály být důvěryhodné taktéž, přesto jsme na ně brali menší zřetel. Avšak některé informace se nám nepovedlo dohledat nikde jinde než právě v těchto novinových článcích.

2.2 Znalosti

2.2.1 Hraboši

Tabulka č. 6: Odhad počtu hrabošů přepočítaný z tabulky č. 5 na 1 ha plochy

Roční období	Početní stav hrabošů			
	Slabý	Střední	Silný	Velmi silný
Jaro (březen)	10 a méně	12 - 29	30 - 59	60 a více
Léto (červenec)	28 - 85	90 - 180	190 - 1 200	1300 a více
Podzim (září)	140 - 280	290 - 680	700 - 2 000	2 100 a více
Zima (leden)	25 - 85	90 - 130	140 - 290	300 a více

[1] (str. 45)

přepočítají a výsledek představuje počet používaných nor na 1 ha. Výsledek dále odpovídá na jaře těmto stavům početnosti:

- početnost slabá: 10 – 40 nor/ha
- početnost střední: 50 – 200 nor/ha
- početnost vysoká 210 a více nor/ha

[1] (str. 45)

„Hraboš polní konzumuje téměř všechny druhy polních plodin a plevelů.“ [2] „Během roku se může početnost hrabošů zvýšit až stonásobně.“ [2] „Ve třech až sedmiletých, někdy i delších intervalech dochází k jejich kalamitnímu přemnožení, ke gradacím. Gradace nikdy netrvají déle než 2 roky. Následuje prudké snížení početnosti hrabošů.“ [2] „Zoologové vyzkoumali, že v každém vrhu jsou vždy asi 3/5 samečků a 2/5 samic.“ [3] „Rozroste se až na počet 2500 jedinců, ovšem za předpokladu příznivého životního prostředí a dostatku potravy.“ [3] „Samice rodí po 19 až 21 dnech březosti od konce března do září obvykle 4-7 mláďat, která rychle rostou a mohou být již ve stáří 4-5 týdnů pohlavně aktivní. Samice často znovu zabřeznou krátce po porodu. Ve volné přírodě se obvykle dožívají věku okolo dvou let. Denní spotřeba potravy je velká, činí 100 až 125 procent hmotnosti těla – dospělý hraboš váží 20 až 40 gramů. Při maximu může jejich početnost dosáhnout koncem léta i více než 2000 jedinců na hektar, během podzimu a zimy však v důsledku nedostatku potravy, sociálního stresu a snadného šíření nemocí v přemnožené populaci dojde k prudkému propadu početnosti, takzvanému krachu populace.“ [4] „V důsledku nepříznivých klimatických podmínek a nedostatku potravy je v zimních měsících také zastavena reprodukce (Aars a Ims 2002). Zvýšení tuhosti zimy a chladné jaro vede nakonec k poklesu počtu přezimujících zvířat a v důsledku toho k populačnímu růstu (Grenfell et al. 1998; Milner et al. 1999). Struktura populací na začátku reprodukčního období je do značné míry ovlivněna především zimní mortalitou, která může být závislá na věku, pohlaví nebo velikosti těla zvířat (Aars a Ims 2002). Nicméně je třeba vzít v úvahu i starší poznatky, které poukazují na nezávislost populačních trendů na časném nebo pozdním tání sněhu v jarním období (Krebs a Myers 1974). Současné analýzy časových řad ukazují, že populační změny během zimy jsou silně závislé na populační hustotě (Stenseth a Saitoh 1998; Hansen et al. 1999).“ [5]

2.2.2 Pole

V našem simulačním modelu jsme se rozhodli vycházet z pole pšenice ozimé, kterou hraboš upřednostňuje na rozdíl oproti ječmenu například. „Hraboš polní preferoval pšenici jen slabě (60 %).“ [6] „Termín setí pšenice ozimé je od 10.9. do 5.10., výsevek činí 3-6 MKS/ha – cca 150-240 kg/ha.“ [7] (slide 20) „Pšenice ozimá dozrává v červenci až v srpnu. Výnos je 3,5–6 t/ha“ [7] (slide 25) „Počet rostlin a počet klasů v optimální hustotě porostu daná počtem vysévaných klíčivých obilí na jednotku plochy u většiny odrůd je v rozmezí 400-500“ [9] (str. 19)



2.2.3 Protipatření

2.2.3.1 Káně lesní

„Aby si káně udržela dobrou kondici, snaží se denně ulovit sedm až devět hlodavců.“ [3] „Průměrný počet hnízdicích párů se odhaduje na 26.4 párů na 100 km². Spotřeba jedné kání je asi 20 % hmotnosti těla, což je u samce 160 g (denně 5 hrabošů – 1 hraboš 30 g), u samice 180 g (denně 6 hrabošů). $(26 * 5) + (26 * 6) = 286$ hrabošů denně. Káně lesní je převážně stála a je tedy možnost počítat s 365 lovnými dny, ovšem v zimních měsících se podle ŠEVČÍK (1980) snižuje příjem hrabošů na 51 %. Celkem tedy uloví $((245 * 226) + (120 * 146)) = 72\,890$ hrabošů za rok dospělá káně lesní na 100km².“ [1] (str. 43 a dále)

2.2.3.2 Kultivace půdy

Hraboši totiž žijí kousek pod povrchem a hluboká orba je vyorá. Zase jich část umře. Za orbou pak létá spousta ptáků, kteří se těmi mrtvolkami hlodavců živí. Troufnu si říct, že u hluboké orby se zničí tak 50 procent hlodavců na poli. Jenže ne všichni tu hlubokou orbu dělají, protože je náročnější na čas i peníze. [10]

2.2.3.3 Jedy

Typický velmi účinný jed pro hubení hraboše je STUTOX. „Při dodržení návodu k použití dosahuje účinnost 95 %. Při správné aplikaci není nebezpečný pro necílové organismy. Spolehlivě účinkuje již během několika hodin. Nízká cena – nízké náklady. Doporučená dávka 2 kg/ha“ [11]

2.3 Zdroje

[1] Diplomová práce – Mendelova univerzita v Brně Agronomická fakulta – Ústav zoologie, rybářství, hydrobiologie a včelařství – Bc. Renáta Seligová

[2] <https://www.agromanual.cz/cz/atlas/skudci/skudce/hrabos-polni>

[3] <https://www.myslivost.cz/Casopis-Myslivost/Myslivost/2008/Unor---2008/Ortodoxni-lovci-drobnych-hlodavcu>

[4] <https://www.novinky.cz/veda-skoly/clanek/zoolog-hrabosum-se-nedari-lepe-nez-jindy-zemedelcum-nerozumim-40293629>

[5] https://theses.cz/id/qfu6jk/magisterka_24_final.pdf

[6] <http://www.forumochranyprirody.cz/psenice-nebo-jecmen-distribuci-tri-druhu-nasich-hlodavcu-ovlivnuji-jejich-potravni-preference>

[7] http://tgacv.cz/biologie/files/pr/Psenice_obecna.pps

[8] <http://balagan.info/wp-content/uploads/Winter-Wheat-Growth-Cycle.jpg>

[9]

https://wstag.jcu.cz/StagPortletsJSR168/PagesDispatcherServlet?pp_destElement=%23ssSouboryStudentuDivId_2177&pp_locale=cs&pp_reqType=render&pp_portlet=souboryStudentuPagesPortlet&pp_page=souboryStudentuDownloadPage&pp_nameSpace=G223848&soubidno=129935

[10] <https://www.novinky.cz/domaci/clanek/havirovsti-zemedelci-vymysleli-novy-pristroj-na-hrabose-cili-na-prevenci-40300433>

[11] <http://www.agrochema-shop.cz/rodenticidy/115-stutox-i.html>

2.4 Výběr technologií

Program byl implementován podle zadání v programovacím jazyce C++ na systému Linux. Což nám velmi vyhovuje, protože pro oba v týmu je to známý jazyk a umožňuje snadnou práci s pamětí. Taktéž je velmi rychlý, což se nám hodí, když využíváme spoustu výpočtu nad velkou maticí například (viz. implementace).

3. Koncepte

Koncepte vychází z již zmíněných informací výše. Celé pole celulárního automatu do rozměrů reprezentuje reálné orné pole o velikosti 1 hektar. Kde každá buňka reprezentuje prostor o velikosti 1 m² a její vlastnosti se mění v závislosti na čase. Obsahuje počet hrabošů v dané oblasti (v norách) a počet jídla. Simulujeme zasetí pšenice ozimé a její sklizeň, taktéž její zničení hraboši. Dále je možné přes parametry programu nastavit úroveň dravců, kde simulujeme náhodné nálety na oběti. A také nastavit čas události, která hubí hraboše, resp. kultivace půdy nebo nasazení jedů včetně účinnosti v daný okamžik, tj. simulace za určitého počasí nebo různou úroveň koncentrace. Poslední důležitou roli hraje samotný hraboš, který putuje po poli s cílem najít potravu. Hraboš se dožívá 2 let, pokud není sežrán nebo vyhuben, ale může i více s určitou pravděpodobností. Dále se může reprodukovat a mít až 7 vrhů ročně po 1-10 kusech, kde zhruba 3/5 jsou samci a 2/5 samice. Po dobu úrody na poli si hraboš pomalu nosí zásoby jídla do své nory, kde přes zimu je z těchto zásob živěn. V případě, že mu zásoby dojdou, poté hraboš do pár týdnů umírá na vyhladovění. Jinak hraboši umírají ve velkém počtu v zimě na choroby, vyšší stres atd. Po třech letech je šance na populační explozi hrabošů způsobenou mírnou zimou, kde hraboši nevymřou v takovém množství, jak je očekáváno a vznikne velké množství populace již na jaře místo podzimu. Čas v simulaci je diskrétní a jedna interace je v přepočtu na reálný čas o délce jeden týden.

4. Architektura simulačního modelu

V našem simulátoru jsme implementovali 3 třídy, které reprezentují hlavní aktory v simulaci. Hlavní třída fieldArea reprezentuje celé pole o velikosti jednoho hektaru. Obsahuje atribut matice celulárního automatu, který reprezentuje pole o velikosti 1 hektar (s rozměry 100x100 buňek). Dále obsahuje atributy potřebné pro predikování stavu v další interaci. Jako je aktuální rok, týden v roce, populace, pomocné proměnné pro simulování mírné zimy, počet predátorů a jejich zabití, týdný aplikace jedů a jejich účinnost. Další třídou je prostor pole reprezentovaný buňkou celulárního automatu fieldCell (reprezentuje oblast o velikosti 1 m²), která obsahuje počet hrabošů a jídla (resp. počet rostlin) na daném území. Poslední třídou je samotný hraboš, který je reprezentován pohlavím, věkem, stavem těhotenství (využitou pouze u samic), počtem vrhů v roce a zásobou jídla na zimu, kterou si nastrádal během roku.

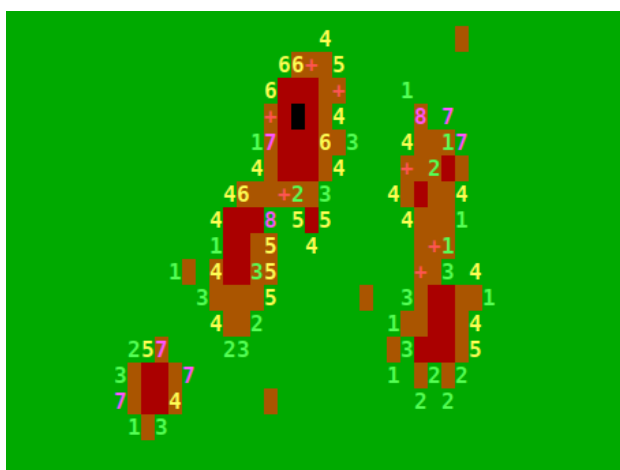
Na začátku roku (resp. okolo 12 týdne) se zaseje pole a začne růst pšenice. Každý hraboš začne konzumovat pšenici a pohybovat se po poli směrem k většímu množství potravy. Pokud je vyhodnoceno více cest k lepší potravě, potom se vybere jedna náhodně. Počet jídla je reprezentován počtem klasů v dané oblasti tj. 350-450 podle zjištěných informací. Postupně jak obilí roste je spočítán přírůstek na klas, který je vynásoben počtem klasů a spočítán celkový počet jídla v dané oblasti, která mohou hraboši konzumovat. Vzorec pro výpočet úbytku klasů na metr je $k = k - ((s / f) * h)$, kde „k“ je počet klasů, „h“ je počet hrabošů, „f“ fáze obilí (váha celé rostliny ve fázi růstu v daném týdnu) a „s“ je počet kolik hraboš zkonsumuje, tj. cca 30 g. Jak si lze povšimnout, počítáme s tím, že hraboš, pokud sní pouze část rostliny, tak ji bereme jako zničenou a dále s ní nepočítáme. Pokud se hraboš může pohnout za lepší potravou, je směr vybrán náhodně. Na podzim je pole sklizeno a hraboši nemají na poli potravu, tudíž běhají nepředvídaně (simulace náhodného pohybu po poli,

bloudění za potravou, aby přežili co nejdéle). Až nastane zima, hraboši se uchýlí do nor a přečkávají zimu (tudíž se nehýbou).

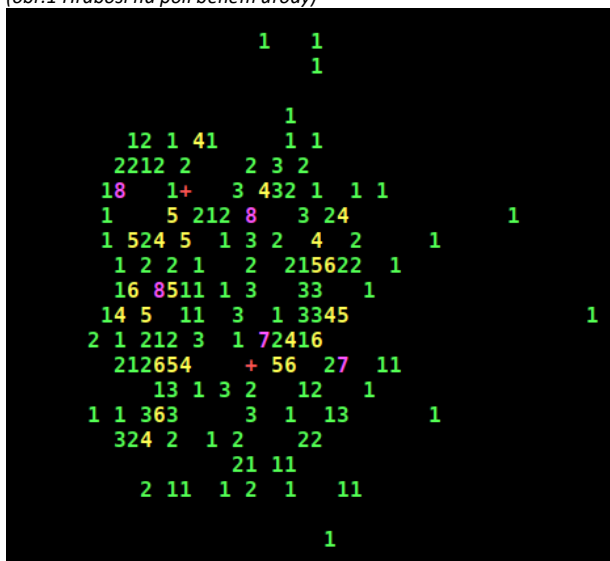
Dále je v programu implementováno hubení dravci, kde jejich počet je zadán jako parametr a počet jejich zabití za týden také. Predátoři zabíjejí hraboše v závislosti na jejich počtu, takže zadané číslo není definitivní, ale pouze určuje pomyslný strop. Pokud počet hrabošů bude zvýšený budou zabíjet se 100 % efektivitou, jinak program vypočítá pomyslný koeficient v závislosti na aktuálním období a počtu hrabošů a výsledný počet zabití je dán vzorcem (predátoři * zabití * koeficient). Samotné zabíjení poté probíhá náhodně. Nejprve se vybere náhodná oblast, ve které jsou hraboši a z nich se poté vybere náhodná oběť.

Hubení hrabošů jedy je také bráno jako parametr programu včetně jejich efektivnosti. V cyklu jednotlivých interakcí, pokud detekujeme týden aplikování jedy, tak každého hraboše zahubíme s pravděpodobností podle efektivty jedy + je implementováno náhodné rozmezí 3 %.

Výpis je realizován do terminálu celého pole 100x100, kde barva pozadí reprezentuje úrodu na poli (červená = zdravá, žlutá = poničená, černá = velmi poničená, žádná = skoro vše zničené). Hraboši jsou reprezentováni číslem v daném poli, kde, pokud není žádné číslo znamená, že na daném m² se nenachází žádný hraboš. Číslem 1-9 je reprezentován počet hrabošů 0-9 a znakem „+“ je reprezentován počet 10 a více. Viz následující ukázky.



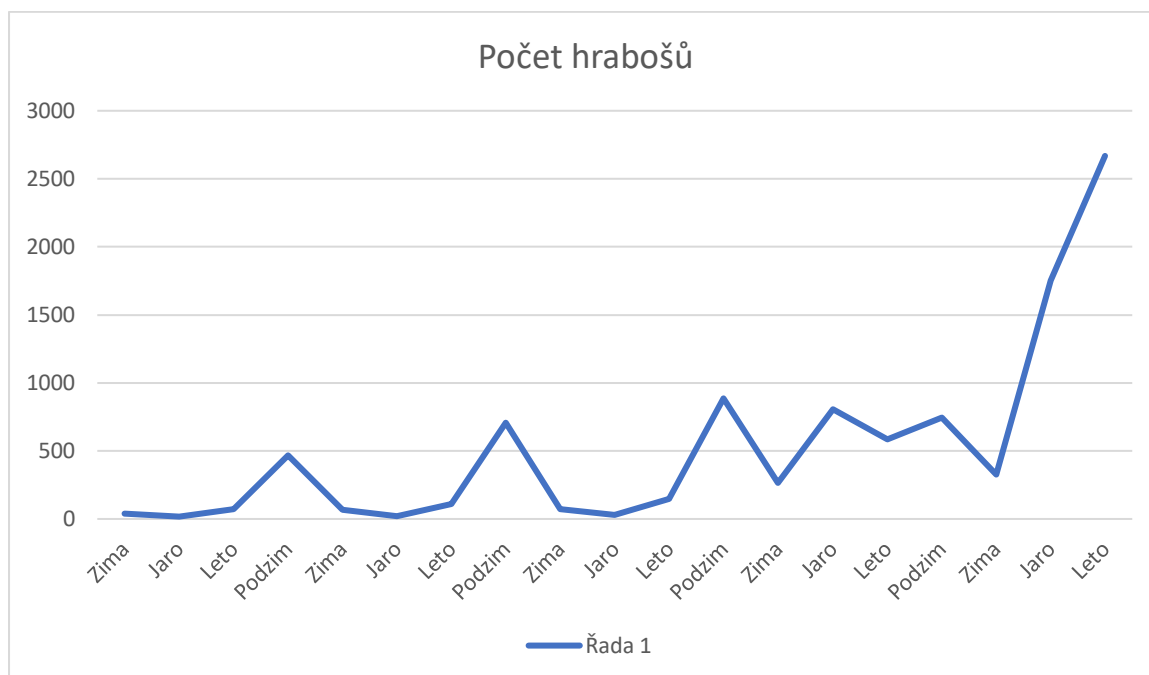
(obr.1 Hraboši na poli během úrody)



(obr.2 Hraboši v zimě)

5. Simulace

Naší prvním experimentem bylo otestovat expanzi hrabošů na poli s průměrným počtem dravců a s typickou orbou, tedy jednou ročně před setím. Test byl spuštěn opakovaně 10x se stejnými parametry a průměrný výsledek by zaznamenán v následujícím grafu. Můžeme zde pozorovat fakt, masivní expanze hrabošů hlavně na podzim a jak důležitou roli v jejich regulaci hraje zima. Všimněme si, že poslední zimy v grafu jsou slabší a způsobují enormní počty v následujících obdobích. Experiment je proveden na základě tvrzení ze zdroje č. 5 kapitola 1.5 „Průběh vegetačního období“ strana 5, že „populace na začátku produkčního období je ovlivněna především zimní mortalitou.“. Experiment dopadl podle očekávání. (make exp1)



5.1 Spuštění programu

Parametry:

- i <číslo> Spustí program s max počtem interací, jinak neomezený strop.
- h <číslo> Počet hrabošů na začátku programu.
- p <číslo> Počet dravců
- z <číslo> Počet zabití hrabošů dravcem za týden
- t <číslo,čís...> Definování týdnu kdy dojde k aplikaci jedů. Týdny oddělovat čárkou v případě více týdnů, jinak může být i jedno číslo.
- e <číslo,čís...> Definování účinnosti jedu (v procentech) na indexu odpovídajícím v parametru „-t“ tzn. Tyto přepínače musí mít stejnou délku.

Program lze přeložit příkazem „**make**“. Poté lze jednoduše volat přímo program s libovolnými parametry (například ./hrabosi -h 40 -t 10,30,50 -e 50,20,50 -p 1 -z 8). Spuštění experimentu ple provést **make exp1**.

6. Závěr

Simulace přírody je velmi náročná a složitá problematika, jelikož vše na sobě závisí a nejsme schopni všechny tyto prvky simulovat v tak velké míře. Dokonce v dnešní době i velké instituce nejsou schopni predikovat přírodní jevy dopředu s určitostí. Hezkým příkladem může být předpověď počasí. Pouze určit množinu důsledky nějakého jevu, který by mohl nastat.

Výsledek naší práce bych hodnotil pozitivně, protože naše naměřené a testované hodnoty se od tabulkových příliš neliší. Také chování a simulace jevů funguje dle očekávání. Materiály byly přehledné a velmi přínosné. Celkově nás projekt velmi bavil.