

Udržitelnost středověkého obchodu

Tomáš Drvoštěp, xdrv00@vse.cz

Úvod

Cílem tohoto modelu je pomocí multiagentní simulace prozkoumat, jakým způsobem mohl fungovat středověký obchod. Teoretickým východiskem modelu je článek Milgrom et al.¹, ve kterém autoři modelovali obchodní styky obchodníků ve středověku jako věžňovo dilemma, tj. situaci, kdy má každá strana důvod protistranu podvést (např. nedodat zboží požadované kvality, nezaplatit řádně a včas apod.). Pro neko-
nečně opakované hry se jako velmi výhodná jeví strategie tit-for-tat; realita středověkého obchodu však neodpovídá situaci, kdy by se obchodník stále potýkal jen s velmi omezeným počtem obchodníků a mohl se orientovat pouze dle své osobní zkušenosti s nimi.

Ve svém článku navrhli strategii, která je, na rozdíl od strategie tit-for-tat, vhodná pro agenty čelící velkému počtu různých protihráčů. Řešením je strategie nazvaná adjusted-tit-for-tat, která se opírá o existenci dostupných informací o minulých akcích obchodníků. Tuto službu údajně měl zprostředkovat tzv. Law Merchant. Law Merchant, pokud byl přizván k dohlížení průběhu obchodu, podvodníkům uděloval pokuty, které ovšem nebyly vymahatelné kvůli absenci státního aparátu a které se zaznamenávaly do veřejného „registru“ a byly pak přístupné ostatním zájemcům o informace.

Tento model je vychází z procedur modelu věžňova dilematu Wilensky (2002)², který je součástí distribuce NetLoga.

1 Jak to funguje?

Na hrací ploše se náhodně pohybuje množství agentů, kteří spolu při setkání hrají věžňovo dilemma. Výchozí výplaty ukazuje následující matice:

Turtle's Action	Partner's Action		(C = Cooperate, D = Defect)
	C	D	
C	2	-3	
D	3	0	

¹Milgrom, Paul R., Douglass C. North a Barry R. Weingast. The role of institutions in the revival of trade: the Law Merchant, private judges, and the Champagne Fairs. *Economics and Politics*. 1990, vol. 2, issue 1, s. 1-23. DOI: 10.1111/j.1468-0343.1990.tb00020.x.

²Wilensky, U. (2002). NetLogo PD N-Person Iterated model. <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/models/PDN-PersonIterated>. Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern Institute on Complex Systems, Northwestern University, Evanston, IL.

Po každé hře si agent v závislosti na výsledku upraví svoje aktuální bohatství (“score”). Pokud bohatství spadne pod 0 (včetně) agent se přestane na tomto trhu angažovat / umírá.

Chování agentů ovlivňuje jim přiřčená strategie (“strategy”) a jejich diskontní faktor ($0 < \delta < 1$). Zadefinovány jsou dva druhy agentů. Modří (hrající strategii “adjusted-tit-for-tat”) a oranžoví (hrající strategii, kterou jsem nazval “regular”; popsáno později).

a) Modří agenti mají přístup do globálního listu neuhrazených pokut (“debts”) a pokud se setkají s protihráčem, který má neuhrazené pokuty, hrají strategii D (za jiných okolností kooperují). Existují dvě možnosti jak získat pokutu (platí pro všechny agenty).

1) Pokutu agent dostane, pokud ve hře, které se účastnil alespoň jeden modrý hráč, podvedl svého protihráče, který kooperoval.

2) Pokutu agent dostane, pokud ve hře, které se účastnil alespoň jeden modrý hráč, podvedl svého protihráče, který taky podváděl a zároveň neměl žádné neuhrazené pokuty.

Po obdržení pokuty se každý agent dobrovolně rozhodne, zda ji zaplatí a zbaví se tak stigma podvodníka. Toto rozhodnutí je odvislé od jeho diskontního faktoru a agent platí pokuty, pokud jsou menší než $2 \cdot \delta / (1 - \delta)$. Tedy trpělivější agent je ochotnější platit pokuty, protože častěji hraje kooperativní akci; krátkozrací podvodníci nejsou ochotni nést náklady pokuty, když stejně chtějí podvádět (pocitují malou hodnotu v ziscích z dlouhodobé kooperace).

b) Oranžový agent spolupracuje v každém kole s pravděpodobností δ .

Modří agenti tedy předpokládají, že systém pokut je dostatečným mechanismem k rozpoznávání potenciálních podvodníků, řídí se plně podle neuhrazených pokut protihráče.

2 Ovládání

2.1 Tlačítka

SETUP – Sestav výchozí prostředí modelu.

STEP – Proved jeden krok modelu.

GO – Spust model.

CREATE REGULS – Vytvoří novou vlnu oranžových agentů.

2.2 Posuvníky

NUM-REGUL – Počáteční počet oranžových agentů. Výchozí hodnota 100.

NUM-ATFT – Počáteční počet modrých agentů. Výchozí hodnota 100.

DELTA-PLUS – Maximálně o kolik se v každém kroku modelu zvýší δ oranžových agentů. Výchozí hodnota 0.

DELTA-MINUS – Maximálně o kolik se v každém kroku modelu zvýší δ oranžových agentů. Výchozí hodnota 0.

DELTA-REG – Určuje průměrnou hodnotu oranžových agentů. K tomuto číslu se přičte číslo od -0.25 do 0.25 . Výchozí hodnota 0.55.

SPAWN-NUM – Kolik nových oranžových agentů s výchozím skóre rovným aktuální hodnotě `init-wealth` a s výchozí deltou podle aktuální hodnoty proměnné `delta-reg`.

C-C – Výplata v případě vzájemné kooperace, výchozí nastavení 2.

C-D – Výplata v případě, že agent kooperoval, ale druhý jej podvedl, výchozí nastavení -3.

D-C – Výplata v případě, že agent podváděl, ale druhý kooperoval, výchozí nastavení 3.

D-D – Výplata v případě vzájemného podvádění, výchozí nastavení 0.

OPORTUNISM – Tato proměnná zvyšuje či zavádí pravděpodobnost, se kterou všichni agenti hrají akci D bez ohledu na chování protihráče. Výchozí hodnota 5 %.

LAW-MERCHANT-COST – Výše dodatečného nákladu, který zaplatí každý modrý agent po každé hře. Výchozí nastavení 0.15.

COST-OF-LIVING – Výše nákladů, které platí všichni agenti každé kolo. Výchozí nastavení 0.15.

INIT-WEALTH – Počáteční hodnota score každého agenta. Výchozí hodnota 50.

PUNISHMENT – Výše pokuty, která se uděluje za porušení pravidel. Výchozí hodnota 3.11.

2.3 Grafy

AVERAGE SCORE – Vykresluje průměrné skóre aktivních / žijících modrých a oranžových agentů.

AVERAGE DELTA – Vykresluje průměrný diskontní faktor aktivních / žijících modrých a oranžových agentů.

AVERAGE DEBTS – Vykresluje průměrnou hodnotu neuhrazených pokut aktivních / žijících modrých a oranžových agentů.

NUMBER OF MERCHANTS – Vykresluje počet aktivních / žijících modrých a oranžových agentů.

Další informace viz text přiložený v modelu samotném.

3 Výsledky

Jako stěžejní a interpretačně nejzajímavější jsou patrně proměnné zohledňující diskontní faktor a výši pokut. Obrázky níže (1) ukazují, jak se změna jednoho z těchto parametrů projeví ve výplatách agentů (pro ostatní parametry platí výchozí nastavení). Simulace byly provedeny desetkrát pro 3 000 běhů (maximálně – pokud jeden z druhů agentů vyhynul, simulace končí).

Z obrázku je patrné, že vyšší diskontní faktor se obecně pojí s lepšími výsledky pro všechny agenty. Existuje optimální výše pokut, která dokáže separovat krátkozraké podvodníky, kteří jsou modrými agenty ostrakizováni, což vede k tomu, že agenti, který na trhu vydrží, mají vyšší výdělků. Hodnota těchto optimálních pokut závisí především na diskontním faktoru. Pro oranžové byla nejlepší pokuta menší než výnos z podvodu (maximum grafu 1 vpravo dole), pro modré pak hodnoty o něco vyšší než 3 (vedlejší graf) – ty zaručily, že se podvodníkům nevyplácelo na trhu setrvávat.

Obrázky na další stránce (2) ukazují průměrné hodnoty ze 100 simulací o 500 a 50 krocích (s 95% intervaly spolehlivosti). Právě tento průběh je typickým výsledkem úspěšného působení reputačního systému.

Obrázek 3 ukazuje, jak se model chová, pokud se zvyšuje počet oranžových agentů (modrých je na začátku vždy 100). Je vidět, že pro modré agenty je setkání s oranžovými agenty vždy škodlivé a tím škodlivější, čím více oranžových agentů v systému existuje. Při vyšších počtech oranžových modří nedokáží přežít trestání podvodníků, kterých je navíc tolik, že než se o každém vytvoří záznam u Law Merchant, je už pro modré agenty příliš pozdě. I tak je ovšem tato strategie nutně životaschopnější než standardní Tit-for-tat.

Závěr

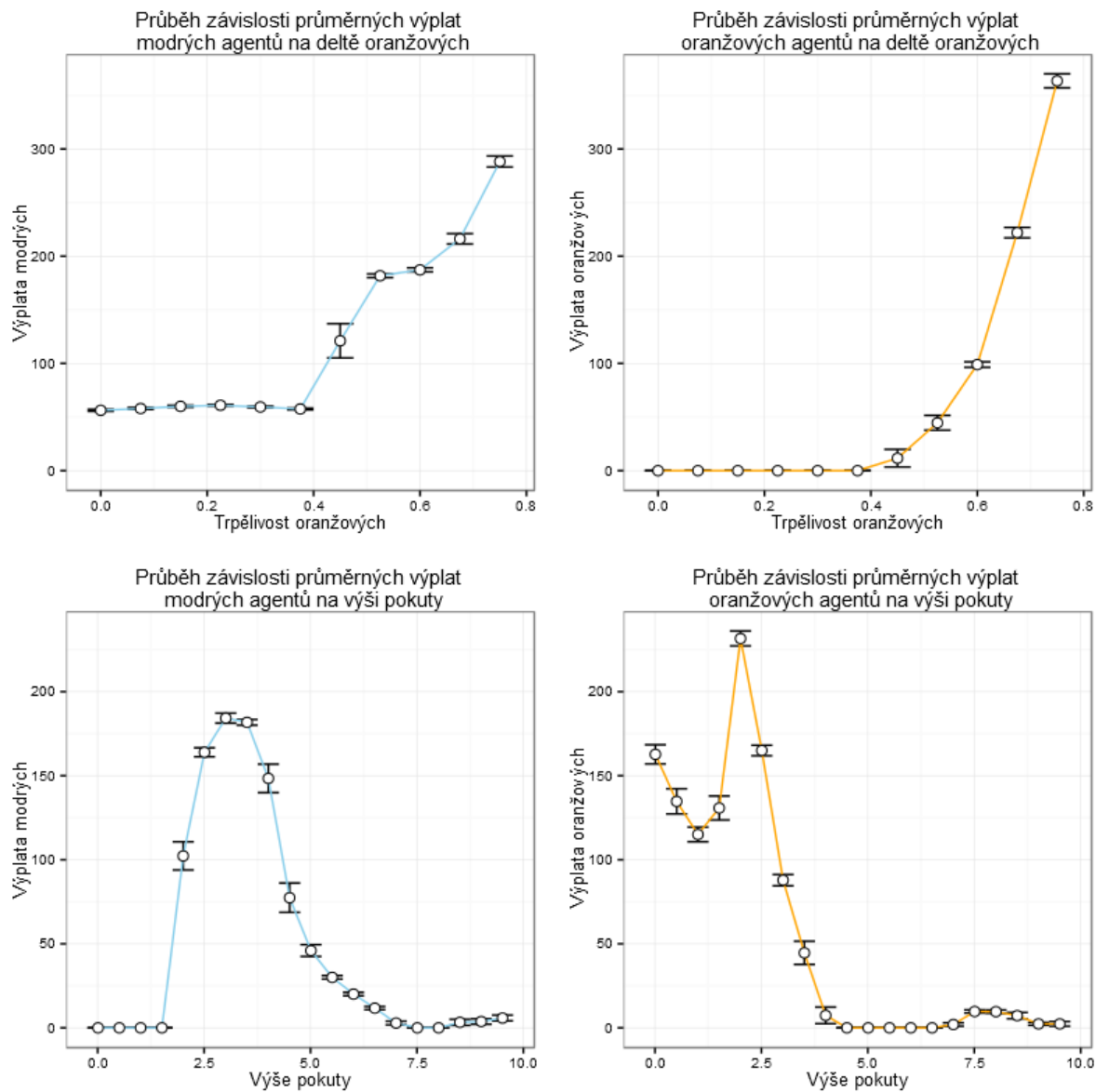
Prezentovaný model demonstruje myšlenku, že reputační systémy hypoteticky mohly přispět ke stabilitě středověkého obchodu. Správně nastavené pokuty separují krátkozraké podvodníky, kterým by se v optimu nemělo vyplatit je splácet pro udržení si dobrého jména.

Model by se dal v mnoha ohledech zlepšit. Zde bych navrhl několik možných úprav a rozšíření.

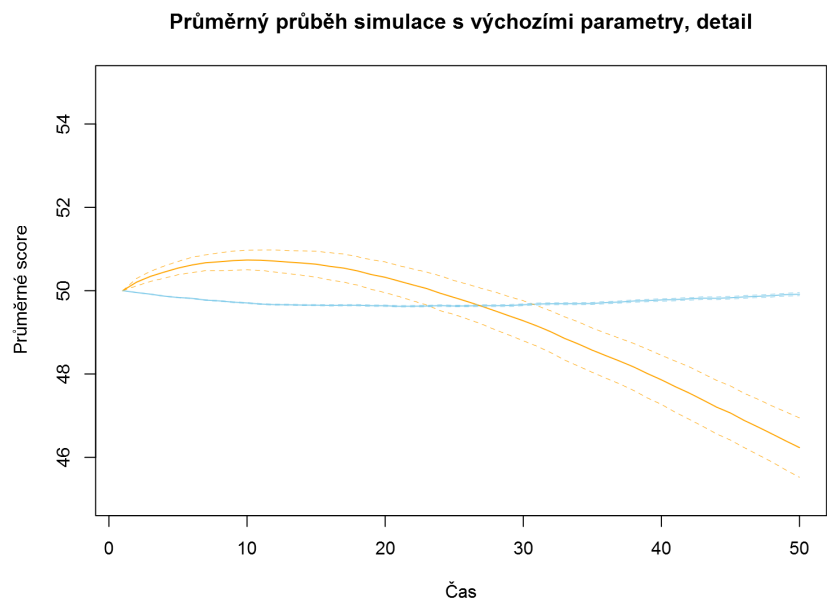
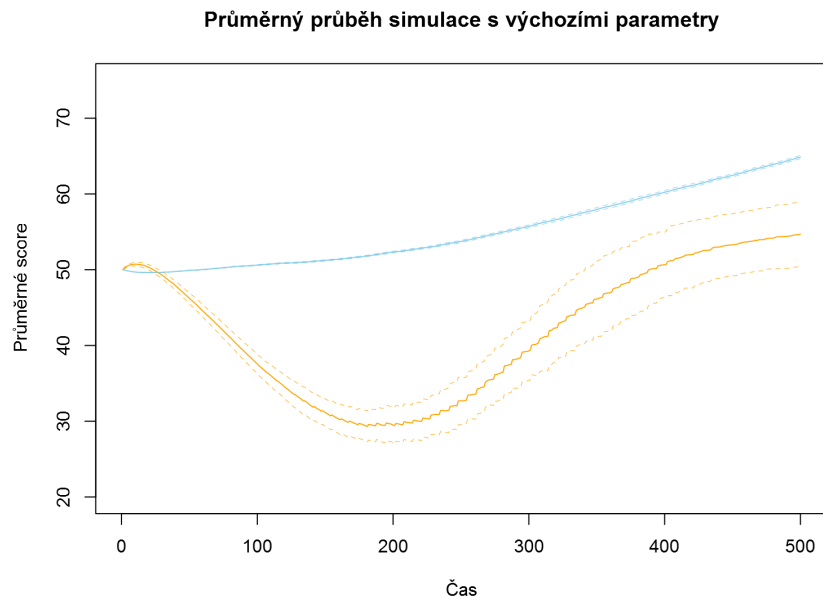
Střetávající agenti by spolu mohli hrát různě parametrizovaná věžňova dilemata. Variabilita hodnot ve výplatní matici by reflektovala skutečnost, že obchodníci se setkávali s různě velkými zakázkami. U malých obchodů by pak mohlo být lepší udržovat si dobrou pověst a podvést až u obchodů větších. To by do model činilo daleko méně předvídatelným.

Není na první pohled zřejmé, proč by „kooperující modří“ měli s oranžovými obchodovat. Např. obrázek 3 vypovídá proti tomu, aby se modří chtěli s oranžovými stýkat. Bylo by proto vhodné, aby obchody mezi modrými a oranžovými byly esenciální pro přežití obou skupin či se pojily s vyššími payoffy. Pokud by počet obchodníků jedné strany klesl blízko k nule, cena jejich zboží by měla vzrůst apod.

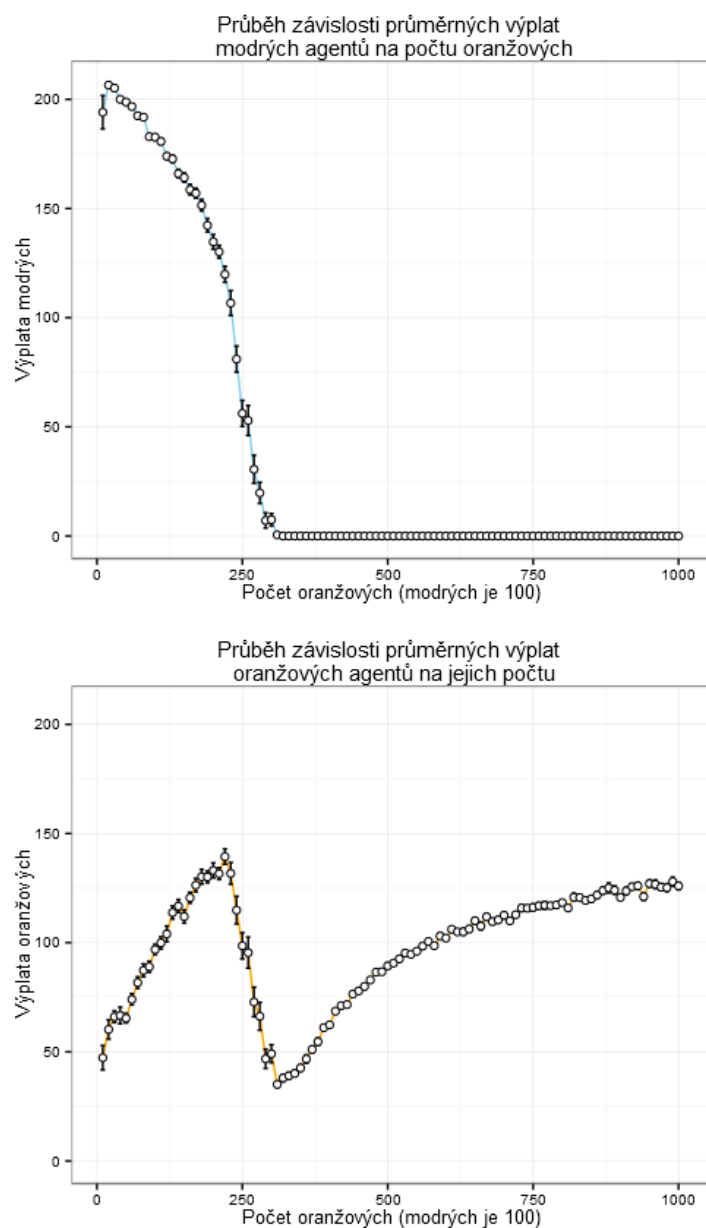
Trpělivost agentů by se mohla dynamizovat, např. podle historie akcí protihráčů agenta apod. Rovněž by se do modelu mohli zařadit agenti používající parametr pro trpělivost sofistikovanějším způsobem, než zavedení agentů regular.



Obrázek 1: Vrchní grafy ukazují závislost průměrných výplat na trpělivosti oranžových agentů. Lze vidět, že trpělivější agenti znamenají vyšší výplatu pro všechny. Spodní grafy ukazují závislost průměrné výplaty na výši pokut. Optimální pokuta musí být dostatečně velká, aby se podvodníkům nevyplatilo ji platit, ale zároveň dost nízká, aby ojedinělý podvod trvale nevyřadil jinak kooperující agenty. Simulace trvala max. 3 000 kroků, průměry jsou z 10 opakování (s 95% intervaly spolehlivosti).



Obrázek 2: Obrázek ukazuje průměry sta simulací modelu při výchozím nastavení. Zpočátku oranžoví agenti zneužívají kooperativní tendenci modrých (obrázek níže, detail), nicméně mechanismus pokut a reputace po čase neškodlivější oranžové vyřadí (horní obrázek).



Obrázek 3: Obrázky ukazují vliv počtu oranžových agentů na průměrné výplaty. Pro modré agenty jsou situace, kdy je oranžových agentů $3\times$ tolik zhoubné. Až do poměru 2:1 se nachází celkem rovnovážné stavy. Protože simulace běžela pouze max. 3 000 ticků, spodní graf *zdánlivě* nasvědčuje tomu, že komunity složené pouze z oranžových se pojí s vysokými výplatami. Trhy s výhradně oranžovými agenty ale nemohou být stabilní, vydrží obvykle 10 až 30 tisíc kol. a pak se zhroutí. Hodnoty jsou průměry z 30 simulací (s 95% intervaly spolehlivosti).