

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Přírodovědecká fakulta

Simulace vlivu reklamy na uživatele sociálních sítí

Bakalářská práce

Jakub Alinče

Školitel: Ing. Jiří Jelínek, CSc.

České Budějovice 2015

Bibliografické údaje

Alinče, J., 2015: Simulace vlivu reklamy na uživatele sociálních sítí. [Simulation of the influence of advertising on social net users. Bc. Thesis, in Czech.] – 56p., Faculty of Science, University of South Bohemia, České Budějovice, Czech Republic.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá modelováním a simulací pomocí multiagentního přístupu. V práci je navržen model sociální sítě s následnou simulací šíření a vlivu reklamy na její uživatele. Model je vytvořen pomocí nástroje AnyLogic, v kterém probíhají simulace tohoto systému. Experimenty prováděné s modelem, se zaměřují na průběh šíření reklamy nějakého produktu mezi uživateli sociální sítě. Uživatelé, mohou být následně ovlivněni k nákupu produktu ostatními aktéry v síti.

Abstract

This thesis deals with modeling and simulation with the help of a multiagent approach. A model of a social net was designed, followed by a simulation of deployment, including the influence of advertisements on users. This model was constructed with the help of the AnyLogic tool, where the simulation ran continuously. Experiments carried out with this model were focused on spreading advertisements of a particular product amongst network users. Users could therefore be influenced by other users of this network.

Klíčová slova

model, simulace, agent, sociální síť, reklama

Key words

model, simulation, agent, social network, advertisement

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury. Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejich internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátu.

V Českých Budějovicích, dne 23.4.2015

Podpis:

Jakub Alinče

Poděkování

Rád bych poděkovat svému školiteli Ing. Jiřímu Jelínkovi, CSc. za cenné rady při řešení potíží s bakalářskou prací a také za jeho trpělivost.

Obsah

1	ÚVOD A CÍLE PRÁCE	1
1.1	ÚVOD	1
1.2	CÍLE PRÁCE	2
2	MULTIAGENTNÍ MODELOVÁNÍ.....	2
2.1	AGENT	2
2.1.1	<i>Typy agentů</i>	<i>4</i>
2.2	AGENTNÍ SYSTÉM	5
2.2.1	<i>Prostředí.....</i>	<i>5</i>
2.2.2	<i>Multiagentní systém.....</i>	<i>5</i>
2.2.3	<i>Vztahy mezi agenty</i>	<i>6</i>
2.2.4	<i>Multiagentní modelování.....</i>	<i>7</i>
3	MODELOVÁNÍ SOCIÁLNÍCH SÍTÍ	8
3.1	ÚVOD A HISTORIE SOCIÁLNÍCH SÍTÍ	8
3.1.1	<i>Rozdělení sociálních sítí podle účelu.....</i>	<i>9</i>
3.2	STRUKTURA SOCIÁLNÍ SÍTĚ	10
3.2.1	<i>Relace</i>	<i>10</i>
3.2.2	<i>Reprezentace sociální sítě</i>	<i>11</i>
3.2.3	<i>Základní vlastnosti sítí a aktérů</i>	<i>15</i>
3.3	MODELY KOMPLEXNÍCH SÍTÍ.....	18
3.3.1	<i>Model náhodné sítě.....</i>	<i>18</i>
3.3.2	<i>Small-world model sítě.....</i>	<i>19</i>
3.3.3	<i>Modely bezškálové sítě</i>	<i>20</i>
4	MODEL SOCIÁLNÍ SÍTĚ A VLIV REKLAMY NA JEJÍ UŽIVATELE.....	21
4.1	OKNO PRO NASTAVENÍ MODELU	22
4.2	SIMULAČNÍ OKNO.....	24
4.3	AGENT	25

4.3.1	<i>Vlastnosti agenta</i>	25
4.3.2	<i>Chování agenta</i>	27
4.4	PRŮBĚH SIMULACE	36
5	OVĚŘENÍ FUNKČNOSTI MODELU	37
5.1	ZÍSKÁNÍ REÁLNÝ DAT	37
6	EXPERIMENTY	40
6.1	EXPERIMENT ČÍSLO 1	41
6.2	EXPERIMENT ČÍSLO 2	46
7	ZÁVĚR	50
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	51
	SEZNAM OBRÁZKŮ	55

1 Úvod a cíle práce

1.1 Úvod

Sociální sítě jsou v dnešní době velice aktuálním tématem. Zejména mladí lidé používají tento fenomén. Hlavní využití sociálních sítí je hledání nových kontaktů, komunikace a sdílení informací pomocí internetu. Vezme-li se v úvahu, kolik lidí denně přistupuje na své uživatelské profily, za účelem získat, sdílet či poslat nějaké informace, může nás napadnout nejedna myšlenka, jak toho využít v oblasti marketingu. A to si také uvědomilo mnoho firem, které se tímto prostředkem snaží zviditelnit, ať už je to vlastní profil na síti či komerční reklama.

Tato práce se zabývá simulací chování uživatelů sociálních sítí, kteří zakoupili určitý produkt a chtějí se s ním pochlubit svému známému. Takovéto předání informace se v marketingu nazývá „word-of-mouth“ neboli slovo z úst. U tohoto druhu reklamy, je obtížné určit, kolik lidí se o produktu dozvědělo přes své známé a kolik z nich určitý produkt zakoupilo. Jedna z možností, jak ztvárnit tento proces, je vytvořit simulační model sociální sítě.

Práce se konkrétně zabývá tzv. multiagentním modelováním, které je popsáno v teoretické části. Dále jsou vysvětleny základní pojmy důležité k pochopení celého zkoumaného problému. Kromě již zmíněné části o multiagentním modelování, popisuje teoretická část vlastnosti, funkce a prvky pro reprezentaci sociální sítě. Po té jsou popsány konkrétní modely komplexních sítí. V praktické části, je pak navržen a implementován model sociální sítě. Akteři v této síti, jsou její uživatelé, kteří společně navazují přátelské vztahy, podle určených kritérií. Na základě těchto vztahů probíhá komunikace, výměna informací a vzájemné ovlivňování uživatelů. V další části pak probíhají testy a experimenty s vytvořeným modelem s cílem, nasimulovat šíření a vliv reklamy mezi uživateli sociální sítě.

1.2 Cíle práce

1. Seznámení s principy multiagentního modelování.
2. Rešerše zdrojů na téma přístupů k modelování sociálních sítí – (příklady modelů).
Analýza dostupnosti reálných dat pro danou oblast.
3. Navržení konceptuálního multiagentního modelu sociální sítě s cílem simulace vlivu a dopadu reklamy na uživatele sociálních sítí.
4. Implementace simulačního modelu – popis modelu, funkce, použití.
5. Ověření modelu na cvičných datech. Pokusit se získat reálné údaje pro nastavení modelu.
6. Simulační experimenty s modelem s výše uvedenými cíli. Analýza a shrnutí výsledků, zhodnocení přínosu modelu.

2 Multiagentní modelování

Tato část se zabývá vysvětlením pojmů z oboru multiagentního modelování, aby bylo docíleno lepšího porozumění daného problému.

2.1 Agent

Jak je napsáno v [8], tak na definici agenta se nelze úplně shodnout. Ale dá se říci, že agent je základním stavebním prvkem multiagentního systému [2]. Jak uvádí [1], pro lepší pochopení tohoto elementu, si ho lze představit, jako počítačový systém s autonomní činností. Autonomní činností je myšleno, že je agent schopen se rozhodnout a chovat se na základě svých znalostí, dosáhnout cílů i bez vnějšího zásahu, to znamená pouze s interakcí s prostředím, ve kterém se nachází. Takový systém má nějaké vstupy, přes které dostává informace, následně je zpracuje, vyhodnotí a reaguje na ně. Ale ne každý vykonává pouze tyto základní operace (vstup, zpracování, výstup), ale mnozí se potřebují učit. To znamená,

že potřebují být v kontaktu se svým prostředím a vzájemně na sebe působit. Takto interagující agenti se nazývají „Racionální agenti“. Z toho vyplývá, že se nacházejí v nějakém prostředí, pomocí senzorů ho snímají a na základě vlastního rozhodnutí mohou vykonat nějakou činnost, která toto prostředí může ovlivnit.

Prostředí agenta může být buď fyzické (robot v místnosti) nebo virtuální (agent v počítačovém systému). I když agent dokáže ovlivňovat své prostředí, nedokáže ho celé řídit, protože se v něm často nalézají další agenti, kteří se ho taktéž pokoušejí měnit [1].

V literatuře [8] se uvádí definice agenta podle Wooldridge: *Agent je počítačový systém, který se nachází v nějakém prostředí, je schopen autonomní činnosti v tomto prostředí za účelem splnění cílů.* Dále Wooldridge rozlišuje mezi agentem a inteligentním agentem, který musí být reaktivní, proaktivní a sociální (viz. dále).

Publikace [7] uvádí, že racionální konání je takové, aby agent dosáhl určitého cíle. Podle tradiční umělé inteligence je bráno racionální chování agenta skrze jeho znalosti. Za jakých okolností a v zájmu jakých cílů se rozhodne, jak se zachová.

Pojem poznání racionálního agenta je popsán v [7] takto:

- dokáže rozeznat konečně mnoho stavů svého prostředí
- disponuje konečným arzenálem způsobů jak konat, tj. souborem svých aktivit, kterými má možnost měnit stavy svého prostředí
- disponuje určitým souborem přesvědčení, že vykonáním určité aktivity přivede své prostředí do určitého stavu
- preferuje určité stavy svého prostředí před jinými z hlediska svých cílů
- pozná užitečnost vykonání určité aktivity v určitém stavu svého prostředí pro dosažení svého cíle

Charakteristiky agenta [6]:

- **Autonomnost:** Agent je schopen řešit úlohy i bez nutného kontaktu s okolím, ale je schopen komunikovat, koordinovat činnosti či spolupracovat dalšími agenty v rámci určité komunity. Komunity mohou jednotlivý agenti opouštět nebo naopak do ní vstupovat noví. Mohou také požadovat či poskytovat výsledky.
- **Reaktivita:** Schopnost agenta reagovat na podněty z prostředí.
- **Proaktivita:** Vlastnost, která umožňuje agentovi měnit prostředí, aby získal nějakou výhodu.
- **Intencionalita:** Za intencionalitu lze považovat naplánování dlouhodobého cíle, formulace vlastních plánů, jak k těmto cílům dospět s využitím svých úsudků.
- **Sociální chování:** Agenti navzájem spolupracují, aby dosáhli společných cílů, udržují informace o dalších agentech a vytváří si o nich vlastní úsudky. Vytvářejí týmy a koalice, z kterých by mohli mít nějaký prospěch.

2.1.1 Typy agentů

V této části je uvedeno základní rozdělení agentů.

- **Reaktivní agent:** Je to nejjednodušší typ agenta. Nemá žádné vnitřní moduly pro rozhodování ani plánování a tak pracuje pouze s vnějšími podněty prostředí, ve kterém se nachází. Jeho rozhodování tedy zcela závisí na interakci s okolním prostředím. Vnitřní uzpůsobení agenta je tvořeno pouze senzory spojené s nějakou jeho činností. Pro lepší pochopení uvádí [2] příklad robotické berušky s kolečky a tykadly, která je umístěna na stole. Tykadly mapuje prostor před sebou, když se nalézá na jeho okraji, beruška změni směr.
- **Intencionální agent:** Na rozdíl o reaktivních agentů může intencionální vědomě plánovat, jak dosáhnout svého cíle [2]. Agent na základě svých vnitřních výpočtů volí různé způsoby pro dosažení svých záměrů a zároveň tím může ovlivňovat své okolí [4].

- **Sociální agent:** Tento agent si udržuje databázi znalostí ze svého okolí či iterací s jinými agenty a vyvozuje z nich záměry ve svém chování. Na rozdíl od intencionálního dokáže spolupracovat s ostatními agenty, vzájemně se ovlivňovat a na základě působení ostatních agentů dosáhnout společného cíle [4].

2.2 Agentní systém

2.2.1 Prostředí

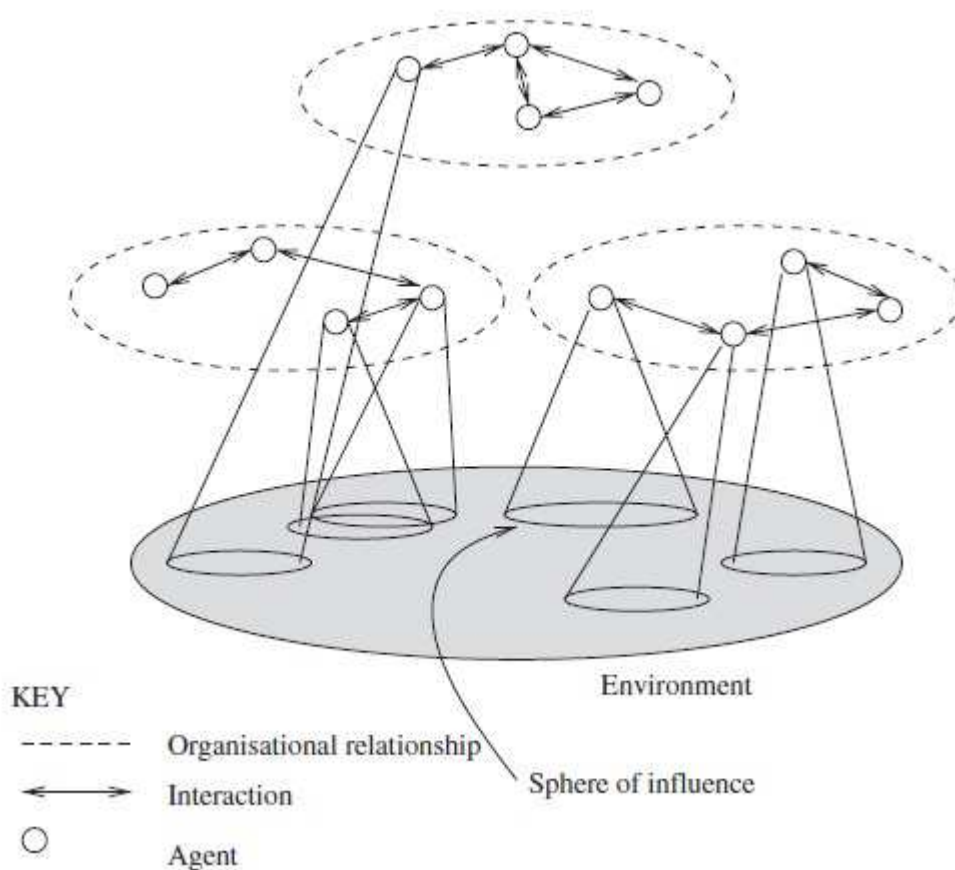
Prostředí v agentních systémech je udáváno, jako vše s čím agent přijde do styku. Tedy je to agentní systém bez prvku „agenta“ [4]. Prostředí ve kterém se agenti pohybují je virtuální svět, který nemá žádný nebo jen malý vliv na agenty, nebo může být vytvořeno detailněji jako samotní agenti. Příkladem prostředí může být nějaké místo (město, okres, stát...) nebo úplně jiný prvek např. sítě vztahů [5].

- **Plně pozorovatelné / Částečně pozorovatelné:** Pokud může agent vnímat kompletní stav prostředí, lze ho brát jako plně pozorovatelné.
- **Statické / dynamické:** Statické prostředí je takové, které se mění pouze po akcích agenta.
- **Diskrétní / Spojité:** Diskrétní prostředí má spočetné množství stavů, do kterých se může dostat. Naopak spojité jich má nekonečně mnoho.
- **Deterministické / Nedeterministické:** U deterministického prostředí lze určit následující stav na základě toho současného. Nedeterministické prostředí je takové, u kterého nelze předpovědět následující stav.

2.2.2 Multiagentní systém

Prostředí, kde se vyskytuje pouze jeden agent jsou málo častá. Z větší části se dá narazit na prostředí, které obývá více agentů tzv. „multiagentní systém“. Jak je vidět na *obr.1*, každý agent obývá nějakou jeho část a má nějakou „sféru vlivu“, kterou je schopen tuto část kontrolovat nebo i částečně řídit. Pokud se nachází v nějakém prostoru více agentů nebo se jejich sféry vlivu překrývají, taková oblast je ovládána společně. Pro samotného agenta je to

těžší, protože bude muset vzít v úvahu rozhodnutí ostatních. Dále lze na obrázku vidět, uskupení agentů do tzv. „organizačních vztahů“, kde spolu navazují vztahy a dokonce může být i jeden druhému nadřízený. Agenti o sobě získávají informace, ale může se stát, že ne každý má úplné znalosti o všech [1].



Obr.1 Struktura multiagentního systému [1]

2.2.3 Vztahy mezi agenty

Tato část se zabývá druhy vztahů, jak je popsána v [3], která se zabývá touto problematikou více do hloubky.

Koordinace: Je to proces v němž jsou přidělovány limitované zdroje a úlohy ostatním agentům, aby nebyl systém chaotický, neúčelný a dobral se cíle co možná nejlepší cestou. Některé publikace uvádí koordinaci jako komunikační proces, jehož výsledkem je racionální chování systému jako celku. Aby mohla koordinace aktivit v systému proběhnout úspěšně, musí být přítomen agent nebo agenti se sociálním povědomím o ostatních agentech, o kterých dovedou vyvodit důsledky jejich chování.

Kooperace: Při tomto procesu agenti vyjednávají a debatují s cílem dosáhnout společného řešení problému nebo konfliktu. Tito agenti mohou být řízeni centrálně nebo decentralizovaně, ale každý má svou roli, kterou musí plnit.

Vyjednávání: Je to jakýkoliv komunikační proces, který vede k dosažení dohody mezi agenty, aby bylo možné splnit nějaký cíl. Vyjednávání se využívá především, nastane-li nějaká konfliktní situace agentů dělící se o limitované zdroje.

Komunikace: Důležitým prvkem mezi agenty v multiagentních systémech je komunikace. Kooperace a koordinace jsou závislé na komunikaci mezi agenty a nebyly by bez ní možné. Komunikace je popsána jako proces v, kterém si dva nebo více agentů vyměňují informace formou elementárních komunikačních zpráv.

2.2.4 Multiagentní modelování

Účelem modelování je lépe poznat zkoumané prvky, napodobit chování nějakého systému, měnit jeho vlastnosti a pozorovat výsledky. Do modelu nelze vždy zahrnout veškeré vlastnosti z reálného světa, protože zkoumané objekty mohou být velice složité.

V mutiagentním modelování je základním prvkem agent, který vykonává akce podle vlastního uvážení, mění svoje vnitřní stavy, aby dosáhl cíle. Omezené znalosti agenta, podle kterých se rozhoduje a vykonává nějaké akce, nemusí vést k transformaci systému, tak jak očekával. Aby se agent lépe orientoval, vytváří si vlastní vnitřní model prostředí, ale v něm nejsou zahrnuty všechny části, které ovlivňují celé multiagentní prostředí [6].

3 Modelování sociálních sítí

3.1 Úvod a historie sociálních sítí

Člověk je již od narození sociální bytostí, který těžko snáší nedobrovolnou samotu, a proto ke svému životu potřebuje další lidi. Jednou z forem, do které se lidé sdružují, je podle [11] sociální skupina. Ta je tvořena živými účastníky, jenž sebe navzájem vnímají, interagují spolu a vzájemně se ovlivňují [11]. Tyto akce jsou vazbami mezi jedinci směřujícími ke společným cílům a zájmům, vycházející ze sdílení hodnot a norem. Sociální skupina více či méně zavazuje člena skupiny k určitému chování [12].

Článek [13] uvádí, že pojem „sociální síť“ byl poprvé použit profesorem londýnské ekonomické univerzity J. A. Barnesem v roce 1954. Ten údajně zkoumal vztahy mezi obyvateli v jedné norské vesnici. Na základě tohoto výzkumu uvedl, že celou společnost lze definovat jako množinu bodů, z nichž některé jsou propojeny vazbami/vztahy. Množinou těchto vztahů pak lze nazvat sociální síť. Od roku 1954 uběhlo již spoustu let, a za tu dobu sociologové tuto definici trochu poupravili. Sociální síť je tedy brána jako navzájem se ovlivňující propojená skupina lidí nejen pomocí rodinných vztahů a přátelství, ale také společných zájmů, rodinné, rasové či náboženské příslušnosti.

První pokusy o virtuální sociální síť sahají do doby ARPANETu, tedy předchůdce dnešního internetu. V roce 1969 si poprvé počítače v této síti vyměnily data a v roce 1971 Ray Tomlinson, který se zabýval přenosem souborů, poslal první e-mail v rámci místní sítě. Avšak počátek elektronické sociální sítě lze spíše považovat přelom 70. a 80. let, kdy byl spuštěn systém BBS (Bulletin Board System). Ten funguje formou nástěnek, do kterých mohou uživatelé přispívat. Obsah je převážně textového charakteru, ale časem se rozšířila i jednoduchá grafika a sdílení souborů. BBS funguje na principu řídicího programu, který běží na hlavním počítači (dnes bychom ho nazvali BBS server). Uživatelé se k tomuto počítači vzdáleně připojí, ale není to jako v klasické hierarchii klient/server, ale spíše host/terminál. Uživatel využívá jednoduchý terminál, pomocí kterého se přihlásil na „BBS server“, zobrazuje data z „BBS serveru“ a posílá vstup zpět. Nevýhodou však bylo, že ve stejný okamžik mohl být k systému připojen jen jeden uživatel, ale byly i stanice mající více telefonních linek, speciální hardware a software umožňující připojení více uživatelů zároveň.

Dalším milníkem se stala v roce 1988 IRC (Internet Relay Chat) aplikace, kterou naprogramoval Jarkko Oikarinen pracující na univerzitě v Oulu. Program se jmenoval OuluBox a umožňoval komunikovat v reálném čase. Tyto zmiňované sítě ještě neměly podobu, jak ji známe dnes. A proto lze za první moderní sociální síť považovat službu sixDegrees.com, která přišla v roce 1997. Umožňovala již vytvářet seznamy přátel a přidávat na ně své blízké, zasílat zprávy, prohlížet profily a nechávat na nich vzkazy. V dnešní době si mnozí z nás nedokáží představit život bez nějaké sociální sítě. Oproti minulosti jich opravdu mnoho přibýlo. Mezi nejznámější patří například Facebook, Twitter, Instagram, Skype, Google+, MySpace a mezi tuzemské třeba Lidé.cz, Spolužáci.cz, Líbímseti.cz,.

Postupem času a s přibývajícím počtem uživatelů sociálních sítí se přidávají i firmy. Využívají tak možnost se zviditelnit a zvýšit poptávku po svém produktu pomocí tohoto prostředku. Ve skutečnosti lze s minimálními náklady dosáhnout velice dobrého výsledku, vezme-li se v potaz, že lidé mohou hodnotit a psát své zkušenosti. Má to i opačný efekt, pokud s produktem nebudou spotřebitelé spokojeni, mohou poslat podnik i ke svému zániku. Ale jak se říká: „Všechno zlé je k něčemu dobré“ a díky tomu mohou kvalitní firmy sledovat ohlasy, připomínky k produktům, službám a tak přizpůsobit výsledek trhu.

3.1.1 Rozdělení sociálních sítí podle účelu

- **Všeobecné sociální sítě:** Tyto sítě jsou široce zaměřeny, a tak nejsou určeny pro konkrétní druhy lidí a umožňují registraci komukoliv. Účelem této sítě je komunikace nebo sdílení všedních témat, zážitků, myšlenek, které nemusejí být specificky zaměřeny.
- **Oborové sociální sítě:**
 - **Profesionální sociální sítě:** Naopak profesionální sociální sítě jsou zaměřeny na určitý druh lidí, vykonávající určité povolání nebo pro ty, kteří se zajímají o specifický obor. Často tyto sítě nebývají otevřeny všem.
 - **„Hobby“ sociální sítě:** Sítě sdružující uživatele, kteří se věnují určitému druhu zájmům na „amatérské“ úrovni.

- **Studentské sociální sítě:** Nejsou zaměřeny pouze na studenty, ale zaměřují se na studium nějakého oboru/oborů. A může se jednat o školní komunitou.
- **Nezaměřené sociální sítě:** Tyto sítě sice nejsou zaměřeny na konkrétní obor, ale umožňují sdružení uživatelů do tématických skupin.

3.2 Struktura sociální sítě

Obecně se sociálními sítěmi zabývá mnoho oborů například sociologie, politologie, ekonomie, biologie a mnoho dalších. S rozvojem informačních technologií se výzkum posouvá i v této sféře. Kombinace výpočetní techniky, teorií grafů, teorií sítí a algoritmů je možné nasimulovat chování těchto systémů.

Struktura sociální sítě se skládá z uzlů (vrcholů), které představují osoby, zvířata, počítače, a další entity (lze je také souhrnně nazývat aktéři). Zkrátka jsou to nějaké prvky, které jsou předmětem výzkumu. Uzel nemusí znázorňovat pouze jednu entitu, ale v rámci zjednodušení může představovat celou organizaci, školní třídu, náboženskou skupinu a jiné. Dalším prvkem jsou tzv. relace (vztahy, spojení, hrany) ty spojují dva uzly. Relace lze brát jako vztahy, pomocí kterých si mohou uzly vyměňovat informace.

3.2.1 Relace

V minulém odstavci bylo popsáno, že relace spojuje dva uzly a vytváří mezi nimi nějaký vztah. Ten však může být u každé dvojice uzlů odlišný. Prvním druhem je binární relace. Je to nejjednodušší typ reprezentace vztahu a zabývá se pouze, zda vztah mezi dvěma uzly je či není. Binární se nazývá proto, že se značí číslem *1* pokud relace mezi uzly existuje nebo *0* pokud vztah neexistuje. Pro lepší znázornění je uvedena tabulka na *Obr.2*, která představuje to, zda se daná osoba zná s tou druhou. V prvním sloupci jsou dotazované osoby, kterých se ptáme na osoby v první řádce. Příkladem může být Josef, kterého se ptáme, zda zná Karla. V průsečíku obou jmen se nalézá číslo *1*, tedy ano Josef Karla zná.

	Karel	Josef	Lucie	Hana
Karel	X	1	1	1
Josef	1	X	0	1
Lucie	0	1	X	0
Hana	1	1	0	X

Obr.2 Ukázka binární relace

Dalším typem vztahu je relace s výběrem více možností, kdy nás už nemusí svazovat pouze kladná nebo záporná odpověď, ale dá se vztah popsat poněkud lépe. U předchozího typu relace byl uveden příklad, zda zná Josef Karla, u tohoto typu se dá vztah rozvinout o to, jak dobře se znají. Odpověď může být v několika stupních: například žádný vztah (neznají se), známí, kolegové z práce, velice dobří přátelé, rodina atd. Za tyto pojmy si lze dosadit čísla od 0 až po $(N-1)$, kde N je počet možných odpovědí. Tabulka bude stejná jako v minulém případě, jen místo hodnot 0 a 1 dosadíme číslo odpovídající stupni vztahu.

Skupinově zaměřené relace pracují se třemi stupni vztahu. Pozitivní vztah je označen číslem 1 , neutrální číslem 0 a negativní číslem -1 . Pomocí této relace se můžeme třeba zeptat jaký má vztah Lucie s Hankou. Výsledkem může být -1 , což by znamenalo, že se nemají rády nebo se dokonce nesnáší.

Třetím typem je relace s úplným pořadím. U tohoto druhu relace seřadí osoby své přátele podle toho, jak je mají rádi od 1 po N , kde N je počet přátel. Každému pořadovému číslu je pak přiřazena nějaká váha. Na rozdíl od relace s výběrem více možností nelze u této přiřadit dvě stejné hodnoty (v tomto případě osoby).

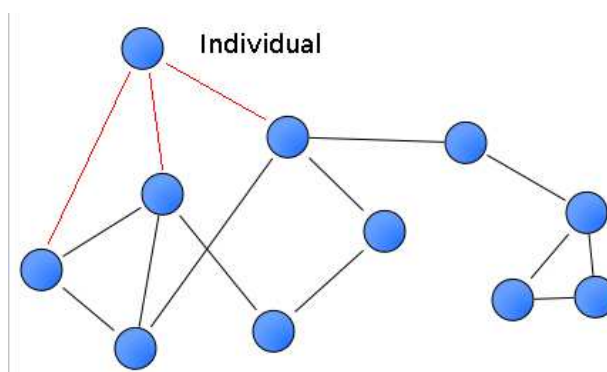
Intervalové relace jsou asi nejpodrobnější relací z již uvedených. Síla vztahu je znázorněna reálným číslem z intervalu od 0 do 1 . V tomto případě by otázka na osobu mohla být: „Jak dobře se znáte s...?“.

3.2.2 Reprezentace sociální sítě

Pro ztvárnění sociálních sítí se nejvíce používají matice nebo spojové seznamy a teorie grafů. Použití matic nebo spojových seznamů je jednoduchý způsob, jak znázornit nějakou

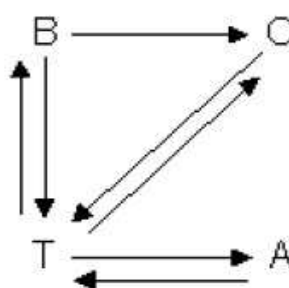
síť. Zprvu se tento způsob může zdát obtížnější a pomalý, ale není tomu tak. Mnoho aplikací v tomto oboru je využívá, jelikož se v nich dá velice rychle vyhledat daný prvek.

K vizualizaci se nejlépe hodí grafy, kde jsou aktéři zobrazováni pomocí uzlů, vrcholů (bodů) a relace mezi nimi hranami (čárami). Příkladem takové sociální sítě je *Obr.3*.



Obr.3 Jednoduchá sociální síť zobrazená pomocí grafu [18]

Abychom mohli pokračovat, je nutné vysvětlit základní rozdělení grafů a to na orientovaný a neorientovaný graf. Orientovaný graf je takový, kde relace vedoucí z uzlu **A** do **B** může existovat, ale vztah z uzlu **B** do **A** existovat nemusí. Takovým případem může být dotaz: „Karle, už jsi někdy viděl Josefa?“. A Karel odpoví že už ano, ale Josef řekne, že ho v životě neviděl. Příklad takové orientovaného grafu lze vidět na *Obr.4*, kde uzel **B** představuje v našem případě Karla a uzel **C** Josefa. Dalším příkladem může být sociální síť, která je vždy orientovaná.

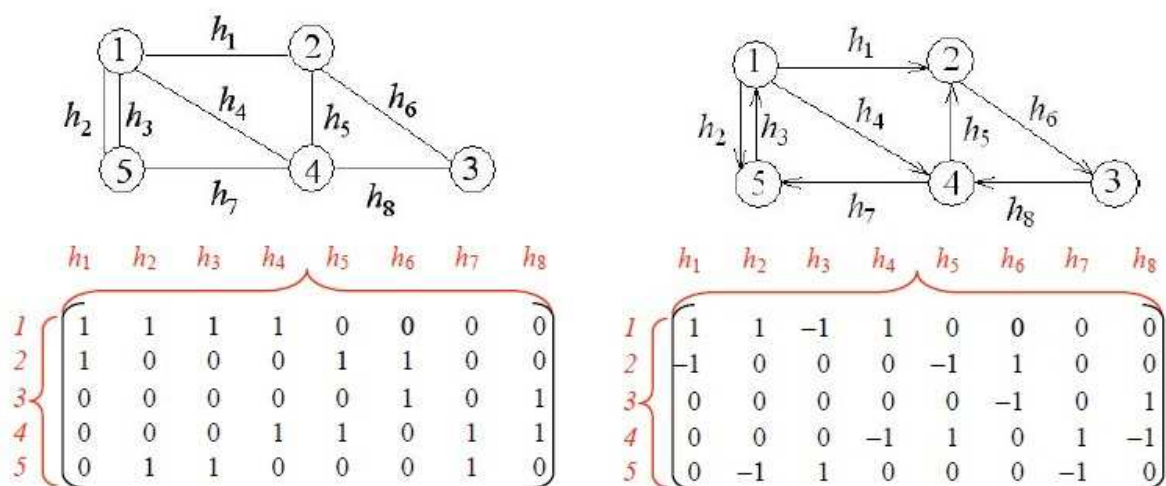


Obr.4 Orientovaný graf [16]

U neorientovaného grafu nezáleží, zda relace vychází z uzlu A do B či naopak. Buď nějaký vztah mezi osobami je nebo není. Příkladem může být otázka: „Karel, je Josef tvůj příbuzný?“ Pokud je Karel v příbuzenském vztahu s Josefem, je Josef zákonitě příbuzný s Karlem.

Výše bylo řečeno, že pro reprezentaci sociálních sítí se hojně používají matice. Ty se často využívají ve spojení s grafy, jenž slouží k jejich vizualizaci. K vykreslení grafu lze použít dva typy matic a seznamu, které budou v následující části popsány.

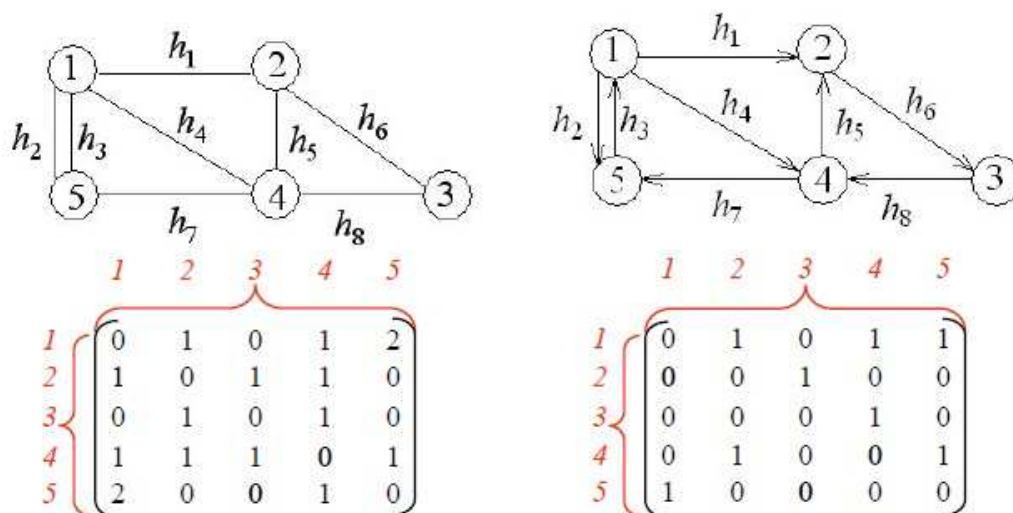
Prvním typem matic je matice incidence, kde sloupce znázorňují hrany sítě a řádky uzly. Matice říká, zda je vrchol spojen s určitou hranou či nikoli. Ale zápis matice je rozdílný pro orientovaný a pro neorientovaný graf. U neorientovaného grafu se uvádí hodnota 1 , pokud je spojena daná relace s vrcholem nebo hodnota 0 v opačném případě. Matice pro orientovaný graf je jiná. Hodnota 1 říká, že tato hrana vede z daného vrcholu naopak -1 , že vede do tohoto vrcholu. Význam hodnoty 0 zůstává stejný jako pro neorientovaný graf. Pro lepší představu je příklad matic a grafů uveden na Obr.5.



Obr.5 Matice incidence – neorientovaný a orientovaný graf [19]

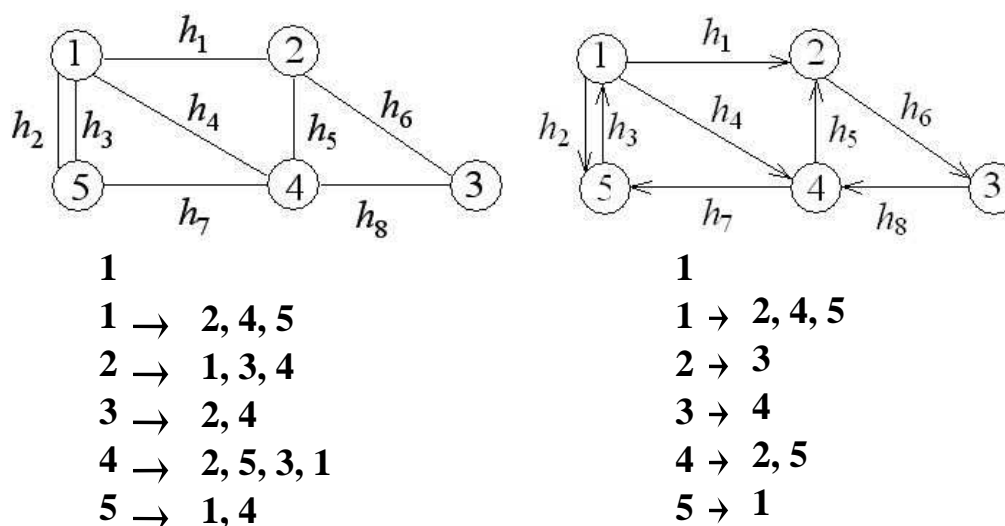
Druhým typem matic je matice sousednosti. Jedná se o čtvercovou matici (počet řádků je stejný jako počet sloupců). Řádky představují uzly, z nichž vychází hrany a sloupce označují uzly, do kterých hrana ústí. Hodnoty matice jsou celá čísla, která odpovídají počtu hran

vedoucích z jednoho uzlu do druhého. Hodnota 0 říká, že hrana vedoucí z jednoho uzlu do druhého neexistuje. Příklad matice souměrnosti je zobrazen na Obr.6.



Obr.6 Matice sousednosti – neorientovaný a orientovaný graf [19]

Posledním druhem reprezentace jsou spojové seznamy. Počet seznamů odpovídá počtu vrcholů v grafu. Každý seznam obsahuje výchozí uzel a následně všechny uzly, do kterých vedou relace z výchozího vrcholu.



Obr.7 Spojové seznamy – neorientovaný a orientovaný graf [19]

3.2.3 Základní vlastnosti sítí a aktérů

Jednou ze základních vlastností sítí je jejich velikost. Tato vlastnost určuje, jak bude síť spolehlivá z hlediska šíření informací. Tedy s jakou pravděpodobností se daná informace dostane od odesílatele k příjemci a přes kolik aktérů poputuje. V [16] je uveden příklad dvou sítí studentů. Jedná se o menší a větší třídu, jež v menší je 12 studentů. Ti se bez problémů mohou navzájem znát, navazovat známosti, pomáhat si s úkoly, vyměňovat poznámky atd. Na druhé straně je třída s počtem 300 studentů. Zde už je pro studenty velice těžké, aby se navzájem znali a téměř nemožné, aby si vyměnili poznámky v rámci jedné sítě. Z příkladu vyplývá, že v menší síti dochází k lepší výměně informací mezi jednotlivými aktéry. Velikost sítě je tedy počet hran v síti, jež jsou závislé na počtu aktérů v síti.

Druhou neméně významnou vlastností sítě je hustota. Ta vypovídá o tom, z jak velké části je síť propojena vazbami. Je to tedy poměr navázaných relací, ku počtu všech možných relací v síti. Pro určení všech možných vztahů lze použít vzorec $n * (n - 1)$, kde n je počet uzlů. Tento vzorec platí jen pro orientovaný graf. V případě neorientovaného grafu je nutné, vydělit výsledný počet všech možných vazeb dvěma, protože relace vedoucí z uzlu A do B je stejná jako z B do A .

Jednou z vlastností uzlu je jeho stupeň. Tato vlastnost vypovídá o tom, kolik relací daný vrchol má. Je to tedy počet hran vycházejících z daného uzlu do jiného. U neorientovaného grafu se určuje pouze celkový stupeň uzlu. Ale u orientovaného grafu se rozlišuje vstupní a výstupní stupeň uzlu. Výstupní stupeň je roven počtu hran vystupujících z uzlu a je obvykle ukazatelem toho, jak vlivný může být. Publikace [16] uvádí, že uzly mající málo nebo velice mnoho výstupních vazeb, se daleko méně mění a jejich chování je více předvídatelné oproti uzlům, jejichž počet výstupních hran je průměrný. Chování aktérů, se ale může lišit podle toho, ke komu jsou připojeni. Vstupní stupeň je množina všech hran vstupujících do uzlu, to znamená, kolik dalších uzlů může poslat nějakou informaci tomuto vrcholu. Podle [16] uzly, které dostávají informace z více zdrojů, bývají prestižnější a silnější, pokud je informace kvalitní. Ale občas se stane, že aktéři, kteří obdrží mnoho informací, mohou trpět „informačním přetížením“ nebo „šumem“, který plyne z protichůdných informací od různých zdrojů.

Dosažitelnost nám říká, zda je nějaký uzel dosažitelný. Pokud existují vazby vedoucí od zdrojového vrcholu k danému uzlu. V neorientovaném grafu platí, že pokud je vrchol A dosažitelný vrcholem B , je i vrchol B dosažitelný vrcholem A . Ovšem v orientovaném grafu tomu tak být nemusí.

Další vlastností je vzdálenost dvou uzlů. Vzdálenost je počet hran, přes které musí přejít informace jdoucí od zdrojového uzlu k příjemci. Pokud máme síť lineárně propojených prvků A, B, C a uzel A chce poslat zprávu uzlu C , musí zpráva putovat z uzlu A do B a pak z B do C , tedy přes dvě vazby. Hodnota vzdálenosti bude dvě. Mnohdy se ale setkáme, že lze přepravit informaci k danému cíli přes více tras.

Aktéry můžeme dělit na zdroje a příjemce. Ti aktéři, co více informací posílají než přijímají se nazývají zdroje. Naopak uzly přijímající více informací než posílají jsou nazývány příjemci. Třetím typem uzlu je kombinace zdroje a příjemce, tedy aktér, který vysílá a zároveň i přijímá informace, takový typ se nazývá přenašeč. Tyto vztahové vlastnosti se nazývají reciprocita – vzájemnost.

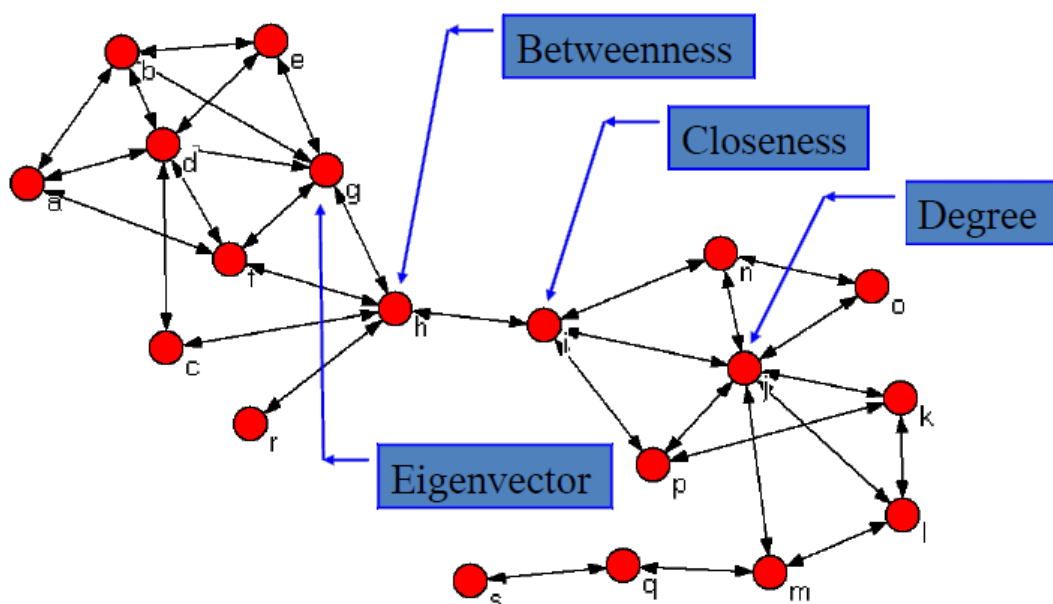
Tranzitivita je další vlastností relace. Vypovídá o tom, zda existuje cesta mezi prvky, které nejsou přímo spojeny relací. Příkladem mohou být prvky A, B, C . Uzel A je spojen s uzlem B , ale není přímo spojen s vrcholem C . Uzel B je však spojen s vrcholem C , proto se cesta mezi prvky A a C nalézá.

Odolnost vůči výpadku náhodného uzlu, zajišťuje vysoká míra propojení uzlů. Tato vlastnost se nazývá robustnost. Pokud nějaký uzel po cestě mezi dvěma vrcholy vypadne a existuje jiná cesta k danému vrcholu, nic se neděje a trasa se změní přes jiné uzly.

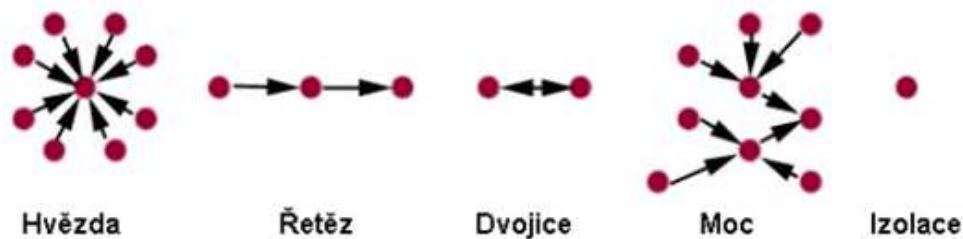
Pro zjištění míry umístění uzlu se používá, tzv. centralita uzlu. Nejpoužívanější druhy jsou tyto:

- **Centralita měřená stupněm uzlu (degree centrality):** Co je to stupeň uzlu bylo již popsáno výše. Je to tedy počet přímých vazeb daného uzlu. Degree centralita určuje de facto míru aktivity uzlu v síti. Vrcholy mající vysokou hodnotu degree centrality se nazývají „středy“ nebo „spojky“ a v grafu jsou znázorněny typem vztahu „Hvězda“ (viz. Obr.9).

- **Blížkost polohy ve středu (closeness centrality):** Nejvyšší míra closeness centrality je taková, pokud je možné dosáhnout z daného uzlu ke všem ostatním. Lze jej definovat jako nejmenší hodnotu součtu vzdáleností ke všem uzlům. Vrcholy, které mají vysokou míru closeness centrality, mají zároveň nejmenší hodnotu součtu vzdáleností. Takovéto uzly jsou velice vlivné na své okolí a lehce přenášejí, přijímají inovace.
- **Středová mezipoloha (betweenness centrality):** Betweenness centrality je mírou toho, kolik cest dvou libovolných uzlů prochází právě daným uzlem. A betweenness centrality daného uzlu má nejvyšší hodnotu tehdy, pokud tímto vrcholem prochází všechny cesty dvou libovolných uzlů. Takovýto uzel může být závora, propojení nebo zprostředkovatel rolí a má veliký přehled o toku informací co tečou sítí.
- **Centralita měřená koeficientem eigenvektoru (eigenvector centrality):** Eigenvector centrality vyjadřuje důležitost uzlu v síti. Pokud je u vrcholu hodnota koeficientu vysoká je i vysoká míra spojení s důležitými uzly v síti. Tedy čím vyšší napojení uzlu na ostatní důležité uzly, tím je více důležitý daný uzel. Hodnota důležitosti může být dána např. stupněm uzlu.



Obr.8 Druhy centralit v síti [21]

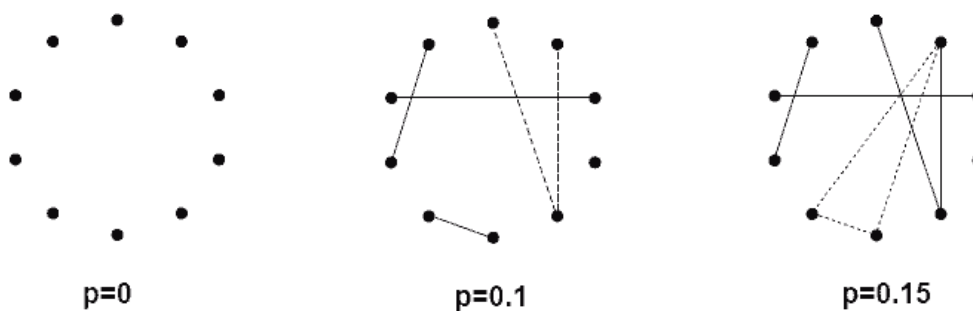


Obr.9 Schéma základních typů reprezentace vztahu v sociálních sítích [20]

3.3 Modely komplexních sítí

3.3.1 Model náhodné sítě

Náhodnou sítí budeme rozumět síť, kterou ve své práci popsali zejména matematici Erdős a Rényi [23]. Je určena přesným počtem uzlů N , v průběhu času se jejich počet nemění, všechny si jsou rovny a vazby mezi nimi jsou tvořeny náhodně. Parametr p je roven pravděpodobnosti vazby mezi dvěma uzly. Na Obr.10 pak lze vidět příklady náhodných sítí, kde parametr p určuje, jak hustě bude síť propojena vazbami.



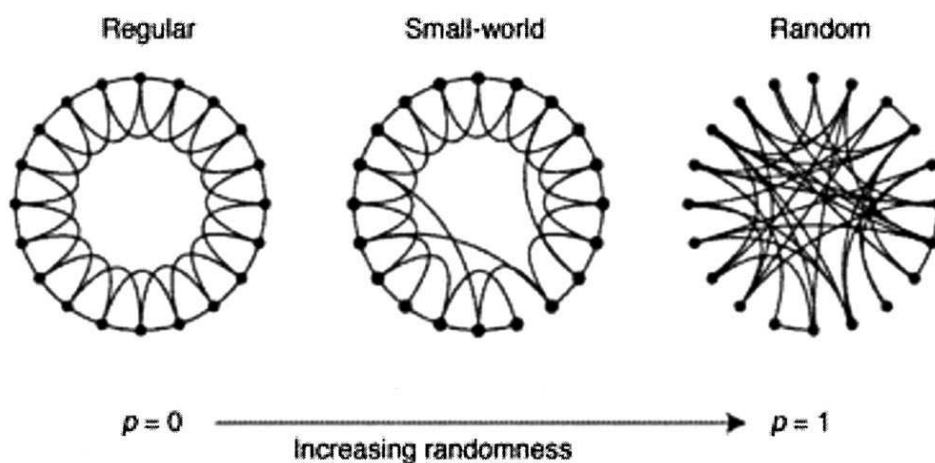
Obr.10 Vliv parametru p na strukturu vazeb v náhodné síti [23]

Průměrný počet vazeb (a nejlepší nestranný odhad konektivity uzlu) takové sítě je tedy roven $(p \cdot n \cdot (n-1)) / 2$ a průměrná konektivita je $\bar{k} = p \cdot (N - 1)$ [23]. Tento typ sítě nemusí být však zcela propojen vazbami a tudíž mohou být jen množinou menších sítí.

Koeficient shlukování je roven $2m / k * (k - 1)$. Ten vyjadřuje pravděpodobnost, že jsou dva uzly z nejbližšího okolí třetího uzlu (tzn. z množiny všech uzlu připojených vazbou k tomuto uzlu) rovněž navzájem připojeny vazbou [23]. Proměnná m značí počet vzájemně propojených sousedů a k je počet vazeb připojených k danému uzlu.

3.3.2 Small-world model sítě

Náhodné sítě v některých aspektech vystihují ty reálné celkem obstojně. Ale ve skutečnosti v našem světě nevznikají sítě zcela náhodně a v některých statistických charakteristikách se odlišují. Vědci Watts a Strogatz se zasloužili o návrh modelu vykazující silný efekt small-world (vzdálenost mezi uzly je malá oproti robustnosti sítě) a vysoký průměrný koeficient shlukování. Výhodou je také jednoduchý generující algoritmus. Jako základ modelu sítě je uzavřená síť vrcholů propojených neorientovanými hranami s K uzly, se kterými sousedí. V následujícím kroku se přeměrují vazby s pravděpodobností p do jiného vrcholu (nelze přeměrovat hranu do stejného z K sousedního vrcholu, ve kterém původně byla), tak aby nevznikla smyčka nebo dvojitá vazba. Pokud je $p \sim 1$ je síť podobná náhodné síti. Ale pro velmi nízké hodnoty p (počínaje $p = 2 / NK$) vykazuje síť velice silný small-world efekt.



Obr.11 Ukázka sítě small-world a vliv parametru p na její strukturu [23]

3.3.3 Modely bezškálové sítě

Barabási-Albert model

Předchozí modely pracovaly s přesným počtem uzlů, který se v průběhu času neměnil. Ty se poté náhodně propojily. Reálné sítě naopak rostou a je tedy nutné postupem času uzly přidávat. Dosud zmiňované modely předpokládaly, že pravděpodobnost propojení dvou uzlů je nezávislá na jejich stupni. Jejich nové vazby jsou tak navázány náhodně. Ale u sítí v reálném světě závisí pravděpodobnost připojení k danému uzlu na jeho stupni. Například webové stránky velice pravděpodobně obsahují hypertextové odkazy na dokumenty s již vysokým stupněm, protože vysoce spojené uzly jsou snadno k nalezení a dobře známé [24]. Vlastnosti růst a preferenční připojování použil Barabási-Albert ve svém modelu bezškálové sítě, které jsou pro něj klíčovým faktorem.

- **Růst:** Model začíná s malým počtem uzlů m_0 a v každém časovém kroku je přidán nový uzel s hranami $m (\leq m_0)$, které se napojí ke stávajícím uzlům.
- **Preferenční připojování:** Pravděpodobnost Π , že se nově vytvořený uzel připojí k danému stávajícímu vrcholu i , závisí na stupni k_i uzlu i .

$$\Pi(k_i) = \frac{k_i}{\sum_j k_j}.$$

Obr. 12 Vzorec pro výpočet pravděpodobnosti spojení nově přidaného uzlu se stávajícím uzlem v síti [24]

Suma k_j ve vzorci na *Obr.12* je součet stupňů všech uzlů v síti, kromě nově přichozího uzlu.

Upravený Barabási-Albert model (Fitness model)

Tento model je stejný jako ten předchozí, ale je do něj přidána vlastnost zdatnosti uzlu. Původní Barabási-Albert model zvýhodňoval starší uzly v síti s vysokým stupněm, protože s nimi pravděpodobněji nové uzly naváží vztah, než s mladšími mající méně vztahů. Tento jev by se dal připodobnit k bohatství: „Bohatí ještě více bohatnou“. Upravený model dává

šanci získat vyšší stupeň uzlu i nově příchodím vrcholům do sítě. Každému uzlu je přiřazena vlastnost zdatnosti η_i , která se v čase nemění. V určitém časovém kroku je přidán do sítě nový uzel j se zdatností η_j (η_j je vybrána z distribuce $\rho(\eta)$). Je připojen hranami m ke stávajícím uzlům v síti a pravděpodobnost připojení k vrcholu i je úměrná stupni a zdatnosti vrcholu i [24].

$$\Pi_i = \frac{\eta_i k_i}{\sum_j \eta_j k_j}$$

Obr.13 Vzorec pro výpočet pravděpodobnosti spojení nově přidaného uzlu se stávajícím uzlem v síti [24]

4 Model sociální sítě a vliv reklamy na její uživatele

Cílem práce je vytvořit model sociální sítě, tedy síť vztahů mezi jejími uživateli a pomocí nich šířit reklamu, informaci o nějakém produktu. Dále mohou být uživatelé přes tyto vztahy ovlivněni ostatními k nákupu produktu.

Model je vytvořen pomocí multiagentního přístupu v programu Anylogic, který je určen pro vývoj simulací. Aplikace simulačního modelu se skládá ze dvou hlavních oken. První okno slouží k nastavení modelu, upravení hodnot atributů a následnému spuštění celé aplikace. Druhé okno je hlavní částí a slouží k vizualizaci simulovaného prostředí. Agent v této práci představuje uživatele sociální sítě, který navazuje vztahy s ostatními. Vztahem mezi uživateli je myšleno navázané přátelství. Přátele se spolu setkávají, komunikují a ovlivňují své vlastnosti. Některé vztahy mohou také zanikat.

Nejprve bylo důležité, vymodelovat sociální síť. Zřetel byl brán na utváření přátelství mezi uživateli. Pro navázání vztahů byl nejprve vybrán model podle [24], ale později se ukázalo, že pro sociální síť, kde relací mezi uzly je přátelství, není příliš vhodný. Stal se však odrazovým můstkem pro následný výběr algoritmu s tzv. „preferenčním“ výběrem, neboli přednostním výběrem uzlů. Po delším bádání byly na konec vybrány dva modely. Z těch

jsou částečně použity algoritmy, pro navazování přátelství mezi lidmi a ovlivňování některých vlastností mezi nimi. První je z [25], jenž se zabývá utvářením sociální sítě a následným ovlivňováním uživatelů. A druhý je z [26] a pojednává o navazování přátelství konkrétně mezi studenty.

Po vytvoření sociální sítě nasává druhá fáze simulace, a to vliv reklamy na její uživatele. Pro tuto část práce byly inspirací dva modely. Jedním z nich je [27] zabývající se matematickým modelem zachycujícím, kdy uživatel sociální sítě zakoupí produkt a může tím ovlivnit své známé. Druhým je [28], zabývající se šířením reklamy pomocí metody „word-of-mouth“ neboli „slovo z úst“. Uživatel, který zakoupil produkt může o něm informovat své známé.

Obecně produktem je v práci myšlen výrobek nebo služba, která je zkoumána. Konkrétnějším se stává, až po nastavením parametrů modelu. Pak může představovat například mobilní telefon.

4.1 Okno pro nastavení modelu

Toto okno se spouští ještě před zahájením samotné simulace a jak už název napovídá, slouží k nastavení parametrů modelu. Aby nebyl model aplikovatelný pouze na jeden případ simulace s pevnými parametry, je u něho možné hodnoty měnit. Tyto hodnoty mohou být nastaveny například podle analýzy spotřebitelů a trhu. Parametry lze nastavit pomocí posuvníků, kterými je možné posouvat vpravo či vlevo, pokud je požadováno hodnotu navýšit či snížit. Každý posuvník je přiřazen, některému z následujících parametrů modelu, které je možné měnit. Po nastavení potřebných údajů, lze přistoupit k samotné simulaci a to po stisku tlačítka „Spust' simulaci“. Stiskem tlačítka se skryje současné okno a zobrazí se okno se simulací.

Parametry modelu:

- **Maximální čekací doba:** Parametr nastavující maximální časovou hranici, pro vygenerování čekací doby agenta v řádu hodin. Hodnoty se nastavují v celých číslech.

- **Počet uživatelů:** Nastaví počet agentů, se kterými proběhne simulace. Parametr se nastavuje v celých číslech.
- **Průměrný počet přátel:** Je to jeden z parametrů ovlivňující počet přátel, každého uživatele. Konkrétně se jedná o přibližný počet kamarádů, jenž bude každý agent mít. Hodnota je nastavována v celých číslech.
- **Tolerance počtu přátel:** Je to druhý parametr ovlivňující počet přátel každého uživatele. Tentokrát se jedná, jak velká bude tolerance-rozptyl (počtu kamarádů) okolo hodnoty „*Průměrný počet přátel*“ (viz vlastnosti agenta). Tolerance je zadávána v celých číslech.
- **Počet názorů uživatele:** Nastaví počet kulturních vlastností a charakteristik každého agenta. Nastavení probíhá pomocí celých čísel.
- **Hledání přátel mezi cizími lidmi:** Parametr nastavující pravděpodobnost hledání nového kamaráda mezi úplně cizími lidmi. Interval hodnot pro nastavení je z $\langle 0;1 \rangle$.
- **Zánik přátelství:** Vypovídá o pravděpodobnosti zániku nějakého, již navázaného přátelství mezi agenty. Parametr je nastaven z $\langle 0;1 \rangle$.
- **Rozeslaná reklama:** Určuje procento uživatelů, kterým byla „zaslána“ reklama. V podstatě se může jednat o jakýkoliv druh reklamy, propagované různými médii, jenž (na počátku) informuje část uživatelů o produktu. Nastavení je možné pomocí hodnot z $\langle 0;1 \rangle$.
- **Nákup podle reklamy:** Je to jeden z parametrů pravděpodobnosti zakoupení předmětu. Hodnota pro nastavení tohoto parametru je z $\langle 0;1 \rangle$.
- **Nákup naslepo:** Tento parametr vypovídá o tom, jak často uživatel kupuje produkty tzv. „na blind“ – naslepo. Uživatel se o nich nedozvěděl z reklam, z médií ani od známých. Nastavené hodnota parametru může být z $\langle 0;1 \rangle$.

- **Informování kamaráda o produktu:** Vypovídá o tom, s jakou pravděpodobností uživatel řekne svému kamarádovi o produktu, který si zakoupil. Parametr může nabývat hodnot z $\langle 0;1 \rangle$.
- **Obecný názor na produkt:** Jedná se o průměrný názor na produkt, kolující mezi lidmi, ale jen mezi těmi, kteří si daný produkt ještě nezakoupili. Zadávaná hodnota je z $\langle 0;1 \rangle$.
- **Nejběžnější jiné důvody:** Parametr určuje nejčastější hodnotu pro vygenerování vlastnosti agenta „*Jiné důvody k nákupu*“. Ta určuje, zda-li si agent daný produkt může dovolit nebo chce koupit. Může nabývat hodnot z $\langle 0;1 \rangle$.
- **Reputace produktu:** Je to naopak názor na produkt od uživatelů, kteří si již daný produkt zakoupili. Je to vlastně zkušenost s předmětem. Hodnota je taktéž volena z $\langle 0;1 \rangle$.

4.2 Simulační okno

Do tohoto okna se aplikace přepne, jakmile jsou nastaveny veškeré parametry v okně nastavení a byla spuštěna simulace po stisku tlačítka „Spust' simulaci“. Zobrazí se nastavený počet agentů, jenž jsou reprezentováni modrými postavičkami. Mezi nimi vznikají vztahy zobrazené jako čáry. Déle je zde tlačítka „Zašli reklamu“, které dá prvotní impuls k šíření reklamy. Postavičce agenta se později může změnit barva podle toho, zda-li obdržel reklamu nebo již zakoupil produkt. K přeskládání zobrazované sítě slouží tlačítka „Uspořádej síť“, jež použije zarovnání „Spring mass“. Toto zarovnání upraví umístění uzlů tak, že agenti, kteří jsou propojeni relacemi, mají tendenci být k sobě blíže. Pod tlačítky se nacházejí dvě zaškrtačací políčka, která slouží k zobrazení zvýrazněných relací agentů, mezi nimiž byla předána reklama nebo byl jeden druhým ovlivněn k nákupu produktu. Červené vztahy vyjadřují ovlivnění k nákupu a zelené předání reklamy. Je zde také možnost pomocí posuvníků, měnit hodnoty některých vlastností a parametrů během simulace. Konkrétně u „*Maximální čekací doby*“, „*Hledání přátel mezi cizími lidmi*“, „*Zánik přátelství*“ a „*Reputace produktu*“.

Pro zobrazení podrobnějších výsledků jsou použity grafy hodnot. K tomu slouží tlačítko „Zobrazit graf“, které na ně přesune pohled. Po kliknutí, lze vidět jeden z grafů, na kterém jedna křivka zobrazuje počet agentů, kteří obdrželi reklamu a druhá počet uživatelů, jež zakoupili produkt. Druhý graf vystihuje průměrný „*Názor na produkt*“ (viz. vlastnosti agenta) v síti, zobrazený v čase. Třetí umožňuje zobrazovat některé vlastnosti agentů, kteří již zakoupili daný produkt. Jedná se konkrétně o vlastnosti „*Názor na produkt*“, „*Zkušenost s produktem*“, „*Jiné důvody k nákupu*“ a „*Odbornost na produkt*“. Dále se zobrazuje počet jeho přátel a počet debat o produktu, které proběhly agent uskutečnil obchod. Pohyb mezi agenty zajišťují dvě tlačítka „Další uživatel“ a „Předchozí uživatel“, kterými je možno přepínat mezi nimi vpřed či vzad. Pro návrat zpět na pohled vizualizace sociální sítě, slouží tlačítko „Zobrazit simulaci“.

4.3 Agent

Jak již bylo zmíněno, agent v této práci představuje uživatele sociální sítě. Má určité vlastnosti, které specifikují jeho charakter a zkušenost. Agent se také nějak chová a rozhoduje podle své vůle, ale může být ovlivněn okolím. Prostředí, ve kterém se agent nalézá, je sociální síť vztahů.

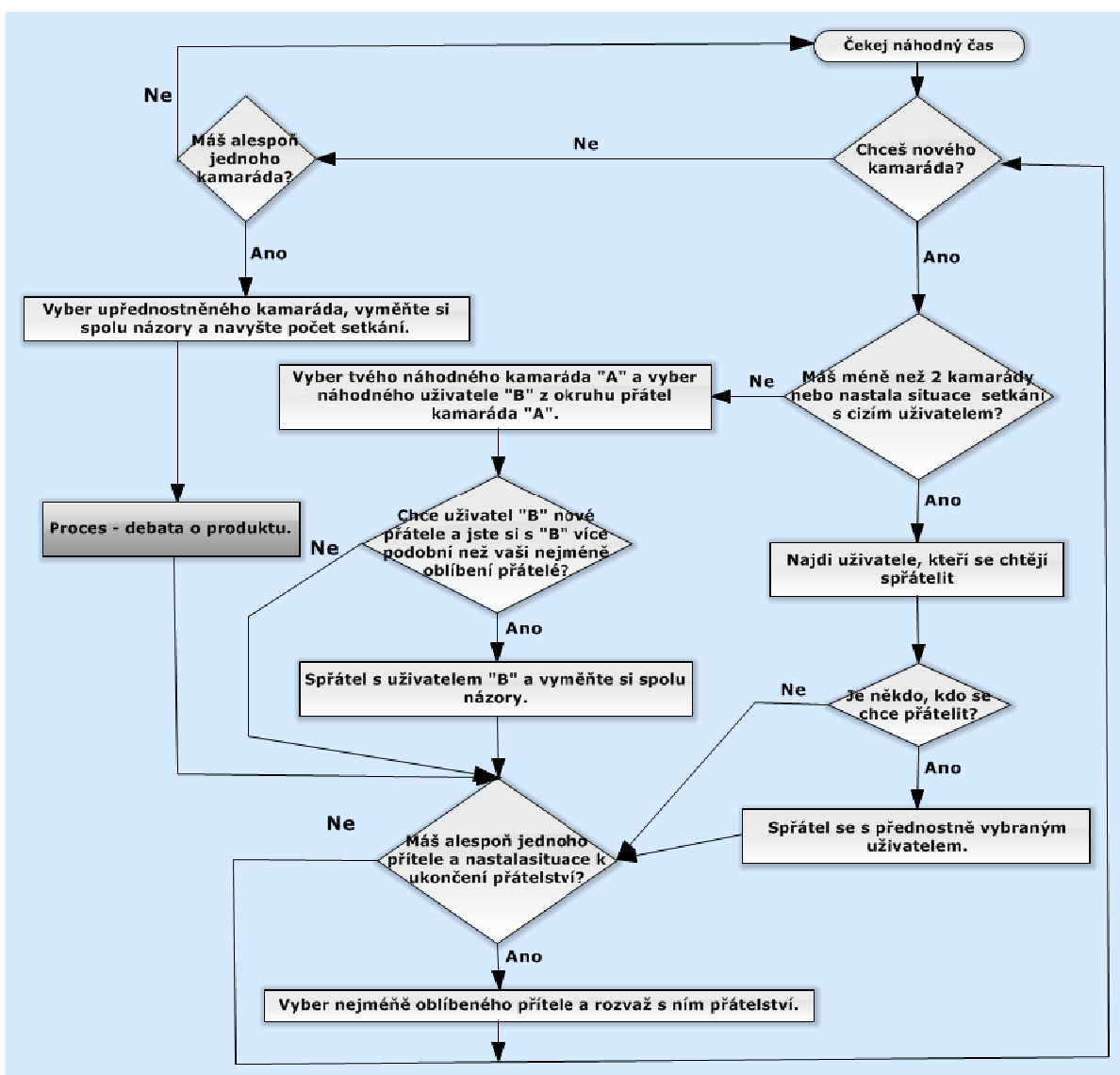
4.3.1 Vlastnosti agenta

- **Maximální hranice známostí:** Každý uživatel si přeje mít určitý počet přátel a ten se mezi jednotlivci liší. Jedná se tedy o takovou přibližnou hranici, kolik přátel daný uživatel chce maximálně mít. Podle [25] je tato hranice vygenerována pomocí normálního rozdělení s volitelnou střední hodnotou a rozptylem. Jako střední hodnota je zde použit parametr „*Průměrný počet přátel*“ a jako rozptyl „*Tolerance počtu přátel*“.
- **Názory, kulturní vlastnosti:** Názory určují jaký má agent charakter a pohled na různé myšlenky a věci. Ale tato práce se nezabývá, zda-li se jedná o konkrétní okruh názorů např. politický, hudební, životní styl apod. Každému uživateli je vygenerován stejný počet názorů zadaný parametrem „*Počet názorů uživatele*“, pomocí rovnoměrného rozdělení. Názor může nabývat hodnot *1* nebo *0*.

- **Názor na produkt:** Jedná se o názor uživatele na konkrétní produkt, který je zkoumán. Vypovídá o tom, co si uživatel myslí o kvalitě, spolehlivosti a vzhledu daného výrobku, ale pouze do té doby, než si produkt koupí. Je vygenerován pomocí rozdělení PERT, u kterého je zvolena nejpravděpodobnější hodnota podle parametru „*Obecný názor na produkt*“. Po zakoupení předmětu nahrazuje tento názor tzv. „*Zkušenost s produktem*“ viz. níže. Názor na produkt se vyvíjí a je ovlivňován ostatními přáteli. Hodnota názoru může nabývat hodnoty z $\langle 0;1 \rangle$.
- **Tolerance názoru na produkt:** Vypovídá o agentově schopnosti tolerovat horší kvalitu produktu. Je to hranice, určující, zda uživatel bude uvažovat o koupi. Je vygenerována pomocí trojúhelníkového rozdělení z $\langle 0;1 \rangle$ a nejpravděpodobnější hodnotou je $0,5$.
- **Zkušenost s produktem:** Pokud uživatel zakoupí daný produkt, udělá si o něm svůj vlastní obrázek. Nahradí „*Názor na produkt*“ touto zkušeností, protože má větší vypovídající hodnotu. Je také vygenerován pomocí rozdělení PERT, u kterého je zvolena nejpravděpodobnější hodnota podle parametru „*Reputace produktu*“. Zkušenost s produktem může nabývat hodnot z $\langle 0;1 \rangle$.
- **Odbornost na produkt:** Tato vlastnost vypovídá o tom, jak uživatel zná daný produkt nebo jak se vyzná v dané oblasti. Je vygenerována pomocí rovnoměrného rozdělení z $\langle 0;1 \rangle$.
- **Jiné důvody k nákupu:** Je to pravděpodobnost nákupu z různých důvodů. Například daný výrobek bych chtěl, ale nemám na něj peníze. Hodnota bude záviset na tom, jak těžké je sehnat finance apod. Ale pokud budu takový typ výrobku velice potřebovat a na ostatní aspekty (finanční, místo bydliště, partner) se neohlížím, hodnota se bude blížit 1 . Vlastnost je vygenerována pomocí rovnoměrného rozdělení a nabývá hodnot z $\langle 0;1 \rangle$.
- **Seznam přátel:** Je to vlastně takové povědomí agenta s kým se přátelí. Pokud se s nějakým uživatelem stanou přáteli, uloží si jeden druhého na tento seznam, aby měli přehled o svých vztazích.

4.3.2 Chování agenta

Chování agenta závisí na jeho před-programovaném algoritmu. Bylo důležité vybrat ten správný a s pomocí výše zmíněných prací [24], [25], [26], [27] a pozorováním subjektů, bylo docíleno níže popsaného chování agenta. Na *Obr.14* je zachycen rozhodovací strom zobrazující proces spřátelení, výměny názorů s ostatními agenty nebo zánik nějakého již navázaného přátelství. Zvýrazněný „Proces – debata o produktu“ zabývající se šířením reklamy, je podrobněji rozepsán na *Obr.21*.



Obr.14 Vývojový diagram procesu spřátelení a výměny názorů s ostatními uživateli

Jelikož člověk nevykonává pouze činnosti, na které se zaměřuje tato práce, je u agenta zavedena časová prodleva - „čekání“. Po tuto dobu agent sice nic nedělá, ale v reálném světě si lze pod ní představit časové období, kdy člověk vykonává jiné činnosti než zkoumá tato práce, např. spánek. Doba je náhodně vygenerována od I hodiny až po hranici určenou parametrem „**Maximální čekací doba**“ v řádu hodin.

Po uplynutí časové doby, začíná agent navazovat přátelské vztahy s ostatními uživateli sociální sítě. Má však svá pravidla pro vytvoření vztahu s jiným agentem. Prvním z nich je skutečnost, zda-li chce uživatel poznat nového kamaráda. Ta záleží na jeho „sociálním faktoru“. Sociálnímu faktoru odpovídá vlastnost „**Maximální hranice známostí**“ určující, kolik přátel bude přibližně mít. Pravděpodobnost, že agent bude chtít nalézt novou známost, je určena podle vzorce na *Obr.15*. Výsledná pravděpodobnost tedy závisí hlavně na „**Maximální hranici známostí**“ z^*_a a aktuálnímu počtu připojených přátel z_a k agentovi a . Toto omezení počtu přátel je taktéž zavedeno, aby se celá síť kompletně nepropojila.

$$f(z_a) = \frac{1}{1 + e^{\beta(z_a - z^*_a)}}$$

Obr.15 Vzorec pravděpodobnosti uživatele, že chce poznat nového kamaráda [25]

Z počátku se nikdo s nikým nezná, a tak si agent vybírá první přátele mezi neznámými lidmi. Pokud má uživatel a méně než 2 kamarády nebo nastala situace, kdy se seznámí s cizím agentem, vyhledá agent a cizí uživatele, kteří také chtějí nové přátele. „**Situace náhodného setkání**“ může nastat s určitou pravděpodobností, kterou lze měnit parametrem „**Hledání přátel mezi cizími lidmi**“. Jsou-li nějakí uživatelé, jenž chtějí nové přátele, agent a si mezi nimi přednostně vybere budoucího kamaráda. Výběr budoucího přítele závisí na „**podobnosti**“ agenta a s agentem b a také na počtu jejich setkání. Výpočet „**podobnosti**“ se řídí vzorcem na *Obr.16*. Výsledek závisí na názorech agenta c_i , jenž mohou nabývat hodnot 0 nebo 1 a dále na celkovém počtu jeho názorů n_f . Ze vzorce lze vyvodit, že čím mají agenti více shodných názorů, tím si jsou podobnější.

$$S(a, b) := \frac{1}{n_f} \sum_{i=1}^{n_f} (1 - |c_i(a) - c_i(b)|)$$

Obr.16 Vzorec pro výpočet podobnosti dvou agentů [25]

Podle [26] hraje také velikou roli počet setkání dvou uživatelů, který určuje, jak si jsou dva subjekty blízcí. Čím vícekrát se dva uživatelé setkali, tím si jsou bližší. Později, při velkém počtu setkání však tento údaj ztrácí na důležitosti. Pro tento účel je použit vzorec na Obr.17, kde n_{ij} je „počet setkání“ dvou uživatelů.

$$f_{ij} = f(n_{ij}) = 1 - e^{-n_{ij}}$$

Obr.17 Vzorec pro výpočet důležitosti počtu setkání dvou subjektů [26]

Ke spojení „podobnosti“ a „počtu setkání“ dvou agentů je použit vzorec z [26] na Obr.18. Jedná se pouze o součin těchto dvou veličin. Zobrazovaná proměnná „podobnosti“ $f_m(a_i, a_j)$ se nahradí výše zmíněnou $S(a, b)$. Výsledek výpočtu lze nazvat „velikost přátelství“.

$$f_{ij} = f(n_{ij}) \cdot f_m(a_i, a_j)$$

Obr.18 Vzorec pro výpočet velikosti přátelství mezi dvěma agenty [26]

Uživatel si tedy nejprve vybírá své přátele mezi neznámými lidmi a jeho rozhodnutí, koho vybere, závisí na míře přátelství s daným agentem. Lépe řečeno každý agent může být vybrán uživatelem a s určitou pravděpodobností. Ta však záleží „velikost přátelství“ k němu a k ostatním kamarádům uživatele a . Pravděpodobnost, že agent a vybere agenta b je dána vzorcem na Obr.19. V tomto případě, se nahradí podobnost $S(a, b)$ výše zmíněnou „velikostí přátelství“ f_{ij} . Výsledná pravděpodobnost je podílem „velikosti přátelství“ mezi agentem a , agentem b a sumou „velikosti přátelství“ všech kamarádů agenta a . Výsledek výpočtu je

nazván „*pravděpodobnost přátelství*“. Výběr uživatele b je pravděpodobnější, pokud mají přátelé agenta a menší hodnoty „*velikosti přátelství*“ k agentovi a než uživatel b .

$$P(a, b) := S(a, b) / \sum_{i \in \mathcal{F}(a)} S(a, i)$$

Obr.19 Vzorec pro výpočet pravděpodobnosti výběru agenta[25]

Pokud jsou tedy nějací agenti, kteří chtějí nové přátele, agent a mezi nimi přednostně vybere svého budoucího kamaráda. S tímto uživatelem se spřátelí. To probíhá tak, že si každý z nich přidá toho druhého na „*Seznam přátel*“ a nastaví si „*počet setkání*“ na hodnotu 1 . Vizuálně se přátelství projeví spojením dvou agentů (uzlů) čarou (hranou). Následně nastává „*výměna názorů*“ mezi uživateli. Agent a vybere náhodný názor z „*Názorů*“ agenta b a tím nahradí svůj stávající. Tento proces se opakuje i s druhým uživatelem. V reálném světě si lze pod tímto představit ovlivňování přátel, či sdílení některých životních hodnot.

Běžně se stává, že se člověk seznámí s kamarádem kamaráda. Tento jev je daleko častější, než utváření přátelství s úplně cizími lidmi. V práci je tento jev řešen následovně. Pokud má uživatel alespoň jednoho kamaráda a nenastala „*situace náhodného setkání*“, kdy se shledává s cizím agentem, vybírá budoucího kamaráda přes své stávající přátele. Uživatel a náhodně vybere svého kamaráda b a uživatele c ze seznamu přátel kamaráda b . Pokud mají agenti a, c vyšší míru „*pravděpodobnosti přátelství*“, než jejich „*nejméně oblíbení přátelé*“, stanou se přáteli a nastává „*výměna názorů*“. K určení „*nejméně oblíbeného přítele*“ je použit vzorec na Obr.20. Tento výpočet je podílem negací „*velikosti přátelství*“ mezi agenty a, b (ve výše uvedeném příkladu se jedná o agenty a, c) a sumou všech negací „*velikosti přátelství*“ uživatele a .

$$D(a, b) := (1 - S(a, b)) / \sum_{i \in \mathcal{F}(a)} (1 - S(a, i))$$

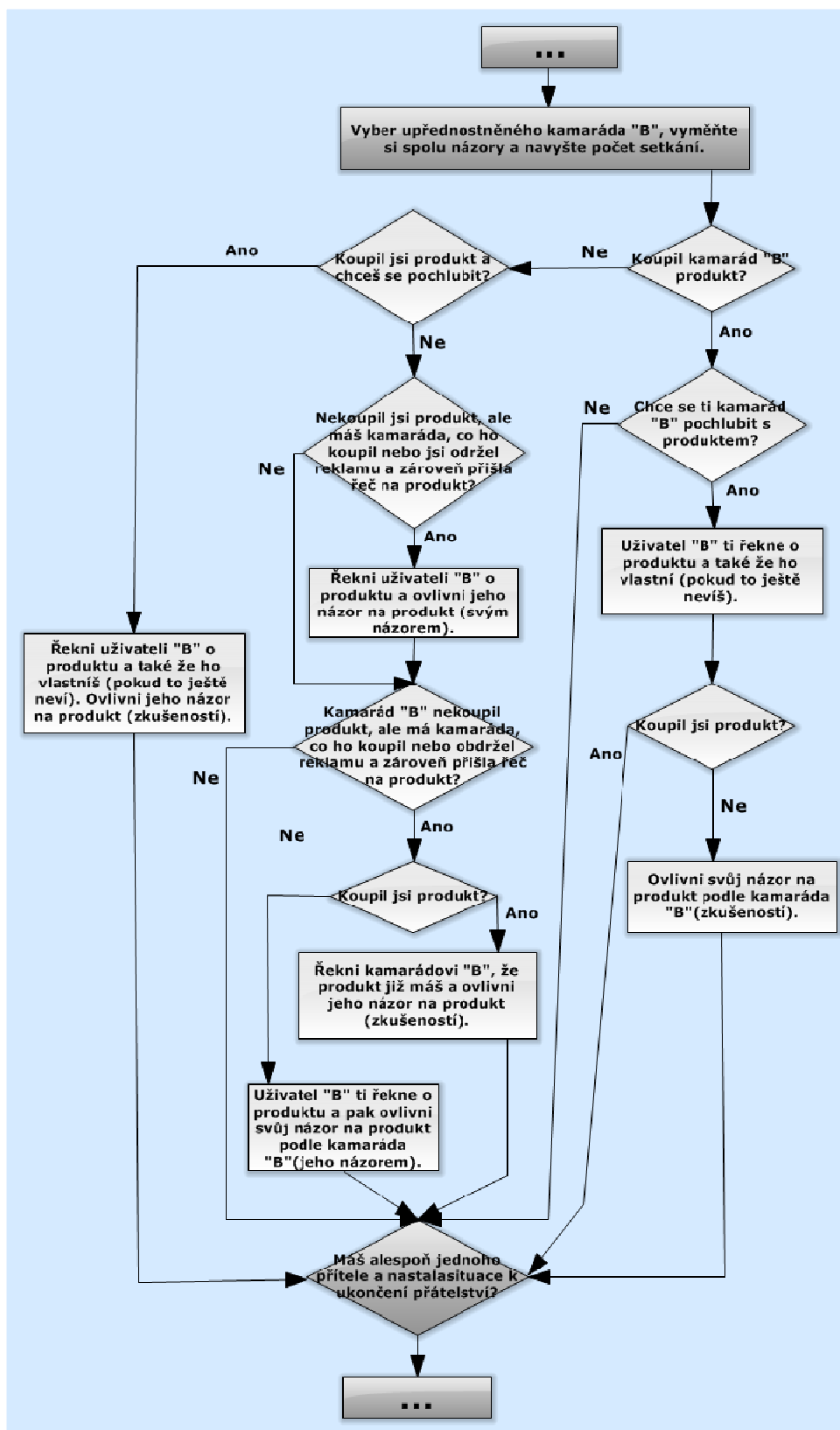
Obr.20 Vzorec pro výpočet nejméně oblíbeného přítele[25]

Časem se může stát, že se někteří přátelé nepohodnou nebo už k sobě necítí takovou náklonnost a jejich vztah zaniká. Tato situace je řešena volitelným parametrem

pravděpodobnosti „*Zánik přátelství*“, která když nastane, přátelství je ukončeno. Každý z agentů si toho druhého smaže ze seznamu přátel a taktéž zaniká i spojení čarou mezi těmito uživateli.

Uživatel, který už nechce žádné nové kamarády (podle vzorce na *Obr.15*) a má alespoň jednoho přítele, vybere přednostně jednoho kamaráda *b* ze svého „*Seznamu přátel*“ (pomocí vzorce na *Obr.19*). Společně si „*vymění názory*“ a navýší „*počet setkání*“ o *1*. Toto chování simuluje schůzku, setkání, komunikaci či nějaké trávení společného času.

Pří komunikaci může také dojít k debatě o daném produktu. To simuluje moment, kdy uživatel zakoupil produkt a chce se pochlubit svému kamarádovi *b* nebo rozhovor mezi dvěma kamarády směřující na podobné téma, jako je daný produkt a řeč přejde k němu. Na *Obr.21* je zobrazen vývojový diagram, který vystihuje chování uživatele *a* diskutujícího se svým přítelem *b*. Jedná se o „*Proces – debata o produktu*“ z *Obr.14*, který je zobrazený šedivou barvou. Důvodem nezahrnutí tohoto procesu, jakožto celého rozhodovacího stromu do diagramu na *Obr.14*, byla přehlednost tohoto diagramu.



Obr.21 Vývojový diagram procesu diskuze o produktu

Pokud uživatel a zakoupil daný produkt, jeho kamarád b ho ještě nemá a chce se s ním pochlubit, uživatel a mu o produktu řekne. Zda-li se chce uživatel a pochlubit závisí na parametru pravděpodobnosti „*Informování kamaráda o produktu*“ a „*pravděpodobnostním koeficientu debaty o produktu*“. „*Pravděpodobnostní koeficient debaty o produktu*“ je vypočítán podle vzorce na Obr.22. Parametr g_j představuje „*Odbornost na produkt*“ kamaráda b a n_d je počet vzájemných debat o produktu, mezi uživatelem a a jeho kamarádem b . Parametr p_{kj} je vlastnost „*Jiné důvody k nákupu*“ kamaráda b a o_j jeho vlastnost „*Názor na produkt*“. Ze vzorce lze vyčíst, že „*Pravděpodobnostní koeficient debaty o produktu*“ se snižuje, s přibývajícím počtem již proběhlých rozhovorů na toto téma mezi dvěma konkrétními uživateli. O kolik se koeficient sníží, bude taktéž záviset na jejich vlastnostech „*Názor na produkt*“, „*Jiné důvody k nákupu*“ a „*Odbornost na produkt*“.

$$k_p = 1 - e^{-p_{kj} \cdot o_j \cdot (g_j \cdot 10^{-n_d})}$$

Obr.22 Vzorec pro výpočet koeficientu debaty o produktu

Celková pravděpodobnost, zdali chce uživatel a říci kamarádovi b o produktu, jež zakoupil, je vypočítána podle vzorce na Obr.23. Za proměnnou d_p je dosazen parametr „*Informování kamaráda o produktu*“ a za k_p „*Pravděpodobnostní koeficient debaty o produktu*“. Výpočet P_d nazýváme „*pravděpodobnost debaty*“.

$$P_d = d_p \cdot k_p$$

Obr.23 Vzorec pro výpočet pravděpodobnosti debaty o produktu

Pokud se tedy chce uživatel a pochlubit, ovlivní „*Názor na produkt*“ kamaráda b podle vzorce na Obr.24. O_i je „*Názor na produkt*“ kamaráda b . W_{ij} je váha vztahu mezi uživatelem a a jeho kamarádem b . Jako hodnota váhy, byla v tomto případě použita „*velikost přátelství*“. G_j zastupuje vlastnost uživatele a „*Odbornost na produkt*“ a o_j jeho „*Zkušenost s produktem*“. Ze vzorce lze vydedukovat, že čím více uživatel a rozumí dané oblasti produktu a jsou si s kamarádem b blízcí, tím větší má vliv na „*Názor na produkt*“ svého přítele b .

$$o'_i = \frac{o_i + \left(\frac{w_{ij} + g_j}{2}\right) \cdot o_j}{1 + \left(\frac{w_{ij} + g_j}{2}\right)}$$

Obr.24 Vzorec pro výpočet ovlivnění názoru na produkt uživatele **i** uživatelem **j**

Uživatel **a** se může zmínit o daném produktu svému kamarádovi **b**, i když ho nekoupil. Stačí, aby na něj viděl reklamu nebo někdo z jeho přátel produkt vlastnil. V takovém případě může na toto téma přijít řeč. „*Pravděpodobnost debaty*“, je vypočítána podle vzorce na Obr.23 stejně, jak již bylo uvedeno. Rozdíl však bude u proměnné d_p , za kterou se dosadí hodnota „*pravděpodobnosti tématu*“ $P_t(i, j)$ vypočítaná vzorcem na Obr.25. Proměnné o_i a o_j , z Obr.25, jsou vlastnosti „*Odbornost na produkt*“ uživatele **a** a jeho kamaráda **b**. $P_t(i, j)$ vypovídá o tom, že budou-li se agenti velice zajímat o daný obor (budou odborníci), bude větší pravděpodobnost, že se o produktu zmíní. Když tedy přijde debata o produktu, uživatel **a** ovlivní „*Názor na produkt*“ svého kamaráda **b**. Pro ovlivnění se použije stejný vzorec z Obr.24, jak bylo uvedeno výše. Jen u proměnné o_j se místo uživatelova „*Zkušenosti s produktem*“ použije jeho vlastnost „*Názor na produkt*“.

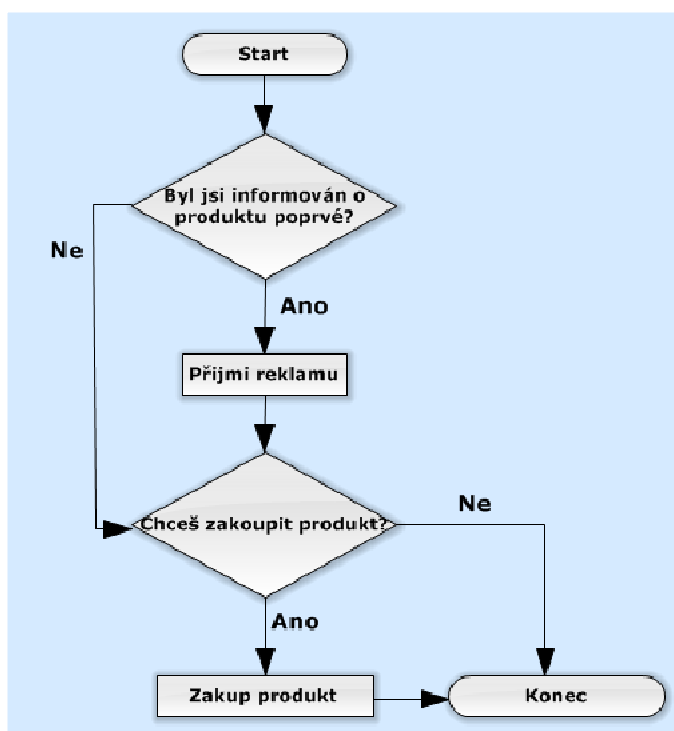
$$P_t(i, j) = o_i \cdot o_j$$

Obr.25 Vzorec pro výpočet pravděpodobnosti tématu debaty

Stejně takto může reagovat i kamarád **b**. Pokud on sám produkt nezakoupil, ale někdo z jeho přátel daný produkt vlastní nebo alespoň na něj viděl reklamu, může se o něm zmínit uživateli **a**. „*Pravděpodobnost debaty*“ je vypočtena stejně jako v minulém odstavci. Přejde-li se k debatě o produktu a kamarád **b** zjistí, že ani uživatel **a** ještě produkt nekoupil, ovlivní kamarád **b** jeho „*Názor na produkt*“, podle vzorce na Obr.24 (kde o_j je „*Názor na produkt*“ kamaráda **b**). Pokud ale při rozhovoru zjistí, že uživatel **a** produkt vlastní, potom je naopak ovlivněn jeho „*Názor na produkt*“ podle Obr.24 (kde o_j je „*Zkušenost s produktem*“ uživatele **a**).

Nastane-li situace na začátku komunikace uživatele *a* a jeho kamaráda *b* taková, že kamarád *b* předmět zakoupil, může se uživateli *a* pochlubit zase on. Takovou informaci mu může sdělit, s pravděpodobností získanou z výpočtu „*pravděpodobnost debaty*“ podle Obr.23 (kde d_p je parametr „*Informování kamaráda o produktu*“). Jestliže se chce kamarád *b* pochlubit, sdělí uživateli *a*, že zakoupil daný produkt. Pokud ho uživatel *a* ještě nekoupil, kamarád *b* ovlivní jeho „*Názor na produkt*“ podle Obr.24 (kde o_j je „*Zkušenost s produktem*“ kamaráda *b*).

Po každém ovlivnění „*Názoru na produkt*“ ve výše zmíněných případech, nastává tzv. fáze „*rozhodnutí o koupi*“. Každý agent, který je někým takto ovlivněn, vyvolá své vlastní dilema, zda daný produkt zakoupí či ne. Agent spustí paralelní proces, jako je zobrazen na Obr.26.



Obr.26 Vývojový diagram rozhodnutí o nákupu produktu

Nejprve se zjistí, zda byl agent o produktu informován poprvé, tedy, zda někdy předtím viděl nějakou reklamu nebo některý z kamarádů mu o produktu řekl. Pokud byl informován poprvé, projeví se to v simulačním okně na jeho postavičce, která se zbarví zeleně. Nyní nastává rozhodnutí, zda agent produkt zakoupí či nikoliv. To závisí na jeho „*Toleranci*

názoru na produkt“. Pokud je tato hranice menší nebo rovna hodnotě vlastnosti „*Názor na produkt*“, agent bude zvažovat koupi předmětu. V opačném případě od koupě upustí. Pokud však nákup zvažuje, pravděpodobnost s jakou produkt zakoupí, závisí na vzorci, který je na Obr.27. P_k je uživatelská vlastnost „*Jiné důvody k nákupu*“, o jeho „*Názor na produkt*“ a p_r parametr „*Nákup podle reklamy*“. Proměnná ve jmenovateli n_p je pouze počet parametrů v čitateli. Výsledek tedy může záviset nejenom na pravděpodobnosti ovlivnění reklamou, ale také na tom, co si uživatel myslí o daném produktu a jeho ochotě tolerovat neduhy produktu. Dále je to pocit, jak moc daný produkt uživatel potřebuje, jak je na tom finančně a podobně. Pokud produkt zakoupí, jeho postavička se zbarví červeně.

$$P_n = \frac{p_k \cdot o \cdot p_r}{n_p}$$

Obr.27 Vzorec pro výpočet pravděpodobnosti zakoupení produktu

4.4 Průběh simulace

Po spuštění aplikace, jak již bylo popsáno výše, se nejprve spustí okno pro nastavení volitelných parametrů. Po zadání hodnot a spuštění simulace pomocí tlačítka s nápisem „Spustit simulaci“ se vygeneruje nastavený počet agentů a u každého z nich se nastaví jeho vlastnosti. Agenti jsou rozmístěni náhodně a jsou zobrazeni, jako modrá postavička. Nejprve nikdo s nikým není propojen, ale později začínají navazovat společné vztahy, jak bylo popsáno výše. Přátelské vztahy jsou zobrazovány čarou mezi agenty. Pro nasimulování vlivu reklamy, je zde tlačítko s nápisem „Zašli reklamu“. To dá tzv. prvotní impulz do sociální sítě a odstartuje šíření reklamy s následným vlivem. Probíhá to tak, že po stisku tohoto tlačítka, se zašle určitému počtu uživatelů reklama. Počet je určený parametrem „*Rozeslaná reklama*“. Z těch co obdrželi reklamu, zakoupí produkt určité procento lidí dané parametrem „*Nákup podle reklamy*“ a zároveň mají-li hodnotu vlastnosti „*Jiné důvody k nákupu*“ alespoň 0.5 (50%). Ti co reklamu neobdrželi, mohou produkt také koupit. Pravděpodobnost nákupu se pro ně odvíjí od výpočtu podle vzorce na Obr.27, jen za proměnnou p_r se dosadí parametr „*Nákup naslepo*“. Obchod však může uskutečnit pouze tehdy, je-li jeho hodnota

vlastnosti „*Jiné důvody k nákupu*“ alespoň 0.5 (50%). Tímto popsáním impulzem se nastartuje proces šíření reklamy a proces rozhodování o nákupu produktu. Uživatelům, kteří obdrží reklamu, ať už prvotním impulzem nebo od kamaráda, se obarví postavička na zelenou barvu. Agenti, kteří se rozhodli zakoupit produkt se zbarví červeně. Obdrželi-li agent reklamu od kamaráda, zobrazí se mezi nimi zelený vztah. V případě, že uživatel ovlivní-li svého přítele k nákupu tento vztah bude červený. Barevné relace vyznačují, kdo jak koho ovlivňuje k nákupu, či kdo je šířitelem reklamy.

5 Ověření funkčnosti modelu

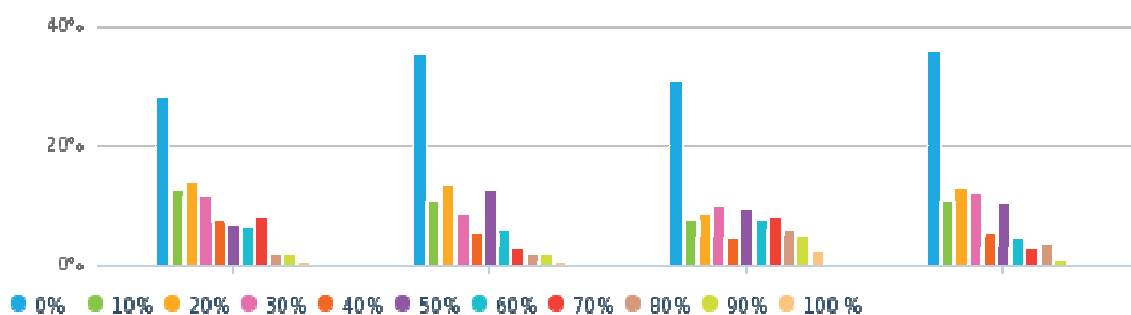
Testování správné funkcionality modelu, bylo prováděno průběžně, zejména při implementaci jednotlivých prvků aplikace. Zkušební testy probíhaly převážně s hodnotami uvedenými v [25] a výše popsáním generováním vlastností. Jedním z takovýchto testů, byl například proces seznamování uživatelů. Klád si za cíl, aby žádný agent neosiřel, tedy neměl žádné přátele. Také, aby byla se síť nerozpadla na více menších, oddělených sítí, jež nejsou společně propojeny, alespoň jednou vazbou. Dále, aby nepřipomínala náhodnou síť. Ale vytvářela vzájemně propojené shluky uživatelů, které se strukturou podobají sociální síti. Autor práce se domnívá, že se tyto aspekty podařilo splnit celkem obstojně a po sérii pokusů bylo docíleno správného nastavení parametrů.

Dalším zkouškou co stojí za zmínku, byla simulace prvotního impulsu reklamy do propojené sítě uživatelů a následné její šíření. Zde se klád důraz, hlavně na to, kdy předat danou informaci druhému uživateli. Bylo toho docíleno, již výše zmíněným způsobem, kterému předcházeli drobné testy a následné změny některých vlastností. Například, jimi byla vlastnost „*Názor na produkt*“, jenž se nejprve generovala pomocí trojúhelníkového rozdělení. Později se však ukázalo, že generované hodnoty se nepohybovaly, až tak často kolem nejpravděpodobnějšího zadaného parametru, jak by bylo potřeba. Proto, bylo vybráno rozdělení PERT. Bohužel, autor práce nenašel způsob, jak ověřit správnost šíření reklamy mezi uživateli. Ale právě proto se vytvářejí simulace, aby zachytily takto složité procesy.

5.1 Získání reálný dat

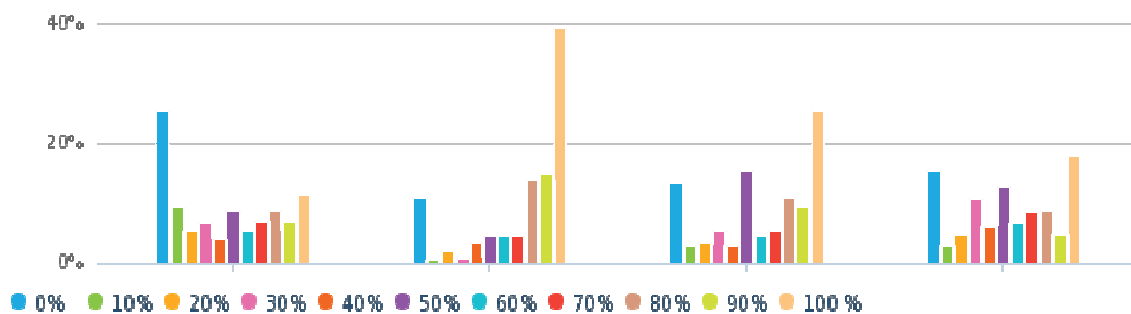
Aby proces z předešlého odstavce nezůstal zcela neproověřen, autor práce se pokusil získat alespoň nějaká reálná data. Sběr probíhal formou dotazníku. Byl rozeslán mezi lidmi, převážně

na sociální síti Facebook. Na dotazník odpovědělo 200 respondentů z nichž 105 bylo mužů a 95 žen. Dotazník obsahoval celkem 4 otázky. Každá z nich se zaměřovala na 4 kategorie zboží a to na elektroniku, oblečení, kosmetiku a sport. Cílem bylo, u každé otázky získat potřebná data z uvedených kategoriích. Respondent mohl zatrhnout jednu z jedenácti odpovědí, jež představovaly procentuální hodnoty od 0% do 100%. První dotaz zněl takto: „Koupíte někdy produkt, jejímž impulzem byla reklama (v televizi, v rádiu, na internetu apod.)? Například: Nebyl jsem zcela rozhodnut pro daný produkt, ale reklama mě přesvědčila ke koupi“. Tato otázka byla položena, aby bylo možné vyzorovat, jak velký má být nastaven prvotní impuls reklamy vnesený do sítě. Konkrétně těmito hodnotami bude řídit parametr „*Nákup podle reklamy*“. Odpovědi jsou zobrazeny na Obr.28. Hodnoty blížíící se 0% znamenají, že skoro nikdy tak tazatel neučiní. Naopak hodnoty blížíící se 100%, že tak učiní skoro vždy.



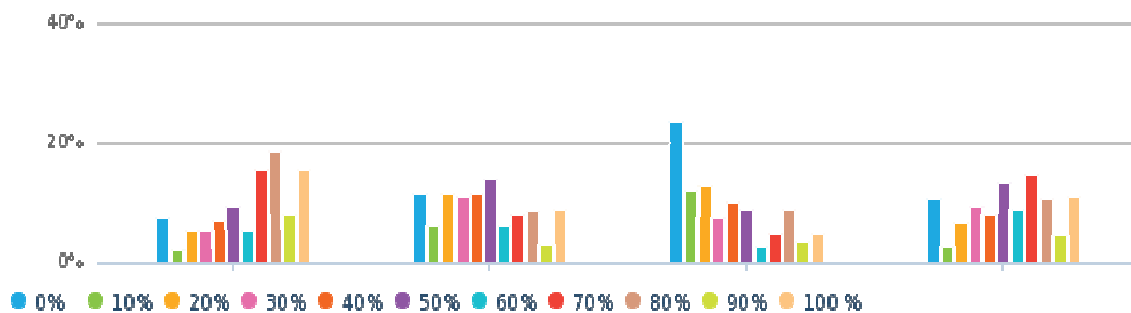
Obr.28 Diagram odpovědí na otázku č. 1 pro kategorie (zleva): elektronika, oblečení, kosmetika, sport.

Otázka číslo dvě, byla položena následovně: „Koupili jste někdy produkt, o kterém jste se nedozvěděli z internetu, televize (z médií) ani od kamaráda, ale koupili ho takzvaně na blind - na slepo?“. Výsledky druhé otázky pomohly taktéž s nastavením prvotního impulsu. V tomto případě, lze podle nich nastavit parametr „*Nákup naslepo*“. Diagram zobrazující odpovědi na druhou otázku je na Obr.29. Hodnoty směřující k 0% znamenají „nikdy tak nenakupují“, opačně hodnoty dosahující 100% vyjadřují „vždy tak nakupují“.



Obr.29 Diagram odpovědí na otázku č. 2 pro kategorie (z leva): elektronika, oblečení, kosmetika, sport.

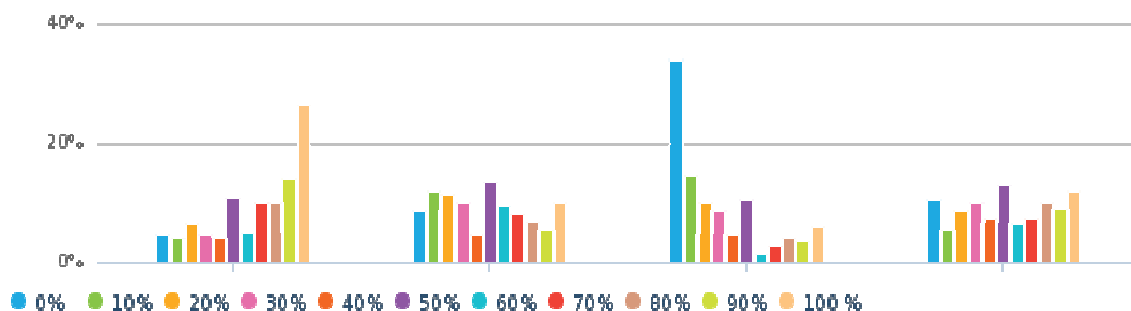
V pořadí třetí otázka se dotýčných ptala: „**Jak často se Vám stane, že byste si nějaký produkt chtěli koupit, ale nedovolují Vám to jiné důvody (finance, partner, místo bydliště, produkt nepotřebuji apod.)**“. Výsledky odpovědí na tuto otázku, jsou důležité nastavení nejčastěji generované hodnoty pro „*Jiné důvody k nákupu*“. Diagram s odpověďmi je zobrazen na Obr.30. V tomto případě 0% znamená „nikdy se mi to nestává“, tedy na tyto důvody nehledím. Naopak 100% vypovídá o tom, že se dotazovaným tato situace stává pořád a nemohou si dopřát daný produkt.



Obr.30 Diagram odpovědí na otázku č. 3 pro kategorie (z leva): elektronika, oblečení, kosmetika, sport.

Poslední čtvrtá byla položena takto: „**Pokud si nějaký produkt zakoupíte, jak často o něm řeknete (pochlubíte se) svému kamarádovi / kamarádce**“. Otázka směřovala na problém, jak často jedinec předá informaci o zakoupeném produktu svému kamarádovi. V modelu jsou výsledky využity k nastavení parametru „*Informování kamaráda o produktu*“. Ty jsou

zobrazeny na *Obr.31*. Hodnota **0%** říká, že se tazatel nikdy nepochlubí a při **100%** se pochlubí vždy.



Obr.31 Diagram odpovědí na otázku č. 4 pro kategorie (zleva): elektronika, oblečení, kosmetika, sport.

Aby mohly být nastaveny výše zmíněné parametry podle odpovědí z dotazníku, byla určena výsledná hodnota váženým průměrem jednotlivých odpovědí.

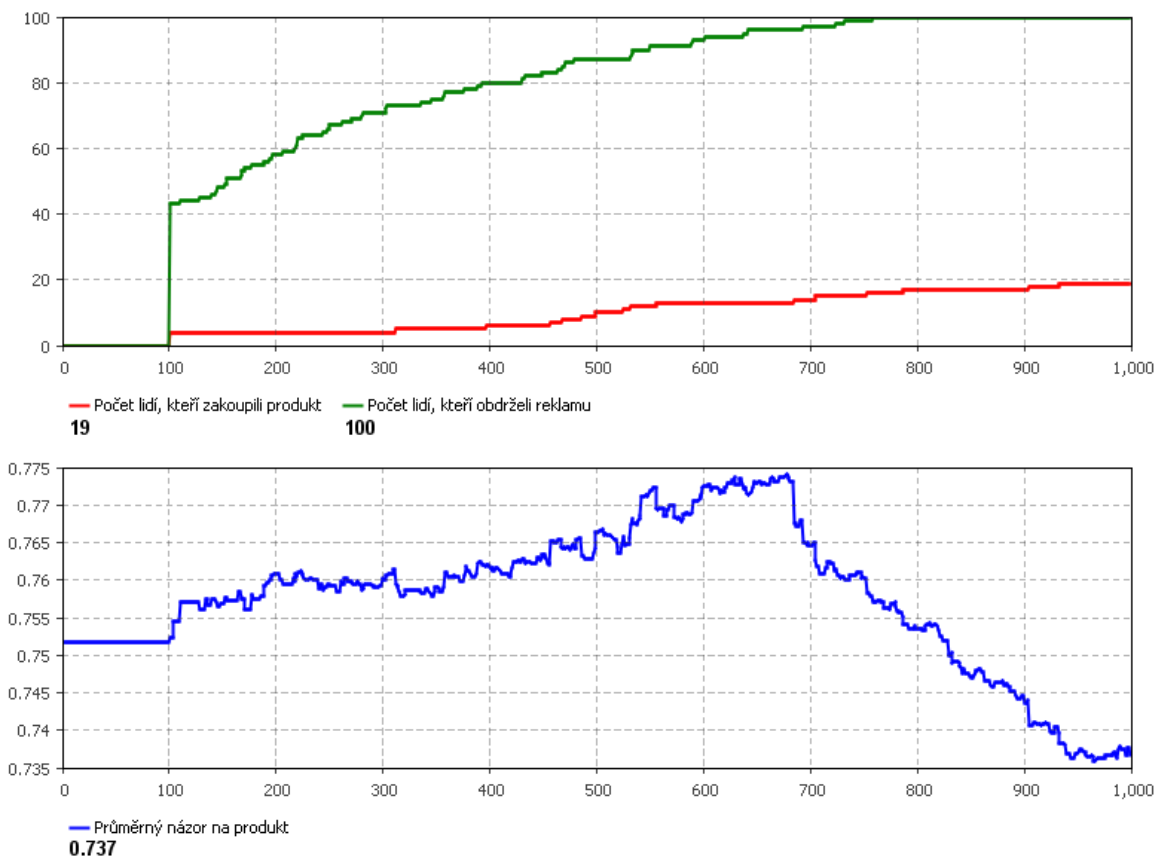
Kromě dotazníku byla počita i data z [29]. Z tohoto portálu, byl vybrán konkrétní výrobek z výše zmíněných oblastí a zkoumala se jeho reputace mezi lidmi. Hodnotami se pak nastavil parametr *Obecný názor na produkt*.

6 Experimenty

Nastavení modelu pro následující experimenty proběhlo stejně jako v předešlé části. Tedy nastavení parametrů pro vytvoření sociální sítě, bylo provedeno převážně podle [25] s následnými testy a korekcemi hodnot. Hodnoty pro následnou simulaci šíření reklamy mezi uživateli, byly použity z již zmiňovaného dotazníku a portálu [29]. Experimenty jsou prováděny na čtyřech typech zboží, kterým je elektronika, oblečení, kosmetika a sportovní věci. Testy byly uskutečněny se **100** agenty. Simulační čas probíhá v řádu hodin a délka každé simulace je od **0h** do **1000h**. Po spuštění simulace, nebylo zasahováno do experimentu prvních **100** hodin, aby se dostatečně propojila sociální síť. Po **100** hodinách, byl vyslán impulz reklamy do sítě.

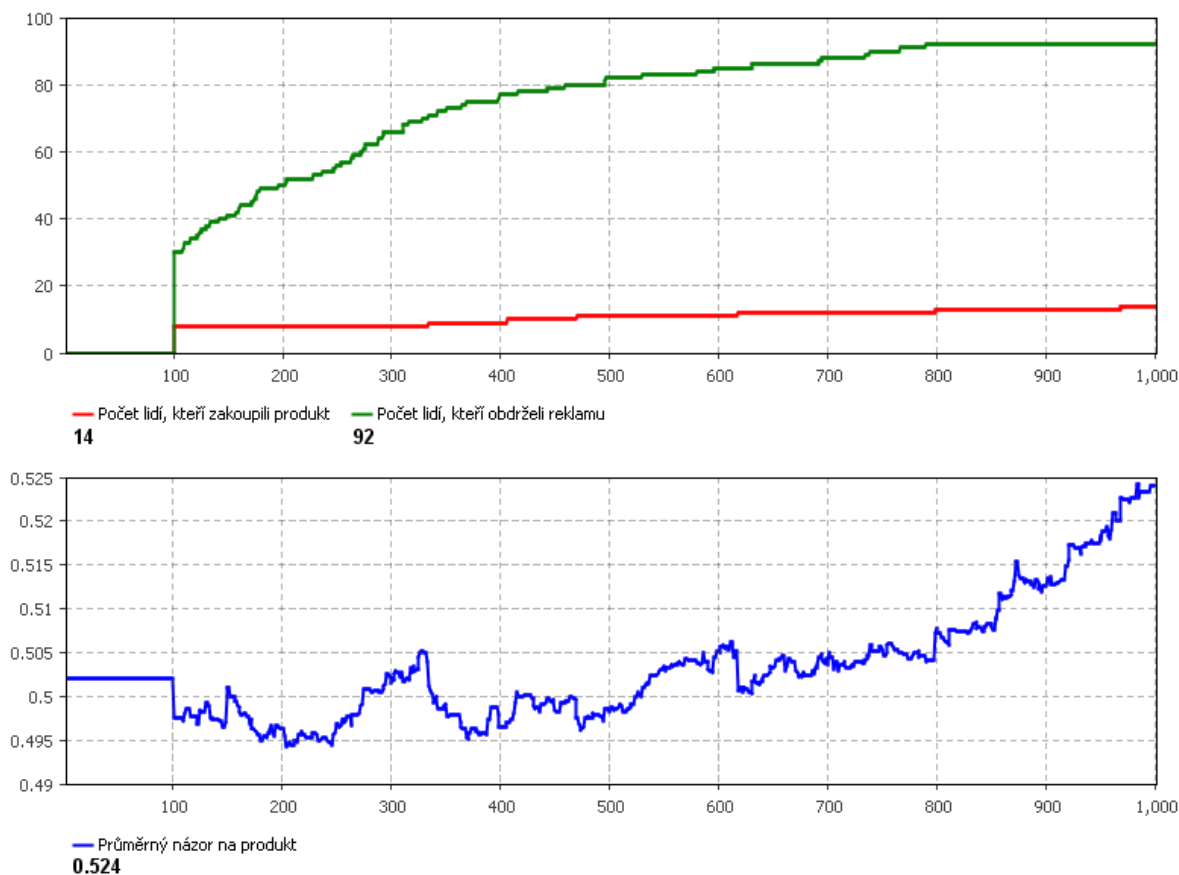
6.1 Experiment číslo 1

První simulace se zabývala kategorií elektroniky. Jako výrobek, byl vybrán mobilní telefon: **Samsung i9195 Galaxy S4 mini** s hodnocením uživatelů **87%**. Tato hodnota, byla nastavena u parametrů „*Obecný názor na produkt*“ a „*Reputace produktu*“. Z grafu na *Obr.32* je možné vyčíst, že po prvotním impulzu zakoupili produkt **4** uživatelé a reklamu obdrželo **44** agentů. Zelená křivka, zobrazující počet lidí, jež byli informováni o produktu, narůstala víceméně konstantně až do doby, než byli informováni všichni uživatelé. To znamená, že se informace mezi agenty šířila stálou rychlostí v čase a neprobíhaly žádné nárazové vlny. Červená křivka zobrazující počet uživatelů, jež zakoupili produkt ukazuje, že po počátečním nákupu v čase **100**, trvalo dalších více než **200h**, než zakoupil produkt další uživatel. Za další zmínku stojí čas mezi **450h** a **550h**, kde proběhla největší frekvence nákupu. Průměrný názor na produkt v síti se pohyboval od **0,736** po **0.773**, na *Obr.32* je zobrazen modrou barvou. Největší výkyvy lze zaznamenat v časech **400h** až **680h** a **480h** až **980h**. Tyto výkyvy jsou zapříčiněny nakupujícími agenty. Někteří uživatelé, kteří provedli nákup, uskutečnili někdy až **17** rozhovorů o produktu než ho zakoupili. V průměru to ovšem bylo asi jen **7** debat. Celkem zakoupilo produkt **19** lidí z toho **15** vlivem uživatelů.



Obr. 32 Graf - simulace šíření reklamy o elektronice

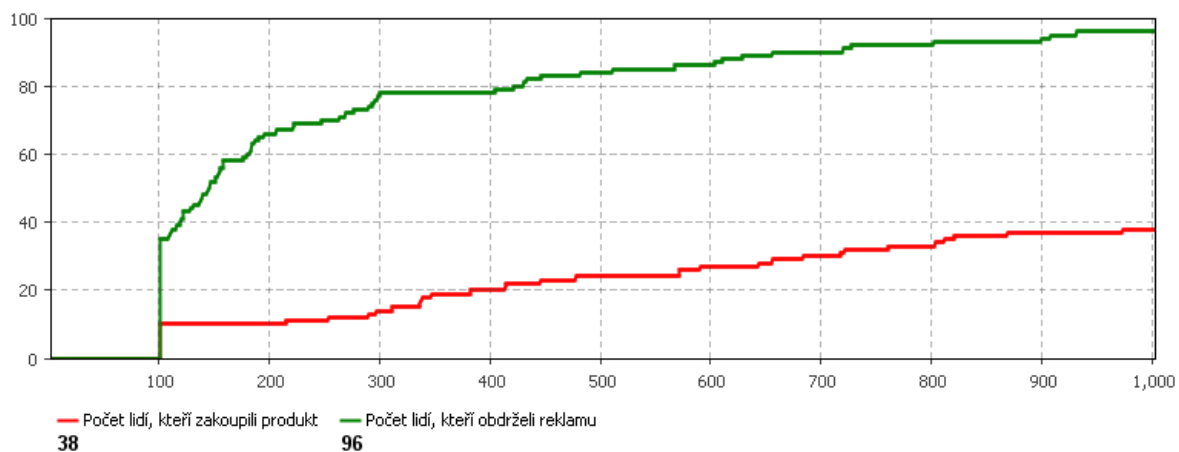
Zastoupení v kategorii oblečení, je trochu složitější než u jiných kategorií. Protože každý člověk má jiný vkus, nebyly nastaveny parametry „*Obecný názor na produkt*“ a „*Reputace produktu*“ podle [29], ale zůstal na průměrných hodnotách **0,5**. Výsledek simulace je zobrazen na Obr. 33. Na první pohled se nemusí zdát patrný rozdíl od předešlé simulace, ale přece jenom tu některé odlišnosti jsou. První odlišnost je, že nebyli informováni o produktu všichni agenti v síti. Růst zelené křivky je taktéž o něco pozvolnější a od **800h** už nenarůstal. Podle červené křivky, by se dalo říci, že neprobíhal nákup tak horlivě. Na počátku zakoupilo produkt **8** uživatelů a celkově **14** uživatelů, tedy nárůst o **6** zakoupených předmětů. Průměrný názor na produkt se taktéž pohyboval okolo nastavené hodnoty a to od **0.501** do **0.525**. Rozdílem je však vývoj křivky průměrného názoru na produkt, jež bez větších výkyvů měla rostoucí tendenci po celou dobu simulace. Z toho vyplývá, že se pověst produktu mírně zlepšovala. V průměru se uskutečnilo **9** debat, než agenti zakoupili produkt. Jeden z nich provedl nákup dokonce až po **19.** rozhovoru.



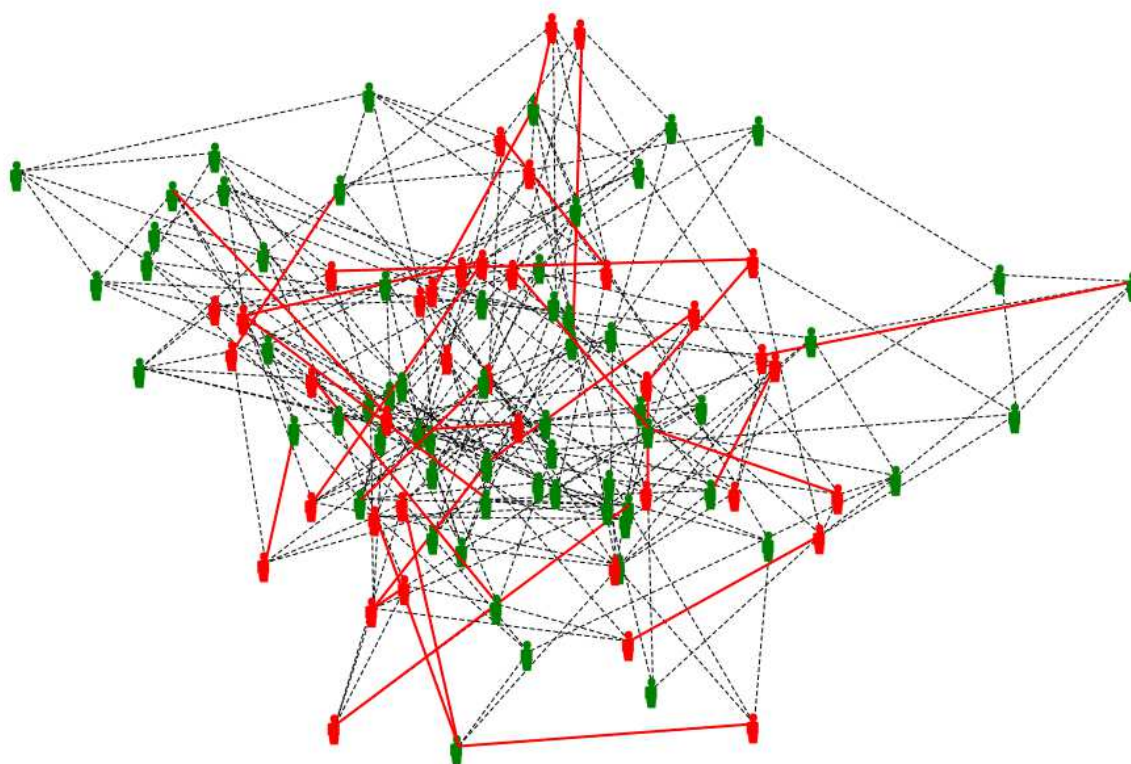
Obr.33 Graf – simulace šíření reklamy na oblečení

Za kategorií kosmetiky, byl vybrán parfém: **Chloé**, jež získal od majitelů úctyhodných **93%** kladných recenzí. Na *Obr. 34* je zobrazen průběh šíření reklamy a nákup předmětu. Jak se dalo očekávat, křivka nákupu produktu stoupala více než u předešlých dvou produktů, ale nevykazovala nijak veliké nárazové nakupování. I když se ubírá vzhůru konstantní rychlostí, lze na ní upozorovat úseky, kdy probíhalo nakupování nejvíce. Konkrétně, je to mezi **300h** a **480h** a následně mezi **650h** a **820h**. Je zajímavé, že po velice strmém růstu křivky rozesílané reklamy na počátku simulace, zakoupil produkt první agent až po **120h**. Při prvotním impulzu obdrželo **35** agentů reklamu a **10** uživatelů zakoupilo produkt. V konečné fázi zakoupilo produkt **38** lidí a **96** uživatelů se dozvědělo o produktu, buď z reklamy nebo od jejich přátel. Průměrný počet debat o produktu, než ho uživatel zakoupil, činil **9** rozhovorů. Našli se i tací, kteří provedli nákup až po **24** debatě. Na *Obr.35* je zobrazena sociální síť s vyznačenými červenými vztahy mezi agenty, které vypovídají o tom, kdo koho ovlivnil

k nákupu. Křivka vývoje průměrného názoru na produkt, byla obdobná jako ve výše zmíněných simulacích a tak zde není zobrazena.

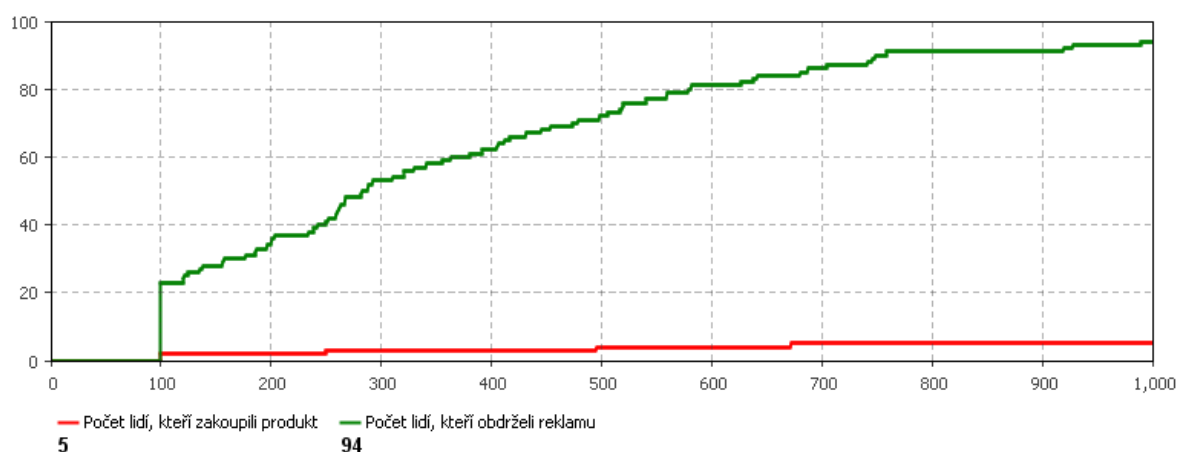


Obr.34 Graf – simulace šíření reklamy na kosmetiku



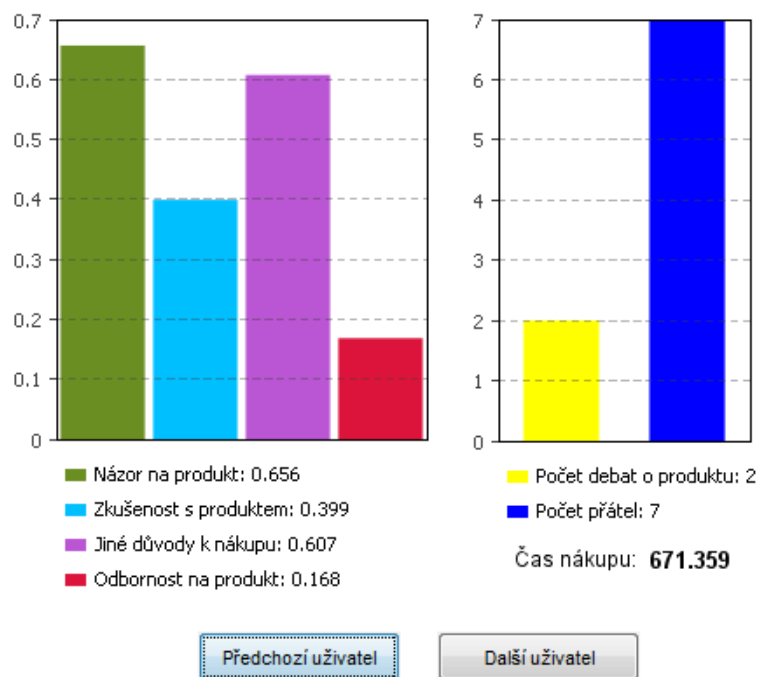
Obr.35 Sociální síť se zvýrazněnými vztahy ovlivnění k nákupu produktu

Produkt v kategorii sportu byla vybrána tenisová raketa: **Head PWR Instinct** s horší reputací a to **37%**. Takto nepopulární předmět, byl vybrán záměrně, aby zachytil proces výrobku se špatným jménem. Na samém počátku zakoupili tento produkt pouze **2** jedinci a po uběhnutí **1000h** provedlo nákup pouze **5** uživatelů. Rozdílná je i zelená křivka. Oproti předešlým testům má tendenci stoupat pozvolným lineárním způsobem už od samého počátku. To značí nepřílišnou chuť hovořit o takovémto produktu. Při počátečním impulzu, nebyla přijata reklama v takovém množství uživatelů, jako v předešlých testech. Ale i tak, porovná-li se tato zelená křivka s křivkou z předešlých grafů, lze zjistit, že **80** lidí bylo informováno o produktu do **600h**. U předešlých grafů to bylo o cca **150h** dříve. Během komunikace byly provedeny jen **3** nákupy produktu. Většinou je provedli lidé, jež si chybně mysleli, že výrobek je kvalitní (takovýto uživatel je uveden na *Obr.37*).



Obr.36 Graf – simulace šíření reklamy na sportovní vybavení

Byl vybrán uživatel číslo: 34

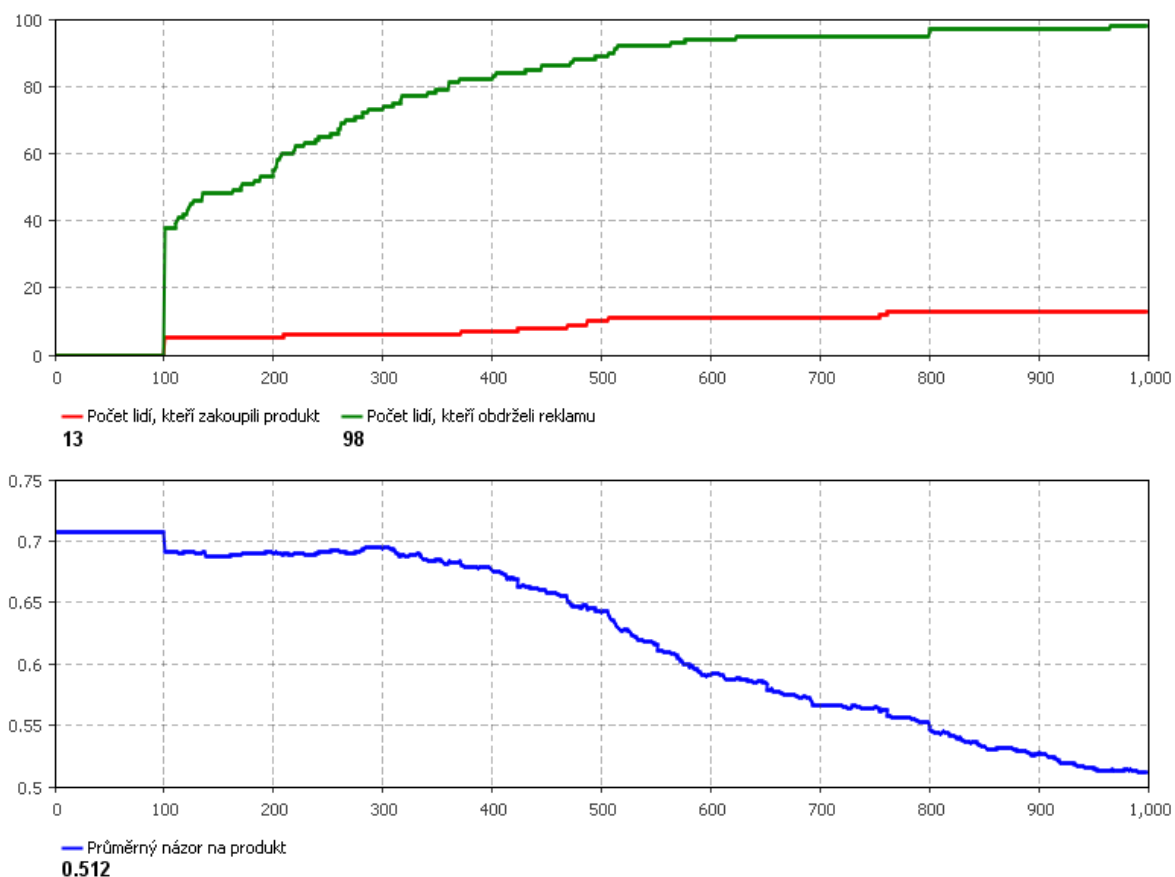


Obr.37 Vlastnosti agenta, jenž zakoupil produkt

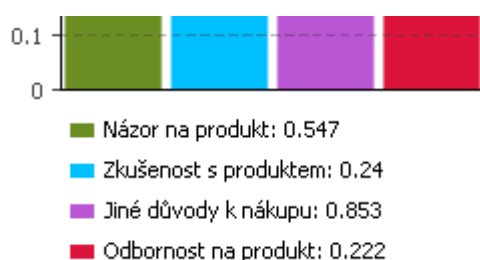
6.2 Experiment číslo 2

Tento experiment se zabýval simulací případů, kdy daný produkt měl dobrou pověst, ale po jeho zakoupení, uživatel zjistil, že není až tak kvalitní. Pro první simulaci, byl vybrán stejný produkt elektroniky, jako v předešlé části, jež zkoumala elektroniku (následně budou tyto dvě simulace porovnávány), tedy s hodnocením 83%. Tato hodnota nastavila parametr „*Obecný názor na produkt*“, ale „*Reputace produktu*“ byla změněna na hodnotu 0,4 (40%). Z počátku lze vidět na Obr.38 u červená křivky shodu s grafem zobrazeným na Obr.32. Produkt zakoupilo obdobný počet uživatelů, jako minule. Nyní to bylo 5 lidí a v předešlé simulaci 4 uživatelé. Vývoj nákupu se začal lišit okolo 500h. V případě obou simulací vykazoval tento časový bod zvýšený nákup produktu. Ale u tohoto testu to bylo výrazně méně a další nákupy se uskutečňovali víceméně ojedinele. To však neplatilo o simulaci zobrazené na Obr.32 tam nákup probíhal dále lineárně. Výše zmíněný časový bod, by se dal hodnotit, jako zlomový v tom smyslu, že se projevila špatná „*Zkušenost s produktem*“ při

ovlivňování ostatních uživatelů k nákupu. Výsledný nárůst koupě produktu, byl 8 nákupů, nepočítá-li se prvotní impulz. Pokles názoru na produkt zobrazený modrou křivkou, byl taktéž značný. Na počátku se těšil veliké oblibě s hodnotou **0.71**, ale později díky špatné reputaci ztratil a propadl se až na hodnotu **0.51**. Uživatelé, jenž zakoupili produkt v pozdějším čase simulace (v **760h**), byli většinou lidé, toužící zakoupit takovýto druh produktu nebo ke koupi měli své důvody („**Jiné důvody k nákupu**“). Jeden z uživatelů je na *Obr. 39*. Za povšimnutí stojí, právě jeho vlastnost „**Jiné důvody k nákupu**“, která je poměrně vysoká. Průměrný počet debat uživatelů, jež zakoupili produkt se pohyboval okolo **6**.

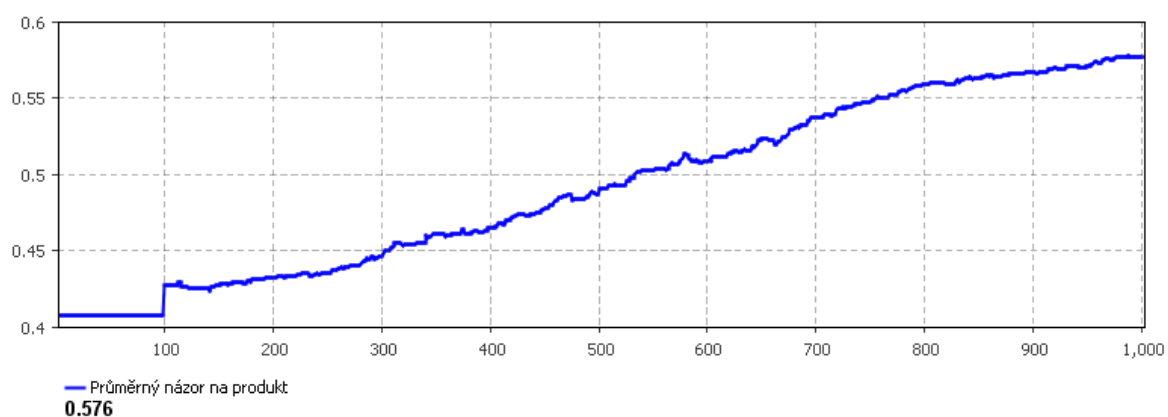
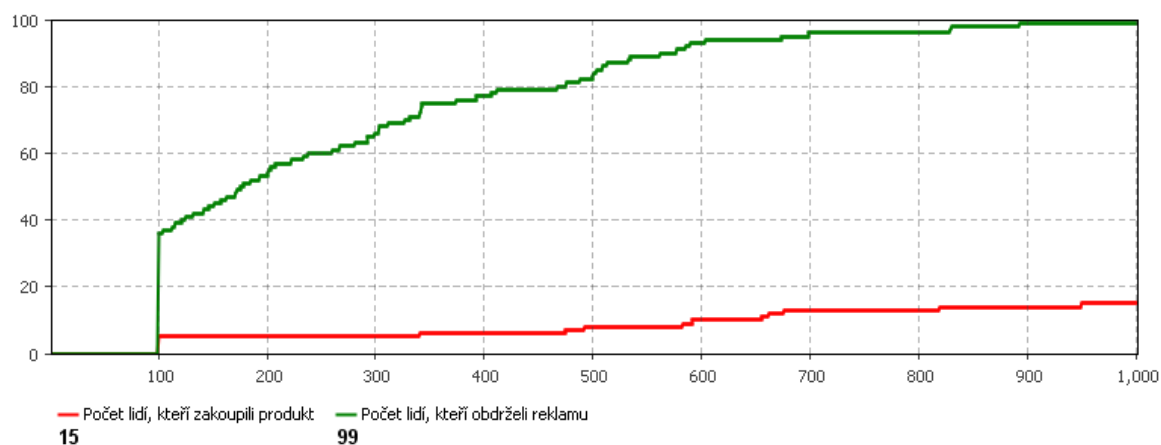


Obr.38 Graf - simulace šíření reklamy elektroniky se sníženou reputací

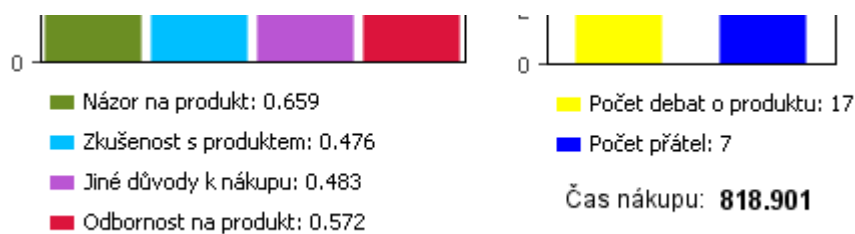


Obr.39 Vlastnosti agenta, jež zakoupil produkt

Druhá simulace sledovala opačný případ než první simulace. Na počátku má produkt špatnou pověst mezi uživateli, ale po jeho zakoupení uživatelé zjišťují, že tomu tak není. Testy probíhaly s kategorií produktu sport. Byla taktéž použita výše zkoumaná tenisová raketa, jež neměla zrovna dobrou pověst (37%). Tato hodnota, byla nastavena u parametru „**Obecný názor na produkt**“ a parametr „**Reputace produktu**“ byl oproti předešlé simulaci nastaven na vysokou hodnotu **0.8**. Podle grafu na Obr.40 je možné zjistit podle modré křivky, že průměrný názor na produkt rostl, což bylo také předvídáno. Podíváme-li se souběžně na červenou křivku zjistíme, že počet nákupů vzrostl v momentě, kdy se hodnota průměrného názoru na produkt přiblížila **0.5**. Od této chvíle se produkt stává čím dál tím více atraktivnější. Lze to přisoudit tomu, že uživatelé, jenž zakoupili produkt, mají s tímto předmětem lepší zkušenosti, než je běžný názor. Když se chtějí tyto uživatelé pochlubit svému známému, uživatelé pozitivně ovlivní názor známého a tím pádem i roste hodnota průměrného názoru na produkt. Po impulzu reklamy do sítě provedlo nákup **5** lidí. V průběhu simulace vzrostl jejich počet o dalších **10** kupujících. Jak již byl zmíněno, rostl také průměrný názor na produkt, který začínal na hodnotě **0.42** a po **100h** se vyšplhal k hodnotě **0.576**. U uživatelů, kteří zakoupili produkt, lze vyzorovat následující aspekty. Mají-li uživatelé větší „**Názor na produkt**“ a uskutečnili velký počet debat o produktu, ale ostatní jejich vlastnosti, jenž rozhodují o jeho koupi jsou nízké, vypovídají o tom, že nejspíše nepřicházeli na počátku simulace dostatečně často do styku s agenty, kteří měli vysokou hodnotu vlastnosti „**Názor na produkt**“. Takovýto uživatel s velkým počtem debat o produktu je zobrazen na Obr.41.



Obr.40 Graf – simulace šíření reklamy na sportovní vybavení se zvýšenou reputací



Obr.41 Vlastnosti agenta, jež zakoupil produkt

7 Závěr

V první části práce jsou vysvětleny základní pojmy z oblasti modelování s multiagentním přístupem. Tyto pojmy, jsou důležité pro objasnění problematiky práce. Probíráno je složení multiagentního systému, chování a vlastnosti jeho prvků.

Druhá část se zaměřuje na sociální sítě. Na začátku této části, je představena krátká historie a milníky sociálních sítí. Následuje popis její struktury dále formy reprezentace sociálních sítí pomocí matematických funkcí a jejich vizualizace pomocí grafů. Taktéž se tato část zabývá různými vlastnostmi sítí. V této části jsou ještě popsány modely komplexních sítí včetně algoritmů popisujících tvorbu struktury sítě.

Hlavním cílem práce bylo vytvoření modelu sociální sítě, s následným nasimulováním šíření reklamy o produktu mezi jejími uživateli a případným ovlivněním k nákupu daného produktu. Tato část se zabývá tvorbou modelu sociální sítě a následnou její implementací. Jsou zde popsány vlastnosti uživatelů a jejich algoritmy chování. Počínaje navazováním vztahů s ostatními uživateli, společnou komunikací a zrušením navázaného vztahu. Je také popsáno, kdy a jak dochází při komunikaci k šíření reklamy nebo informace o nějakém produktu. Dále je vysvětlen proces vzájemného ovlivňování uživatelů s případným nákupem produktu. Popsáno je nejen chování a vlastnosti uživatelů, ale také to, jak celá simulace probíhá a jak zachází s výslednou aplikací.

Na předešlou část navazuje tato, jež vysvětluje, jak probíhaly některé testy modelu k ověření jeho správné funkčnosti. Následuje popis získání a zhodnocení reálných dat. K tomuto účelu, byl použit dotazník, jenž je podrobně rozebrán.

Poslední část se zabývá sérií experimentů se zadaným modelem. Popisuje, jak probíhaly testy a s jakými druhy zboží byly prováděny. V experimentech je možné pozorovat šíření reklamy a to pomocí grafů nebo jednoduché sítě. Dále také umožňuje zkoumat vlastnosti uživatelů, jež zakoupili daný produkt. A v neposlední řadě zachycuje vývoj a změny názorů na zkoumaný produkt.

Závěrem lze říci, že zadané cíle této bakalářské práce, byly splněny. Po úspěšném vytvoření modelu, získání dat a následném provedení experimentů s modelem, je možné konstatovat,

že vykazuje velice dobré výsledky. To však neznámá, že by se nedal model rozšířit o nové funkce a vlastnosti. Rozšíření by se mohlo týkat například vylepšeného rozhodování uživatele o nákupu produktu.

Seznam použité literatury

1. **BORDINI, Rafael H, Jomi Fred HÜBNER a Michael WOOLDRIDGE.** *Programming multi-agent systems in AgentSpeak using Jason.* Chichester: Wiley, c2007, xv, 273 s. ISBN 978-0-470-02900-8.
2. **PRÝMEK, Miroslav.** *Multiagentní systémy v praxi: implementace distribuovanéh o dohledového systému.* Brno, 2008. Diplomová práce. Masarykova univerzita katedra informatiky.
3. **ŠŤASTNÝ, Pavel.** *Multiagentní systémy v medicíně.* Praha, 2007. Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze Fakulta elektrotechnická.
4. **ZBOŘIL, František.** *Plánování a komunikace v multiagentních systémech.* Brno, 2004. 92 l. Disertační práce. Vysoké učení technické v Brně fakulta informačních technologií. Vedoucí práce doc. Dr. Ing. Petr Hanáček.
5. **KRČKOVÁ, Anna.** *Multiagentní modelování v sociologii: úvod do tématu.* Praha, 2013. Skripta. Fakulta sociálních věd, Univerzita Karlova v Praze.
6. **NETRVALOVÁ, Arnoštka.** *Úvod do problematiky multiagentních systémů.* Plzeň, 2010. Skripta. ZČU v Plzni.
7. **MAŘÍK, Vladimír, O ŠTĚPÁNKOVÁ a Jiří LAŽANSKÝ.** *Umělá inteligence.* 1. vyd. Praha: Academia, 2001, 328 s. ISBN 80-200-0472-6.

8. **LIN, Padgham.** *Developing intelligent agent systems a practical guide.* Vyd. 1. New Jersey: John Wiley, 2004, 225 s. ISBN 04-708-6120-7.
9. **HÁJKOVÁ, Veronika.** *BDI Agenti: Úvod do umělé inteligence.* Brno, 2012. Referát. Masarykova univerzita, Filozofická fakulta.
10. **VANGHELUWE, Hans.** *Discrete Event Modelling and Simulation.* 2001. CS522 Fall Term.
11. **NOVOTNÁ, Eliška.** *Sociologie sociálních skupin.* Vyd. 1. Praha: Grada, 2010, 120 s. Sociologie (Grada). ISBN 978-802-4729-572.
12. **NOVÝ, Ivan, Alois SURYNEK.** *Sociologie pro ekonomy a manažery.* 1. vyd. Praha: Grada, 2002, 191 s. ISBN 80-247-0384-X.
13. **Objevit.cz.** *Sociální sítě a jejich vývoj – pohled do historie* [online]. 5.3.2013 [cit. 2014-09-15]. Dostupné z: <http://objevit.cz/socialni-site-vyvoj-pohled-do-historie-t22280>
14. **PETERKA, Jiří.** *Historie českého internetu: BBS, alias Bulletin Board System* [online]. 2005 [cit. 2014-09-16]. Dostupné z: <http://www.earchiv.cz/b05/b0701002.php3>
15. **VÁCLAVEK, Vladimír.** *Modelování důvěry v sociální síti.* Plzeň, 2012. Diplomová práce. Západočeská univerzita v Plzni Fakulta aplikovaných věd Katedra informatiky a výpočetní techniky.
16. **HANNEMAN R., Riddle M.** *Introduction to Social Networks,* Department of Sociology, UCLA, Riverside, 2005
17. **HAVEL, Lukáš.** *Modelování sociálních sítí a ovlivňování důvěry,* Plzeň, 2011. Bakalářská práce. Západočeská univerzita v Plzni Fakulta aplikovaných věd Katedra informatiky a výpočetní techniky.

18. **ORTIZ, C. Enrique.** *Social Graph vs. Social Network*. [online]. 2008 [cit. 2014-09-22]. Dostupné z: <http://weblog.cenriqueortiz.com/socialsoftware/2008/02/17/social-graph-vs-social-network/>
19. **ŠEDA, Miloš.** *Teorie grafů*. Brno, 2003. Skripta. Vysoké učení technické v Brně Fakulta strojního inženýrství Ústav automatizace a informatiky.
20. **BERÁNEK, Ladislav.** *Sít'ová analýza v marketingu*. České Budějovice, 2008. Katedra informatiky, JCU - Jihočeská Universita České Budějovice.
21. **KREMLOVÁ, Jana.** *Tvorba umělé sociální sítě a měření získaných dat*. Pardubice, 2013. Diplomová. Univerzita Pardubice Fakulta ekonomicko-správní Ústav systémového inženýrství a informatiky.
22. **PANUŠ, Jan.** *Analýza sociálních sítí – využití v praxi*. Pardubice, 2011. Univerzita Pardubice Fakulta ekonomicko-správní Ústav systémového inženýrství a informatiky.
23. **HAUSENBLAS, Václav.** *Multiagentní počítačové simulace v ekonomii: Model vývoje kooperace*. Praha, 2008. Bakalářská práce. Univerzita Karlova v Praze, Fakulta sociálních věd. Vedoucí práce PhDr. Petr Švarc.
24. **ALBERT R., BARABÁSI A.-L.** *Statistical Mechanics of Complex Networks*. *Reviews of Modern Physics*. Indiana, 2002
25. **BAKSHY, Eytan.** *A Model of Social Influence and Network Formation: Senior Thesis in Computer Science*. 2006. Vedoucí práce Karrie Karahalios.
26. **SINGER, H., I. SINGER a H. HERRMANN.** *Agent-based model for friendship in social networks*. Zürich, Switzerland. ISBN 10.4018/978-1-61350-444-4.ch005. Computational Physics, IfB, Eidgenössische Technische Hochschule,.
27. **ZHAO, Bridge, Y.K. LI a John C.S. LUI.** *Mathematical Modeling of Advertisement and Influence Spread in Social Networks*. Hong Kong. Department of Computer Science & Engineering The Chinese University.

28. **ZHANG, Huiyuan, Thang N. DINH a My T. THAI.** *Maximizing the Spread of Positive Influence in Online Social Networks.* Florida 32611, 2013. Department of Computer and Information Science and Engineering University of Florida.
29. **Heureka** [online]. Naspers OCS Czech Republic, s.r.o., 2015 [cit. 2015-04-20].
Dostupné z: www.heureka.cz/

Seznam obrázků

Obr.1 Struktura multiagentního systému [1]	6
Obr.3 Jednoduchá sociální síť zobrazená pomocí grafu [18]	12
Obr.4 Orientovaný graf [16]	12
Obr.5 Matice incidence – neorientovaný a orientovaný graf [19]	13
Obr.6 Matice sousednosti – neorientovaný a orientovaný graf [19].....	14
Obr.7 Spojivé seznamy – neorientovaný a orientovaný graf [19]	14
Obr.8 Druhy centralit v síti [21]	17
Obr.9 Schéma základních typů reprezentace vztahu v sociálních sítích [20].....	18
Obr.10 Vliv parametru p na strukturu vazeb v náhodné síti [23]	18
Obr.11 Ukázka sítě small-world a vliv parametru p na její strukturu [23].....	19
Obr. 12 Vzorec pro výpočet pravděpodobnosti spojení nově přidaného uzlu se stávajícím uzlem v síti [24].....	20
Obr.13 Vzorec pro výpočet pravděpodobnosti spojení nově přidaného uzlu se stávajícím uzlem v síti [24].....	21
Obr.14 Vývojový diagram procesu spřátelení a výměny názorů s ostatními uživateli	27
Obr.15 Vzorec pravděpodobnosti uživatele, že chce poznat nového kamaráda [25]	28
Obr.16 Vzorec pro výpočet podobnosti dvou agentů [25].....	29
Obr.17 Vzorec pro výpočet důležitosti počtu setkání dvou subjektů [26].....	29
Obr.18 Vzorec pro výpočet velikosti přátelství mezi dvěma agenty [26]	29
Obr.19 Vzorec pro výpočet pravděpodobnosti výběru agenta[25].....	30
Obr.20 Vzorec pro výpočet nejméně oblíbeného přítele[25]	30
Obr.21 Vývojový diagram procesu diskuze o produktu	32
Obr.22 Vzorec pro výpočet koeficientu debaty o produktu.....	33
Obr.23 Vzorec pro výpočet pravděpodobnosti debaty o produktu	33
Obr.25 Vzorec pro výpočet pravděpodobnosti tématu debaty	34
Obr.26 Vývojový diagram rozhodnutí o nákupu produktu.....	35
Obr.27 Vzorec pro výpočet pravděpodobnosti zakoupení produktu	36
Obr.28 Diagram odpovědí na otázku č. 1 pro kategorie (zleva): elektronika, oblečení, kosmetika, sport.....	38
Obr.29 Diagram odpovědí na otázku č. 2 pro kategorie (zleva): elektronika, oblečení, kosmetika, sport.....	39

Obr.30 Diagram odpovědí na otázku č. 3 pro kategorie (zleva): elektronika, oblečení, kosmetika, sport.....	39
Obr.31 Diagram odpovědí na otázku č. 4 pro kategorie (zleva): elektronika, oblečení, kosmetika, sport.....	40
Obr. 32 Graf - simulace šíření reklamy o elektronice.....	42
Obr.33 Graf – simulace šíření reklamy na oblečení	43
Obr.34 Graf – simulace šíření reklamy na kosmetiku	44
Obr.35 Sociální síť se zvýrazněnými vztahy ovlivnění k nákupu produktu.....	44
Obr.36 Graf – simulace šíření reklamy na sportovní vybavení	45
Obr.37 Vlastnosti agenta, jenž zakoupil produkt.....	46
Obr.38 Graf - simulace šíření reklamy elektroniky se sníženou reputací.....	47
Obr.39 Vlastnosti agenta, jež zakoupil produkt.....	48
Obr.40 Graf – simulace šíření reklamy na sportovní vybavení se zvýšenou reputací.....	49
Obr.41 Vlastnosti agenta, jež zakoupil produkt.....	49