Liben-Nowell a Kleinberg model šíření

David Liben-Nowell a Jon Kleinberg ve své studii *Tracing information flow on a global scale using internet chain-letter* *data* (1) zkoumali šíření řetězových emailů. Konkrétně se jednalo o několik internetových petic, z nichž nejvýznamnější byla na protest proti válce v Iráku z let 2002 a 2003. Data byla sesbírána z veřejného internetového archivu emailů.

Za normálních okolností je téměř nemožné legálně vystopovat cestu řetězového emailu. Jelikož na rozdíl od sociálních sítí emailové zprávy jsou soukromé a příjemce emailu se musí sám dobrovolně rozhodnout, zda zprávu zveřejní. Petice je však unikátní v tom, že stačí relativně malé procento příjemců, které zprávu zveřejní pro rekonstrukci šíření. Toto je dáno tím, že lidé, kteří zprávu nezveřejní v celé své podobě, ale chtějí petici podpořit, připojí své jméno jako podpis k emailu a přepošlou jej dál. Jejich jméno je pak zveřejněno někým jiným.

Model popisuje reakci příjemců na zaslaný email. Příjemce s určitou pravděpodobností na email reaguje anebo jej ignoruje. Pokud se rozhodne reagovat, tak nejčastěji na něj pouze odpoví, ale nepřepošle ho dál. Pokud jej přepošle dál, pak existuje šance, že ho zveřejní. Unikátní vlastností tohoto modelu je také fakt, že reakce na zprávu probíhá v reálném čase, ne v okamžiku přijetí. V reálném světě komunikace také neprobíhá okamžitě, ale trvá určitý čas, než příjemce zareaguje.

Tento model se odlišuje od ostatních modelů tím, že je odvozen od šíření konkrétních emailů. Velmi důležitým faktem, který zdůrazňují i sami autoři studie je, že výsledná struktura propagace petice velmi připomíná strom, což je překvapivé vzhledem k vysoké rozvětvenosti a všeobecné struktuře emailové sítě.

Struktura šíření ostatních modelů je často odvozená od šíření informací po sociálních sítích anebo dokonce od epidemiologických modelů, které jsou mnohem lépe dokumentovatelné díky jejich veřejné povaze. Žádná struktura však ani vzdáleně nepřipomíná strom. Rozdílné jsou však i struktury sítí. Sociální sítě jsou typicky *scale-free*, ale u emailové sítě je toto tvrzení komplikovanější.

Vyvstává tedy otázka, proč je tato studie tolik odlišná od ostatních. Nabízí se několik vysvětlení. Ostatní modely zkrátka neberou v potaz strukturu emailové sítě, která je poměrně unikátní oproti jiným sítím v reálném světě. Odlišnost je způsobená realistickým časem odpovědi. Model může být specifický pro šíření petic, ne však všech emailů. Anebo je model nepřesný či dokonce chybný.

Poslední tvrzení může znít velmi nepravděpodobně u takto hojně citované studie. Nicméně v takto málo neprozkoumané oblasti je nutné myslet i na tuto možnost. Toto tvrzení podporuje i fakt, že výsledky studií o šíření emailů jsou často velmi rozdílné a někdy si i částečně odporují.

Implementace modelu

David Liben-Nowell a Jon Kleinberg vychází ve své implementaci pouze ze jmen, která byla obsažena v seznamu příjemců petice. Autoři našli 1123 kopií petice, z nichž vyextrahovali podpisy a odvodili potenciální propojení příjemců. Každé jméno reprezentuje uzel v grafu. Algoritmus k nim doplňuje hrany a s určitou pravděpodobností je označuje jako viditelné. Z výsledné struktury je pak zpětně rekonstruován viditelný graf. Tento viditelný graf je často stromem.

Tento přístup má tu výhodu, že se zakládá na 100 % reálných datech. Nevýhodou je, že tato data nejsou úplná, z principu nelze zachytit všechny instance přeposlání zprávy a také nepopisují přesně strukturu emailové sítě.

Z výše uvedených důvodů jsem při implementaci tohoto modelu zvolil lehce odlišný přístup. Ponechal jsem všechny základní parametry. Algoritmus simuluje běh reálného času a rychlosti odpovědi se náhodně generují pomocí distribuční funkce. Operuji se třemi pravděpodobnostmi jejichž hodnoty jsou nastaveny v podobném rozmezí jako v originální studii. Jedná se o šance na reakci na zprávu (65 %), na odpověď odesílateli (90–95 %) a zveřejnění (20–25 %). Jako výchozí data jsem však vzal grafy reálných emailových sítí. (2) Výchozí uzel pošle všem svým sousedům zprávu a ti na ni odpovídají pomocí výše uvedených principů, toto se opakuje, dokud zpráva nedosáhne svého maximálního potenciálu a všichni příjemci na ni nějakým způsobem zareagovali anebo ji ignorovali. Po skončení běhu se také zpětně rekonstruuje viditelný graf.

Díky tomuto přístupu je možné sledovat vliv struktury sítě na šíření. Nevýhodou je, že každá síť může být definovaná jinak a nebere v potaz vztahy mezi příjemcem a odesílatelem. Grafy typicky nemají žádné váhy hran, pokud dva lidé pošlou jednu zprávu, v grafu se vytvoří hrana. To samé nastane, pokud si dva kamarádi posílají zprávy pravidelně. Dá se předpokládat, že reálná pravděpodobnost reakce se liší i podle různých demografických indikátorů a osobních vztahů příjemce a odesílatele.

Galton – Watson model

Pro model šíření od Davida Liben-Nowella a Jona Kleinberga (dále jen LNK model) jsou typické hluboké stromy s nízkou rozvětveností, které tento algoritmus generuje. Tuto strukturu lze replikovat Galton – Watsonovým modelem. Jedná se o překvapivě velice jednoduchý postup pro generování stromů, který byl publikován již v roce 1875 a jeho původní účel nemá nic společného s emaily ani šířením zpráv. (4)

Algoritmus generuje stromy pomocí pravděpodobnostního rozdělení počtu dětí. Začne graf s jedním uzlem, který označí jako kořen stromu a náhodně vygeneruje počet dětí, podle předem dané distribuce. Mezi rodiče a potomka vloží hranu a proces opakuje pro každý další vložený uzel. Proces končí po dosažení předem daného počtu generací anebo pokud všechny uzly aktuální generace mají počet potomků roven 0. (5)

Pro původní LNK model, kde *k* se rovná počtu dětí je distribuce následovná.

Obsah obrázku text, snímek obrazovky, řada/pruh, Písmo

Popis byl vytvořen automaticky

Tento model asi nelze považovat za plnohodnotnou simulaci šíření řetězových emailů, nabízí však zajímavou perspektivu. Lze s ním operovat v porovnávání výsledků ostatních modelů díky nezávislosti na struktuře sítě a dalších reálných datech.

Opakované běhy s výše uvedenou distribucí, také dobře vizualizují skutečnost, že rozšíření e-mailu velkému množství příjemců není nemožné, ale je velmi málo pravděpodobné. Většina běhů skončí s malým počtem uzlů, před dosažením limitu počtu generací.

Všeobecné modely šíření fám (11)

Všeobecnými modely, které se nevztahují konkrétně k řetězovým emailům, ale mohou pro ně mít zajímavé implikace se zabývají vědci už delší dobu. Mezi první takové modely patří Daley-Kendall model z roku 1965 a Maki-Thompson model, který jej rozšiřuje, z roku 1973. Tyto modely neberou v potaz topologii reálné sítě anebo používají její velmi zjednodušenou strukturu a dívají se na fámu jako infekci mysli a používají podobné principy jako epidemiologické modely.

Tyto původní modely rozdělují populaci v kontextu jedné fámy na tři skupiny. První skupinou jsou *neznalí*, tedy ti, kteří fámu nikdy neslyšeli. Dále jsou zde *šiřitelé*, ti, kteří se snaží “nakazit“ ostatní a nakonec *potlačovatelé*, ti, kteří už s fámou přišli do styku, dříve ji šířili, ale přestali s tím. Členové skupin mění své zařazení podle určitých pravidel, například pokud přijde neznalý do kontaktu s šiřitelem, okamžitě se nakazí anebo pokud se šiřitel potká s jiným šiřitelem a zjistí, že informaci již zná, tak ztratí zájem o další šíření a stane se z něj potlačovatel.

Tyto modely mohou být funkční v malém sociálním kruhu, nemohou však plně popsat způsob propagace informací ve velké sociální síti či šíření řetězových emailů, ale staly se důležitým stavebním kamenem, na kterém staví modernější studie.

V roce 2008 se pokusila skupina výzkumníků ve studii *Theory of rumour spreading in complex social networks* popsat všeobecný model šíření fám pomocí rozšíření výše popsaných základních modelů a interaktivních Markovovo řetězců, kde pravděpodobnost změny stavu uzlu závisí také na stavu sousedních uzlů. Typy stavů jsou převzaté z výše zmíněných základních modelů. Zavedli také mechanismus zapomínaní, tedy když se neznalý dostane do styku s informací, ale zapomene ji, dále ji nešíří, přeskočí stav šiřitele a rovnou se z něj stane potlačovatel.

Pomocí aplikací těchto řetězců na menší autoři odvodili sadu rovnic, které popisují průměrné změny stavu každého uzlu pro velké sítě. Tyto rovnice pak aplikovali na různé typy sítí, například náhodnou síť a bezškálovou síť s exponentem y=3. Jelikož distribuce uzlů náhodné sítě se řídí Poissonovo rozdělením a ne Paretovým, nemá tak velké centrální uzly. (15) Tato vlastnost způsobuje, že náhodné sítě jsou mnohem méně náchylné na šíření nemocí i fám, což zmiňují i sami autoři studie.

Tento velmi propracovaný model, jsem se rozhodl neimplementovat. Model se zaměřuje spíše na všeobecné šíření informací v síti než konkrétně na řetězové emaily, ale díky tomu, že bere v potaz strukturu sítě, po které se šíří, tak by bylo pomocí něj možné aproximovat i propagaci řetězového emailu. Jedná se však čistě o matematický model, který nebere v potaz osobní vztahy mezi odesílatelem a příjemcem. Jeho nevýhodou je také velmi vysoká výpočetní a implementační náročnost. Jedná se však o zásadní výzkum, který ukazuje na možnost existence unifikovaného modelu šíření po síti.

Vysvětlení odborných pojmů

Teorie sítí je velmi komplexní disciplínou a pro potřeby této práce je nutné definovat několik pojmů a uvést do kontextu vlastnosti a rozdíly různých sítí, převážně sítě emailové a sociální.

Centrální uzel

Jako centrální uzel, anglicky *hub node*, se označuje takový uzel, který má vysoké množství sousedů*.* Počet sousedů, který definuje toto označení nemusí být pevně definovaný. Pro potřeby této práce a implementaci algoritmů jsem jej nastavil na 50. Centrální uzly jsou zásadní pro generování emailů s velikým dosahem. Pokud se zároveň jedná výchozí bod šíření, dramaticky se pak navyšuje počet příjemců pro všechny modely.

Bezškálová síť

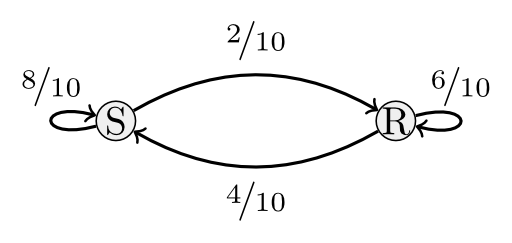
Bezškálová síť, anglicky *scale-free network*, se vyznačuje vysokým počtem uzlů, které mají malé množství navazujících hran, typicky 1. Zároveň se většina hran koncentruje okolo několika málo centrálních uzlů. Rozložení stupňů uzlů je tedy nerovnoměrné a přibližně se odvíjí od Paretova rozdělení.

Pro tyto sítě platí následující vztah,

kde *k*je stupeň uzlu.

Markovův řetězec

Markovův řetězec je druh náhodné procházky, kde změna stavu ve stavovém prostoru závisí čistě na aktuálním stavu a pravděpodobnosti nového cílového stavu, nikoliv však na jakémkoliv z předchozích stavů. (12)



*Vizualizace Markovova řetězce(13)*

Interaktivní Markovův řetězec

Interaktivní Markovův řetězec je varianta Markovova řetězce, kde kromě jednoduché pravděpodobnosti hraje roli při změně stavu člena systému také stave ostatních členů systému. (14)

Struktura emailové versus sociální sítě

----

*další kapitoly…*

Definice řetězového emailu

Možná udělat nějaký obsahový rozbor a profil lidí co maily záměrně posílají

Relatability model

Všeobecné porovnání výsledků mezi modely

Popis dat na kterých se testovalo

Popis zpracování grafů (výpočet věku a redukce velikosti)

Formulace myšlenek

proč moje implementace lnk modelu umře po pár iteracích (nízká pravděpodobnost přeposlání)

příjemce nepřeposílá všem sousedům

pravděpodobně nelze nasimulovat šíření čistě matematicky, ale socioekonomické faktory hrají velkou roli

problém existujících dat – hrana v grafu může mít více významů

zajimave zdroje

<https://www.forum24.cz/vit-kucik-sit-retezovych-mailu-funguje-spontanne-dezinformatori-ji-ale-umi-inspirovat-a-zneuzivat/>

<https://www.digitalnipevnost.cz/zpravodaj/detail/tiskova-zprava-retezove-e-maily>

<https://dspace.cuni.cz/handle/20.500.11956/127601>

Definice a původ řetězového emailu

Jako řetězový email se označuje takový, který se svým obsahem snaží přimět příjemce k jeho přeposlání k co nejvíce dalším uživatelům. Obsahem často bývají nepravdivé informace anebo podvody snažící se z oběti vylákat peníze. Šíření takovýchto zpráv je nelegální.

Ne všechny řetězové emaily musí být nutně škodlivé, může se jednat i například o vtip anebo různé výzvy typu přepošli tento obrázek 10 dalším lidem a budeš mít zítra štěstí. Takovýto typ zpráv ovšem mívá menší dosah než ty, které jsou nějakým způsobem závadné.

Šíření řetězových zpráv není žádnou novinkou, která by přišla s nástupem internetu. První známé instance se objevují již v 19. století v podobě papírových dopisů. Jedním z příkladů je takzvaný pošli deseticent dopis (*send a dime letter*), který vykazoval znaky podobné dnešním emailům. Na začátku byl seznam šesti adres příjemců. V textu byl adresát požádán, aby zaslal deseticent na první adresu v seznamu, poté ji smazal, na konec připojil své kontaktní údaje a přeposlal dopis pěti dalším známým. Na konci mu bylo slíbeno 1 562,5 dolaru. Tato částka vychází z předpokladu, že všichni příjemci instrukce splní a vytvoří se tak strom s 15625 () listy, kde každý list reprezentuje jednoho člověka, který má na vrcholu seznamu původního příjemce, který má dostat oněch 10 centů. Tato struktura mimo jiné odpovídá pyramidovému schématu, které je dnes ilegální. Nejvíce se tento typ dopisu rozšířil v roce 1935 ve Spojených Státech, během ekonomické krize, kde vznikly kopie v řádech desítek milionů. Objevoval se však v různých permutacích po celém světě.

Při zmínce jakékoliv elektronické komunikace se nabízí porovnání se sociálními sítěmi. Propagace informací na nich však probíhá velmi odlišně. Hlavním rozdílem je, že v případě e-mailu se vždy jedná o komunikaci jeden na jednoho. Je samozřejmě možné poslat tu samou zprávu více příjemcům i skupinově odpovídat, ale odesílatel emailu vždy specifikuje příjemce a má plnou kontrolu nad tím ke komu se dostane první instance zprávy a k jejímu dalšímu šíření je potřeba, aby ji příjemce vědomě přeposlal dál. Sociální sítě tento typ komunikace umožňují také, ale zároveň jejich uživatelé mohou sdílet příspěvky všem veřejně, případně podmnožině uživatelů v rámci různých zájmových skupin. V tomto případě nemá autor příspěvku 100 % kontrolu nad tím, kdo se k němu dostane. Tento mechanismus pak výrazně zmenšuje vzdálenost putování informací, jelikož samotný veřejný příspěvek funguje jako velký centrální uzel, což u emailu technicky není možné. Propagaci k uživatelům také často obstarávají různé algoritmy a autor nemusí dostat zpětnou vazbu o tom, ke komu se jeho příspěvek dostal.

Aktuální obsah řetězových emailů v České republice

Čeští elfové jsou občanským hnutím, které se snaží bojovat proti dezinformačním kampaním na českém internetu a analyzovat je. Členové sami sebe popisují jako patrioty a ty, kteří odmítají přihlížet dezinformačním kampaním cizích států. Věří v české ústavní hodnoty a v členství České republiky v Severoatlantické alianci a Evropské unii. (6)

Toto hnutí pravidelně zveřejňuje analýzy české dezinformační scény, ve kterých se mimo jiné zabývá i obsahem řetězových emailů, zejména těch s politickým obsahem, které sledují zájmy Ruské federace a Čínské lidové republiky.

V prosinci roku 2022 a lednu 2023 se jedním z ústředních témat staly prezidentské volby, pokračujícím tématem byla rusko-ukrajinská válka. Mezi nejvíce napadané subjekty patřili Ukrajina, Petr Fiala a Petr Pavel a česká vláda. Mezi nejvíce podporovanými subjekty byli Rusko, Vladimír Putin a Andrej Babiš. Téma prezidentských voleb v lednu upozadilo déle dominující téma války na Ukrajině. V lednu se také konaly obě kola prezidentských voleb. V únoru 2023 po skončení voleb toto téma vymizelo. Útoky na Petra Pavla a podpora Andreje Babiše mírně oslabily, ale stále se jednalo o jedny z hlavních subjektů zmiňovaných v řetězových emailech. V březnu 2023 se v dezinformačních emailech začal méně objevovat Petr Pavel a cílem se více staly všeobecné sociální a ekonomické problémy obyvatelstva.

Nejčastěji jsou v současnosti řetězové emaily používány k systematické podpoře Ruska s výjimkou podpory Andreje Babiše, kde se čeští elfové domnívají, že jsou zde i jiné vlivy než proruská agenturní síť, nespecifikují však jaké. (8,9,10)

Obsah obrázku text, Písmo, účtenka

Popis byl vytvořen automaticky

*Příklad témat řetězových emailů z března 2023 (10)*

Citace

1. Liben-Nowell, D., & Kleinberg, J. (2008). Tracing information flow on a global scale using Internet chain-letter data. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *105*(12), 4633–4638. https://doi.org/10.1073/pnas.0708471105
2. @inproceedings{nr, title = {The Network Data Repository with Interactive Graph Analytics and Visualization}, author={Ryan A. Rossi and Nesreen K. Ahmed}, booktitle = {AAAI}, url={https://networkrepository.com}, year={2015} }
3. J. Leskovec, J. Kleinberg and C. Faloutsos. [Graph Evolution: Densification and Shrinking Diameters](http://www.cs.cmu.edu/~jure/pubs/powergrowth-tkdd.pdf). ACM Transactions on Knowledge Discovery from Data (ACM TKDD), 1(1), 2007.
4. Golub, B., & Jackson, M. O. (2010). Using selection bias to explain the observed structure of internet diffusions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *107*(24), 10833–10836. https://doi.org/10.1073/pnas.1000814107
5. Wikimedia Foundation. (2023, January 29). *Branching process*. Wikipedia. https://en.wikipedia.org/wiki/Branching\_process
6. Čeští elfové. *Cesti-elfove.cz* [online]. [cit. 2023-06-02]. Dostupné z: <https://cesti-elfove.cz/uvodni-strana/>
7. Čeští elfové. *Cesti-elfove.cz* [online]. [cit. 2023-06-02]. Dostupné z: <https://cesti-elfove.cz/retezove-e-maily/>
8. Čeští elfové, měsíční report prosinec 2022, leden 2023. *Cesti-elfove.cz* [online]. 23.2.2023 [cit. 2023-06-02]. Dostupné z: <https://cesti-elfove.cz/wp-content/uploads/MM_2022_01.pdf>
9. Čeští elfové, měsíční report únor 2023. *Cesti-elfove.cz* [online]. 13.4.2023 [cit. 2023-06-02]. Dostupné z: <https://cesti-elfove.cz/wp-content/uploads/MM_2023_02.pdf>
10. Čeští elfové, měsíční report březen 2023. *Cesti-elfove.cz* [online]. 13.4.2023 [cit. 2023-06-02]. Dostupné z: <https://cesti-elfove.cz/wp-content/uploads/MM_2023_03.pdf>
11. NEKOVEE, M., Y. MORENO, G. BIANCONI a M. MARSILI. Theory of rumour spreading in complex social networks. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications* [online]. 2007, STRANKAx-STRANKAy [cit. 2023-06-02]. ISSN 03784371. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.physa.2006.07.017>
12. Behrends, E. (2000). Markov chains: how to start? In *Introduction to markov chains: With special emphasis on rapid mixing*. essay, Vieweg.
13. THOMA, Martin. Markov chain. In: *Martin-thoma.com* [online]. 12.5.2015 [cit. 2023-06-02]. Dostupné z: <https://martin-thoma.com/images/2015/05/markov-chain-rain-sun.png>
14. Arnold, F., Gebler, D., Guck, D., & Hatefi, H. (2014). A tutorial on interactive markov chains. *Stochastic Model Checking. Rigorous Dependability Analysis Using Model Checking Techniques for Stochastic Systems*, 4–6. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/978-3-662-45489-3_2>
15. Barabási, A.-L., & Pósfai, M. (2017). Chapter 3 Random Networks. In *Network science*. essay, Cambridge University Press.