

МОДЕЛІ ДОВІРИ ТА РЕПУТАЦІЇ КОРИСТУВАЧІВ В СОЦІАЛЬНИХ МЕРЕЖАХ

Ідея транзитивності приводить до системи, в якій глобальна довіра до учасників визначається як власний вектор матриці нормованих локальних значень. Вказано на те, що недовіра не є транзитивною. Розроблено алгоритм розрахунку вектора глобальних значень довіри. Для розрахунку довіри використовується рекурсивний алгоритм розрахунку за всіма доступними шляхами. Динаміка думок розглядається як проста матриця декількох груп користувачів. Визначена степінь довіри i -того користувача до j -того. Розглянуто лінійну динаміку думок агентів, яка буде визначатися скалярним добутком вектора репутацій та вектора початкових думок агентів. Для опису думок та репутацій агентів визначено, як міняється репутація кожного із агентів в кожному періоді часу.

Ключові слова: модель, соціальна мережа, алгоритм, репутація, вузол, транзитивність, значення, думка, вектор, довіра, інформація, константа, час, стан, група, обмін, матриця, степінь, вплив, скалярна, маніпулювання, користувач, динаміка, сумарна, початкова, траєкторія.

Вступ

При моделюванні соціальних мереж, взаємовпливу їх членів (користувачів), динаміки їх думок і т.д. виникає необхідність врахування чинників (ефектів), що мають місце в реальних соціальних мережах. В цілому, в реальних соціальних мережах можуть мати місце такі ефекти і властивості, обумовлені як характеристиками і потребами користувачів (що впливають і піддаються впливу), характером їх взаємодії, так і властивостями самої соціальної мережі:

- 1) наявність власних думок користувачів;
- 2) зміна думок під впливом інших членів соціальної мережі;
- 3) різна значимість думок (впливовості, довіри) одних користувачів для інших користувачів;
- 4) різна ступінь схильності користувачів впливу (конформізм, стійкість думок);
- 5) існування непрямого впливу в ланцюжку соціальних контактів. Зменшення непрямого впливу зі збільшенням «відстані».
- 6) існування «лідерів думок» (користувачів з максимальним «впливом»), формалізація індексів впливу;
- 7) існування порога чутливості до зміни думки оточуючих;
- 8) локалізація груп («за інтересами», з близькими думками);
- 9) наявність специфічних соціальних норм;
- 10) облік факторів «соціальної кореляції» (загальних для груп користувачів);
- 11) існування (завичай менш значущих) зовнішніх чинників впливу (реклама, маркетингові акції) і, відповідно, зовнішніх користувачів (засоби масової інформації, виробники товарів і т.п.);
- 12) наявність стадій - характерних етапів динаміки думок членів соціальної мережі (наприклад, процесу дифузії інновацій);
- 13) лавиноподібні ефекти (каскади), формалізація умов їх виникнення і властивостей поширення;
- 14) вплив структурних властивостей соціальних мереж на динаміку думок: - чим більше у агента зв'язків, тим, з одного боку, більше у нього можливостей через своє оточення вплинути на всю мережу, а з іншого - більша вразливість до чужого впливу; - ефект кластеризації (чим вище щільність зв'язків активних користувачів-сусідів, тим більше ймовірність активізації пов'язаного з ними агента; див. Нижче пов'язане поняття «сильна зв'язок» («strong tie»)); - локальна проміжність (чим більше проміжне значення агента, тим, з одного боку, більше його значення в поширенні думки / інформації з однієї частини мережі в іншу (роль інформаційного брокера), а, з іншого боку, менше його вплив на агента-сусіда – див.. нижче пов'язане поняття «слабка зв'язок» («weak tie» б)); - малий діаметр соціальної мережі обумовлює короткий ланцюжок поширення думки в мережі;

- 15) активність (цілеспрямоване поведінка) користувачів;
- 16) можливість утворення угруповань, коаліцій;
- 17) неповна і / або асиметрична інформованість користувачів;
- 18) нетривіальна взаємна інформованість (рефлексія) користувачів;
- 19) ігрова взаємодія користувачів;
- 20) оптимізація інформаційних впливів;

21) інформаційне управління в соціальних мережах. Крім «переваг», онлайн соціальні мережі, як і будь-яке інше масштабне соціальне явище, породжують ряд проблем: відрив користувача від реальності; нестача живого спілкування; користувач починає витрачати надто багато часу на спілкування, в тому числі з незнайомими йому людьми, що може негативно позначитися на його навчанні, роботі та особистому житті; і т.д. Перераховані ефекти і властивості знаходять відображення в моделях, які претендують на адекватне опис реальних соціальних мереж.

Якщо слабкі зв'язки між користувачами утворюються як в спільнотах так і в соціальних мережах, то сильні зв'язки створюються переважно в спільнотах. Безумовно, більшість ваших близьких друзів (з якими у вас сильні зв'язки) є людьми, з якими ви перебували в одних і тих же співтовариствах в той чи інший момент свого життя. Ці спільноти можуть бути двором, де ви виростили, школою, яку відвідували, лабораторією, в якій працювали, або будь-якої групою за інтересом, наприклад фотогуртки або секція з бадмінтону. І хоча ви часто перетинаєтеся з новими друзями своїх друзів (через вашу соціальну мережу), без спільноти, здатного розвинути ваші поверхневі відносини, ваша «дружба» з ними так і залишиться всього лише знайомством.

Без довіри не можуть існувати та розвиватися соціальні мережі. Довіра між користувачами мережі, в тому числі, залежить від репутації того чи іншого користувача. Дослідженням довіри та репутації присв'ячена дана стаття.

Основна частина

Модель довіри. Суттєвою проблемою для P2P-мережі (мережа, в якій учасники рівноправні і займаються обміном інформацією) є можливість обману з боку її учасників [2,3]: викладають файли, вміст яких не відповідає їх опису, або встановлюють такі параметри підключення, при яких файл неможливо завантажити. Алгоритм EigenTrust [1] дозволяє здійснити розподілене «голосування» учасників мережі відносно репутації один одного за допомогою оцінки успішності передачі файлу. Така система репутації має такі властивості:

1. Саморегулятивних (етика підтримується самими вузлами мережі).
2. Підтримка анонімності (вузол має анонімний ідентифікатор).
3. Відсутність переваг для новачків (для запобігання впливу на мережу зловмисних вузлів).
4. Надійність (не дозволяє зловмисним колективам вузлів впливати на мережу).
5. Обчислювальна дозволенисть.

Кожен вузол зберігає історію взаємодії з іншими вузлами [6,8] і оцінює довіру як різниця між успішними і неуспішними спробами передачі файлів, наприклад, i -ий агент оцінює j -ого наступним чином: $s_{ij} = \text{sat}(i, j) - \text{unsat}(i, j)$, де sat вказує число успішних транзакцій, а unsat - число неуспішних. Алгоритм EigenTrust ґрунтується на припущенні про транзитивності довіри до учасників: учасники, які не пов'язані безпосередньо, довіряють один одному в тому випадку, якщо між ними є ланцюжок учасників, які довіряють один одному. Ідея транзитивності приводить до системи, в якій глобальна довіра до учасників визначається як власний вектор матриці нормованих локальних значень s_{ij} . Нормоване локальне значення c_{ij} (однакове як для користувачів з невідомою репутацією, так і для користувачів з поганою репутацією) визначається як:

$$c_{ij} = \frac{\max(s_{ij}, 0)}{\sum_j \max(s_{ij}, 0)}, \quad (1)$$

Як відбувається агрегування думок? Вузол i опитує думки знайомих (тобто тих, для яких встановлена оцінка) за k -м вузлом k і оцінює довіру як $t_{ik} = \sum_j c_{ij} c_{ik}$. Нехай C - матриця значень $[c_{ij}]$, а \vec{t}_i -

вектор значень t_{ik} , тоді $\vec{t}_i = C^T \vec{c}_i$. Провівши транзитивне замикання (тобто з огляду на думки знайомих наших знайомих і т.п.), отримуємо $t = (C^T)^n c_i$ для досить великих n (задовольняються припущення про те, що матриця не редуціруєма і аперіодична). Для великих n і \vec{t}_i сходиться до одного і того ж самого вектора для будь-якого i -ого вузла - лівому власному вектору матриці C , іншими словами \vec{t}_i - глобальний вектор довіри в моделі, елементи якого і є оцінкою довіри (репутацією) вузлів мережі. Отже, замість \vec{c}_i можна взяти будь-який інший нормований вектор. Алгоритм розрахунку вектора глобальних значень довіри буде наступним:

$$\begin{aligned} \vec{t}^0 &= \vec{e}; \\ \vec{t}^{k+1} &= C^{T \rightarrow (k)}(\vec{t}); \\ d &= \left\| \begin{matrix} \vec{t}^{k+1} & \vec{t}^k \end{matrix} \right\| \text{ при } d \prec e. \end{aligned}$$

Зручно взяти вектор апіорного розподілу довіри \vec{p} (Замість \vec{e}), Для якого, $p_i = \frac{1}{|P|}$, якщо $i \in P$ (мала безліч особливо довірених вузлів, наприклад, створювачів мережі, тобто $p_i = 0$). За допомогою цього вектора знаходиться вектор t при невеликих значеннях n . З іншого боку, в (1) значення може бути не визначено, якщо вузол не скачував ніяку інформацію, в цьому випадку він довіряє спочатку довіреним вузлам:

$$c_{ij} = \left\{ \frac{\max(s_{ij}, 0)}{\sum_j \max(s_{ij}, 0)}, \text{ якщо } \sum_j \max(s_{ij}, 0) \neq 0 \right\}$$

У мережі може бути колектив зловмисників, які оцінюють один одного високо, а інших - низько. Для вирішення цієї проблеми пропонується модифікувати вектор думок $\vec{c}_i = (1-a)\vec{c}_i + a\vec{p}_i$ (, де a - константа менша 1 (наприклад, 0.05), тобто ми підсилюємо довіру вузла і до довірених вузлів P , послаблюючи тим самим довіру до зловмисників. Для даної задачі існує алгоритм розподіленого розрахунку.

Якщо представити соціальну мережу у вигляді графа, вершиною якого є користувач мережі, а відносини довіри між користувачами моделюються спрямованими і зваженими ребрами. Значення довіри до невідомого користувачеві розраховується виходячи з того, наскільки довіряють йому друзі і друзі друзів. При цьому використовуються такі припущення:

1. Значення довіри з будь-якого шляху не перевищує значення будь-якого ребра в шляху.
2. Довжина шляху повинна позначатися на значенні розрахунку довіри, оскільки люди вірять більше своїм безпосереднім друзям.
3. Недовіра не є транзитивною. Наприклад, якщо А не довіряє Б по деякому питанню, а Б не довіряє С, то це не означає, що А не довіряє С (швидше за все навіть довіряє). Отже, потрібно надати можливість користувачам визначити свої метрики довіри. Для розрахунку довіри використовується рекурсивний алгоритм розрахунку за всіма доступними шляхами:

$$t_{is} = \frac{\sum_{j=0}^n \left\{ \begin{array}{l} (t_{js}, t_{ij}) \text{ якщо } t_u \geq t_{is} \\ (t_u^2) \text{ якщо } t_u < t_{is} \end{array} \right\}}{\sum_{t=0}^n t_{ij}}$$

(Враховується те, що ми не можемо довіряти комусь більше, ніж посереднику). Відповідно до законів Small World середня довжина шляхів в графі соціальної мережі збільшується логарифмічно, тому даний алгоритм добре масштабується.

Динаміка думок. x^0 - вектор-стовпець розмірності n дійсно значних початкових («незбурених» - у відсутності управління) думок. позначимо через $x^\tau = (x_1^\tau, x_2^\tau, \dots, x_n^\tau)$ стан соціальної мережі в момент часу τ .

Хай думка i -го агента $x_i^k \in R^1$ в момент часу k дорівнює $x_i^k = \sum_{j \in N} a_{ij} x_j^{k-1}, k = 1, 2, \dots$ або $x^{k+1} = Ax^k$. Припустимо, що в кожній групі існує як мінімум один агент, який хоч скільки-небудь довіряє сам собі (тобто $\exists i: a_{ii} > 0$).

Тоді в кінцевому підсумку (при багаторазовому обміні думками) думки агентів сходяться до результуючому (підсумкового) вектору думок $X = \lim_{\tau \rightarrow \infty} x^\tau = A^\infty x$, де $A^\infty = \lim_{\tau \rightarrow \infty} (A)^\tau$, де $x^{k+1} = Ax^k$. a - регулярна матриця (одна група): $X = \lim_{\tau \rightarrow \infty} x^\tau = Ax$, де $A^\infty = \lim_{\tau \rightarrow \infty} (A)^\tau$

При цьому: $X = ax$, де a - вектор рядок, рішення рівняння - $aA = a$ - вектор впливу агентів теорія Марковських процесів a - вектор граничних ймовірностей задача PageRank a - вектор (рядок) рангів агентів: $Aa' = a'$ - стохастична за стовбцями матриця a' - вектор стовбець, транспонований із a
 A - проста матриця (декілька груп):

$$A = \begin{pmatrix} A_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & A_k & 0 \\ Q_1 & \dots & Q_k & R \end{pmatrix}$$

A_i - регулярна матриця (група i). Кожну групу можна розглядати окремо, різні думки всередині різних груп не залежні в будь-який момент часу. Завдання PageRank - для кожної групи свій вектор рангів. Якщо A перетворюється в суворо позитивну матрицю то втрачається структура груп - результат обчислення PageRank сильно спотворюється !!!

Модель репутації. Можливість впливу одних членів соціальної мережі (СМ) на інших членів суттєво залежить від репутації перших [5,7]. Репутація - створена загальна думка про переваги та недоліки кого небудь, чого небудь, суспільна оцінка. Репутацію можна розглядати, по - перше, як очікувану іншими користувачами норму діяльності іншого користувача яку чекають від нього інші; по - друге вага думки користувача, яка визначається виправданістю його суджень, або ефективністю діяльності.

Репутація користувача збільшується, якщо його судження, діяльність і т. п. співпадають з тим, чого очікують від нього інші, що в подальшому вважається нормою. Репутація може зменшуватися, наприклад, якщо користувач порушив прийняті в суспільстві норми поведінки, при прийнятті їм неефективних рішень і т.п. Репутація може бути індивідуальною і колективною.

Хай $r_i \geq 0$ – параметр, що описує репутацію i -того користувача. Вектор репутацій $r = (r_1, r_2, \dots, r_n)$, будемо вважати загальним знанням користувачів. Хай в мережі є користувач з ненульовою репутацією, мережа представляє собою повний граф. Тоді результуюча думка буде єдиною для всіх користувачів СМ.

Визначимо степінь довіри i -того користувача до j -того, як:

$$a_{ij} = \frac{r_i}{\sum_{j \in N} r_k}, i, j \in N, \quad (1)$$

тобто будемо вважати, що степінь впливу кожного користувача не залежить явним чином від об'єктів впливу та пропорційна його відносній репутації. Відповідно до виразу (1) користувач i тим більше відчуває вплив користувача j чим менша репутація першого, чим вища репутація другого та чим менша репутація інших членів СМ.

Позначимо через $R = \sum_{k \in N} r_k$ колективну сумарну репутацію членів СМ. Тоді лінійну динаміку думок агентів можна записати в вигляді:

$$x_i^{\tau} = \frac{1}{R} \sum_{j \in N} r_j x_j^{\tau-1}, i \in N, \quad (2)$$

А сумарну думку - в вигляді:

$$X = \frac{1}{R} (r - x^0), \quad (3)$$

тобто скалярна (однакова) для всіх користувачів X думка (яка формується за один крок, так як права частина рівняння (2) не залежить від i) буде визначатися скалярним добутком вектора репутацій r та вектора початкових думок агентів x^0 .

Маніпулювання думками користувачів СМ. Хай деякий користувач має $r_1 > 0$ зацікавлених в тому, щоб думка всіх користувачів була X . При заданому векторі репутацій та фіксованих думках інших користувачів ϵ в силу (3), йому достатньо повідомити:

$$s_1 = \frac{1}{r_1} [RX_0 - \sum_{k>1} r_k x_k^0] \quad (4)$$

Із умови не негативних початкових думок ($x_1^0 \geq 0$ можна знайти нижню межу діапазону маніпулювання першого користувача:

$$X_0 \geq \frac{1}{R} \sum_{k>1} r_k x_k^0 \quad (5)$$

Із виразу (5) слідує, що чим вища репутація користувача, який маніпулює, тим більші його можливості впливу на загальну думку користувачів в СМ.

В загальному випадку маніпулювати загальною думкою можуть всі користувачі. В результаті отримаємо модель лінійної (див. (3)) активної експертизи [76].

Дослідимо тепер можливості маніпулювання зі сторони першого користувача в залежності від його репутації. Положимо, що значення думки, яку може повідомити перший користувач, обмежено знизу величиною $x_1^{min} > 0$. Тоді із (3) отримаємо оцінку репутації

першого користувача, мінімально необхідного для забезпечення рівноваги X , при обмеженні x_1^{min} на свої повідомлення:

$$r_1 = \frac{\sum_{j>1} r_j (x_j^0 - X_0)}{X_0 - x_j^{min}} \quad (6)$$

Із виразу (6) слідує, що чим вища репутація інших користувачів, тим вищі вимоги до репутації користувач, яким маніпулює.

Динаміка репутації. Для моделювання динаміки репутації зробимо припущення, що взаємодія користувачів здійснюється послідовно (при різних початкових умовах) кінцеве число разів.

Припустимо, що користувачі СМ послідовно розглядають T питань (мають T послідовних періодів часу, в кожний період обговорюється питання) за кожним із яких у користувачів є своя початкова думка x_i^τ , та $i \in N$, $\tau = 1, T$. Початкові репутації користувачів позначимо r_1^l , $i \in N$. Будемо вважати, що загальними думками серед користувачів є репутації (початкові та поточні – для відповідного відрізка часу, а також історії зміни репутації).

Позначимо через R^τ сумарну репутацію користувачів на початку періоду τ , а через X^τ результуючу думку користувачів в кінці періоду τ (із (3) слідує), ця думка буде однаковою для всіх користувачів. Оскільки питання, які розглядаються користувачами незалежні, то результуюча думка визначиться наступним чином:

$$X^\tau = \frac{1}{R^\tau} (r^\tau x^\tau) \quad (7)$$

де $r^\tau = (r_1^\tau, \dots, r_n^\tau)$, $x^\tau = (x_1^\tau, \dots, x_n^\tau)$ – відповідно вектор репутацій та початкових думок користувачів на початку часу τ , $\tau = 1, T$.

Для опису всієї траєкторії опису думок та репутацій агентів необхідно визначити, як міняється репутація кожного із агентів в кожному періоді часу.

Репутація є кумулятивною характеристикою (забуття відсутнє) і репутація будь-якого користувача на початку будь-якого періоду дорівнює репутації даного користувача в кінці попереднього періоду часу.

В загальному випадку можна припустити, що репутація i -того користувача в момент часу τ визначається початковою та результуючою думкою всіх користувачів (вважається, що кожний із них веде себе чесно та повідомляє достовірну інформацію) і їх репутації у всіх попередніх періодах:

$$r_i^\tau = F_i(r^1, \dots, r^{\tau-1}, x^1, \dots, x^{\tau-1}, X^1, \dots, X^{\tau-1}), \quad i \in N, \tau = 2, T \quad (8)$$

Причому логічно припустити, що функція відповідно до (9) $F_i()$ монотонно зменшується за різницею $|x_i^{\tau-1} - X^{\tau-1}|$ та збільшується відповідно до попередніх репутацій даного користувача. В якості приватного можна використовувати наступний закон зміни репутації:

$$r_i^\tau = \frac{r_i^{\tau-1}}{\gamma + \beta |x_i^{\tau-1} - X^{\tau-1}|}, \quad i \in N, \tau = 2, T \quad (9)$$

де $\gamma \in (0,1)$, $\beta > 0$ – задані константи. Відповідно до виразу (9) репутація кожного користувача в початковий період залежить тільки від його репутації в попередній період, а

також від того наскільки ця початкова думка в попередньому періоді виявилася від загальної думки користувачів. Швидкість зміни репутації залежить від констант γ та β .

Вираз (9) являється одним із можливих.

Висновки

Треба сподіватися, що складні динамічні моделі репутації дозволять імітувати такі розповсюджені в практиці ефекти, як створення хибної репутації, використання інерційності репутації.

Розробка вказаних моделей є перспективною задачею майбутніх досліджень та виходить за рамки даної роботи.

Перелік посилань

1. Kamvar S.D., Schlosser M.T., Garcia Molina H.. The EigenTrust Algorithm for Reputation Management in P2P Networks // Proceedings of the 12th international conference on World Wide Web. 2003. P. 640-651.
2. Ахрамович В.М. Проблеми відтворення атак на дані приватної особи та методи захисту в Інтернет-соціальних мережах. /- Sciences of Europe, Praha, Czech Republic.2019/ VOL 4, No 44. P. 31-38.
3. Ахрамович В.М., Чегрєнець В.М. Постановка проблем захисту від загроз особистій інформації приватній особі в інтернет-соціальних мережах через дослідження їх функцій. Тези доповідей VIII міжнародної науково-практичної конференції 1 частина: «Осінні наукові читання», м.Київ:–К.: Центр наукових публікацій, 2019. –с. 51-58
4. Голован С.В. Эффект забывания в теории коллективной репутации. – М.: Российская экономическая школа, 1999. – 38 с.
5. Губанов Д.А. Обзор онлайн-систем репутации/доверия.- 2009.-М.:ИПР РАН, Интернет конференция по проблемам управления (www.mtas.ru/forum):- 25с.
6. Губанов Д.А., Новиков Д.А., Чхартишвили А.Г. Модели информационного влияния и информационного управления в социальных сетях (обзор) // Управление большими системами .-2009.
7. Ермаков Н.С., Иващенко А.А., Новиков Д.А. Модели репутации и норм деятельности. – М.: ИПУ РАН, 2005. – 67 с.
8. Новиков Д.А., Чхартишвили А.Г. Прикладные модели информационного управления. М.: ИПУ РАН, 2004. – 130 с.

Надійшла: 12.10.2019

Рецензент: к.т.н., Шуклін Г.В.