УДК 004.5

О.Г. ДОДОНОВ, Д.В. ЛАНДЕ
Інститут проблем реєстрації інформації НАН України, Київ,
dodonov@ipri.kiev.ua

МОДЕЛЮВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ВПЛИВІВ У МЕРЕЖЕВИХ СТРУКТУРАХ

Постійне зростання розмірності задач управління, зокрема, у соціотехнічних системах потребує нових підходів до розв'язання управлінських задач, впровадження комп'ютеризованих засобів підтримки діяльності осіб, що приймають рішення. Однією із проблем організаційного управління в останній час стає урахування інформаційних впливів, що виникають у сучасних мережевих середовищах.

Останнім часом в рамках теорії аналізу соціальних мереж і практики їх використання велика увага приділяється вивченню механізмів впливу в цих структурах і «репутації» окремих джерел впливу. Формально соціальна мережа являє собою граф, в якому множина вершин — це сукупність агентів, суб'єктів, індивідуальних чи колективних, а множина ребер являє собою сукупність відносин та соціальних зв'язків між агентами [1].

У наведених нижче моделях розглядається вплив у мережевих структурах як процес і результат зміни суб'єктом впливу поведінки іншого суб'єкта – об'єкта впливу, його установок і оцінок у процесі взаємодії [2]. Таким чином, вплив — це здатність впливати на будь-чиї уявлення та, як наслідок, дії. Можливості впливу одних учасників соціальної мережі на інших її учасників істотно залежать від репутації перших. Репутація — «загальна думка щодо переваг або недоліків кого-небудь, чого-небудь, громадська оцінка» [3]. Репутацію можна розглядати як «вагомість» думки спільноти щодо окремого агента або групи агентів. При цьому репутація може бути як індивідуальною, так і колективною.

У рамках запропонованої моделі репутація зростає, якщо думка агента (відповіді на деякі ключові питання) збігається з тим, чого від нього очікує спільнота, і знижується в іншому випадку. Нехай $\{a_1, a_2, ..., a_n\}$ — множина агентів, A — матриця впливу ($A = \|a_{ij}\|$, $0 \le a_{ij} \le 1$, — ступень довіри *i*-го агента *j*-му). Очевидно, якщо *i*-й агент впливає на *j*-го, а *j*-й — на *k*-го, то має місце транзитивність: *i*-й агент побічно впливає на *k*-го.

Припустимо, що у кожного агента в початковий момент часу є думка по деякому ключовому питанню. Думка кожного агента змінюється під впливом думок інших агентів протягом часу. Тоді думка *i*-го агента у момент часу t дорівнює:

$$b_i^t = \sum_{j=1}^{n} a_{ji} b_j^{t-1} . \tag{1}$$

Тут b^0 — вектор початкових думок.

У [3] показано, що при багаторазовому обміні думками думки агентів сходяться до результуючого вектора думок $B = \lim_{t \to \infty} b^t$. Таким чином, має місце співвідношення $B = Ab$.

Позначимо r_i параметр, що описує репутацію *i*-го агента у соціальній мережі як нормовану суму його впливів на усіх інших агентів соціальної мережі, тобто:

$$r_i = \frac{\sum_{i \ne j} a_{ij}}{\sum_{k} \sum_{j \ne k} a_{kj}}. \tag{2}$$

Відповідно до наведеного виразу агент i має тим більшу репутацію, чим значніше його вплив на всіх інших членів соціальної мережі.

Моделювання з використанням гіперкомплексних числових систем (ГЧС) дозволяє застосовувати розвинений інструментарій з цієї області математики. У рамках моделі, заснованої на використанні ГЧС, кожен суб'єкт (вузол соціальної мережі) характеризується своїм ставленням до ряду важливих (ключових) питань (нехай їх кількість дорівнює N). Тоді за аналогією з [4], суб'єкту A можна поставити у відповідність гіперкомплексні числа з базисом розмірності $2N$: $A = e_1 w_1^+ + e_2 w_1^- + ... + e_{2N-1} w_N^+ + e_{2N} w_N^-$.

При цьому кожному питанню дописуються вагові значення w_i^+ і w_i^-, що відповідають рівню позитивного відношення суб'єкта до цього питання (w_i^+) або негативного (w_i^-), що є природним розширенням наведеного вище підходу. Обидва значення можуть бути в інтервалі [0, 1], в окремих випадках можна припустити, що $w_i^+ + w_i^- = 1$.

У загальному випадку рівень довіри (близкість) між суб'єктами $A = e_1 a_1^+ + e_2 a_1^- + ... + e_{2N-1} a_N^+ + e_{2N} a_N^-$ и $B = e_1 b_1^+ + e_2 b_1^- + ... + e_{2N-1} b_N^+ + \ + e_{2N} b_N^-$, що можна трактувати як ступінь довіри, також характеризується функцією — аналогом a_{ij} з (1):

$$Sim(A,B) = Norm(\frac{1}{N}(\sum_{i=1}^{N}(e_{2i-1}a_i^+ + e_{2i}a_i^-)(e_{2i-1}b_i^+ + e_{2i}b_i^-)) , \quad (3)$$

де $Norm(\bullet)$ — функція норми гіперкомплексного числа: $Norm(e_{2i-1}) = e_1$, $Norm(e_{2i}) = -e_1$.

Репутація суб'єкта в рамках всієї соціальної мережі (тобто по відношенню до суспільства) при цьому визначається як нормована сума рівнів довіри з усіма іншими суб'єктами:

$$Trust(A_i) = \frac{\sum_{j \neq i} Sim(A_i, A_j)}{\sum_{k \neq j} Sim(A_k, A_j)} . \quad (4)$$

Для оцінки рівня взаємного впливу суб'єктів соціальної мережі можуть також використовуватися інші методи, серед яких можна виділити: розрахунок міри взаємної інформації (mutual information), модифікованого коефіцієнта Dice (mo-dified Dice coefficient), входження правдоподібності (log likelihood ratio), оцінку χ^2 (Chi-square test). Разом з тим, без спеціальних модифікацій ніякий з цих методів не дозволяє враховувати одночасно рівень позитивного і негативного ставлення одного суб'єкта до ключових питань, враховувати взаємну залежність ключових питань, аж до смислової синонімії.

Застосування наведеної вище моделі визначення репутації в соціальних мережах забезпечує можливість навчання системи, урахування смислової синонімії, омонімії в ключових питаннях; можливість застосування наявних напрацювань в області гіперкомплексних числових систем. При цьому створення ефективних методик і інструментарію для розв'язання задач організаційного управління в мережевих структурах було і залишається важливим науково-практичним завданням.

1. Додонов А.Г., Ландэ Д.В., Прищепа В.В., Путятин В.Г. Конкурентная разведка в компьютерных сетях. — К.: ИПРИ НАН Украины, 2013. — 248 с. ISBN 978-966-2944-96-9.
2. Расторгуев С.П. Информационная война. Проблемы и модели. Экзистенциальная математика. — М.: Гелиос АРВ, 2006. — 240 с. ISBN 5-85438-145-1
3. Ермаков Н.С., Иващенко А.А., Новиков Д.А. Модели репутации и норм деятельности. М.: ИПУ РАН, 2005. — 67 с.
4. Калиновский Я.А., Ландэ Д.В., Бояринова Ю.Е., Хицко Я.В. Гиперкомплексные числовые системы и быстрые алгоритмы цифровой обработки информации. — К.: ИПРИ НАН Украины, 2013. — 125 с. ISBN 978-966-02-7127-2