
ОПТИЧНІ ТА ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННІ СЕНСОРИ І ПЕРЕТВОРЮВАЧІ В СИСТЕМАХ КЕРУВАННЯ ТА ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ

УДК 681.52

М.П. ДИВАК, А.М. МЕЛЬНИК, Є.С. КЕДРІН, Ф.А. ОТОО

ІНТЕРВАЛЬНА МОДЕЛЬ ПОРТРЕТУ КОРИСТУВАЧІВ ТЕМАТИЧНОЇ ГРУПИ З ПРОБЛЕМ ЕКОЛОГІЇ У СОЦІАЛЬНІЙ МЕРЕЖІ

Західноукраїнський національний університет, Тернопіль

Анотація. У роботі розглянуто математичні моделі динаміки ефективності інформаційних соціальних мереж. Запропоновано підхід до оцінки параметрів моделі. Проведено ряд експериментальних досліджень на основі даних про функціонування спеціальної онлайн-групи Facebook. Досліджено показник характеристики інформаційного повідомлення. Отримана інтервальна дискретна модель у вигляді різницевого рівняння, що описує динаміку реакцій користувачів на повідомлення в тематичних групах соціальних мереж. На основі проведених експериментів на прикладі тематичної групи з проблем екології побудовано портрет користувачів та підтверджено ефективність застосування запропонованої моделі.

Ключові слова: інтервальна модель, інформаційне повідомлення, веб-ресурс, портрет користувачів, соціальна мережа.

Abstract. Mathematical models of dynamics of efficiency of information social networks are considered in the work. An approach to estimating model parameters is proposed. A number of experimental studies were conducted on the basis of data on the functioning of a special online group Facebook. The indicator of the characteristics of the information message was studied. An interval discrete model in the form of a difference equation is obtained, which describes the dynamics of users' reactions to messages in thematic groups of social networks. On the basis of the conducted experiments the efficiency of application of the offered model is confirmed.

Keywords: interval model, information message, web resource, portrait of users, social network

DOI: 10.31649/1681-7893-2021-41-1-78-88

ВСТУП

У сучасному світі соціальні мережі стали одним із основних джерел поширення та накопичення інформації. Поширення інформації здійснюється через особисті повідомлення, статті в основному профілі, групі або спільноті [1-5].

Моделювання інформаційних процесів у соціальних мережах дозволяє досліджувати, виявляти особливості протікання та поширення інформації у визначений момент часу і прогнозований інтервал, виявляти незвичайні або підозрілі дії (поширення фейкової інформації, виявлення недостовірної або неактуальної інформації) [6-7]. Крім цього, процес моделювання дозволяє досліджувати можливі сценарії розвитку подій, коли немає відомих даних щодо поведінки користувачів у різних часових проміжках спостереження [8-10].

Складність такої задачі супроводжується необхідністю врахування великої кількості факторів, які характеризуються структурною та поведінковою неоднорідністю соціальних мереж та відповідними обмеженнями технологій збору та накопичення даних.

Дослідження великих соціальних мереж повинно враховувати поведінку учасників окремих соціальних груп, їх адаптацію до змін.

АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДАНИХ ТА ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

На сьогоднішній час інформаційне суспільство трактується як глобальна інформаційна мережа, яка містить результати відображення взаємозв'язків інформаційних процесів у різних природних, соціальних і технічних системах. Основними властивостями такого середовища є наступні:

- наявність великого числа взаємодіючих інформаційних процесів взаємодії великої кількості учасників такого середовища;

- фіксація цифрової активності користувачів з різними рівнями видимості для дій, які вони здійснюють в тій чи іншій соціальній мережі; Наявність такої активності формує різні види інформації, а також характеристики реакцій на опубліковану чи просто поширену інформацію.

В сучасному світі інформаційне середовище визначається швидше не його технічною реалізацією, а соціальними взаємодіями. В розвитку такого підходу спостерігається тенденція до забезпечення соціальних зв'язків, до появи нового типу зв'язку між реальними людьми. В процесі цифрової трансформації виник новий клас систем, спеціалізованих на обміні інформацією та встановленні взаємодії між людьми з застосуванням технічних засобів обробки інформації – соціальні мережі [11].

Використання соціальних мереж розвинулося та трансформувалося у новий спосіб відображення інформації, використання у різних галузях науки та бізнесу. Тому актуальним напрямком наукових досліджень стають розробки нових підходів до підтримки прийняття рішень, заснованих на моніторингу, прогнозуванні та оптимізації як самих інформаційних процесів, так і результатів їх взаємодії з використанням моделювання та подальшим використанням в соціальних мережах [12].

МЕТА ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Одиницею інформації, що передається через соціальну мережу, є інформаційне повідомлення (ІП). Інформаційне повідомлення описується кортежем параметрів

$$IP = \langle r, Id, timep, themep, v, r \rangle, \quad (1)$$

де r - джерело повідомлення, Id - ідентифікатор повідомлення, $timep$ - час публікації повідомлення, $themep$ – тематика, $vp = \{vp_i\}$ – віральність, $r = \{r_i\}$ число реакцій різних типів на новину.

Під віральністю інформаційного повідомлення розуміється здатність контенту даного інформаційного повідомлення до самостійного поширення. Частина параметрів інформаційного повідомлення можуть бути такими, що динамічно змінюються в процесі моделювання. Прикладом параметрів, що динамічно змінюються, є кількість реакцій на повідомлення в різні проміжки часу [11-13].

При цьому у соціальних мережах підтримуються різні типи каналів поширення інформації: «група-група», «група-користувач», «користувач-користувач».

Внаслідок цього поширення інформації в цифрових соціальних мережах визначається не лише параметрами індивідуальних реакцій, а й поточною топологією графа зв'язків (дружби, підписників) у мереж тематичних груп.

Вхідними даними моделі є:

– публікаційна активність групи та користувачів у мережі (стаття та їх характеристики, наприклад, дата публікації, текст, кількість коментарів, кількість поширень) [14-18];

– реакції та активність користувачів (цифровий слід користувачів у соціальній мережі) [19,20];

- топологічні дані (різні типи взаємодій між окремими елементами мережі) [21].

Виходом моделі є інформація про динаміку реакцій користувачів на окремі інформаційні повідомлення, а також відношення користувачів та груп користувачів до різних тем.

Щодо інформаційного повідомлення можуть бути виділені декілька типів користувачів, наприклад: користувачі, які переглянули інформаційне повідомлення та користувачі, які потенційно можуть його побачити.

Для моделювання та прогнозування інформаційних процесів можна реалізувати модель поширення інформації в соціальній мережі. Модель дискретна: кожна ітерація відповідає певному моменту часу моделі.

Джерелом та приймачем інформації можуть бути агенти, що мають як однаковий, так і різні типи. Наприклад, фізична особа може бути джерелом, коли публікує коментар до повідомлення на сторінці групи, а тоді група є приймачем (бо також може реагувати з використанням механізму модераторів).

Моделювання реакції на повідомлення M_{reac} визначає для пари (користувач, повідомлення), чи відреагує користувач на повідомлення, і якому типу реакції він віддасть перевагу.

Моделювання, що представляє процес генерації інформаційного повідомлення, визначає характеристики появи нових повідомлень у мережі, такі як час створення та параметри контенту.

На підставі даних про публікаційну активність та виділені параметри, модель генерує ланцюжок інформаційних повідомлень окремої групи.

В результаті використання соціальних мереж, зокрема, користувачі залишають набір дій, повідомлень та інших активностей, що простежуються, які можуть бути використані для ідентифікації параметрів моделі. Такі цифрові сліди окремих користувачів найчастіше містять невелику кількість подій, тому виникає потреба агрегування даних окремих користувачів.

Метою цієї праці є встановлення динаміки розподілу коментарів до інформаційних повідомлень в соціальній мережі, який би відображав узагальнений портрет користувачів мережі. Таким чином, математична модель матиме вигляд рівняння, яке описує цю динаміку. Як відомо, такі рівняння є диференціальними, або їх дискретними аналогами [21-24]. В нашому випадку обираємо дискретне різницеве рівняння, а для його ідентифікації використаємо результати спостережень за активностями користувачів деякої соціальної мережі. Також урахуємо, що у процесі моделювання змінюються внутрішні показники інформаційних повідомлень. Останнє призведе до “розмитості” чи неточності результатів спостережень, що можливо урахувати на основі аналізу інтервальних даних [24].

Таким чином, при побудові моделі динаміки розподілу коментарів до інформаційних повідомлень використовуємо такі припущення:

- модель має вигляд дискретного рівняння

$$v_k = \vec{f}^T(v_{k-d}) \cdot \vec{g}, k = d, \dots, K, \quad (2)$$

де v_k – розподіл коментарів на часових дискретах $k = d, \dots, K$; d – порядок дискретної моделі (1), який як відомо, є еквівалентним порядку диференціального рівняння – аналогу дискретної моделі; \vec{g} – вектор невідомих параметрів моделі; $\vec{f}^T(\bullet)$ – вектор базисних функцій, у загальному випадку нелінійних.

- результати спостережень за реакцією користувачів мережі подамо в інтервальному вигляді:

$$[z_k^-, z_k^+], k = 0, \dots, K, \quad (3)$$

де z_k^-, z_k^+ – відповідно, нижня та верхня межі інтервалу можливих значень розподілу коментарів користувачів на часових дискретах $k = 0, \dots, K$.

- концепцію забезпечення точності математичної моделі в межах точності результатів експерименту сформулюємо таким чином:

$$[\hat{v}_k^-, \hat{v}_k^+] \subset [z_k^-, z_k^+], \forall k = 0, \dots, K, \quad (4)$$

Умови (4) забезпечують отримання інтервальних оцінок $[\hat{v}_k^-, \hat{v}_k^+]$ модельованого розподілу коментарів до інформаційних повідомлень в межах інтервалів можливих значень цього розподілу, отриманого експериментально.

Спираючись на вищенаведені припущення, для ідентифікації дискретної моделі (2) використовуємо методи аналізу інтервальних даних і зокрема метод параметричної ідентифікації інтервальних дискретних моделей [24] на основі алгоритмів штучної бджолоїної колонії [25-27].

Основна мета використання моделі - побудова оптимального розкладу публікацій спеціалізованої групи для максимізації кількості реакцій на повідомлення на заданому інтервалі часу з моменту публікації з урахуванням обмежень, зумовлених політикою публікацій окремих груп в соціальних мережах.

Практичним результатом дослідження повинно стати реалізація аналітичних систем моніторингу та систем підтримки прийняття рішень для управління соціальною групою на користь різних категорій користувачів.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕДУР ПОБУДОВИ ІНТЕРВАЛЬНОЇ МОДЕЛІ ПОРТРЕТУ КОРИСТУВАЧІВ ТЕМАТИЧНОЇ ГРУПИ В СОЦІАЛЬНІЙ МЕРЕЖІ

Вибір актуальних інформаційних ситуацій за даними початку 2021 року для проведення експериментальних досліджень було обумовлено:

- 1) необхідністю покриття різних масштабів та сценаріїв моделювання;
- 2) необхідністю тестування різноманітних характеристик інформаційних повідомлень;

У зв'язку з цим для експериментів було обрано спеціалізовану тематичну групу, яка пов'язана з обговоренням актуальних проблем екології та охорони довкілля і створена та функціонує в соціальній мережі Facebook.

Основні характеристики наборів ретроспективних даних, за якими проводилася побудова інтервальної математичної моделі, наведено таблиці 1.

За допомогою розробленого програмного забезпечення, а також використання засобів інтеграції з Facebook Арі здійснено накопичення даних відповідно до описаної в таблиці 1 структури. В якості основних характеристик обрано – часові характеристики появи коментарів до статей із моменту появи відповідного повідомлення та загальну кількість коментарів за спостережуваний період.

Таблиця 1 – Структура аналізованих даних

Тип даних	Основні поля
Користувачі	- id групи; - id користувача; - дата збору інформації.
Інформаційне повідомлення	- id групи; - id поста; - тип повідомлення; - тип джерела отримання повідомлення; - дата публікації; - текст; - число коментарів; - число лайків; - число репостів; - дата збору інформації.
Коментарі	- id групи; - id повідомлення; - id користувача; - текст коментаря; - дата реакції.
Репости	- id спільноти; - id поста; - id користувача; - дата реакції.
Лайки	- id спільноти; - id поста; - id користувача; - дата збору інформації.

На рисунку 1 наведено результати експериментальних досліджень для групи Facebook «Environmental Awareness». В якості аналізованого періоду спостереження вибрано 01.1.2021-31.01.2021. Аналізована група є загальнодоступною, налічує понад 28 тисяч учасників із середньою кількістю інформаційних повідомлень на день – 15.

На основі проведеного дослідження визначено інтервали динаміки коментарів до інформаційних повідомлень для кожної години протягом тижня в межах спостережуваного періоду.

ІНТЕРВАЛЬНА МОДЕЛЬ ПОРТРЕТУ КОРИСТУВАЧІВ ТЕМАТИЧНОЇ ГРУПИ З ПРОБЛЕМОЮ ЕКОЛОГІЇ В СОЦІАЛЬНІЙ МЕРЕЖІ

Спираючись на результати проведених експериментальних досліджень, наведених у таблиці 2, а також на основні припущення щодо побудови дискретної моделі у вигляді (1)-(3) спочатку задаємо таку структуру моделі

$$v_k = g_1 + g_2 v_{k-1} + g_3 v_{k-2}, \quad k = 2, \dots, 11 \quad (5)$$

Для оцінювання коефіцієнтів g_1, g_2, g_3 використовуємо дані таблиці 1. При цьому початкові дані задаємо у такому вигляді:

$$\begin{aligned} [\hat{v}_0^-, \hat{v}_0^+] &= [0,5(z_0^- + z_0^+) - 0,005(z_0^+ - z_0^-); 0,5(z_0^- + z_0^+) + 0,005(z_0^+ - z_0^-)], \\ [\hat{v}_1^-, \hat{v}_1^+] &= [0,5(z_1^- + z_1^+) - 0,005(z_1^+ - z_1^-); 0,5(z_1^- + z_1^+) + 0,005(z_1^+ - z_1^-)]. \end{aligned}$$

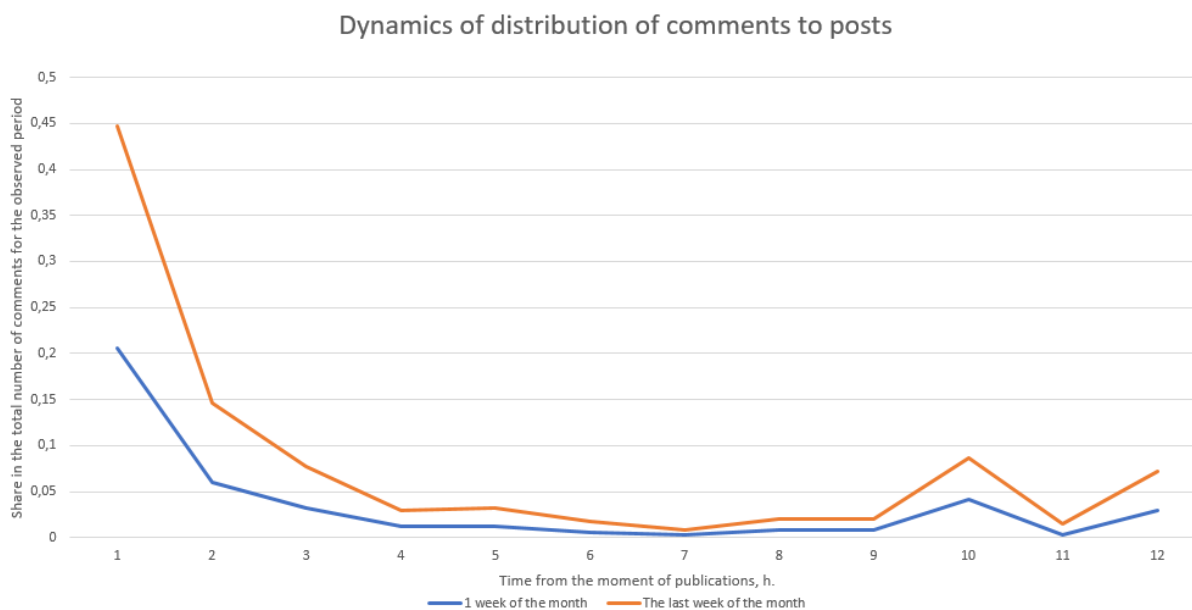


Рисунок 1 – Інтервали динаміки коментарів до постів

Результати обчислень показали, що отримана модель є неадекватною в сенсі виконання умови (4)

Таблиця 2 – Результати експериментальних досліджень

Час з моменту публікації k	Частка у загальній кількості коментарів за спостережуваний період	
	z_k^-	z_k^+
1	0.205970149	0.241791045
2	0.059701493	0.086567164
3	0.032835821	0.044776119
4	0.011940299	0.017910448
5	0.011940299	0.020895522
6	0.005970149	0.011940299
7	0.002985075	0.005970149
8	0.008955224	0.011940299
9	0.008955224	0.011940299
10	0.041791045	0.044776119
11	0.002985075	0.011940299
12	0.029850746	0.041791045

На рисунку 2 наведено скріншот, користувацького інтерфейсу програмного забезпечення розробленого авторами статті, що реалізує метод параметричної ідентифікації на основі алгоритму бджолиної екології.

i0	[0.22376865671642, 0.22399253731343] 0
i1	[0.073134329, 0.076492538] 0
i2	[0.038786567164179, 0.038825373134328] 0
i3	[0.014917910447761, 0.014932835820896] 0
i4	[0.006135693694758, 0.00643744503465] 0.010131
i5	[0.010573380252853, 0.011432503230713] 0
i6	[0.0068192026671897, 0.007485095849017] 0.002675
i7	[0.019917551309012, 0.021315237273596] 0.010169
i8	[0.012500659815923, 0.013928579409839] 0.002767
i9	[0.031837699143391, 0.034403976430302] 0.010163
i10	[0.015970300213961, 0.018891863020623] 0.009968
i11	[0.044432742954545, 0.049199002492058] 0.010995

Рисунок 2 – Скріншот результатів параметричної ідентифікації структури (5)

На рисунку 2 синім кольором відзначено дискрети, в яких не виконуються умови (5), а червоним кольором відзначено дискрету де розбіжність між модельованими та експериментальними інтервалами найбільша.

Тоді прийняли рішення ускладнити структуру різницевого рівняння (збільшити кількість елементів) до такого вигляду:

$$v_k = g_1 + g_2 v_{k-1} + g_3 v_{k-2} + g_4 v_{k-3}, k = 3, \dots, 11 \quad (6)$$

g_1, g_2, g_3, g_4 використовуємо дані таблиці 2. При цьому початкові дані задаємо у такому вигляді:

$$[\hat{v}_0^-; \hat{v}_0^+] = [0,5(z_0^- + z_0^+) - 0,005(z_0^+ - z_0^-); 0,5(z_0^- + z_0^+) + 0,005(z_0^+ - z_0^-)], [\hat{v}_1^-; \hat{v}_1^+] = [0,5(z_1^- + z_1^+ - 0,005(z_1^+ - z_1^-)); 0,5(z_1^- + z_1^+) + 0,005(z_1^+ - z_1^-)], v_2^-; v_2^+ = [0,5(z_2^- + z_2^+ - 0,005(z_2^+ - z_2^-)); 0,5(z_2^- + z_2^+) + 0,005(z_2^+ - z_2^-)].$$

Результати обчислень наведено на рисунку 3.

Як бачимо, модель у вигляді структури (6) виявилася також неадекватною, хоча розбіжність між модельованими та експериментальними даними зменшилася.

В результаті прийняли рішення ще ускладнити структуру моделі до такого вигляду

$$v_k = g_1 + g_2 v_{k-1} + g_3 v_{k-2} + g_4 v_{k-3} + g_5 v_{k-4}, k = 4, \dots, 11 \quad (7)$$

При цьому початкові дані задаємо у такому вигляді:

$$[\hat{v}_0^-; \hat{v}_0^+] = [0,5(z_0^- + z_0^+) - 0,005(z_0^+ - z_0^-); 0,5(z_0^- + z_0^+) + 0,005(z_0^+ - z_0^-)], [\hat{v}_1^-; \hat{v}_1^+] = [0,5(z_1^- + z_1^+ - 0,005(z_1^+ - z_1^-)); 0,5(z_1^- + z_1^+) + 0,005(z_1^+ - z_1^-)], v_2^-; v_2^+ = [0,5(z_2^- + z_2^+ - 0,005(z_2^+ - z_2^-)); 0,5(z_2^- + z_2^+) + 0,005(z_2^+ - z_2^-)], [\hat{v}_3^-; \hat{v}_3^+] = [0,5(z_3^- + z_3^+) - 0,005(z_3^+ - z_3^-); 0,5(z_3^- + z_3^+) + 0,005(z_3^+ - z_3^-)]$$

i0	[0.50083838475499, 0.50133947368421]	0
i1	[0.14520866606171, 0.14535394736842]	0
i2	[0.077366016333938, 0.077443421052632]	0
i3	[0.02956778584392, 0.029597368421053]	0
i4	[0.012953220881176, 0.013167972040791]	0.019154
i5	[0.022351204368054, 0.022489315743005]	0.004997
i6	[0.016765835979552, 0.017106807183771]	0.008225
i7	[0.041116681597835, 0.041440936932955]	0.020408
i8	[0.027569200441121, 0.028171663440853]	0.006999
i9	[0.063059985975333, 0.063745402676003]	0.021715
i10	[0.03135206752967, 0.032457531173017]	0.01793
i11	[0.085842771569355, 0.087226755311082]	0.01521

Рисунок 3 – Скріншот результатів параметричної ідентифікації структури (6)

Результати зіставлення модельованих результатів із експериментальними наведено на рисунку 4. Як бачимо отримана модель (6) із коефіцієнтами $g_1 = 0.011021$, $g_2 = -0.276223$, $g_3 = 1.388641$, $g_4 = -0.057636$, $g_5 = 0.22417$, забезпечує виконання умов (3) і в цьому сенсі є адекватною.

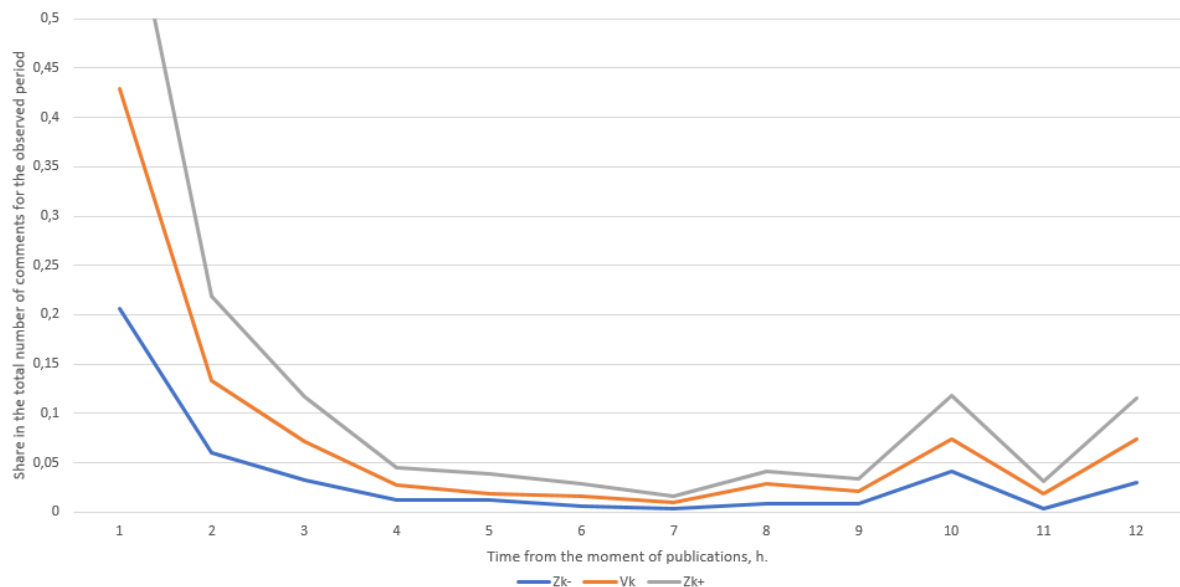


Рисунок 4 – Скріншот результатів параметричної ідентифікації структури (6)

Отримана модель відображає портрет користувачів вказаної соціальної мережі. Використання моделі дає можливість побудувати оптимальний розклад публікацій спеціалізованої групи для максимізації кількості реакцій на повідомлення у вказаному інтервалі часу з моменту публікації.

ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

В роботі запропонований підхід до моделювання базових показників активності користувачів в тематичній групі соціальної мережі. На основі запропонованого підходу побудовано інтервальну математичну модель портрету користувачів тематичної групи з проблем екології у соціальній мережі Facebook.

Він дозволяє врахувати характерні для нелінійних систем особливості, такі як залежність збурень від поточних значень показника, циклічність процесів, стрибкоподібні зміни характеристик. Для врахування таких явищ, з одного боку, і для можливості використання корисних властивостей лінійних систем ідентифікації, з іншого, в роботі реалізується підхід на основі класифікації можливих станів досліджуваного показника. В області значень показника вибираються інтервали. При знаходженні значень показника всередині інтервалу його динаміка описується найпростішими лінійними рівняннями.

Запропонована в роботі інтервальна модель, яка побудована на основі реальних реакцій користувачів на інформаційні повідомлення дозволяє побудувати їх стійкий портрет з метою побудови оптимального розкладу публікацій спеціалізованої групи для максимізації кількості реакцій на повідомлення на заданому інтервалі часу з моменту публікації з урахуванням обмежень, зумовлених політикою публікацій окремих груп в соціальних мережах.

ВИСНОВКИ

У роботі запропоновано підхід до моделювання реакцій користувачів на повідомлення в тематичних групах соціальних мереж.

Це дозволяє врахувати такі особливості нелінійних систем, як залежність збурень від поточних значень показника та циклічність процесів.

Отримана математична модель у вигляді оператора інтервальної різниці дає змогу прогнозувати динаміку реакцій користувачів на окремі інформаційні повідомлення, а також ставлення користувачів та груп користувачів до різних тем. Метод ідентифікації параметрів моделі реалізовано за допомогою алгоритму штучної бджолоїної колонії.

Практичне застосування отриманої моделі полягає в побудові оптимального розкладу публікацій спеціалізованої групи для максимізації кількості реакцій на повідомлення на заданому інтервалі часу з моменту публікації. Проведені експериментальні дослідження на прикладі тематичної групи з проблем екології в соціальній мережі Facebook дозволили побудувати портрет користувачів досліджуваної групи. Інтервальна модель також має характеристику універсальності і може використовуватися для подібних груп соціальних мереж з мінімальною настроюванням.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. A. Kovbasisty, A. Melnyk, M. Dyvak, V. Brych and I. Spivak, "Method for detection of non-relevant and wrong information based on content analysis of web resources," 2017 XIIIth International Conference on Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH), 2017, pp. 154-156, doi: 10.1109/MEMSTECH.2017.7937555.
2. Z. Zhao, "The containment of fake news propagation in online social networks," 2020 IEEE International Conference on Information Technology, Big Data and Artificial Intelligence (ICIBA), 2020, pp. 387-391, doi: 10.1109/ICIBA50161.2020.9276936.
3. L. Tuanhua, "Interactive Behavior Analysis Based on Social Network," 2021 International Conference of Social Computing and Digital Economy (ICSCDE), 2021, pp. 188-191.
4. J. Hu, M. Liu and J. Zhang, "A semantic model for academic social network analysis," 2014 IEEE/ACM International Conference on Advances in Social Networks Analysis and Mining (ASONAM 2014), 2014, pp. 310-313, doi: 10.1109/ASONAM.2014.6921602.
5. D. Zhu, B. Zhu, T. Huang and Y. Li, "Multi-attribute Multi-Task Online Assignment Algorithm Based on Social Network," 2020 IEEE 6th International Conference on Computer and Communications (ICCC), 2020, pp. 753-757, doi: 10.1109/ICCC51575.2020.9344924.
6. Dipraj, S. Vishwakarma and J. Singh, "Social Internet of Things: The collaboration of Social Network and Internet of Things and its Future," 2020 2nd International Conference on Advances in Computing, Communication Control and Networking (ICACCCN), 2020, pp. 535-539, doi: 10.1109/ICACCCN51052.2020.9362847.
7. M. Wang, Q. Li and Y. Lin, "A personalized search model using online social network data based on a holonic multiagent system," in China Communications, vol. 17, no. 2, pp. 176-205, Feb. 2020.

8. C. Laghrifat, I. Mounir and M. Essalih, "Analyzing Friendship's Social Networks Using The Topological Indices," 2019 International Conference on Wireless Networks and Mobile Communications (WINCOM), 2019, pp. 1-5.
9. Hernes, M., Nguyen, N.T., Maleszka, M., Bytniewski, A. The automatic summarization of text documents in the cognitive integrated management information system (2015) Proceedings of the 2015 Federated Conference on Computer Science and Information Systems, FedCSIS 2015, art. no. 2015F188, pp. 1387-1396.
10. Rot, A., Kutera, R., Gryncewicz, W. Design and assessment of user interface optimized for elderly people. A case study of actgo-gate platform (2017) ICT4AWE 2017 - Proceedings of the 3rd International Conference on Information and Communication Technologies for Ageing Well and e-Health, pp. 157-163.
11. Severiukhina O., Bochenina K. Segment-wise Users' Response Prediction based on Activity Traces in Online Social Networks // 2019 6th International Conference on Social Networks Analysis, Management and Security, SNAMS 2019 - 2019, pp. 291- 296
12. Severiukhina O., Bochenina K., Kesarev S., Boukhanovsky A. Parallel data-driven modeling of information spread in social networks // Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics) - 2018, Vol. 10860, pp. 247-259
13. Chomiak-Orsa, I., Rot, A., Blaicke, B. Artificial Intelligence in Cybersecurity: The Use of AI Along the Cyber Kill Chain (2019) Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), 11684 LNAI, pp. 406-416.
14. Hernes, M. Performance evaluation of the customer relationship management agent's in a cognitive integrated management support system (2015) Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), 9240 LNCS, art. no. A5, pp. 86-104.
15. Hernes, M. Consensus Theory for Cognitive Agents' Unstructured Knowledge Conflicts Resolving in Management Information Systems (2019) Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), 11370 LNCS, pp. 1-119
16. Rot, A. Selected issues of IT risk management in the cloud computing model. Theory and practice (2017) IMCIC 2017 - 8th International Multi-Conference on Complexity, Informatics and Cybernetics, Proceedings, 2017-March, pp. 89-94.
17. S. Castelo, T. Almeida, A. Elghafari, A. Santos, K. Pham, E. Nakamura, and J. Freire. 2019. A Topic-Agnostic Approach for Identifying Fake News Pages. In Companion Proceedings of The 2019 World Wide Web Conference. ACM, 975–980
18. E. Lucas, and P. Pomeranzev, Winning the Information War: Techniques and counter-strategies to Russian propaganda in Central and Eastern Europe, Washington, D.C.: Center for European Policy Analysis, 2016.
19. Duran, G.; Valero, J.; Amigó, J.M.; Giménez, Á.; Martínez-Bonastre, O. Bifurcation analysis for the Internet congestion. In Proceedings of the IEEE INFOCOM 2019—IEEE Conference on Computer Communications Workshops (INFOCOM WKSHPS), Paris, France, 29 April–2 May 2019; pp. 1073–1074.
20. V. D. Oliseenko and T. V. Tulupyeva, "Neural Network Approach in the Task of Multi-label Classification of User Posts in Online Social Networks," 2021 XXIV International Conference on Soft Computing and Measurements (SCM), 2021, pp. 46-48, doi: 10.1109/SCM52931.2021.9507148.
21. Dyvak, M., Papa, O., Melnyk, A., Pukas, A., Porplytsya, N., Rot, A. Interval model of the efficiency of the functioning of information web resources for services on ecological expertise (2020) Mathematics, 8 (12), art. no. 2116, pp. 1-12.
22. Dyvak, M., Stakhiv, P., Pukas, A. Algorithms of parallel calculations in task of tolerance ellipsoidal estimation of interval model parameters (2012) Bulletin of the Polish Academy of Sciences: Technical Sciences, 60 (1), pp. 159-164.
23. M. Dyvak, N. Porplytsya, I. Borivets and M. Shynkaryk, "Improving the computational implementation of the parametric identification method for interval discrete dynamic models," 2017 12th International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT), 2017, pp. 533-536, doi: 10.1109/STC-CSIT.2017.8098844.
24. M. Dyvak, "Parameters Identification Method of Interval Discrete Dynamic Models of Air Pollution Based on Artificial Bee Colony Algorithm," 2020 10th International Conference on Advanced

- Computer Information Technologies (ACIT), 2020, pp. 130-135, doi: 10.1109/ACIT49673.2020.9208972.
25. Karaboga, D.; Kaya, E. Estimation of number of foreign visitors with ANFIS by using ABC algorithm. *Soft Comput.* 2019, 24, 7579–7591.
26. Karaboga, D. An Idea Based on Honey Bee Swarm for Numerical Optimization, Technical Report—TR06; Technical Report; Erciyes University: Kayseri, Turkey, 2005.
27. Karaboga, D.; Basturk, B. A powerful and efficient algorithm for numerical function optimization: Artificial bee colony (ABC) algorithm. *J. Glob. Optim.* 2007, 39, 459–471.

REFERENCES

1. A. Kovbasistyi, A. Melnyk, M. Dyvak, V. Brych and I. Spivak, "Method for detection of non-relevant and wrong information based on content analysis of web resources," 2017 XIIIth International Conference on Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH), 2017, pp. 154-156, doi: 10.1109/MEMSTECH.2017.7937555.
2. Z. Zhao, "The containment of fake news propagation in online social networks," 2020 IEEE International Conference on Information Technology, Big Data and Artificial Intelligence (ICIBA), 2020, pp. 387-391, doi: 10.1109/ICIBA50161.2020.9276936.
3. L. Tuanhua, "Interactive Behavior Analysis Based on Social Network," 2021 International Conference of Social Computing and Digital Economy (ICSCDE), 2021, pp. 188-191.
4. J. Hu, M. Liu and J. Zhang, "A semantic model for academic social network analysis," 2014 IEEE/ACM International Conference on Advances in Social Networks Analysis and Mining (ASONAM 2014), 2014, pp. 310-313, doi: 10.1109/ASONAM.2014.6921602.
5. D. Zhu, B. Zhu, T. Huang and Y. Li, "Multi-attribute Multi-Task Online Assignment Algorithm Based on Social Network," 2020 IEEE 6th International Conference on Computer and Communications (ICCC), 2020, pp. 753-757, doi: 10.1109/ICCC51575.2020.9344924.
6. Dipraj, S. Vishwakarma and J. Singh, "Social Internet of Things: The collaboration of Social Network and Internet of Things and its Future," 2020 2nd International Conference on Advances in Computing, Communication Control and Networking (ICACCCN), 2020, pp. 535-539, doi: 10.1109/ICACCCN51052.2020.9362847.
7. M. Wang, Q. Li and Y. Lin, "A personalized search model using online social network data based on a holonic multiagent system," in *China Communications*, vol. 17, no. 2, pp. 176-205, Feb. 2020.
8. C. Laghrifat, I. Mounir and M. Essalih, "Analyzing Friendship's Social Networks Using The Topological Indices," 2019 International Conference on Wireless Networks and Mobile Communications (WINCOM), 2019, pp. 1-5.
9. Hernes, M., Nguyen, N.T., Maleszka, M., Bytniewski, A. The automatic summarization of text documents in the cognitive integrated management information system (2015) Proceedings of the 2015 Federated Conference on Computer Science and Information Systems, FedCSIS 2015, art. no. 2015F188, pp. 1387-1396.
10. Rot, A., Kutera, R., Gryniewicz, W. Design and assessment of user interface optimized for elderly people. A case study of actgo-gate platform (2017) ICT4AWE 2017 - Proceedings of the 3rd International Conference on Information and Communication Technologies for Ageing Well and e-Health, pp. 157-163.
11. Severiukhina O., Bochenina K. Segment-wise Users' Response Prediction based on Activity Traces in Online Social Networks // 2019 6th International Conference on Social Networks Analysis, Management and Security, SNAMS 2019 - 2019, pp. 291- 296
12. Severiukhina O., Bochenina K., Kesarev S., Boukhanovsky A. Parallel data-driven modeling of information spread in social networks // Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics) - 2018, Vol. 10860, pp. 247-259
13. Chomiak-Orsa, I., Rot, A., Blaicke, B. Artificial Intelligence in Cybersecurity: The Use of AI Along the Cyber Kill Chain (2019) Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), 11684 LNAI, pp. 406-416.
14. Hernes, M. Performance evaluation of the customer relationship management agent's in a cognitive integrated management support system (2015) Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), 9240 LNCS, art. no. A5, pp. 86-104.

15. Hernes, M. Consensus Theory for Cognitive Agents' Unstructured Knowledge Conflicts Resolving in Management Information Systems (2019) Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), 11370 LNCS, pp. 1-119
16. Rot, A. Selected issues of IT risk management in the cloud computing model. Theory and practice (2017) IMCIC 2017 - 8th International Multi-Conference on Complexity, Informatics and Cybernetics, Proceedings, 2017-March, pp. 89-94.
17. S. Castelo, T. Almeida, A. Elghafari, A. Santos, K. Pham, E. Nakamura, and J. Freire. 2019. A Topic-Agnostic Approach for Identifying Fake News Pages. In Companion Proceedings of The 2019 World Wide Web Conference. ACM, 975–980
18. E. Lucas, and P. Pomeranzev, Winning the Information War: Techniques and counter-strategies to Russian propaganda in Central and Eastern Europe, Washington, D.C.: Center for European Policy Analysis, 2016.
19. Duran, G.; Valero, J.; Amigó, J.M.; Giménez, Á.; Martínez-Bonastre, O. Bifurcation analysis for the Internet congestion. In Proceedings of the IEEE INFOCOM 2019—IEEE Conference on Computer Communications Workshops (INFOCOM WKSHPS), Paris, France, 29 April–2 May 2019; pp. 1073–1074.
20. V. D. Oliseenko and T. V. Tulupyeva, "Neural Network Approach in the Task of Multi-label Classification of User Posts in Online Social Networks," 2021 XXIV International Conference on Soft Computing and Measurements (SCM), 2021, pp. 46-48, doi: 10.1109/SCM52931.2021.9507148.
21. Dyvak, M., Papa, O., Melnyk, A., Pukas, A., Porplytsya, N., Rot, A. Interval model of the efficiency of the functioning of information web resources for services on ecological expertise (2020) Mathematics, 8 (12), art. no. 2116, pp. 1-12.
22. Dyvak, M., Stakhiv, P., Pukas, A. Algorithms of parallel calculations in task of tolerance ellipsoidal estimation of interval model parameters (2012) Bulletin of the Polish Academy of Sciences: Technical Sciences, 60 (1), pp. 159-164.
23. M. Dyvak, N. Porplytsya, I. Borivets and M. Shynkaryk, "Improving the computational implementation of the parametric identification method for interval discrete dynamic models," 2017 12th International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT), 2017, pp. 533-536, doi: 10.1109/STC-CSIT.2017.8098844.
24. M. Dyvak, "Parameters Identification Method of Interval Discrete Dynamic Models of Air Pollution Based on Artificial Bee Colony Algorithm," 2020 10th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT), 2020, pp. 130-135, doi: 10.1109/ACIT49673.2020.9208972.
25. Karaboga, D.; Kaya, E. Estimation of number of foreign visitors with ANFIS by using ABC algorithm. Soft Comput. 2019, 24, 7579–7591.
26. Karaboga, D. An Idea Based on Honey Bee Swarm for Numerical Optimization, Technical Report—TR06; Technical Report; Erciyes University: Kayseri, Turkey, 2005.
27. Karaboga, D.; Basturk, B. A powerful and efficient algorithm for numerical function optimization: Artificial bee colony (ABC) algorithm. J. Glob. Optim. 2007, 39, 459–471.

ДИВАК МИКОЛА ПЕТРОВИЧ – д.т.н., професор, Західноукраїнський національний університет

МЕЛЬНИК АНДРІЙ МИКОЛАЙОВИЧ — к.т.н., доцент, Західноукраїнський національний університет

КЕДРІН ЄВГЕН СТАНІСЛАВОВИЧ — аспірант, Західноукраїнський національний університет

ОТОО FRANK AVALON — аспірант, Західноукраїнський національний університет